



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE

Facoltà di Ingegneria

**Corso di Laurea in Ingegneria delle Tecnologie Industriali ad indirizzo
Economico e Organizzativo**

Dipartimento di Ingegneria Elettrica Gestionale e Meccanica

Tesi di Laurea

***REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA PER IL TELERILEVAMENTO DATI
DA UNA RETE DI DISTRIBUZIONE AUTOMATICA TRAMITE IL
SISTEMA GSM***

Relatore
Chiar.mo Prof. LUCA SELMI

Laureando
ROBERTO LENARDON

Correlatori
Ing. MASSIMILIANO JURCEV
Sig. GIORGIO LIVEROTTI

Anno Accademico 2000/01

INDICE

SOMMARIO	8
1 LA DISTRIBUZIONE AUTOMATICA	9
1.1 GENERALITÀ SULLA DISTRIBUZIONE AUTOMATICA.....	9
1.2 LA GESTIONE DI DISTRIBUTORI AUTOMATICI	10
1.3 VANTAGGI DI UN SISTEMA DI TELERILEVAMENTO.....	12
1.4 IL DISTRIBUTORE AUTOMATICO	13
1.5 STORIA DELLA DISTRIBUZIONE AUTOMATICA IN ITALIA	18
1.6 OBIETTIVO DELLA TESI	20
2 GENERALITA' SUL SISTEMA DI TELERILEVAMENTO DATI	23
2.1 IL SISTEMA INFORMATIVO.....	23
2.1.1 <i>Le informazioni da produrre</i>	25
2.2 COLLEGAMENTO DISTRIBUTORI-IMPRESA.....	26
2.2.1 <i>Scelta della rete di telecomunicazione</i>	28
2.3 FUNZIONI AGGIUNTIVE	29
2.4 ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI	30
2.5 LA TRASMISSIONE DATI	30
2.5.1 <i>Trasmissione seriale o parallela</i>	31
2.5.2 <i>Modalità di comunicazione</i>	32
2.5.3 <i>Modalità di trasmissione</i>	33
2.5.4 <i>Controllo di flusso</i>	34
3 SISTEMI DI COMUNICAZIONE	37
3.1 SEGNALI ANALOGICI, SEGNALI NUMERICI.....	37
3.2 CARATTERISTICHE TRASMISSIONE VOCE, DATI.....	38
3.3 RETI DI TELECOMUNICAZIONE.....	39
3.3.1 <i>Struttura di una rete di telecomunicazione</i>	40
3.3.1.1 Topologia.....	41
3.3.1.2 Funzioni di una rete di telecomunicazione.....	42
3.3.2 <i>LA COMMUTAZIONE</i>	43
3.3.2.1 Commutazione di circuito	43
3.3.2.2 Commutazione di messaggio.....	44
3.3.2.3 Commutazione di pacchetto	45
3.4 SISTEMI DI TRASMISSIONE	46
3.4.1 <i>Trasmissione digitale di segnali analogici</i>	46
3.4.1.1 Codifica PCM.....	46

3.4.2	<i>Multipolazione</i>	49
3.4.2.1	<i>La tecnica TDM</i>	51
3.5	LA MODULAZIONE	53
3.5.1	<i>Modulazioni numeriche</i>	54
3.6	RETI PER LA TRASMISSIONE DATI	55
3.6.1	<i>Architetture a livelli</i>	56
3.6.2	<i>Livelli, protocolli e interfacce</i>	57
3.6.3	<i>Servizi</i>	58
3.6.3.1	<i>Qualità del servizio</i>	59
3.6.4	<i>Il modello di riferimento OSI</i>	60
3.6.4.1	<i>Sistemi intermedi</i>	61
3.6.4.2	<i>Livelli ISO – OSI</i>	62
3.6.4.3	<i>Trasmissione dati nel modello OSI</i>	63
4	SISTEMI RADIOMOBILI	65
4.1	<i>EVOLUZIONE</i>	65
4.2	<i>CARATTERISTICHE GENERALI</i>	67
4.3	<i>LA TRASMISSIONE RADIO</i>	67
4.3.1	<i>La propagazione radio nell'ambiente reale</i>	69
4.3.1.1	<i>Fading</i>	69
4.3.1.2	<i>Interferenze</i>	70
4.4	<i>L'ACCESSO AL CANALE RADIO</i>	70
4.4.1	<i>FDMA (Frequency Division Multiple Access)</i>	71
4.4.2	<i>TDMA (Time Division Multiple Access)</i>	72
4.4.3	<i>CDMA (Code Division Multiple Access)</i>	74
4.5	<i>LA TECNICA CELLULARE</i>	74
4.6	<i>GESTIONE DELLA MOBILITÀ</i>	77
4.7	<i>IL SISTEMA GSM</i>	78
4.7.1	<i>Origini</i>	78
4.7.2	<i>Caratteristiche generali</i>	79
4.7.3	<i>Comparazione tra sistema radiomobile analogico (TACS) e digitale (GSM)</i>	81
5	ARCHITETTURA DEL SISTEMA GSM	85
5.1	<i>STRUTTURA DEL SISTEMA GSM</i>	85
5.2	<i>AREE DEFINITE NEL GSM</i>	87
5.3	<i>MS MOBILE STATION</i>	89
5.3.1	<i>SIM Subscriber Identity Module</i>	93
5.4	<i>BSS BASE STATION SUB-SYSTEM</i>	94
5.4.1	<i>BTS Base Transceiver Station</i>	96
5.4.2	<i>BSC Base Station Controller</i>	98
5.5	<i>NSS – NETWORK SWITCHING SUB-SYSTEM</i>	101

5.5.1	<i>MSC Mobile services Switching Centre</i>	101
5.5.2	<i>VLR Visitor Location Register</i>	102
5.5.3	<i>HLR Home Location Register</i>	103
5.5.4	<i>AuC Authentication Centre</i>	104
5.5.5	<i>EIR Equipment Identity Register</i>	105
5.5.6	<i>OSS Operation And Support Sub-System</i>	106
6	CANALI E PRINCIPALI FASI DI COLLEGAMENTO (CENNO)	109
6.1	CANALI GSM	109
6.2	PRINCIPALI FASI DI COLLEGAMENTO.....	110
7	I SERVIZI OFFERTI DALLA RETE GSM	113
7.1	CLASSIFICAZIONE DEI SERVIZI	113
7.2	TELESERVICES	115
7.2.1	<i>Short Message Service (SMS)</i>	115
7.2.2	<i>Cell Broadcast</i>	116
7.3	BEARER SERVICES	116
7.4	SERVIZI SUPPLEMENTARI (SS).....	117
7.5	IL SERVIZIO SHORT MESSAGE SERVICE - SMS	119
7.5.1	<i>Il Centro Messaggi (SMSC)</i>	120
7.5.2	<i>Informazioni tecniche sugli SMS</i>	121
7.5.3	<i>Nuove funzioni del servizio SMS</i>	122
7.6	IL SERVIZIO DI TRASMISSIONE DATI	123
7.6.1	<i>Differenze GSM / PSTN</i>	124
7.6.2	<i>Modalità di comunicazione</i>	124
7.6.3	<i>Richiesta del servizio dati</i>	125
8	IL FUTURO DEI SISTEMI RADIOMOBILI.....	127
8.1	HSCSD: HIGH SPEED CIRCUIT SWITCHED DATA	127
8.2	IL GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICE).....	127
8.3	LA TERZA GENERAZIONE	129
8.3.1	<i>UMTS</i>	130
9	STRUTTURA DEL SISTEMA DI TELERILEVAMENTO.....	133
9.1	ACCESSO ALLA RETE GSM	133
9.1.1	<i>Il modulo telefonico GM 862</i>	133
9.1.1.1	Connessioni	134
9.1.1.2	Modalità operative.....	134
9.1.2	<i>Il linguaggio AT</i>	135
9.1.2.1	Autobaud	137
9.1.3	<i>L'interfaccia RS232</i>	137

9.2	ACQUISIZIONE DATI DAL DISTRIBUTORE	139
9.3	ARCHITETTURA DEL SISTEMA	141
9.3.1	<i>Hardware</i>	141
9.3.1.1	Sottosistema remoto	142
9.3.1.2	Sottosistema centrale	142
9.3.2	<i>Software</i>	143
9.3.2.1	Sottosistema centrale	143
9.3.2.2	Sottosistema remoto	144
10	IL MODELLO PROPOSTO	147
10.1	PRESENTAZIONE	147
10.2	SPECIFICHE E IPOTESI DELL'APPLICAZIONE SVILUPPATA	148
10.2.1	<i>Specifiche</i>	148
10.2.2	<i>Caratteristiche della rete di distribuzione</i>	149
10.2.3	<i>Ipotesi</i>	149
10.3	ANALISI DEL SISTEMA	150
10.3.1	<i>Modello ambientale</i>	150
10.3.2	<i>Modello comportamentale</i>	152
10.3.3	<i>Output del sistema</i>	153
10.3.4	<i>Relazioni tra i sottosistemi</i>	154
10.4	ACQUISIZIONE DATI DAL DISTRIBUTORE	158
10.5	PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE	160
10.5.1	<i>Tempistica e contenuti del messaggio</i>	160
10.5.2	<i>Formattazione dei messaggi</i>	160
10.6	CARATTERISTICHE DELL'INTERFACCIA GRAFICA	163
11	L'AMBIENTE DI SVILUPPO	167
11.1	LABVIEW	167
11.1.1	<i>Front panel</i>	167
11.1.2	<i>Block diagram</i>	168
11.1.3	<i>Strumenti per creare VI</i>	168
11.1.4	<i>Sub – VI</i>	169
11.2	ESEMPIO DI PROGRAMMA VI	169
11.3	STRUTTURE DI CONTROLLO	173
11.4	FUNZIONI	174
11.4.1	<i>Stringhe</i>	174
11.4.2	<i>Array</i>	174
11.4.3	<i>Scrittura su file</i>	175
11.4.4	<i>Comunicazioni seriali</i>	175
11.4.5	<i>Code</i>	176
11.5	VARIABILI LOCALI E GLOBALI	177
11.6	INTEGRAZIONE CON DATA BASE	177

12	DESCRIZIONE COMPLESSIVA DELLA SIMULAZIONE	179
12.1	INTRODUZIONE	179
12.2	GESTIONE GM 862	182
12.2.1	<i>Architettura del modulo</i>	182
12.2.2	<i>Esecuzione comandi</i>	183
12.2.3	<i>INVIO SMS</i>	184
12.2.3.1	Procedura base	185
12.2.3.2	Procedura utilizzata	186
12.2.3.3	Errori previsti	190
12.2.4	<i>SMS RICEVUTI</i>	195
12.2.4.1	Senza notifica	196
12.2.4.2	Notifica	200
12.2.5	<i>DESCRIZIONE FUNZIONI</i>	201
12.2.5.1	Acquisizione dati dal modulo GM 862	201
12.2.5.1.1	ANALISI STRINGHE	204
12.2.5.2	Cancella SIM	205
12.2.5.3	Presenza SMS	206
12.2.5.4	Scrittura su RS 232	207
12.2.5.5	Estrai comando	208
12.2.5.6	Estrai SMS	208
12.2.5.7	Errore 41	209
12.2.5.8	SMS_OUT	209
12.2.5.9	Stato GSM	210
12.2.5.10	Invia PDU	211
12.2.6	<i>Descrizione del PDU (Protocol Data Unit)</i>	212
12.2.6.1	Mobile Originated	212
12.2.6.2	Mobile Terminated	219
13	SOFTWARE CENTRALE DI CONTROLLO	221
13.1	RICEZIONE SMS	224
13.1.1	<i>Su file</i>	225
13.2	SITUAZIONE DISTRIBUTORE	225
13.2.1	<i>Stato distributore</i>	226
13.3	DECODIFICHE	227
13.4	GESTIONE COMANDI	229
13.4.1	<i>Richiesta di aggiornamento</i>	229
13.4.2	<i>Altri comandi</i>	230
14	SOFTWARE DISTRIBUTORE AUTOMATICO	231
15	SOFTWARE MICROCONTROLLORE	234
15.1	GESTIONE EROGAZIONI	235

15.2	RIFORNIMENTO.....	237
15.3	CODIFICA DELLE VARIABILI GLOBALI	237
15.4	RICHIESTA DI ASSISTENZA.....	238
15.4.1	<i>Verifica guasti esaurimenti</i>	239
15.4.2	<i>Componi MSG</i>	240
15.5	COMANDI DA CENTRALE.....	241
16	FRONT PANEL	245
16.1	LA CENTRALE DI CONTROLLO	245
16.1.1	<i>Elenco distributori</i>	246
16.1.2	<i>SMS generici:</i>	247
16.1.3	<i>Generale</i>	248
16.1.4	<i>Stato distributore</i>	249
16.1.5	<i>Impostazioni</i>	251
16.1.6	<i>Dati statici dei distributori</i>	252
16.1.7	<i>Generalità dei distributori</i>	253
16.2	IL DISTRIBUTORE AUTOMATICO	255
16.2.1	<i>Descrizione</i>	255
16.2.2	<i>Distributore</i>	256
16.2.3	<i>Impostazioni del distributore</i>	258
16.3	IL DISPOSITIVO A MICROCONTROLLORE	261
16.3.1	<i>Descrizione</i>	261
17	PROVE EFFETTUATE	265
17.1	SIMULAZIONE DELLA COMUNICAZIONE TRA CENTRALE E DISTRIBUTORE	265
17.2	INVIO SMS	282
	CONCLUSIONI	287
	BIBLIOGRAFIA	289
	APPENDICE I PROGRAMMI.....	293

SOMMARIO

Il lavoro svolto è ambientato nel settore della distribuzione automatica, in particolare nella possibilità di conoscere lo stato di attività dei vari distributori automatici geograficamente distribuiti, senza la necessità di recarsi sul posto in modo da ottimizzarne la gestione.

Si è studiata la possibilità di realizzare un sistema di telerilevamento che automaticamente rilevi i dati di interesse dai vari distributori automatici raccogliendoli in modo centralizzato.

Sono state evidenziate le caratteristiche essenziali che un simile sistema deve possedere arrivando alla definizione di un modello funzionante su Personal Computer e utilizzando componenti realmente presenti in un sistema reale quali il canale di comunicazione dato dalla rete GSM, al fine di simulare il funzionamento di un sistema di telerilevamento reale.

Il modello risultante si propone così come un primo passo verso l'eventuale realizzazione di un successivo sistema reale.

Lo sviluppo del modello è stato possibile tramite i mezzi messi a disposizione dalla Telital Automotive, unica azienda Italiana con una tecnologia propria GSM, rivolta allo sviluppo di soluzioni applicative impiegate sulla tecnologia GSM.

1 LA DISTRIBUZIONE AUTOMATICA

1.1 GENERALITÀ SULLA DISTRIBUZIONE AUTOMATICA

L'oggetto della tesi riguarda le imprese che operano nel settore della distribuzione automatica, detto anche "vending", che si occupano dell'installazione, manutenzione e rifornimento di distributori automatici o "vending machines". L'idea della tesi trae origine dalla richiesta di una società che gestisce distributori automatici, interessata ad ottenere un sistema che permettesse un controllo remoto dei propri distributori.

L'attività del vending, vista dalla parte del consumatore finale, consiste in macchine che distribuiscono in modo automatico prodotti di valore economico ridotto e di piccole dimensioni.

Il vending è diviso in due macro categorie: alimentare e non alimentare. Alla prima appartengono ad esempio i distributori di bibite fredde, calde, gelati, snack, che sono i più tradizionali, ma esistono anche vending machines che erogano spremute d'arancia oppure cucinano sul momento pop-corn o patatine fritte. Nella seconda categoria rientrano distributori automatici di sigarette, ricariche telefoniche, videocassette, fototessera ed altri ancora.

Il settore della distribuzione automatica non è limitato alla sola gestione dei distributori ma coinvolge diverse tipologie di imprese:

- Imprese di fabbricazione di distributori automatici ed accessori per gli stessi;
- Imprese di fabbricazione dei prodotti erogati dai distributori automatici,
- Imprese di gestione di distributori automatici;
- Imprese di servizi e commercializzazione.

I distributori si possono trovare nei luoghi più svariati: uffici, scuole, industrie, ospedali, stazioni, etc. Hanno la capacità di essere operativi per ventiquattro ore al giorno e per tutti i giorni dell'anno. Non necessitano di personale di presidio, quindi per la loro gestione è fondamentale la capacità di organizzare gli interventi di rifornimento e manutenzione.

Il vending alimentare rappresenta un sistema di ristorazione per le aziende completamente automatizzato, ben assortito e adatto alla "piccola pausa".

In Italia sono presenti circa 350 mila distributori automatici di cui 200 mila erogano bevande calde, 70 mila sono di bevande fredde, mentre 35 mila quelli di snack [1].

A livello nazionale il settore è rappresentato dalla CONFIDA (Confederazione Italiana della Distribuzione Automatica); essa fissa i principi etici ai quali le diverse imprese appartenenti devono attenersi e coordina la gestione delle capacità umane e produttive. [2]

A livello europeo il settore della distribuzione automatica è rappresentato da EVA (European Vending Association); conta circa 3,2 milioni di distributori e una vendita giornaliera di 10 milioni di prodotti. [3]

Oltre oceano si trova la NAMA (National Automatic Merchandising Association), rappresenta l'industria della distribuzione di cibo e bevande negli Stati Uniti in cui il fatturato della distribuzione automatica si aggira attorno ai due miliardi di dollari. [4]

1.2 LA GESTIONE DI DISTRIBUTORI AUTOMATICI

Consideriamo il caso di un'impresa operante nel settore alimentare della distribuzione automatica che in base alle esigenze del cliente individua il parco macchine, provvede all'installazione dei distributori automatici fornendo i servizi di normale rifornimento delle apparecchiature e i servizi di assistenza tecnica in caso di malfunzionamento.

La redditività dell'impresa è strettamente legata all'efficienza dei distributori, quindi l'obiettivo consiste nel mantenerli continuamente in funzione con una sufficiente scorta dei prodotti che possono erogare.

Per poter raggiungere l'obiettivo è necessario organizzare delle visite periodiche in tutti i distributori per verificarne lo stato di funzionamento, rifornirli, ed effettuare le operazioni di manutenzione ordinaria ed eventualmente straordinaria.

Una caratteristica fondamentale della distribuzione automatica è l'avere un parco macchine sparso in modo disomogeneo nel territorio. Ogni unità viene trattata come un magazzino indipendente che lavora in modo autonomo ma isolato.

Il lavorare in modo autonomo ma isolato, da un lato garantisce la disponibilità della distribuzione dei prodotti secondo le necessità del cliente ma dall'altro comporta che il gestore non è in grado di sapere se il distributore sta facendo il suo dovere o se per un qualsiasi motivo si trova fuori servizio.

Da colloqui effettuati, in particolare presso la "FRIULMATIC - distribuzione automatica alimenti e bevande" sita in provincia di Udine, è risultato che molte imprese che si occupano del vending, nate come società artigianali con pochi distributori, si sono evolute raggiungendo un parco macchine di diverse migliaia di unità collocate anche a notevole distanza dalla sede aziendale.

La "FRULMATIC" gestisce ad esempio 5000 unità e il suo raggio d'azione spazia in tutte e quattro le province della regione.

L'espansione delle zone industriali, uffici, ecc. ha infatti portato ad una notevole estensione delle zone su cui poter collocare i distributori; non sono rare le imprese che operano in diverse regioni tramite più filiali.

Le imprese per gestire i distributori hanno alle loro dipendenze degli operatori mobili; ognuno di essi dispone di un veicolo, fornito dalla stessa azienda, per raggiungere le sedi dove si trovano i distributori ed è dotato di un telefono portatile per comunicare con la sede dell'impresa.

Il territorio in cui si trovano i distributori viene diviso in zone e ciascuna di esse è affidata ad un operatore mobile.

Nel caso della "FRIULMATIC" per ogni operatore il numero di vending machine assegnate varia mediamente tra le 40 e le 100 unità.

In generale la pianificazione delle visite è effettuata, tramite programmi gestionali dedicati, a livello centrale: ad ogni operatore mobile è assegnato un piano di lavoro variabile di settimana in settimana, ma rigido per la settimana corrente.

L'attività dell'operatore mobile comincia nel prelevare e stivare la merce nei veicoli in base alle visite previste per la giornata, successivamente deve spostarsi verso la sua zona di competenza. Arrivato al distributore deve accertarne il corretto funzionamento elettromeccanico, pulirlo poiché trattando generi alimentari è necessario rispettare degli standard d'igiene, rifornirlo e prelevare il denaro incassato.

Per facilitare le operazioni gli operatori sono dotati di appositi computer palmari che con uno scanner memorizzano i prodotti inseriti e il codice del distributore rifornito.

Al termine della visita il distributore rimane "isolato" dall'impresa fino al successivo controllo.

Le stesse operazioni sono ripetute per tutti i distributori; si deve considerare che in genere la distanza tra essi è elevata sia perché sono fisicamente distanti, ma anche perché i trasferimenti avvengono in mezzo al traffico che è sempre caotico a qualsiasi ora; questo comporta che gran parte del tempo di lavoro degli operatori mobili è impiegato in trasferimenti tra un distributore e l'altro.

Tenendo presente il tempo di carico della merce, gli spostamenti, le operazioni da compiere per ogni visita, in una giornata si riescono a visitare mediamente 12 distributori. In conseguenza di ciò, questi ultimi devono lavorare in isolamento per lungo tempo.

È da porre in evidenza che lo stato di funzionamento del distributore è noto solo al momento della visita; non è raro il caso in cui ci si trovi davanti un macchinario fuori servizio anche per motivi banali, come l'esaurimento dei prodotti.

Se il fuori servizio è originato da un guasto, comporta ulteriori contrattempi. In genere infatti, chi rifornisce il distributore non è la stessa persona che si occupa dell'assistenza tecnica inoltre poiché, come detto sopra, il guasto può essere rilevato solo al momento della visita, per le riparazioni spesso è necessario avere delle parti di ricambio che sono strettamente dipendenti dal modello del distributore.

Un guasto provoca così la necessità di una doppia visita, cui va aggiunta la mancata vendita e il tempo di fermo macchina non è recuperabile.

Al ritorno in sede i computer palmari degli operatori mobili sono connessi ad una rete locale che ne preleva i dati, utilizzandoli per pianificare il successivo piano di visite e per ulteriori applicazioni.

Nella pianificazione delle visite l'incognita maggiore è data dal come il distributore si comporta. Potrebbe essere soggetto a blocchi improvvisi, come pure ad un esaurimento di alcuni prodotti dovuti a imprevisti e temporanei aumenti della domanda da parte del cliente o ad un qualsiasi altro motivo.

Per tentare di arginare la situazione alcune aziende si sono dotate di un numero verde affinché l'utilizzatore segnali eventuali disservizi. Il funzionamento del servizio è però lasciato alla "buona volontà" del cliente, e se si può avere un riscontro nel caso di piccole utenze, è molto più raro dove il flusso di persone è maggiore, come nei luoghi pubblici.

Spesso però avviene che anche se la chiamata è tempestiva, l'operatore mobile non può farvi fronte poiché è impegnato a seguire il suo piano settimanale di visite che lo

può portare in luoghi da cui è fisicamente impossibile recarsi nel distributore che ha bisogno di assistenza compatibilmente con l'orario di lavoro. Il metodo comunque non consente di determinare il vero motivo del disservizio.

La pianificazione delle visite ai distributori automatici potrebbe essere resa più efficiente conoscendo la situazione attuale dello stato dei distributori.

Una conoscenza sufficientemente aggiornata dello stato dell'intero parco macchine permetterebbe l'organizzazione delle visite di giorno in giorno anziché l'obbligo di seguire un unico piano rigido per tutta la settimana, consentendo di intervenire subito nelle zone in cui i livelli delle scorte sono più bassi o si sono verificati dei guasti.

Il servizio di erogazione sarebbe così continuativo verso il cliente portando automaticamente ad una maggior redditività del distributore stesso.

Le imprese interpellate hanno stimato che con un sistema per la telemetria dei distributori automatici si potrebbe ottenere, nell'arco di un anno, un incremento delle consumazioni superiore al 10%.

1.3 VANTAGGI DI UN SISTEMA DI TELERILEVAMENTO

L'introduzione di un sistema di telerilevamento dati, opportunamente integrato con altri moduli software dedicati alla gestione aziendale, porterebbe ad un miglioramento complessivo della redditività dell'impresa ottimizzando sia le fasi direttamente a contatto con i distributori automatici, sia tutti gli altri processi di gestione legati ad essi.

Complessivamente i vantaggi sono riassumibili come segue:

- Rilevamento automatico dei dati
Permette il trasferimento in automatico, dal generico distributore remoto alla centrale, dei dati riguardanti le vendite effettuate, i tipi di prodotti venduti, relative giacenze riducendo così le possibilità di errore dovute ad un inserimento manuale dei dati.
- Pianificazione delle visite di controllo
La conoscenza in tempo reale nella centrale sullo stato del distributore, relativamente alla situazione delle scorte residue e al suo funzionamento elettromeccanico consente la pianificazione delle visite mirate ai distributori che ne hanno necessità, permettendo di conoscere a priori i tipi di prodotti e le loro quantità per ripristinare le unità mancanti, o eventualmente le corrette parti di ricambio; inviando il giusto servizio secondo le esigenze si ottiene da un lato la soddisfazione del cliente, e dall'altro un risparmio su tempi e costi dovuti a visite non necessarie e l'abbattimento delle mancate vendite.
- Pianificazione delle operazioni di manutenzione
In ogni macchina alcuni elementi sono soggetti a sostituzioni periodiche; il sistema può memorizzare le distribuzioni complessive o le ore totali di funzionamento di ogni distributore segnalando il momento di intervenire, evitando così che la mancata manutenzione porti a dover riparare un

successivo guasto di maggiori dimensioni cui si deve aggiungere il costo del disservizio del distributore.

- Possibilità di aumentare il raggio d'azione dell'impresa:
La conoscenza centralizzata dello stato dei distributori permette all'impresa di espandere il proprio raggio d'azione, uscendo dalla dimensione locale
- Elaborazione dati statistici sui consumi
L'acquisizione dei dati relativi alla quantità e tipo di prodotto venduto consente di effettuare rilevamenti statistici sulle vendite per evidenziare i consumi in relazione ai periodi di interesse, e soddisfare la domanda con l'adeguata offerta dei prodotti.
- Miglioramento della gestione del magazzino
La conoscenza sull'andamento dei consumi e dello stato di funzionamento delle macchine permette una migliore gestione del magazzino prodotti, con la possibilità di sconti grazie ad acquisti mirati, e del magazzino ricambi.
- Intervento dalla centrale sul distributore
Può essere utile interagire direttamente dalla centrale verso il distributore remoto per modificare direttamente e rapidamente il suo funzionamento, come ad esempio il blocco della gettoniera per impedire la vendita di prodotti scaduti o avariati.

Per svolgere tutte le funzioni sopradette, si deve introdurre un sistema informativo completo diviso in moduli dove il sistema di telerilevamento rappresenta la base su cui costruire tutti i moduli aggiuntivi.

1.4 IL DISTRIBUTORE AUTOMATICO

Il distributore automatico detto anche “vending machine” è la macchina che fornisce al dettaglio i diversi prodotti che la distribuzione automatica può offrire.

Si distinguono i distributori di generi alimentari da quelli non alimentari. Rimanendo confinati nella prima categoria che è la più diffusa, si ha un distributore specifico a seconda del prodotto fornito e si ha la seguente classificazione:

- Distributori di bevande calde;
- Distributori di bevande fredde;
- Distributori di snack;
- Distributori di gelati;
- Distributori di cibi congelati;

I distributori automatici possono operare sia isolati sia in gruppo, in quest'ultimo caso si dice che formano delle “batterie” (fig. 1.1): due o più distributori che in genere forniscono tipologie di prodotti diverse operano fianco a fianco; ad esempio

distributori di bevande calde con distributori di snacks e/o bevande fredde, creando delle aree di ristoro.



Figura 1.1 Batteria di distributori automatici

Per la selezione dei prodotti è presente un insieme di pulsanti oppure un tastierino alfanumerico.

Alcuni distributori hanno dei display che facilitano le operazioni, visualizzano lo stato della macchina e danno la possibilità al gestore di inserire messaggi personalizzati verso il cliente.

Distributori di bevande calde

I distributori automatici più diffusi nella realtà italiana sono quelli delle bevande calde, tra cui rientra il caffè e coprono una significativa parte del mercato del vending. Essi spaziano dalle piccole macchine da tavolo (“table top”) destinate alle piccole utenze ai grandi distributori capaci di erogare decine di prodotti diversi tra loro.

Questa categoria di distributori deve eseguire una serie di task per preparare i prodotti, e in linea di massima il ciclo base di funzionamento è il seguente:

una volta effettuata la selezione del prodotto da fornire il distributore rilascia dapprima un bicchiere, successivamente rilascia la paletta o cucchiaino e la quantità di zucchero impostata che in genere è selezionabile dal cliente.

Nel frattempo l’acqua calda, portata alla giusta temperatura all’interno di un boiler, raggiunge il corpo di miscelazione, mentre l’acqua fredda entra nel boiler per essere riscaldata per i cicli successivi.

Nella camera di miscelazione i dispositivi interni rilasciano gli ingredienti nelle quantità predeterminate. Gli ingredienti sono mescolati meccanicamente tramite dei frullatori per assicurare una miscela omogenea. Successivamente la miscela viene versata nel bicchiere mentre il flusso d’acqua continua ancora per un certo periodo, dopo che la miscelazione si è fermata, per riempire fino al giusto livello il bicchiere, e per lavare il corpo di miscelazione preparandolo per la successiva erogazione.

La gestione della miscelazione è gestita elettronicamente, l'entrata dell'acqua è costantemente controllata e i frullatori raggiungono alte velocità.

Anche la temperatura dell'acqua ha un ruolo importante poiché essa deve stare entro una precisa gamma di valori, e deve essere raggiunta in breve tempo da quando è richiesto un prodotto.

Alcuni distributori che forniscono caffè hanno ulteriori dispositivi; infatti possono fornire sia caffè in "cialde", in cui ad ogni erogazione corrisponde esattamente una cialda che viene miscelata con l'acqua, sia caffè in grani. In questo caso dispongono di un macinacaffè e di un dosatore che possono essere regolati per ottenere la giusta macinatura e la giusta dose di caffè

In genere un distributore appartenente a questa categoria è composto da diversi organi elettromeccanici necessari al suo funzionamento: essi ad esempio, possono eseguire automaticamente, secondo intervalli programmati o manualmente, il lavaggio delle parti più importanti come il corpo di miscelazione, il circuito del latte, o altro per garantire l'igiene della macchina.

In genere i distributori di bevande calde dispongono di un attacco idrico con sicurezze anti-allagamento, ma possono essere corredate anche con serbatoi ausiliari. Tutti necessitano comunque di una sorgente di alimentazione elettrica per il loro funzionamento.

I moderni distributori sono dotati di una elettronica sofisticata che ne gestisce il funzionamento di tutti gli elementi interni. Molti di essi offrono delle porte di comunicazione seriale che permettono il rilevamento dell'attività svolta o l'impostazione tramite PC dei vari parametri di funzionamento

Possono svolgere anche funzioni di autodiagnostica per rilevare eventuali guasti

Dato il numero di elementi funzionali i distributori automatici offrono un insieme di protezioni per la salvaguardia dei propri apparati interni; tra le protezioni più comuni si trovano:

- Interruttore di blocco
- Protezione termica caldaia
- Protezione gruppo caffè
- Protezione motore macinino
- Protezione motore pompa
- Protezione vuoto d'acqua

Nei distributori di bevande calde il prodotto fornito corrisponde ad un mix dei contenuti dei vari serbatoi, infatti si hanno serbatoi per bicchieri, zucchero, palette, e per gli ingredienti delle miscele. Alcuni di questi sono usati per più prodotti, mentre altri sono particolari per il tipo di prodotto fornito.

È da notare, ad esempio, che i bicchieri sono determinanti per il funzionamento del distributore poiché il loro esaurimento provoca la mancata erogazione di tutti i prodotti disponibili.

L'elevata temperatura d'uscita della miscela richiede l'uso di bicchieri che non si deteriorino, e allo stesso tempo non modifichino il sapore della bevanda.

All'interno del distributore (fig 1.2), dove può accedere solo l'operatore mobile, si trovano anche i contenitori dei prodotti; il loro numero varia a seconda della grandezza della macchina. Valori medi sono tra 3 e 7 serbatoi che ad esempio possono contenere caffè liofilizzato, decaffeinato, latte in polvere, cioccolata, tè, zucchero ed altri prodotti a scelta.

Normalmente una volta note le capacità dei serbatoi si può stabilire con precisione qual è il numero di erogazioni possibili e quindi l'autonomia del distributore.

All'interno si trovano anche tutti i parametri per la regolazione della quantità di prodotto da fornire per ogni erogazione permettendo così di adeguare la miscela al tipo di ingrediente utilizzato o per incontrare i gusti del cliente.

Le vending machine in genere erogano gli ingredienti a volume piuttosto che a peso è importante usare prodotti con densità costante per evitare getti variabili e quindi prodotti finali di diversa qualità. Gli ingredienti non devono essere compressi altrimenti rischiano di bloccare i condotti, o provocare quantità anomali di materiale versato.

I distributori automatici di bevande calde necessitano di una manutenzione periodica con intervalli non superiori ai 20 giorni, poiché alcuni alimenti come lo zucchero o il caffè in grani se stanno fermi si deteriorano, inoltre è necessaria la pulizia dello scarico per evitare odori sgradevoli.



Figura 1.2 Interno di un distributore automatico

Dispositivi di pagamento

In genere il dispositivo di pagamento si abbina in un secondo tempo al distributore automatico, infatti in origine venivano usate solo le monete poi i gettoni, ora a questi metodi tradizionali si sono aggiunte le chiavi elettroniche ricaricabili o tessere elettromagnetiche, ma si stanno affacciando anche soluzioni che prevedono sistemi di pagamento tramite la telefonia cellulare, in particolare usando gli SMS del sistema GSM, quindi la scelta dipende principalmente dall'utenza cui il distributore andrà a servire.

I dispositivi di pagamento sono alquanto sofisticati e costosi tanto che sono sorte ditte specializzate solo nella fornitura di questi apparati.

Altri distributori alimentari

I distributori di bibite in lattina o bottiglia, oppure quelli di snacks (fig1.3) sono molto meno complicati dal punto di vista elettromeccanico rispetto ai distributori di bevande calde, poiché distribuiscono prodotti preconfezionati e quindi non devono eseguire particolari compiti per l'erogazione di un prodotto coinvolgendo più ingredienti.

In genere sfruttano la gravità e degli scivoli interni per la fuori uscita dei prodotti. Questi ultimi in alcuni distributori sono impilati uno sull'altro mentre in altri giacciono su piani orizzontali girevoli e si possono prelevare attraverso un apposita finestra; in altre macchine tramite delle spirali sono fatti cadere dai piani verso il fondo del distributore per essere poi prelevati.

In ogni caso poiché vendono prodotti alimentari sono dotati di un impianto frigorifero



Figura 1.3 Distributori di bevande fredde e snacks

1.5 STORIA DELLA DISTRIBUZIONE AUTOMATICA IN ITALIA

[tratto da www.confida.com]

Subito dopo la fine della seconda Guerra Mondiale, la “Coca-Cola” installa anche in Italia i suoi impianti di imbottigliamento e il successo della bibita è notevole. In seguito decide di entrare direttamente nei luoghi di lavoro: inizialmente installa le prime ghiacciaie e successivamente, grazie all’esperienza negli Stati Uniti introduce i distributori automatici. I primi dieci distributori automatici di bottiglie di Coca-Cola vennero installati a Milano nel 1953.

Negli anni seguenti la Coca Cola produce con la collaborazione di aziende Italiane il primo distributore oleodinamico completamente realizzato in Italia.

La distribuzione italiana diventa così una realtà coinvolgendo imprese come la Diam, la Rex Zanussi ecc.

Successivamente, sulla spinta della Coca-Cola arriva anche l’americana Vendo, specializzata nella produzione di distributori automatici tecnologicamente più avanzati dato il notevole sviluppo del settore in quel paese.

Il mercato fa capire che sul luogo di lavoro, attraverso la distribuzione automatica, c’è bisogno anche di bevande calde e delle “brioche del bar”. Alcuni imprenditori importano allora dagli Stati Uniti dei distributori di solubili da proporre con uno specifico caffè solubile prodotto dalla Nestlé.

Nel 1962 per la prima volta la Fiera Campionaria di Milano registra una nuova categoria di prodotti: quella dei distributori automatici.

Manca ancora un distributore automatico che risolva il problema della bevanda più tipicamente italiana: il caffè espresso. La prima macchina per il caffè espresso fu realizzata in Italia da una ditta Milanese nel 1963.

I distributori cominciano a diffondersi e nascono le prime società di gestione indipendenti dai fabbricanti di distributori, aiutate anche da un periodo di prosperità economica.

Negli anni ’70, dopo i primi anni di euforia la recessione coinvolge anche il settore della distribuzione automatica. Il sindacato inoltre pone ostacoli rifiutando ogni aumento dei prezzi nei servizi considerati sociali e la distribuzione automatica è considerata uno di questi.

Le imprese della distribuzione si trovano ad affrontare problemi completamente nuovi dati da un mercato rappresentato dai sindacati, divenuto ostile e la indisponibilità di moneta divisionale: le monete da 5 e 10 Lire non sono adatte ai distributori automatici e d’altra parte non si poteva aumentare i prezzi con multipli di 50 Lire. Fu introdotta allora la soluzione delle 50 Lire più gettone, quindi le industrie si attivarono a realizzare delle gettoniere specifiche.

Con l'aumento dei prezzi i gestori puntano anche su un'offerta più completa: al caffè si aggiungono altre bevande calde: cappuccino, cioccolata ecc grazie a nuovi distributori più avanzati.

Gli apparecchi pluriselezione hanno successo anche se il loro funzionamento è ancora da perfezionare.

Sempre nello stesso periodo gli operatori del settore costituiscono la CONFIDA (Confederazione Italiana della Distribuzione Automatica) la quale mette a punto un piano di sviluppo basato sul controllo del costo delle consumazioni, l'istituzione di contratti che definiscano il rapporto tra il gestore e l'utente utilizzatore, un ampliamento della gamma dei prodotti offerti che si estenda dai prodotti caldi a quelli solidi e freddi. In definitiva una competitività costruita sulla qualità e non solo sui prezzi con l'introduzione di apparecchi sempre più sofisticati e tecnologicamente più avanzati mediante il rinnovo del parco macchine con definizione dei piani di ammortamento e dei tempi di sostituzione delle macchine.

Nel 1984 le principali aziende produttrici di distributori automatici (Rhea, Vendors, Zanussi) propongono i primi apparati gestiti elettronicamente.

Vengono subito introdotti i primi sistemi di pagamento e controllo, in grado di permettere un pagamento più facile ed una tenuta della contabilità della macchina (consumazioni, incasso).

L'anno seguente sono presentate le schede prepagate e successivamente le chiavi elettroniche. Sistemi di pagamento che utilizzano lo stesso principio delle schede telefoniche prepagate.

I gestori si riqualificano verso l'utente finale apparendo come "fornitori di servizi" realizzati con apparecchiature tecnologicamente avanzate

Il positivo andamento dell'economia nazionale e la discesa del dollaro, che comporta anche la riduzione del prezzo del caffè, fanno ottenere margini di profitto interessanti consentendo un rilancio del settore.

I gestori cominciano a considerare i distributori di snack e di bibite refrigerate non più come un fastidio, dati i pochi margini disponibili, al quale non potevano sottrarsi causa la richiesta da parte del consumatore, ma come strumento di consolidamento delle proprie quote di mercato e di fatturato da guardare con attenzione. Anche l'acqua minerale diventa opportunità di business.

I gestori ragionano sempre più da imprenditori piuttosto che da "gestori di macchinette" e anche le loro sedi cominciano a rifletterne l'andamento.

Il rilancio del settore porta benefici a tutti i livelli, sia verso i gestori, sia verso i produttori di distributori che trovano una domanda dimensionata alle loro attese permettendo il decollo di nuove proposte.

Attualmente la distribuzione automatica è diventata una realtà importante. In quasi tutte le aziende, enti, comunità di qualsiasi dimensione si possono trovare distributori automatici di bevande snack ecc..

1.6 OBIETTIVO DELLA TESI

Per arrivare alla definizione di un sistema di telerilevamento dati, che svolga una funzione di telemetria tra dei distributori remoti ed una sede centrale, è necessario studiare il comportamento complessivo che il sistema deve avere indipendentemente da come si realizzeranno i dettagli nella versione definitiva.

Trattandosi di un prodotto che richiede la cooperazione di più settori d'impiego, quali il campo della distribuzione automatica in cui il sistema sarà in seguito applicato, e quello delle telecomunicazioni per il canale di collegamento tra i diversi distributori e la sede, gestiti da persone che hanno esperienze e competenze diverse è utile presentare un modello di studio che costituisca punto d'incontro tra i due settori per poter essere successivamente adattato alle diverse esigenze.

Poiché nella maggior parte dei casi ha senso valutare se certe scelte sono idonee solo se è possibile osservarne gli effetti, deriva la scelta di realizzare un modello che simuli il funzionamento complessivo del sistema.

Ovviamente, la realizzazione di un modello di simulazione comporta il privilegiare alcuni aspetti del sistema reale e trascurarne altri.

Nel presente lavoro si è dato risalto a come possa essere effettuata la comunicazione tra i distributori automatici e la sede dell'impresa mentre si è trascurato il come il sistema possa fisicamente collegarsi con i distributori stessi in quanto questa soluzione è strettamente dipendente dall'hardware specifico della macchina, mentre la gestione della comunicazione può essere valida indipendentemente dalla tipologia di distributore.

Affinché la simulazione sia utile per la successiva realizzazione del sistema reale, è necessario separarla in moduli che rappresentino le varie entità che in esso intervengono; si è allora ritenuto opportuno sviluppare il software del prototipo di una centrale di controllo funzionante su PC, realizzando un versione dimostrativa del sistema, che però non sia un semplice "videogioco", ma comprenda elementi reali come il terminale d'accesso al canale di comunicazione con la sua complessità di gestione.

Così facendo, il lavoro impiegato per lo sviluppo del modello software può utilmente servire come base per lo sviluppo di un sistema di telerilevamento dati reale.

In conclusione si è proceduto individuando le caratteristiche di base che il sistema deve avere, realizzando poi un modello funzionante su più PC (fig 1.4) che utilizzi il canale di comunicazione che meglio si adatta per l'applicazione in esame definendo il software di base per la comunicazione tra i distributori e la centrale, e per la gestione dell'interfaccia utente della centrale stessa.



Figura 1.4 Il modello da realizzare

2 GENERALITA' SUL SISTEMA DI TELERILEVAMENTO DATI

2.1 IL SISTEMA INFORMATIVO

La funzione richiesta al sistema di telerilevamento consiste nella telemetria dei vari distributori remoti e la segnalazione tempestiva delle situazioni che richiedono l'intervento da parte di un operatore mobile, fornendo così le informazioni necessarie per una successiva ottimizzazione della gestione dell'intero parco dei distributori automatici. Il sistema di telerilevamento costituisce quindi la base di un sistema informativo automatizzato.

In generale si può definire un sistema informativo come un insieme di elementi, anche molto diversi tra loro, che raccolgono elaborano, scambiano e archiviano dati, con lo scopo di produrre e distribuire le informazioni nel momento e nel luogo adatto alle persone che ne hanno bisogno [5]. Quando queste operazioni sono eseguite in modo automatico, utilizzando le tecnologie informatiche, il sistema informativo si dice sistema informativo automatizzato.

A seconda delle applicazioni esistono diversi di sistemi automatizzati ma tendono tutti ad avere le seguenti componenti comuni:

- Hardware: complesso degli elementi fisici elettronici e non, che costituiscono il sistema;
- Software: programmi di sistema, come sistemi operativi, sistemi di basi di dati, programmi di controllo di telecomunicazioni oltre ai programmi applicativi che svolgono le funzioni richieste dall'utente;
- Persone: coloro che fanno funzionare il sistema, ne utilizzano gli output e forniscono gli input;
- Dati: le informazioni che il sistema ricorda per un certo periodo;
- Procedure: costituiscono le direttive e le istruzioni formali per il trattamento dei dati e la gestione delle informazioni.

I sistemi informativi trattano dati e producono informazioni. Il dato è una rappresentazione originaria e non interpretata di un evento, mentre l'informazione è l'insieme di uno o più dati memorizzati, classificati organizzati messi in relazione o interpretati nell'ambito di un contesto in modo da avere un significato. [5]

I dati sono la materia prima per il processo di costruzione delle informazioni e sono costituiti da gruppi di simboli (lettere, numeri, caratteri speciali) che rappresentano realtà fisiche e concettuali. Le informazioni ottenute possono a loro volta costituire i dati di partenza per ulteriori elaborazioni che portano ad altre informazioni.

Il processo di produzione delle informazioni in generale può essere concettualmente diviso in tre fasi (fig 2.1):

- acquisizione dei dati;
- elaborazione dei dati;
- emissione dell'informazione;

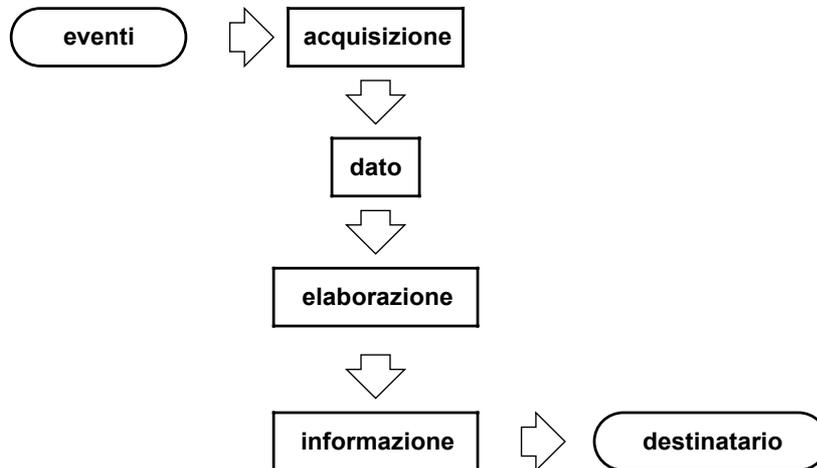


Figura 2.1 Processo di produzione delle informazioni

L'informazione è definita quando ne è specificato il contenuto, in particolare le modalità secondo cui questo deve essere prodotto. Si devono allora precisare i processi elaborativi che danno origine all'informazione e i dati che devono essere presi in considerazione; inoltre poiché le informazioni sono destinate agli utenti è indispensabile definire anche come queste debbano essere presentate al destinatario finale determinandone i modi, tempi, e luoghi:

- **Modi:** descrivono le modalità di presentazione dell'informazione, ad esempio il supporto su cui essa viene fornita, l'evento che ne attiva la diffusione, il formato di rappresentazione.
- **Luoghi:** specificano dove l'informazione deve essere fornita; Insieme alla collocazione delle sorgente di dati rappresentano un elemento determinante per definire la logistica del processo di produzione delle informazioni.
- **Tempi:** stabiliscono quando l'informazione deve essere fornita e quindi quando essa deve essere prodotta.

La progettazione del sistema di telerilevamento procede specificando le informazioni che si vogliono ottenere risalendo poi a ritroso per determinare, in funzione del loro contenuto, le modalità di presentazione e il processo di produzione necessario per ottenerle, tale processo potrà essere eventualmente scomposto in più stadi.

2.1.1 Le informazioni da produrre

L'organizzazione delle varie attività dell'impresa, quali la pianificazione delle visite, la rotazione delle scorte di magazzino, le statistiche sulle vendite, le verifiche sugli incassi per controllare se ci sono ingiustificati ammanchi, ecc. richiede dei dati di partenza, sufficientemente aggiornati, da poter elaborare, di conseguenza alla base di tutte queste applicazioni si trova l'attività svolta dai vari distributori automatici, che costituiscono l'elemento fondamentale nella distribuzione automatica che "traina" tutte le attività dell'impresa.

In linea di massima, per un corretto funzionamento dei distributori automatici è necessario che questi contengano delle sufficienti scorte dei prodotti erogabili e siano in grado di distribuirli, cioè funzionino correttamente dal punto di vista elettromeccanico. Le informazioni di base che il sistema di telerilevamento deve produrre consistono, relativamente ad ogni distributore, nella conoscenza del quantitativo di prodotti disponibili e dello stato di funzionamento dei principali organi elettromeccanici presenti all'interno del distributore. Queste informazioni, rilevate in modo automatico, con cadenze predefinite ed estese alla totalità dei distributori, possono costituire i dati da cui il sistema gestionale aziendale può partire per produrre le informazioni correlate alle altre attività, quali quelle sopraccitate (fig 2.2).

Nel seguito si considererà allora il problema del trasferimento dati riguardanti l'attività svolta dai distributori, dalle località remote in cui essi si trovano, alla sede dell'impresa e la loro presentazione.

Per praticità i dati provenienti dai distributori devono poter essere raccolti in modo centralizzato tramite un PC (fig 2.3), il quale possa permettere, tramite un opportuna interfaccia grafica, sia la visione immediata della situazione attuale riferita ad un generico distributore riassunta in opportune tabelle, permettendo così di avere uno specchio aggiornato sulla situazione dei vari distributori, sia l'archiviazione delle informazioni acquisite da utilizzare come fonte per le successive elaborazioni da parte di moduli software dedicati a specifiche funzioni all'interno del sistema gestionale aziendale.



Figura 2.2 Flusso dei dati

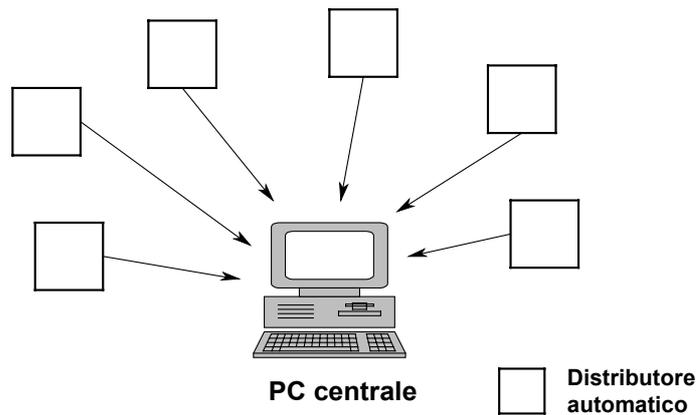


Figura 2.3 Raccolta centralizzata dei dati e presentazione dell'informazione

Altre caratteristiche strettamente legate alla validità del contenuto informativo sono la frequenza di aggiornamento e la tempestività dell'informazione:

Frequenza di aggiornamento

La frequenza di aggiornamento dei dati riguardanti la situazione dei distributori deve essere proporzionale all'intervallo con cui l'utilizzatore presumibilmente se ne serve, infatti aumentarla oltre il necessario non porta a vantaggi ma complica solo l'attività di gestione del sistema stesso.

Volendo conoscere le scorte disponibili, non è necessario conoscere in "tempo reale" la situazione dopo ogni erogazione effettuata dai distributori, ma è sufficiente che questo avvenga con una determinata periodicità, il cui intervallo possa essere variabile a seconda delle esigenze; ad esempio conoscere il quantitativo dei prodotti disponibili un paio di volte al giorno può essere ritenuto più che sufficiente.

Tempestività dell'informazione

L'aggiornamento della situazione delle scorte dei distributori può avvenire secondo tempi predeterminati, però si devono considerare anche ulteriori eventi, per i quali l'informazione ha valore solo se essi sono tempestivamente segnalati. In questa categoria rientrano eventi quali i guasti o l'esaurimento dei prodotti. Il sistema di telerilevamento deve riconoscere le informazioni che richiedono priorità più elevata e notificarle nel più breve tempo possibile.

2.2 COLLEGAMENTO DISTRIBUTORI-IMPRESA

Il sistema di telerilevamento dati da una rete di distributori automatici, posizionati in modo disomogeneo su una vasta area geografica, costituisce un sistema distribuito (fig. 2.4) e comporta l'utilizzo di una rete di telecomunicazione per il collegamento tra i vari distributori remoti e la sede dell'impresa. Per produrre le informazioni richieste il sistema di telerilevamento deve svolgere le seguenti funzioni:

- acquisizione dati dai distributori;
- trasporto dei dati, tramite un canale di comunicazione, dai distributori verso la sede dell'impresa;
- elaborazione dati e loro presentazione all'utilizzatore del sistema.

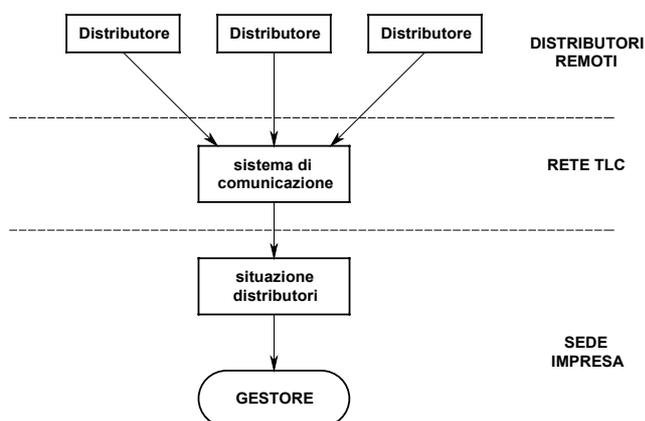


Figura 2.4 Il sistema di telerilevamento è un sistema distribuito

A seconda che venga attraversato o meno il suolo pubblico, la distinzione è di natura giuridica, si possono individuare due tipi di collegamenti: [5]

- *Locale*: quando le linee di comunicazione attraversano solamente suolo privato, limitandosi ad esempio a collegare le installazioni dislocate in un palazzo oppure all'interno di uno stabilimento o di un magazzino ecc.
- *Remoto*: se comporta l'attraversamento di suolo pubblico, dovendo collegare ad esempio dispositivi situati in diversi quartieri, città o continenti.

La distinzione tra remoto e locale è dovuta al fatto che in Italia, così come in molti altri paesi europei e non, esiste un "regime di concessione" per cui l'attraversamento del suolo pubblico da parte di linee di trasmissione è consentito solo agli enti che hanno ottenuto tale permesso dallo Stato (concessione all'esercizio delle telecomunicazioni). I privati che necessitano di trasmettere dati passando su suolo pubblico devono richiedere una "concessione" allo Stato dietro pagamento, oppure utilizzare o affittare le linee predisposte da un operatore dotato di concessione.

È principalmente per questa ragione che i servizi di trasmissione dati tra sedi separate da suolo pubblico sono in generale forniti dalle stesse aziende pubbliche o private detentrici del monopolio o delle concessioni governative per la telefonia; spesso vengono utilizzati gli stessi mezzi e canali trasmissivi già posati e disponibili per il servizio telefonico. [6]

In generale le funzioni svolte da un sistema distribuito variano a seconda dell'applicazione richiesta ma per realizzarle viene utilizzato un numero limitato di reti di comunicazione aventi lo scopo di fornire i servizi necessari per lo scambio di informazioni a distanza tra i vari dispositivi. In relazione al servizio supportato si hanno infatti caratteristiche diverse delle informazioni da trasmettere dando così origine a diversi tipi di *traffico*, di conseguenza si richiedono determinati requisiti

alla rete di telecomunicazione che deve supportare il servizio, tuttavia spesso capita che reti preesistenti e con diffusione capillare, qual'è ad esempio la rete telefonica, siano utilizzate per nuovi servizi.

2.2.1 Scelta della rete di telecomunicazione

Un aspetto importante nella realizzazione del sistema di telerilevamento riguarda il canale di trasmissione utilizzato per il trasferimento dei dati, poiché da tale scelta deriva l'utilizzo delle apparecchiature necessarie per i collegamenti fisici.

La scelta della rete di telecomunicazione per il collegamento tra i distributori remoti e la sede dell'impresa dipende da vari fattori quali il numero delle unità remote da collegare, la loro disposizione geografica, la frequenza dei collegamenti, il volume dei dati da trasferire.

Nel caso in esame, trattandosi di un'applicazione di telerilevamento il volume dei dati da scambiare e la frequenza di collegamento sono limitati, questo associato alla numerosità dei distributori fa escludere a priori, dati i costi elevati, l'utilizzo di una rete dedicata per un collegamento punto - punto tra ogni stazione remota e la centrale. D'altra parte l'utilizzo della più economica linea telefonica commutata (PSTN) o della sua evoluzione ISDN richiede l'utilizzo di una presa telefonica fissa e questo pone i seguenti problemi:

- Si incontrano resistenze da parte del cliente che ospita i distributori poiché dovendo dedicare una linea telefonica ad essi, non esiterebbe a trovare un altro fornitore;
- E' necessaria una presa telefonica per ogni distributore, oppure per limitarne il numero, si deve realizzare un collegamento locale fra i diversi distributori presenti nello stesso edificio;
- Non è sempre possibile avere una linea telefonica a disposizione ;
- I distributori possono essere spostati nel tempo all'interno dello stesso edificio o in altri luoghi in seguito alle esigenze del momento e la presenza di prese fisse e collegamenti locali tra i vari distributori complicherebbe le cose.
- Non avere una presa esterna permette di evitare manomissioni da parte di terzi;

La soluzione consiste allora nel predisporre un collegamento tra i distributori remoti e la centrale che utilizzi un mezzo fisico di trasmissione basato sulla propagazione tramite onde radio, che per sua natura non necessita di collegamenti via cavo, realizzando così un sistema di telerilevamento via radio.

In questo modo ogni distributore può essere collegato in modo diretto alla centrale indipendentemente dagli altri: questo permette l'installazione o l'eliminazione di un distributore senza particolari problemi poiché basta gestire la situazione dal lato della

centrale senza interessare i locali di proprietà del cliente o richiedere collegamenti distributore – distributore.

Nella realizzazione di un sistema di telerilevamento via radio le alternative sono principalmente due: l'utilizzo di una rete radiomobile pubblica oppure l'implementazione di un sistema di trasmissione privato. In quest'ultimo caso la necessità di ricoprire distanze anche dell'ordine di centinaia di chilometri, necessita l'uso di ricetrasmittitori di adeguata potenza, operanti su frequenze date in concessione dai competenti uffici delle Poste e Telecomunicazioni con conseguente pagamento di un canone annuale, il che rende il sistema particolarmente oneroso e quindi irrealizzabile.

L'utilizzo di una rete radiomobile pubblica, permette invece di avere una rete già installata, indipendentemente dall'applicazione che si vuole realizzare svincolandosi così dal come le informazioni in ingresso siano gestite all'interno della rete e recapitate al destinatario: è sufficiente gestire l'accesso alla rete da parte delle stazioni terminali (centrale o distributori).

Attualmente il sistema radiomobile pubblico più diffuso è il sistema GSM comprendendo anche il GSM dual band che oltre alla fonia è adatto anche alla trasmissione dati, anche se la velocità di trasmissione è limitata a 9600 bps, per un'applicazione di telecontrollo questo non rappresenta un problema.

Il sistema GSM permette inoltre il collegamento sia con la rete telefonica che può essere tradizionale (PSTN Public Switch Telephone Network) oppure di tipo ISDN (Integrated Services Digital Network) sia con le reti dati a commutazione di pacchetto (PSPDN: Packet Switched Public Data Network) o con quelle a commutazione di circuito (CSPDN: Circuit Switched Public Data Network).

Considerando l'elevata copertura del territorio da parte della rete GSM, la possibilità della trasmissione dati, il sempre più basso costo degli apparecchi che ne permettono la connessione e soprattutto l'assenza di cavi di collegamento si è deciso di basare il sistema di telerilevamento sulla rete GSM utilizzandola come link tra i distributori periferici e la sede della centrale.

Le modalità di comunicazione rese possibili dalla rete GSM in relazione all'applicazione considerata sono la connessione dati e il servizio SMS (Short Message Service).

2.3 FUNZIONI AGGIUNTIVE

Le funzioni base del sistema di telerilevamento, riguardanti la telemetria dei distributori, possono essere integrate con ulteriori funzioni. La rete GSM consente uno scambio bidirezionale dei dati, quindi in aggiunta alla funzione base è possibile, sviluppare delle funzioni accessorie per effettuare anche uno scambio di dati dalla centrale verso i distributori automatici. Queste funzioni accessorie potrebbero riguardare ad esempio la variazione da remoto, e quindi dalla centrale, di alcuni parametri di funzionamento del distributore stesso, sempre che esso sia predisposto dal costruttore per una simile applicazione, oppure inserire opportuni messaggi pubblicitari o informativi in appositi display, o variare i prezzi delle consumazioni.

È però da tener presente che le programmazioni specifiche dei distributori automatici non possono essere identificate in modo univoco, ma sono strettamente dipendenti

dalla macchina in esame, quindi il sistema di telerilevamento può fornire un mezzo per il trasferimento delle informazioni necessarie, ma il contenuto di queste varia in dipendenza del modello di distributore considerato.

La costruzione di un protocollo che permetta lo scambio dati dalla centrale verso i distributori è comunque necessaria ad esempio nel caso in cui si voglia richiedere lo stato di attività del distributore dalla centrale, oppure si debbano modificare alcuni parametri di servizio situati nelle sedi remote e strettamente collegati al funzionamento del sistema di telerilevamento.

2.4 ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI

L'elaborazione dell'informazione comprende le fasi tra l'acquisizione dei dati e l'emissione dell'informazione.

Il sistema di telerilevamento è un sistema distribuito, si devono quindi stabilire le funzioni che il sistema può o deve effettuare dal lato dei distributori remoti e quali invece possono essere eseguite dal lato della sede dell'impresa o centrale di controllo del sistema. Il come i dati debbano essere trasferiti al sistema di comunicazione, e da questo alla centrale di controllo, definendo le procedure che regolano la comunicazione ed il flusso dati tra i diversi elementi che compongono il sistema.

I dati che il sistema di telerilevamento deve elaborare possono essere divisi in due categorie: dinamici e statici. Nella prima rientrano quelli suscettibili di variazioni nel breve periodo, essi comprendono quindi le quantità di prodotti disponibili nei distributori, o quelle erogate, il funzionamento degli organi elettromeccanici, e in generale riguardano quanto è strettamente legato al funzionamento operativo del distributore, che deve essere rilevato direttamente da esso.

I dati statici possono invece variare in tempi più lunghi e servono ad integrare o rendere significativi i dati dinamici, per produrre alla fine le informazioni richieste. I dati statici riguardano ad esempio la tipologia dei prodotti in carico ai distributori, l'indirizzo del cliente in cui si trova il distributore, la marca e il modello per reperire eventuali parti di ricambio ecc.

In ogni distributore remoto si rende necessaria un'elaborazione a livello locale che oltre ad acquisire i dati fornibili dal distributore li memorizzi per un certo tempo e li organizzi in modo da essere successivamente trasmessi.

Considerato che il numero dei distributori da gestire è elevato, per contenere i costi complessivi l'elaborazione locale deve essere la più semplice possibile, in modo che i dispositivi e le varie procedure siano adattabili alla maggior parte dei casi.

Il sistema di telerilevamento è inoltre un sistema automatizzato, utilizza quindi dispositivi elettronici che agiscono secondo precise regole per il trasporto dei dati o la connessione con il sistema di comunicazione.

2.5 LA TRASMISSIONE DATI

I sistemi digitali, memorizzano i dati mediante un certo numero di cifre binarie. Per esempio all'interno di un microprocessore questo numero può essere di 8, 16, 32, bit. I dati che richiedono maggiore precisione di rappresentazione possono essere memorizzati tramite la composizione multipla dei sopraccitati elementi di base. Per

questo motivo, di norma, quando si scambiano dati tra due dispositivi diversi si usano multipli degli elementi base di 8 bit. In alcuni casi l'elemento di 8 bit rappresenta interamente un carattere alfanumerico espresso in codice, mentre in altri rappresenta solo un componente di un elemento più grande. In quest'ultimo caso il componente di 8 bit viene spesso detto byte, mentre in generale ogni gruppo composto da 8 bit viene detto otetto. [7]

Quando su un canale di comunicazione si trasferiscono dati, è necessario che i sistemi in comunicazione si scambino anche informazioni di controllo, ad esempio per correggere errori di trasmissione sulla linea, allora si può usare il termine informazioni per descrivere tutto ciò che viene scambiato sulla linea di comunicazione (dati, segnali di controllo). Nella sua estensione più generale la trasmissione dati si occupa sia del modo col quale questi sono trasmessi sul mezzo fisico di comunicazione, sia delle tecniche di controllo della trasmissione, della velocità di trasmissione dei dati e del loro formato [7].

Tutte le apparecchiature di collegamento a linee di trasmissione dati, analogiche o digitali, prevedono la connessione del terminale, del computer o dell'apparecchiatura di rete mediante una interfaccia seriale [6]. Per convenzione si denotano come *DTE (Data Terminal Equipment)* dispositivi elettronici che possono avere una capacità più o meno ampia di elaborazione, quali ad esempio, calcolatori, terminali video, stazioni di lavoro per ufficio ma anche contatori domestici di consumo progettati per la lettura remota e altro ancora [7]. Le apparecchiature di comunicazione, quali i modem, vengono dette *DCE (Data Communication Equipment)*.

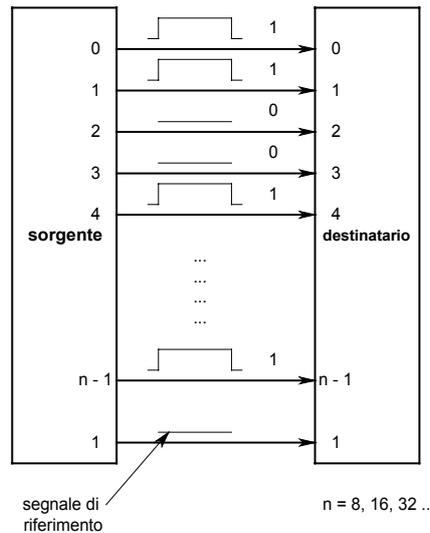
Il collegamento tra DCE e DTE rappresenta una parte del livello fisico del modello OSI. Esistono diversi standard che definiscono le caratteristiche elettriche e meccaniche dei cavi e dei connettori, la codifica elettrica dei bit ecc. alcuni standard sono ad esempio: RS-232, RS-449, RS-485.

La trasmissione dei dati tra DTE e DCE può avvenire in diversi modi: seriale o parallela, sincrona o asincrona, con controllo di flusso hardware o secondo diversi protocolli software. [6]

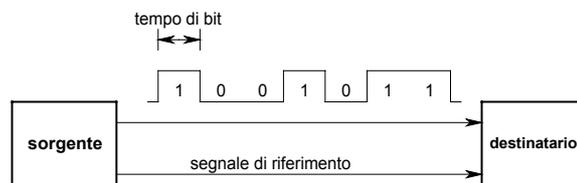
2.5.1 Trasmissione seriale o parallela

All'interno di un elaboratore la distanza tra i vari sottosistemi che lo compongono è molto breve, perciò è conveniente comunicare usando tanti fili quanti sono i bit dell'elemento da trasferire. Quando per il trasferimento dei bit si usano tante coppie di fili quanti sono i bit da trasmettere, oppure un numero di fili pari ai bit da trasmettere più un filo come riferimento per la tensione, la trasmissione si dice *trasmissione parallela* (fig. 2.5).

Nella *trasmissione seriale* si ha un solo canale trasmissivo, costituito ad esempio da una coppia di fili, su cui si trasmette in sequenza un singolo bit alla volta, riservando a ciascun bit un tempo di trasmissione costante.[7]



Trasmissione parallela



Trasmissione seriale

Figura 2.5 Trasmissione seriale e parallela

In linea di massima la trasmissione parallela consente velocità di trasmissione più elevate rispetto alla trasmissione seriale, tuttavia quando le distanze tra i dispositivi sono dell'ordine di diversi metri, per ragioni di costo e di variabilità nei ritardi di trasmissione sui vari fili, si utilizza la trasmissione seriale.

2.5.2 Modalità di comunicazione

Quando due dispositivi si scambiano informazioni, ci sono tre diverse modalità operative che possono essere usate:

- Simplex: i dati vengono trasmessi in una sola direzione; un dispositivo trasmette, l'altro solamente riceve.
- Half-duplex: entrambi i dispositivi possono ricevere dati e trasmetterli, ma non possono farlo contemporaneamente.
- Full duplex: la comunicazione può avvenire in entrambe le direzioni contemporaneamente

2.5.3 Modalità di trasmissione

I dati vengono normalmente trasmessi tra due DTE mediante multipli di elementi di una lunghezza fissata, tipicamente 8 bit. Nella comunicazione tra due DTE il messaggio completo è costituito da una sequenza di tali caratteri. Poiché ogni carattere è trasmesso serialmente bit per bit, il DTE ricevente rileva semplicemente un livello di segnale che varia a seconda della configurazione di bit, e quindi della sequenza di caratteri, che costituisce l'intero messaggio. Affinché il ricevente possa decodificare e interpretare correttamente la configurazione di bit, è necessario che esso conosca la velocità di trasmissione dei dati (*bit rate*), cioè il tempo di trasmissione del singolo bit, l'inizio e la fine di ciascun elemento (byte o carattere) ed infine l'inizio e la fine di ogni messaggio. Queste informazioni sono note rispettivamente come sincronismo di bit, sincronismo di byte o carattere, e sincronismo di messaggio o trama. [7] In generale la sincronizzazione è realizzata in un modo piuttosto che in un altro a seconda che il clock del trasmittente e quello del ricevente sono indipendenti (*asincroni*), oppure dipendenti (*sincroni*); di conseguenza le modalità di trasmissione si dividono in *trasmissione asincrona* e *trasmissione sincrona*.

Trasmissione asincrona

In questo caso i caratteri costituenti il messaggio vengono trasmessi uno indipendentemente dall'altro ad intervalli casuali, eventualmente anche lunghi, e il ricevitore si sincronizza all'inizio di ogni carattere ricevuto, o più in generale, a qualsiasi elemento dati. Questo implica che il segnale su una linea trasmissiva si trovi in uno stato di inattività (*idle*) per lunghi periodi.

In questa modalità di trasmissione ogni byte è racchiuso da due segnali (bit) che avvisano il ricevente del suo arrivo e della sua terminazione. I bit che delimitano il carattere prendono il nome di bit di *start* e di *stop*, oppure bit di controllo. Solitamente il bit di start assume il livello logico "0" (*space*), mentre il bit di stop il livello logico "1" (*mark*) (Fig.2.6).

In condizione di riposo la linea permane allo stato logico "1" e quindi la sua durata può essere indefinita. Per poter inviare il primo carattere, si porta lo stato di linea in condizione di lavoro start: livello logico "0". Il ricevitore attiva il suo clock, che ha una frequenza pari a quella dei dati in arrivo, e può interpretare i bit ricevuti in modo corretto. Il bit di stop la cui durata minima può essere 1, 1.5 o 2 tempi di bit viene prolungato finché non inizia la trasmissione del byte successivo.

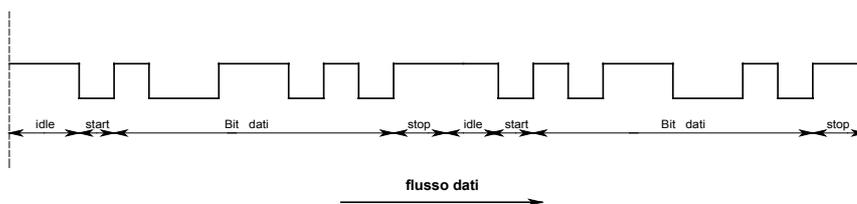


Figura 2.6 Trasmissione asincrona

Trasmissione sincrona

Se i dati da trasmettere sono costituiti da interi blocchi di più caratteri inviati, tramite un flusso continuo di bit, il clock del trasmettitore e del ricevitore devono rimanere sincronizzati per lunghi intervalli di tempo e quindi viene usata la trasmissione sincrona. In questo caso ogni blocco di dati è preceduto da uno o più caratteri di sincronismo, codificati tramite sequenze di bit, da cui il ricevitore ricava un segnale di clock che pilota la lettura dei bit durante la ricezione del blocco dati [6].

La trasmissione sincrona si realizza soltanto impiegando terminali di tipo bufferizzato, cioè dotati di memorie di transito; questo perché non è pensabile di mantenere la sincronizzazione anche durante i tempi morti che intercorrono in una trasmissione dati, ma è logico mantenere la sincronizzazione per tutta la durata del blocco trasmesso. La lunghezza del blocco dei caratteri inviati sulla linea è limitata dalla capacità della memoria disponibile.

La trasmissione asincrona trova impiego nella gestione di messaggi brevi e pertanto richiede terminali non bufferizzati in grado di inviare un solo carattere per volta. [8]

2.5.4 Controllo di flusso

Il controllo di flusso (*handshake*) consente al dispositivo ricevitore di segnalare al trasmettitore la richiesta di interrompere o riprendere la trasmissione. Questo è necessario perché è possibile che il ricevitore processi i dati in arrivo più lentamente di quanto il trasmettente li generi.

Esistono principalmente tre meccanismi di controllo di flusso: segnali hardware RTS/CTS, spesso detto *handshake hardware*, e trasmissione dei caratteri XON/XOFF o ENQ/ACK. [6]

RTS/CTS

Molte interfacce seriali dispongono di una coppia di fili corrispondenti ai segnali RTS (Request To Send) e CTS (Clear To Send). Quando un dispositivo ricevente rileva l'attivazione del segnale RTS da parte del dispositivo trasmettente ed è pronto per ricevere, allora risponde attivando il CTS. Per interrompere l'invio dei dati da parte del trasmettitore, il ricevitore può disattivare il segnale CTS, e riattivarlo quando sarà nuovamente in grado di ricevere i dati.

XON/XOFF

L'utilizzo dei caratteri XON e XOFF (codici 17 e 19 della tabella ASCII) permette di realizzare un controllo di flusso senza bisogno di segnali hardware dedicati, in quanto XON e XOFF viaggiano sugli stessi canali dei dati. Il ricevitore trasmette un XOFF quando non è più in grado di ricevere i dati e un XON quando è nuovamente in grado di riceverli (fig. 2.7)

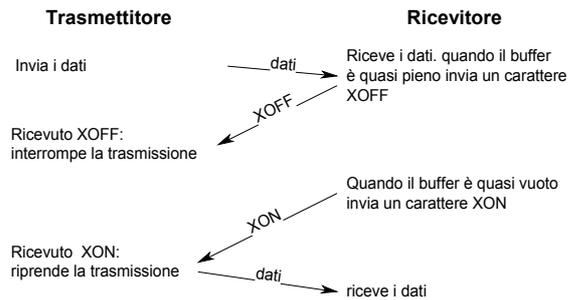


Figura 2.7 Protocollo XON/XOFF

Un problema associato all'uso del controllo di flusso XON/XOFF è dovuto al fatto che i codici corrispondenti a tali caratteri possono essere presenti all'interno dei file di dati di comuni programmi applicativi e, durante il trasferimento, possono provocare la sospensione all'infinito della trasmissione.

ENQ/ACK

Il controllo di flusso mediante i caratteri ENQ (Enquire) e ACK (Acknowledge), a differenza di XON e XOFF, consiste in un controllo di flusso orientato alla trasmissione dei dati a blocchi. Il trasmittore invia un ENQ quando ha pronto un blocco di dati da trasmettere, ed attende l'ACK prima di effettuare la trasmissione (fig. 2.8). Avendo predefinito la massima dimensione del blocco di dati, si previene la saturazione del buffer del ricevitore.

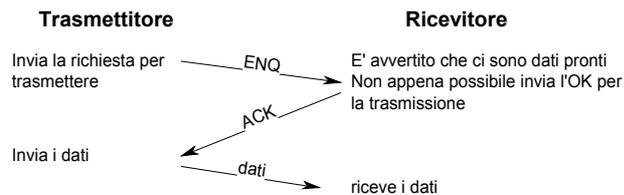


Figura 2.8 Protocollo ENQ/ACK

3 SISTEMI DI COMUNICAZIONE

3.1 SEGNALI ANALOGICI, SEGNALI NUMERICI

Le informazioni da trasmettere tra i distributori remoti e la sede dell'impresa, e in generale attraverso una rete di telecomunicazione, devono essere convertite in segnali elettrici.

I segnali sono quindi la rappresentazione dell'informazione. Negli attuali sistemi di comunicazione essi sono solitamente correnti o tensioni, i cui livelli vengono usati per rappresentare dei dati. I sistemi di comunicazione possono fare uso sia di segnali analogici, sia numerici.[9].

Durante la trasmissione di un segnale intervengono fattori quali la distorsione e il rumore, che tendono a modificare la forma del segnale degradandone il contenuto informativo. La distorsione consiste in una modifica indesiderata della forma del segnale causata dalle caratteristiche non ideali degli apparati e dei mezzi trasmissivi attraversati [10] mentre il rumore è essenzialmente un segnale con andamento casuale, che si somma al segnale utile.

Segnali analogici

Un segnale analogico viene ottenuto per trasduzione a partire da un segnale fisico, quale voce, temperatura, ecc. e la sua forma è analoga a quella del segnale originario. Un segnale analogico può assumere un insieme continuo di valori, nell'ambito di un intervallo prefissato. In una rete di comunicazione un segnale analogico è un'onda elettromagnetica che varia con continuità e può essere trasmesso attraverso il doppino telefonico, il cavo coassiale, la fibra ottica, la propagazione o nell'atmosfera e nello spazio.

Il requisito fondamentale richiesto ad un sistema analogico è quello di conservare la forma del segnale in ingresso, affinché l'informazione ad essa associata non venga degradata da rumore e distorsioni. In ambito analogico il parametro fondamentale con il quale si valuta la qualità del segnale ricevuto è il rapporto S/N (Signal to noise ratio):

$$\frac{S}{N} = \frac{\text{Potenza del segnale}}{\text{Potenza del rumore}}$$

Segnali numerici o digitali

I segnali numerici possono assumere solo un numero limitato di valori diversi. Presentano delle forme d'onda in cui ad ogni tratto, compreso in un certo intervallo di tempo, viene associato un determinato valore detto livello. A questo livello poi corrisponderà un certo codice. I segnali numerici possono distinguersi in segnali multilivello, quando il numero di livelli è $n > 2$, oppure binari quando possono assumere solamente due livelli differenti. [11]

Da un punto di vista trasmissivo un segnale digitale è costituito da una sequenza di impulsi elettrici, opportunamente temporizzati, che assumono un ben preciso numero di ampiezze [10]

In un segnale dati l'informazione è contenuta tra due istanti di tempo tra i quali, ad esempio la tensione, assume un certo valore costante. Il messaggio corrisponde ad una rappresentazione binaria e l'intervallo tra i due istanti è detto *Tempo di bit T* mentre il suo inverso, $1/T$, esprime la frequenza del segnale dalla quale si può risalire alla frequenza di cifra F_c che determina il numero di cifre binarie trasmesse per unità di tempo e si misura in *bit/s*. [11]

L'interpretazione dei bit può essere effettuata confrontando l'ampiezza del segnale ricevuto con una soglia di riferimento, se questa supera la soglia si considera ricevuto un 1, se il segnale è sotto la soglia si considera ricevuto uno 0. [10] Nei sistemi digitali non ha importanza conservare la forma esatta del segnale quanto evitare che rumore e distorsioni modifichino la forma di un impulso causando un errato riconoscimento del bit trasmesso. In un sistema digitale il parametro principale con il quale si valuta la qualità del segnale ricevuto è il *Bit Error Rate (BER)*, ed è così definito:

$$BER = \frac{\text{Numero di bit errati}}{\text{Numero totale di bit trasmessi}}$$

Ad un segnale che si evolve nel tempo, sia esso digitale o analogico, può essere associata, tramite il teorema di Fourier, una rappresentazione nel dominio delle frequenze, detta *spettro del segnale* che evidenzia tutte le frequenze dei segnali elementari che lo compongono. In definitiva un segnale occupa un certo campo di frequenze e si definisce *larghezza di banda B* la differenza tra la frequenza massima f_{max} e la frequenza minima f_{min} presente nel segnale considerato:

$$B_f = f_{max} - f_{min}$$

Generalmente i segnali analogici occupano uno spettro limitato nella frequenza mentre i segnali di tipo digitale sono definiti, dal punto di vista spettrale a banda larga, [8] questo perché sussiste il seguente risultato notevole: segnali più rapidamente variabili nel tempo occupano bande più estese [12]

La banda passante di un canale di trasmissione è l'intervallo di frequenza che può essere usato in quel canale, senza che questo crei distorsioni apprezzabili, infatti tutti i mezzi di trasmissione abbattano le componenti di Fourier presenti nel segnale da trasmettere di quantità diverse, introducendo così una distorsione. Di solito, le ampiezze sono trasmesse intatte in una ben determinata banda di frequenze, mentre al di fuori di tale range sono fortemente attenuate. [13]

3.2 CARATTERISTICHE TRASMISSIONE VOCE, DATI.

La trasmissione della voce e dei dati richiedono caratteristiche diverse, infatti si ha che una chiamata telefonica presenta in genere le seguenti particolarità: [9]

- Sensibilità al ritardo: le pause durante la conversazione hanno anch'esse un contenuto informativo, pertanto la rete non può aggiungere, o rimuovere, periodi di silenzio.

- Lunga durata: le chiamate telefoniche hanno solitamente una durata relativamente lunga se paragonata al tempo necessario per la loro instaurazione; infatti mentre quest'ultima richiede un periodo variabile dai 3 agli 11 secondi, la conversazione si protrae mediamente per un tempo compreso tra i 5 e 7 minuti.
- Requisiti di banda stretta: una banda di 3,1 kHz è sufficiente per il trasferimento della voce.

Una rete per la trasmissione dati, che interconnette esclusivamente elaboratori, fondamentale deve garantire un trasferimento senza errori e a costi accettabili delle informazioni. Il traffico dati è molto più sensibile agli errori rispetto al segnale fonico: se infatti può essere accettabile una conversazione in cui viene persa qualche parola, nella trasmissione dati la mancata ricezione di qualche bit può rendere inutilizzabile tutto il messaggio è necessario utilizzare tecniche per la rivelazione e correzione degli errori. [10] Il trasferimento dati presenta inoltre le seguenti caratteristiche [9]:

- Insensibilità al ritardo: i dati non subiscono alterazioni del loro contenuto informativo se sono soggetti ad un ritardo di rete di alcuni secondi.
- Breve durata: la maggior parte del traffico dati è intermittente (*bursty*) il che vuol dire che la parte significativa dei dati viene trasmessa in un brevissimo intervallo di tempo, come nel caso delle applicazioni interattive. Poiché per il trasferimento dati si punta sull'alta velocità, tempi di instaurazione lunghi portano ad una rete scarsamente efficiente;
- Utilizzo di una banda ampia: i dati possono far uso di tutta la banda disponibile del canale e, se ne viene resa disponibile di ulteriore, la durata della comunicazione può essere ridotta.

3.3 RETI DI TELECOMUNICAZIONE

Una rete di telecomunicazioni è un sistema che fornisce il supporto fisico per la realizzazione di servizi relativi al trasferimento a distanza delle informazioni. I servizi possono essere di tipo *unidirezionale* o *bidirezionale* in relazione alla direzione del flusso di informazione, ad esempio servizi di tipo unidirezionale sono la radiodiffusione audio o televisiva dove l'informazione è distribuita da una sorgente verso chiunque disponga di un opportuno apparato ricevitore, ma il ricevente non può inviare informazioni. Il servizio telefonico offre invece un servizio bidirezionale perché permette a tutti gli utenti di interconnettersi fra loro potendo ricevere e inviare informazioni.

Tra le caratteristiche fondamentali di una rete di telecomunicazioni si trovano la sua estensione geografica, e la sua capillarità. Quest'ultima può essere intesa sia come la possibilità data agli utenti di accedere alla rete stessa da un qualsiasi punto interno all'area dove essa si estende, come nel caso del servizio di telefonia radiomobile, sia come numerosità dei suoi utenti [12].

Le reti devono offrire prestazioni diverse in base al servizio svolto, ad esempio il servizio telefonico richiede un colloquio in tempo reale tra gli utenti, si distingue allora tra servizi di tipo:

- *Isocrono*: quando si devono mantenere in ricezione le stesse relazioni temporali con cui i messaggi sono prodotti dalla sorgente;
- *Asincrono (non isocroni)*: quando il traffico non ha bisogno di riferimenti temporali precisi ed è intermittente

altri servizi isocroni sono l'audioconferenza, la videoconferenza ecc. Esempi di servizi bidirezionale asincroni sono la posta elettronica, il fax: in questi casi il ritardo di una parte dell'informazione non è significativo, l'importante è il tempo totale in cui si riesce a completare una transazione.

3.3.1 Struttura di una rete di telecomunicazione

Le reti di telecomunicazione mettono a disposizione dei diversi utenti un insieme di collegamenti trasmissivi e dispositivi per l'instradamento del traffico di informazioni, a seconda delle richieste che si presentano nel tempo [14].

In generale un sistema di telecomunicazione non coinvolge solamente la sorgente dell'informazione e il destinatario della stessa, ma anche altri "utenti" che possono essere sia persone fisiche sia dispositivi elettronici. La struttura della rete è così condivisa da più sorgenti e ricevitori; in essa pertanto, accanto alla funzione di *trasmissione* da un punto ad un altro, vi è anche la funzione di *commutazione* che consente l'assegnazione dinamica delle strutture trasmissive. Non è infatti conveniente predisporre una rete con collegamenti fissi dedicati ad ogni possibile comunicazione che possa essere richiesta, cioè ad ogni possibile coppia di utenti, poiché data la natura della comunicazione che può essere temporanea ed aleatoria, sarebbero poco sfruttati

In una tipica rete di telecomunicazione, i canali di trasmissione fanno capo a *centrali di commutazione*, cioè a nodi della rete dove l'informazione in transito viene opportunamente instradata per raggiungere il destinatario nel modo più conveniente (fig. 3.1).

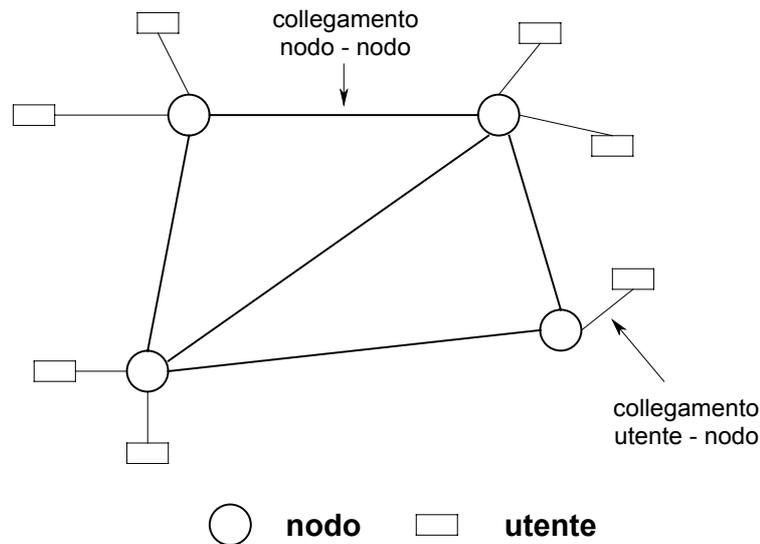


Figura 3.1 Schema di principio di una rete di TLC

3.3.1.1 Topologia

Una rete di telecomunicazioni può essere classificata secondo diversi criteri, uno dei quali è la topologia che differenzia le reti in base a come si realizzano i collegamenti. Rappresentando una rete di telecomunicazione mediante un grafo in cui le centrali di commutazione sono rappresentate dai vertici, e i canali di comunicazione da archi, si ha che le topologie più comuni sono le seguenti (fig. 3.2):

Maglia completamente connessa

Ogni nodo è collegato con tutti gli altri realizzando tutte le possibili connessioni. Il numero dei canali richiesti è proporzionale al quadrato del numero dei nodi quindi questa topologia è utilizzata quando il numero di nodi è limitato. L'alto numero di canali la rende adatta a tollerare la presenza di eventuali guasti.

Albero

Realizza una struttura gerarchica tra i vari nodi: nodo padre e nodo figlio possono comunicare direttamente, nodi fratelli comunicano attraverso il padre di entrambi.

Maglia non completamente connessa

Il numero dei collegamenti tra i nodi è maggiore del numero minimo degli archi necessari a collegare tutti i nodi tramite una struttura ad albero, ma minore di quello necessario a connettere direttamente tutti i nodi.

Stella

Tutti i nodi della rete sono collegati ad un nodo principale, detto centro stella, attraverso il quale transita tutto il traffico della rete. È compito del nodo principale instaurare i vari collegamenti richiesti; un suo eventuale guasto rende però inoperativa tutta la rete.

La topologia a stella è stata la prima configurazione delle reti telefoniche. In essa i terminali d'utente si collegano in modo stellare alla loro centrale di commutazione. È utilizzata anche nelle reti su canale radio o via satellite, nelle quali i terminali spesso dotati di mobilità, colloquiano con una stazione fissa o con il satellite.

Anello

Utilizza un cammino circolare chiuso per collegare tutti i nodi.

Bus

Un unico canale, detto *bus* collega i nodi sia in trasmissione sia in ricezione. Tale topologia è usata in particolar modo nelle reti locali di calcolatori.

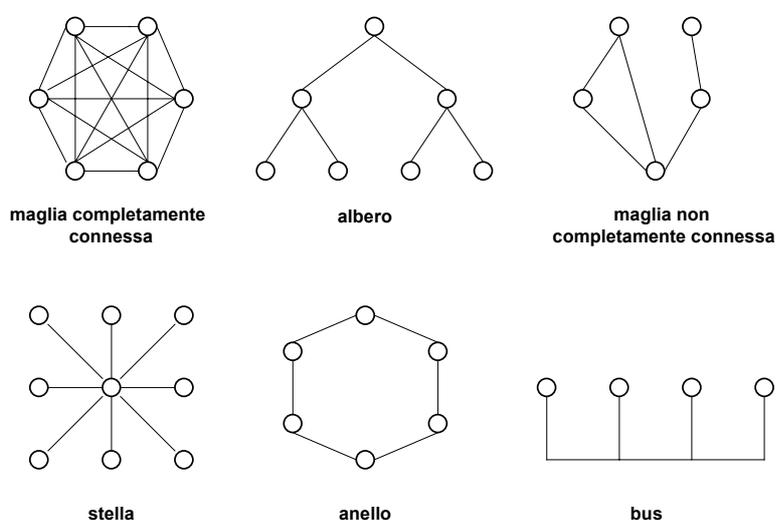


Figura 3.2 Topologie di rete

Con l'aumentare dell'estensione di una rete varia anche la topologia. In generale le reti sono organizzate con una topologia mista: le categorie principali sono la topologia gerarchica e la topologia ad interconnessione.

Una rete con topologia gerarchica è strutturata su più livelli, tra i quali si sviluppa una struttura logica a forma di albero. Sono presenti nodi con la funzione di raccogliere il traffico di una porzione della rete per portarlo al livello gerarchico superiore.

Sempre più frequentemente si tende a collegare più reti diverse, in questo caso si ottengono topologie complessive derivanti dall'interconnessione delle topologie delle reti componenti.

3.3.1.2 Funzioni di una rete di telecomunicazione

Le principali funzioni cui una rete di telecomunicazioni deve assolvere consistono nella:

- Commutazione: ha il compito di selezionare le opportune risorse di rete per far comunicare due o più utenti coinvolti nello scambio di informazioni.
- Trasmissione: consiste nel realizzare l'effettivo trasferimento dell'informazione dalla sorgente al destinatario.
- Segnalazione: trasferisce dall'utente alla rete e tra i vari organi all'interno della rete le informazioni necessarie per la funzione di commutazione.
- Gestione: amministra le risorse della rete permettendone l'esercizio e la manutenzione, l'implementazione del controllo della qualità del servizio offerto e la supervisione del traffico.

3.3.2 LA COMMUTAZIONE

Esistono fondamentalmente due diverse tecniche di commutazione [13]:

- Commutazione di circuito;
- Commutazione di messaggio e di pacchetto.

3.3.2.1 Commutazione di circuito

E' la tecnica di commutazione utilizzata nelle reti di tipo telefonico (*PSTN Public Switched Telephone Network*). In una rete di telecomunicazione che trasporta la fonia non si devono avere ritardi apprezzabili per il segnale che si propaga da utente ad utente; questo è possibile instaurando un collegamento (circuito) dedicato, ma temporaneo, tra ogni coppia di utenti coinvolta nella comunicazione, che lo usano in modo esclusivo per l'intera durata della comunicazione rendendolo poi disponibile per altri utenti al termine della stessa. Una chiamata su una rete a commutazione di circuito evolve in tre fasi:

- Instaurazione della connessione: quando un utente desidera comunicare con un altro utente, il chiamante deve prima fornire alla rete delle informazioni di servizio, (ad esempio l'indirizzo del chiamato) dette segnalazioni che danno luogo all'attivazione di un particolare circuito fisico di comunicazione. La costruzione del circuito viene poi effettuata dalle centrali di commutazione che a loro volta si scambiano opportune informazioni di segnalazione in relazione al particolare percorso da realizzare in dipendenza delle attuali condizioni di traffico.
- Mantenimento della connessione
Una volta instaurato, il circuito va mantenuto fino al termine della comunicazione

- Abbattimento della connessione
Al termine della comunicazione, la rete rilascia le risorse impegnate nel collegamento, rendendole disponibili per realizzare connessioni tra altri utenti.

La commutazione di circuito si adatta perfettamente al caso della voce. La necessità di un percorso riservato è legata alla natura della voce, molto sensibile ai ritardi; la relativa lunga durata della fase di instaurazione viene compensata dalla mediamente lunga durata della conversazione. Per le stesse ragioni la commutazione di circuito mal si adatta al trasferimento dei dati, considerata la natura intermittente del traffico dati, una lunga fase di instaurazione equivarrebbe ad uno spreco di tempo. Riservare un canale ad un traffico bursty vorrebbe dire lasciare libero lo stesso per gran parte del tempo complessivo della trasmissione. I dati possono essere trasferiti attraverso apparati con commutazione di circuito, ma questo porta ad un utilizzo inefficiente e scarsamente adeguato degli stessi [9].

3.3.2.2 Commutazione di messaggio

Nella commutazione di messaggio non viene stabilito nessun percorso fisico in anticipo fra il chiamante e il ricevente. Quando il mittente deve inviare delle informazioni implementa un unico messaggio che, oltre alle informazioni per il destinatario contiene informazioni di servizio.

Il messaggio attraversa la rete da un nodo di commutazione all'altro seguendo un itinerario calcolato di volta in volta fino a quando arriva a destinazione. In genere il messaggio viene ricevuto per intero dal generico nodo di commutazione, prima di essere ritrasmesso verso il nodo successivo; questo tipo di funzionamento è detto *store-and-forward*. [13].

Le informazioni di servizio aggiunte all'informazione da trasferire, consistono in genere in una intestazione (*header*), contenente informazioni quali l'indirizzo del destinatario del messaggio; spesso si aggiunge anche una coda (*tail*), contenente bit di ridondanza. Questi ultimi permettono di offrire servizi di qualità superiore a quella della commutazione di circuito, implementando per esempio un controllo per la protezione dagli errori di trasmissione. Il tutto però aumenta la dimensione dei dati da trasmettere.

Con la commutazione di messaggio, non ce limite alla lunghezza del messaggio da inviare, il che significa che i commutatori devono essere predisposti per memorizzare lunghi blocchi di dati; la mancanza di limite alla dimensione del messaggio comporta che un singolo messaggio possa legare una linea tra due nodi di commutazione per tempi lunghi, rendendo la commutazione di messaggio non adatta al traffico interattivo. Questi problemi sono stati superati introducendo la commutazione di pacchetto [13].

3.3.2.3 Commutazione di pacchetto

La commutazione di pacchetto è sostanzialmente simile alla commutazione di messaggio solo che le informazioni da trasmettere sono suddivise in blocchi di dati aventi lunghezze prefissate. Ad ogni blocco viene anteposta una intestazione e una coda contenete informazioni di controllo. L'insieme di dati costituiti dalle informazioni da trasmettere, intestazione e coda" viene denominato *pacchetto* (packet).

La commutazione di pacchetto fa sì che nessun utente possa monopolizzare una linea di trasmissione molto a lungo [13]. Il frazionare il messaggio in pacchetti consente inoltre la possibilità di trasmissione in *pipeline*: non appena è terminata la trasmissione del primo pacchetto sul primo canale si può iniziare ad inoltrarlo sul secondo canale, mentre sul primo canale è in transito il secondo pacchetto. Questo corrisponde a ridurre al minimo il tempo necessario all'intero messaggio per attraversare un nodo di commutazione visto che nel funzionamento store-and-forward si prevede che il messaggio venga ricevuto per intero prima di iniziare la trasmissione sul canale successivo.

Queste ragioni rendono le reti a commutazione di pacchetto adatte alla gestione del traffico interattivo. Lo svantaggio della commutazione di pacchetto consiste nella necessità di aumentare le informazioni di controllo da trasmettere causa l'aggiunta delle intestazioni e code per ogni pacchetto.

Il collegamento tra utenti è logico più che fisico: dal momento che i canali colleganti i vari nodi, non sono riservati ad una specifica connessione da estremo ad estremo, possono essere condivisi da più connessioni logiche. In tal modo la commutazione di pacchetto ottimizza l'uso delle risorse di rete consentendo ad un elevato numero di applicazioni di usare gli stessi mezzi trasmissivi, in modo che i canali fisici non siano mai liberi, eccettuato il caso di assenza totale del traffico. La commutazione di pacchetto si adatta alle trasmissioni non sensibili al ritardo, perché le variazioni del carico di traffico possono provocare anche ritardi elevati sui tempi di attesa. [9]

La commutazione di pacchetto può operare secondo due diverse modalità, indicate come orientata alla connessione (connection-oriented) e priva di connessione (connectionless). In una rete orientata alla connessione, o rete a circuito virtuale, (VC Virtual Circuit), si deve stabilire un collegamento logico da utente ad utente prima di dare il via allo scambio dei dati, successivamente la rete si occuperà solo del controllo del flusso di traffico e degli errori. Con un servizio privo di connessione, ciascun pacchetto viene instradato individualmente e pertanto può arrivare fuori sequenza, questo fa sì che la rete non possa provvedere ad un controllo efficiente ne del flusso di traffico, ne degli errori, compito che viene rimandato alle applicazioni dell'utente.

3.4 SISTEMI DI TRASMISSIONE

3.4.1 Trasmissione digitale di segnali analogici

La trasmissione dei segnali analogici in un sistema di comunicazione digitale comporta la loro conversione in segnali numerici. La prima codifica implementata nelle reti telefoniche è stata la tecnica PCM (Pulse Code Modulation, modulazione impulsiva codificata), la quale ha condizionato lo sviluppo dei sistemi di trasmissione numerici. [10]

Nella tecnica di codifica PCM l'informazione analogica da trasmettere viene prima campionata in istanti di tempo regolari, prelevando dei campioni con una frequenza determinata tramite il teorema di Shannon, successivamente i campioni vengono approssimati ai valori più prossimi di una serie di livelli prestabiliti: operazione di quantizzazione, essa associa ad ogni livello un numero trasformando il segnale in una successione di numeri; successivamente il segnale viene compresso. Si ottiene così la conversione del segnale da analogico a digitale. [8]

Il segnale digitale così ottenuto viene successivamente multiplexato con altri segnali, inviato ad un terminale di linea, il quale tra l'altro converte il formato del segnale digitale per inviarlo sul mezzo trasmissivo in un opportuno codice di linea [10].

3.4.1.1 Codifica PCM

La tecnica PCM, per la codifica del segnale da analogico a digitale, consiste dal lato trasmissione, nei seguenti passi:

- Filtraggio;
- Campionamento;
- Quantizzazione
- Codifica;
- Compressione;

Filtraggio

Il segnale analogico viene filtrato per definirne con precisione la frequenza massima, permettendo un successivo campionamento efficiente.

Campionamento [8]

Per rendere numerico un segnale analogico se ne prelevano delle porzioni elementari dette *campioni*. La velocità nell'unità di tempo con cui questi ultimi vengono prelevati prende il nome di *frequenza di campionamento* f_c .

A livello logico il campionamento è paragonabile ad un interruttore, al quale viene applicato il segnale analogico da campionare. L'interruttore si apre e chiude con una frequenza pari a f_c ; quando l'interruttore resta chiuso viene prelevata una porzione del segnale d'ingresso. La frequenza con la quale prelevare i campioni, in modo da permettere in fase di ricezione una successiva ricostruzione senza distorsioni, è data dal teorema di Shannon che dice: *qualsiasi forma d'onda, funzione continua del tempo, avente frequenza massima f_{max} , risulta completamente determinata quando si*

prelevano dei campioni con una frequenza f_c , in istanti t_n noti e separati da un intervallo di campionamento regolare Δt_c , solamente se è rispettata la condizione:

$$f_c \geq 2f_{max}$$

Grazie al filtro iniziale è nota la frequenza massima f_{max} contenuta nel segnale, da cui si ottiene la frequenza di campionamento. Il segnale filtrato viene quindi inviato al campionatore, il quale fornisce in uscita un segnale costituito da una successione regolare di campioni. Questo metodo di campionamento è detto modulazione d'ampiezza impulsiva (*PAM – Pulse Amplitude Modulation*) e fornisce un livello analogico corrispondente al valore del segnale in quel momento.

Nel caso di codifica della voce, il filtro limita la banda del segnale vocale, che si estende all'incirca da 50 Hz a 7 kHz, ad una frequenza massima pari a $f_{max}=3400$ Hz; questo è un compromesso tra la qualità del segnale vocale e i costi di realizzazione dei sistemi trasmissivi. [10] Nella pratica si utilizza una frequenza di campionamento pari a: $f_c=8$ kHz; l'intervallo di tempo tra due campioni successivi, t_c , risulta pari a $t_c=1/f_c=125 \mu s$

Quantizzazione

La quantizzazione trasforma i campioni di segnale analogico, ottenuti con la PAM, in un segnale discreto a più livelli, tramite opportuna approssimazione dei campioni.

La dinamica del segnale, cioè la differenza tra il suo livello più alto e più basso, viene suddivisa in un determinato numero di livelli prefissati. Ciascuno di questi livelli approssimerà il campione analogico più prossimo, purchè compreso fra due valori $+V_{max}$ e $-V_{max}$, che costituiscono i valori limite che ciascun livello può assumere (fig. 3.3). In questo modo ai valori continui di ampiezza di ogni impulso campionato, compresi entro un certo intervallo ΔV , si può assegnare un unico valore discreto. I livelli di tensione così ottenuti vengono chiamati quantizzati ed i valori discreti assegnati sono detti *livelli di quantizzazione*. [8]

L'intervallo che intercorre tra due livelli di quantizzazione contigui, ΔV , viene chiamato *passo di quantizzazione*. È da tener presente che poiché non si può stabilire una precisa corrispondenza tra il segnale analogico e la scala digitale delle ampiezze, il segnale digitale non è una replica esatta di quello analogico; tra i due esiste una differenza, detta *errore di quantizzazione*, che ha carattere additivo e diviene sempre più elevato ogni volta che il segnale subisce una conversione da analogico a digitale (A/D) o viceversa (D/A), questo causa una distorsione del segnale in uscita. La quantizzazione può essere eseguita come segue:

- Quantizzazione lineare;

Il passo di quantizzazione ΔV è costante e l'errore di quantizzazione massimo è sempre lo stesso sia per i campioni forti che per quelli deboli, esso ha però un effetto maggiore sui segnali deboli (che sono i più distorti) e minore per i segnali forti. Si può dimostrare che per rendere l'errore di quantizzazione accettabile anche per i campioni piccoli è necessario codificare ogni campione con un numero di bit pari almeno a $n = 12$ bit/campione. [10]

- Quantizzazione non lineare o logaritmica.

Il passo di quantizzazione non è costante: esso è piccolo nell'intorno dell'origine (per segnali deboli) mentre diventa sempre più alto allontanandosi da essa. In

questo modo si commette un errore di quantizzazione piccolo per segnali di basso livello e grande per i segnali di alto livello, [8] ma questi ultimi tollerano meglio l'errore.

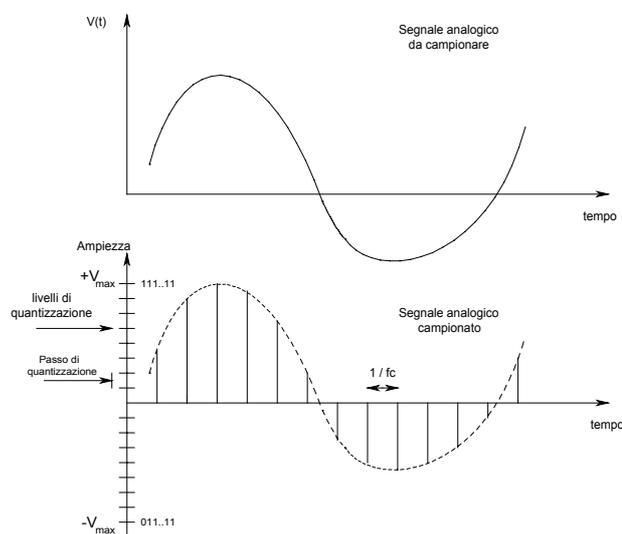


Figura 3.3 Campionamento, codifica PCM

Codifica

La codifica del segnale quantizzato consiste nell'attribuire un codice binario ad ogni livello quantizzato trasformandolo in una serie di bit. La codifica di ogni campione con 12 bit porta ad una velocità di emissione (*bit rate*) v_e pari a :

$$v_e = 8000 \times 12 = 96 \text{ kbps}$$

Questo bit rate è eccessivo in quanto richiede canali di capacità elevata con un notevole aumento dei costi per i collegamenti. [10] Sono state così introdotte tecniche tese a diminuire la velocità di emissione, che però conservino la dinamica e non peggiorino significativamente la qualità del segnale riprodotto in ricezione.

Compressione

È la tecnica utilizzata in ambito PCM per ridurre la velocità di emissione, rispetto a quella ottenibile con una codifica a 12 bit. Si basa sul principio per cui i campioni grandi possono sopportare errori più grandi, mentre i campioni piccoli devono essere codificati con piccoli errori, pari al massimo, a quelli che introdurrebbe una codifica a 12 bit. I campioni subiscono allora una quantizzazione non lineare che riproduce con maggior fedeltà i campioni più piccoli. [10]

Si riesce così a coprire la dinamica del segnale vocale senza apprezzabili diminuzioni della qualità quando il ricevente ricostruisce il segnale, anche riducendo a $n = 8$ bit/campione il numero di bit con cui si codifica ogni campione.

Con 8 bit, sono così ottenibili $2^8 = 256$ ampiezze diverse, le quali però non sono uniformemente distribuite tra minimo e massimo: l'intervallo di quantizzazione aumenta man mano che ci si sposta dall'origine verso il valore massimo (in modulo) ammesso. Il bit rate di un singolo codificatore PCM risulta così pari a:

$$v_e = 8000 \times 8 = 64 \text{ Kbps}$$

Nel passato la compressione veniva effettuata prima della codifica, tramite un compressore analogico che prevedeva un codificatore a 8 bit. Attualmente, si preferisce operare direttamente sul segnale digitale: si effettua prima una quantizzazione uniforme con successiva codifica a 12 bit per campione; il segnale così ottenuto è poi compresso tramite un compressore digitale che riduce a 8 i bit per campione, utilizzando una quantizzazione non uniforme. [10]

Dal lato ricezione il segnale subisce le seguenti operazioni che lo riportano dal formato digitale a quello analogico:

Espansione

Questa operazione traduce il codice a 8 bit, con quantizzazione non uniforme, in un codice a 12 bit, con quantizzazione uniforme.

Decodifica

I singoli campioni sono ricostruiti a partire dalle sequenze di codice ricevute. In uscita dal decodificatore si ottiene così un segnale campionato e quantizzato.

Filtraggio di ricostruzione

A partire dal segnale campionato, ottenuto dalla decodifica, è possibile ricostruire il segnale analogico utilizzando un filtro.

Tutte queste operazioni, sia in ricezione, sia in trasmissione, sono effettuate da un dispositivo chiamato CODEC (Codificatore-Decodificatore) (fig. 3.4).

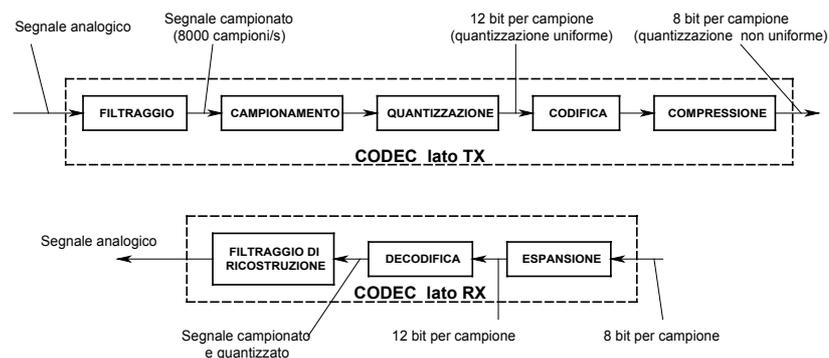


Figura 3.4 Codifica-decodifica segnale analogico

3.4.2 Multiplazione

In una rete di telecomunicazione, il meccanismo della multiplazione permette ad una sola risorsa di essere condivisa da più utenti. In particolare, in una rete telefonica, i multiplatori consentono il trasporto simultaneo di molte conversazioni su una sola linea fisica di comunicazione. [9]

I mezzi di comunicazione analogici fanno tipicamente uso della moltiplicazione a divisione di frequenza (*FDM Frequency Division Multiplexing*). La FDM suddivide l'intervallo di frequenza disponibile tra più utenti, e ciascuno di essi dispone di un canale assegnato per tutto il tempo che gli è necessario (fig. 3.5). Nel caso della voce, ogni conversazione viene traslata in una banda distinta avente un'ampiezza di circa 4 kHz (3,1 kHz per il segnale vocale e 900 Hz per una banda di protezione che impedisca l'interferenza tra i canali). Se l'ampiezza di banda viene mantenuta costante è possibile mantenere l'integrità dell'informazione.

I segnali digitali vengono invece moltiplicati su un mezzo trasmissivo con la tecnica della moltiplicazione a divisione di tempo (*TDM - Time Division Multiplexing*). Mentre la FDM fornisce ad ogni utente una parte dello spettro di frequenza per tutto il tempo necessario, lo schema TDM gli offre l'intero spettro per un piccolo intervallo di tempo (fig. 3.5). Nella figura gli intervalli temporali (*timeslot*) vengono concessi a rotazione a cinque ipotetici utenti che condividono il canale.

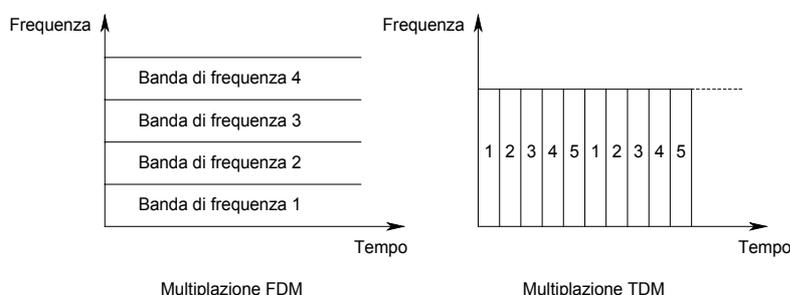


Figura 3.5 Moltiplicazioni FDM e TDM

La moltiplicazione è resa possibile tramite dispositivi chiamati *multiplexer (Mux)*, essi permettono a più linee, a bassa o media velocità, di utilizzare congiuntamente un'unica linea ad alta velocità e svolgono le seguenti funzioni [12]:

- Dal lato trasmissione combinano più canali di comunicazione caratterizzati da una certa velocità, in un canale a velocità superiore;
- Dal lato ricezione separano dai canali ad alta velocità i diversi canali che essi contengono.

I multiplexer si possono dividere in due grandi categorie secondo le tecniche utilizzate:

- Multiplexer a divisione di frequenza (FDM)
- Multiplexer a divisione di tempo (TDM)

Si illustra brevemente la tecnica TDM poiché è quella usata nei sistemi digitali.

3.4.2.1 La tecnica TDM

Mediante un multiplexer a divisione di tempo, più canali PCM vengono conglobati in un unico canale (fig 3.6).

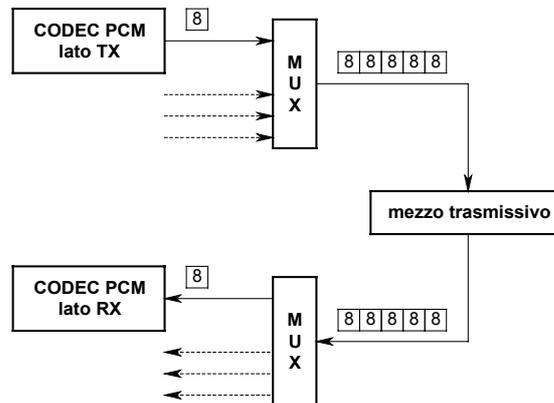


Figura 3.6 Trasmissione digitale di un segnale analogico

Ogni singolo canale PCM fornisce in uscita 8 bit (un otetto) per ogni campione, ad ogni ciclo il multiplexer preleva un campione da ogni canale PCM e lo trasmette. Il multiplexer ricevente, per estrarre correttamente dal flusso complessivo i vari campioni e consegnarli ai rispettivi canali PCM, deve essere sincronizzato con il multiplexer trasmettente. Le operazioni che il multiplatore TDM trasmettente compie sono allora le seguenti:

- Si sincronizza con la ricezione, inviando un opportuna “parola di sincronizzazione” di 8 bit, nota al ricevitore.
- Preleva un otetto dal primo ingresso e lo trasmette.
- Preleva un otetto dal secondo ingresso e lo trasmette, ecc.
- Dopo aver trasmesso l’ottetto relativo all’ultimo ingresso, il ciclo riprende dal primo punto.

Ogni canale PCM ha a disposizione un breve intervallo nel quale può inviare i campioni, opportunamente codificati, del proprio segnale analogico. Poiché il generico CODEC PCM fornisce un campione ogni $125\mu\text{s}$, codificato con 8 bit, il multiplatore deve prelevare un otetto da un singolo ingresso ogni $125\mu\text{s}$. In questo intervallo devono essere inviati in successione gli 8 bit di sincronizzazione e un otetto di ogni ingresso. La trasmissione risulta così organizzata come in (fig. 3.7) e in questa struttura temporale vengono definiti i seguenti elementi [10]:

- *Trama*: è l’intervallo di $125\mu\text{s}$ in cui viene trasmessa la parola di sincronizzazione ed un otetto di tutti gli ingressi. Una trama è suddivisa in n intervalli di tempo (*timeslot*), i quali realizzano n canali, ed inizia sempre con l’informazione di sincronizzazione. In questo modo è possibile, in ricezione,

separare per conteggio gli ottetti dei singoli canali, demultiplando così il segnale ricevuto dal mezzo trasmissivo.

- *Timeslot*: è l'intervallo di tempo, avente posizione fissa nella trama, che ricorre ciclicamente ed in cui ogni volta viene trasmesso un ottetto di un singolo ingresso.
- *Canale PCM*: è un timeslot assegnato ad un ingresso. Infatti gli ottetti di un ingresso vengono inviati sul mezzo trasmissivo solamente nel timeslot ad esso assegnato.

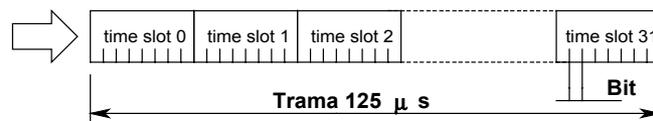


Figura 3.7 Struttura della trama

In ambito PCM esiste una gerarchia di moltiplicazione, quanto descritto corrisponde ad un moltiplicatore del primo ordine che moltiplica 32 canali numerati da 0 a 31.

In Europa un sistema PCM del primo ordine ha le seguenti caratteristiche:

- Trama: ha durata pari a $T_{trama} = 125 \mu s$
- Numero totale di canali $n=32$; il canale n° 0 viene utilizzato come canale di sincronizzazione, mentre gli altri canali sono disponibili per trasmettere, moltiplicati, i flussi a 64 kbps in ingresso. Perciò il sistema mette a disposizione 31 canali trasmissivi a 64 kbps.
- Timeslot: ha durata pari a $T_{ts} = 125/32 = 3,9 \mu s$. In ogni timeslot si trasmettono 8 bit, quindi il tempo di bit è pari a: $t_{bit} = 3,9 \mu s$ corrispondenti a $78 = 488$ ns.
- Il bit rate, v_e , di un sistema PCM del primo ordine è pari a:

$$v_e = (\text{numero di canali}) \times (\text{capacità di un canale})$$

$$v_e = 32 \times 64000 = 2.048 \text{ Mbps}$$

La moltiplicazione TDM, permette di utilizzare un sistema PCM per trasmettere, oltre alla voce digitalizzata, anche altri tipi di informazioni, ad esempio le informazioni di servizio, necessarie affinché una rete operi correttamente e che vanno sotto il nome di segnalazione. Un sistema di trasmissione numerico risulta così molto flessibile e può essere usato in modo diverso a seconda delle necessità ad esempio esso consente di trasmettere:

- 30 canali fonici PCM e la segnalazione ad essi associata;
- 30 canali fonici PCM ed un canale dati a 64 kbps per la segnalazione;
- 31 canali fonici PCM;
- 31 canali dati a 64 kbps.

Questa flessibilità fa sì che i sistemi PCM – TDM siano molto usati nella telefonia digitale, nelle trasmissioni TV e trasmissione dati. Negli ultimi anni hanno soppiantato i sistemi analogici in quanto sono più efficaci e tecnologicamente più

avanzati. [8] In particolare, in ambito GSM i sistemi PCM vengono utilizzati principalmente per realizzare [10]:

- I canali necessari al trasporto della voce digitalizzata tipicamente da/verso la rete telefonica fissa PSTN;
- Generici canali a 64 kbps su cui inviare sia le informazioni di segnalazione sia la fonia codificata, opportunamente sub-multiplexata, secondo quanto specificato dal GSM

3.5 LA MODULAZIONE

In alcuni casi i segnali che trasportano l'informazione possono essere direttamente inviati sul mezzo trasmissivo disponibile (trasmissione in banda base); in altri casi è necessario adattare le forme d'onda alle caratteristiche trasmissive del mezzo. L'informazione allora viene trasferita in bande di frequenza spostate verso l'alto per consentire la propagazione sul mezzo trasmissivo (trasmissione per trasposizione in frequenza), questa operazione è detta modulazione. [14] La modulazione si realizza variando, cioè modulando i parametri di un segnale periodico ausiliario, detto portante, in accordo con l'informazione da trasmettere. Nella modulazione si definiscono i seguenti tipi di segnali:

- *Modulante*: è il segnale che contiene l'informazione e che si vuole trasmettere;
- *Portante*: è un segnale di supporto con ampiezza costante e frequenza superiore a quella del segnale modulante;
- *Modulato*: è il segnale risultante dal processo di modulazione; in generale esso è ottenuto facendo variare uno o più parametri del segnale portante: (ampiezza, frequenza, fase, ampiezza-fase). Il segnale modulato contiene le informazioni che devono essere inviate ed ha le caratteristiche richieste dal canale utilizzato.

La modulazione è necessaria, ad esempio, per trasmettere un segnale numerico su un canale della rete telefonica analogica originariamente progettato per convogliare il segnale telefonico analogico, oppure per trasmettere un segnale digitale via radio. È necessario adottare un'opportuna tecnica di modulazione che essenzialmente effettui una trasposizione dello spettro del segnale in modo che esso rientri in quello del canale disponibile.

Inoltre nella trasmissione radio, per poter irradiare efficacemente l'energia elettromagnetica che porta l'informazione, l'antenna del trasmettitore deve avere dimensioni dell'ordine di grandezza della lunghezza d'onda in gioco. Poiché i segnali di informazione sono a bassa frequenza è necessario ricorrere alla modulazione per poter utilizzare antenne di piccole dimensioni.

La modulazione è inoltre usata per trasmettere più segnali nello stesso mezzo trasmissivo, traslando opportunamente lo spettro dei vari segnali in modo che non interferiscano tra loro.

In ogni caso al ricevente il segnale dovrà subire un processo inverso di *demodulazione* che permetta di ottenere il segnale originario.

Le tecniche di modulazione possono essere distinte in analogiche digitali. Esistono inoltre delle normative a livello internazionale che stabiliscono, per ogni tipo di trasmissione, la relativa banda di frequenza. Ogni banda così stabilita rappresenta il campo dei valori delle frequenze che possono assumere le varie portanti utilizzate per effettuare la modulazione.

La tendenza attuale è di preferire le modulazioni di tipo digitale in quanto un sistema digitale presenta numerosi vantaggi, rispetto ad un sistema analogico, alcuni dei quali sono:

- Maggiore immunità al rumore;
- Possibilità di rivelare e correggere gli errori;
- Possibilità di crittografare le informazioni inviate;
- Capacità di utilizzare le stesse strutture per trasmettere informazioni di natura diversa;

Si presentano brevemente le caratteristiche delle principali modulazioni numeriche.

3.5.1 Modulazioni numeriche

Le modulazioni numeriche permettono di trasmettere un segnale modulante digitale su un canale analogico; sono utilizzate nelle trasmissioni, nei sistemi cellulari nei ponti radio, nei collegamenti via satellite e si possono suddividere nelle seguenti categorie:

- Modulazioni di ampiezza ASK (Amplitude Shift Keying)
- Modulazioni di frequenza FSK (Frequency Shift Keying)
- Modulazioni di fase PSK (Phase Shift Keying)

ASK

Il segnale digitale, che contiene l'informazione, modula una portante sinusoidale facendone variare l'ampiezza in modo che all'uno logico corrisponda la portante stessa, mentre allo zero logico corrisponde l'assenza di portante fig. 3.8. È una modulazione molto sensibile al rumore.

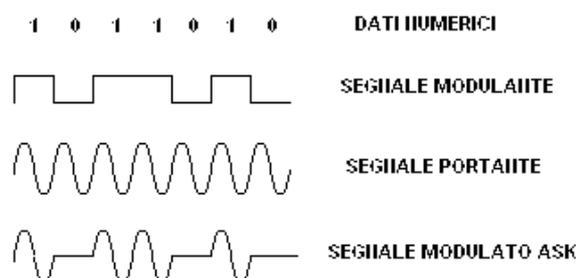


Figura 3.8 Modulazione ASK

FSK

Si hanno due segnali portanti a frequenze diverse associate ai due valori logici binari zero e uno (fig 3.9).

Una sua derivazione, la GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) è usata nell'ambiente GSM.

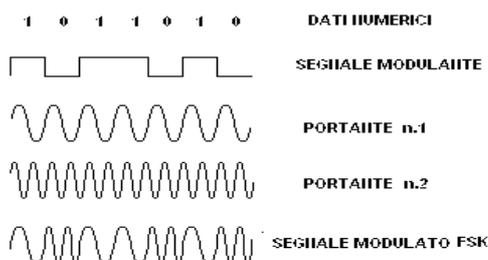


Figura 3.9 Modulazione FSK

PSK

Si utilizza una sola portante; i due valori numerici uno e zero corrispondono a due fasi diverse della stessa frequenza, rispettivamente 0° e 180° , fig 3.10.

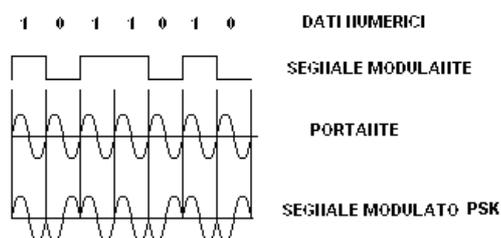


Figura 3.10 Modulazione PSK

Per aumentare la velocità di trasmissione dell'informazione, mantenendo costante la velocità di modulazione, si trasmette un maggior numero di angoli diversi. Per semplificare la demodulazione al ricevente, si fa variare anche l'ampiezza del segnale modulato; si ottiene così la modulazione QAM – PSK (Quadrature Amplitude Modulation Phase Shift Keying).

3.6 RETI PER LA TRASMISSIONE DATI

La realizzazione di centrali di commutazione numeriche ha permesso di utilizzare tecniche più efficienti per la segnalazione, dette segnalazione a canale comune, in cui si usa una rete di telecomunicazione numerica per la segnalazione e la gestione.

In una rete di telecomunicazione moderna, quale ad esempio la rete GSM, si possono così individuare due “sotto-reti” [10]:

- Una rete a commutazione di circuito, che interconnette i nodi di commutazione e trasporta le informazioni d'utente quali la fonia e i dati utente.
- Una rete per dati dedicata alla interconnessione degli elaboratori presenti nei nodi di commutazione e che trasferisce le informazioni riguardanti la segnalazione per il controllo delle chiamate e per la fornitura dei servizi

3.6.1 Architetture a livelli

Per ridurre la complessità di progettazione, la maggior parte delle reti è organizzata come una serie di strati o livelli, ognuno costruito su quello inferiore, realizzando così delle architetture a strati (fig 3.11) [13].

Il livello N presente in un sistema permette un dialogo con il livello N presente in un altro sistema. Le regole e convenzioni utilizzate per la comunicazione sono generalmente note come protocollo di livello N.

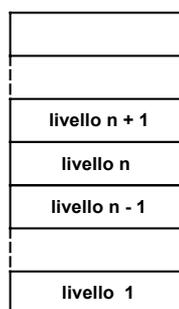


Figura 3.11 architettura a strati

L'insieme dei livelli e dei protocolli definisce un'architettura di rete. [13]

I nomi, il numero dei livelli, il loro contenuto e le funzionalità differiscono da una rete all'altra ma in tutte le reti, lo scopo di ciascun livello è quello di fornire servizi al livello superiore, mascherando il modo in cui questi sono implementati. Ad eccezione del livello più alto, un livello N fornisce servizi di livello N alle entità di livello N+1. Le entità di livello N, eccetto il livello 1, per comunicare usano servizi di livello N-1. le entità di livello 1 comunicano direttamente tramite i mezzi trasmissivi che le interconnettono. [13]

Gli strati superiori operano ad un livello logico di maggior complessità e forniscono servizi più sofisticati rispetto agli strati inferiori. Ogni strato è in grado di richiedere o fornire servizi solamente agli strati adiacenti, e ignora completamente che cosa accada negli altri strati dell'architettura.

La stratificazione permette di semplificare la fase di progetto, manutenzione e aggiornamento del software, poiché il singolo strato è molto più semplice dell'insieme di regole complessivo; è così possibile intervenire su uno strato del protocollo lasciando inalterati gli altri purché vengano rispettate le interfacce con gli strati adiacenti

Le architetture di rete riconoscono che nel colloquio tra elaboratori, attraverso una rete, vi sono due problematiche principali [10]:

- Trasferimento corretto dei dati attraverso la rete: i dati trasmessi da un elaboratore devono giungere al destinatario e gli eventuali errori devono essere rivelati e corretti. Questa è una problematica di rete e per affrontarla sono stati sviluppati dei protocolli indicati come protocolli di rete. In una rete a commutazione di pacchetto essi sono implementati sia nei nodi sia nei sistemi di utente.
- I dati forniti all'utilizzatore devono essere riconoscibili ed avere il formato adatto per il loro corretto utilizzo. Queste problematiche sono affrontate tramite protocolli di alto livello implementati solo nei sistemi utente e non nei nodi.

3.6.2 Livelli, protocolli e interfacce

Un esempio di rete a cinque livelli è rappresentato in figura 3.12. In essa i livelli N comunicano attraverso un protocollo di livello N. Fra ogni coppia di livelli adiacenti si trova una interfaccia che definisce le operazioni primitive e i servizi che il livello sottostante offre a quello superiore. Gli elementi attivi di ogni livello sono in genere chiamati *entità (entities)*; una entità può essere software (un processo), o hardware. Le entità che comprendono il corrispondente livello su sistemi differenti sono chiamate *entità pari (peer-entities)* [13].

In realtà anche se è definito un protocollo di livello N, nessun dato viene trasferito direttamente da un livello N all'altro; ogni livello infatti passa dati e informazioni di controllo al livello sottostante, sino a quando si raggiunge il livello 1 sotto il quale si trova il mezzo fisico che effettua la trasmissione. Nella figura 3.12 la comunicazione virtuale è evidenziata dalle linee tratteggiate e segue un percorso orizzontale mentre quella reale, visualizzata da linee continue, procede in verticale scendendo tutti i livelli dal più alto al più basso dal lato trasmissione, mentre procede all'inverso dal lato ricezione.

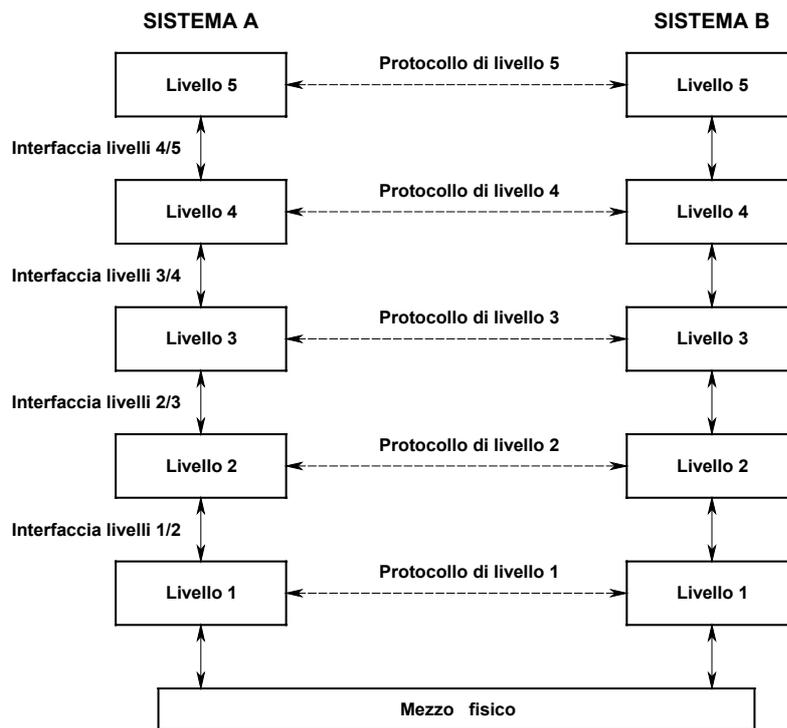


Figura 3.12 Livelli, protocolli e interfacce

Un protocollo è l'insieme di regole che governano il formato e il significato dei blocchi di informazione, dei pacchetti o dei messaggi scambiati fra le entità pari di un certo livello. Le entità utilizzano i protocolli per implementare le definizioni dei propri servizi. Esse possono modificare i propri protocolli in futuro, ammesso che non cambino i servizi visibili ai propri utenti; in questo modo i servizi e i protocolli sono completamente separati. [13]

3.6.3 Servizi

Un Servizio è un insieme di primitive (operazioni) che un livello fornisce al livello superiore. Definisce quali operazioni il livello è pronto ad eseguire per conto dei propri utenti, ma non dice nulla su come tali operazioni siano implementate. Un servizio fa parte di una interfaccia tra due livelli, il livello inferiore che è il fornitore del servizio e il livello superiore il fruitore. I livelli possono offrire due diversi tipi di servizi [13]:

- Servizi orientati alla connessione (connection-oriented service)
- Servizi privi di connessione (connection-less service)

I servizi orientati alla connessione sono modellati sul sistema telefonico poiché si possono distinguere tre fasi principali:

- Creazione della connessione;
- Trasferimento dei dati;
- Chiusura della connessione.

In un servizio di rete orientato alla connessione due entità-pari si accordano per il trasferimento di blocchi di dati o PDU (Protocol Data Unit).

Un servizio connesso agisce come una tubatura: il mittente introduce i PDU, che consistono in un insieme di bit, a partire da una estremità e il ricevente li riprende, nel medesimo ordine, all'altra estremità. Per verificare che tutte le PDU giungano a destinazione correttamente, un servizio connesso utilizza degli schemi di numerazione e di verifica di avvenuta corretta ricezione; in questo modo è possibile rilevare la presenza di errori e la correzione mediante ritrasmissioni.

La realizzazione di una connessione non implica però l'instaurazione di un circuito fisico dedicato come nella commutazione di circuito, ma ad esempio in una rete a commutazione di pacchetto può consistere nella definizione preliminare del percorso che dovranno poi seguire tutti i pacchetti di quella chiamata.

I servizi privi di connessione sono modellati sul sistema postale. Ogni messaggio porta l'indirizzo completo di destinazione, ed è condotto lungo il sistema indipendentemente da ogni altro messaggio. In genere, nei servizi privi di connessione, si può solo rilevare la presenza di errori ma non correggerli in quanto non si possono realizzare meccanismi di ritrasmissione: questo è dovuto al fatto che nella modalità non connessa non è possibile fare riferimento a pacchetti trasmessi precedentemente o in seguito. Normalmente quando due messaggi sono inviati alla medesima destinazione, il primo inviato sarà anche il primo ad arrivare, tuttavia è possibile che il primo inviato possa essere ritardato così che il secondo arrivi prima. Con un servizio orientato alla connessione questo non è possibile.

3.6.3.1 Qualità del servizio

Ogni servizio può essere caratterizzato da una qualità del servizio (*Quality of Service* – *QoS*), e si possono distinguere tre categorie [13]:

- Con riscontro
- Senza riscontro
- Richiesta-risposta

Con riscontro

Alcuni servizi sono affidabili nel senso che non perdono mai dei dati. Normalmente un servizio affidabile è realizzato attraverso un messaggio di avvenuta ricezione (riscontro) inviato dai destinatari ogni qual volta ricevono un nuovo messaggio; in tal modo il mittente si assicura della ricezione dei propri messaggi. Il processo di invio del messaggio di avvenuta ricezione introduce dei ritardi che a volte non possono essere tollerati, come ad esempio nel traffico di voce digitalizzata. In questi casi è preferibile un po' di rumore sulla linea o sentire una parola poco chiara piuttosto che subire il ritardo necessario per trasmettere il messaggio di avvenuto ricevimento.

Senza riscontro

In alcuni casi si richiede un mezzo per inviare un singolo messaggio che ha alta probabilità di essere ricevuto, seppure senza la certezza che questo avvenga. I servizi privi di connessione non affidabili, nel senso che il messaggio di avvenuto ricevimento non è utilizzato, sono chiamati anche *servizi datagramma*, in analogia con il servizio di telegrammi che non prevede un messaggio di ricevimento da parte del mittente.

Richiesta – risposta

È una via di mezzo tra i due casi precedenti; il mittente trasmette un messaggio contenente una richiesta, se successivamente riceve un messaggio con la risposta ottiene indirettamente anche il riscontro del corretto trasferimento della richiesta precedentemente inviata.

3.6.4 Il modello di riferimento OSI

La definizione e l'implementazione dei singoli protocolli è stata sviluppata in modo autonomo dalle aziende portando allo sviluppo di architetture proprietarie, in genere incompatibili tra loro. L'evoluzione dei sistemi informatici ha fatto poi emergere l'esigenza di una standardizzazione a livello internazionale. Verso la fine anni '70 l'Organizzazione Internazionale degli Standard (ISO) ha proposto il modello OSI (Open System Interconnection), come riferimento per l'interconnessione di sistemi aperti, cioè sistemi che abbiano la possibilità di comunicare con altri sistemi indipendentemente dall'azienda costruttrice.

Il modello di riferimento OSI ha le seguenti finalità [6]:

- Fornire una base comune su cui sviluppare standard per l'interconnessione di sistemi informatici;
- Fornire un modello rispetto a cui confrontare le architetture di rete proprietarie.

OSI introduce il concetto di *sistema (system)* come un insieme di uno o più elaboratori con il relativo software, periferiche, terminali, operatori umani, processi che complessivamente è in grado di elaborare dati. Nell'ambito di un sistema un'*applicazione (application)* è l'elemento che effettivamente svolge l'elaborazione dei dati.

Il modello di riferimento ISO – OSI è strutturato in sette livelli che comunicano tramite la loro interfaccia (fig. 3.13); ogni livello è composto da una o più entità.



Figura 3.13 Livelli ISO OSI

3.6.4.1 Sistemi intermedi

Lo scambio di informazioni può coinvolgere anche sistemi intermedi (*IS: Intermediate System*) oltre ai sistemi finali (*ES: End System*) contenenti le applicazioni. Nei sistemi intermedi sono presenti entità che hanno funzioni di inoltramento delle informazioni: funzionalità di *relaying* [6], possono essere collocate a vari livelli del modello OSI e gli IS assumono nomi diversi in funzione del livello in cui avviene il relaying: repeater (livello1), bridge (livello2), router (livello3) gateway (livello7). Nella figura 3.14 si ha il caso in cui i sistemi intermedi sono dati dai router.

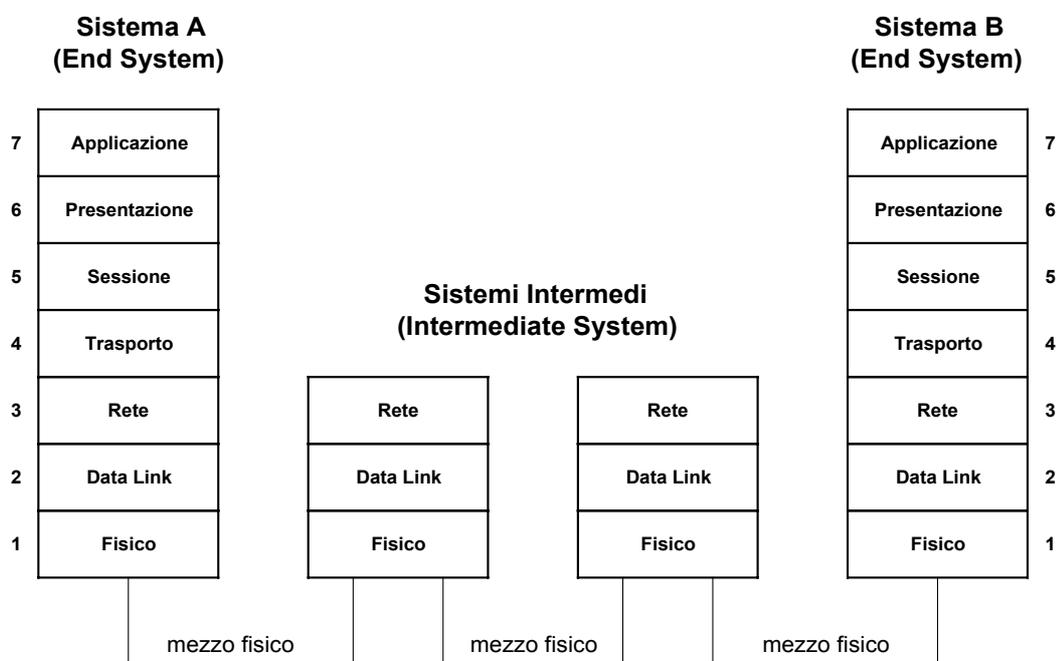


Figura 3.14 Modello OSI di una rete con quattro sistemi

3.6.4.2 Livelli ISO – OSI

1. Fisico

Definisce gli aspetti elettrici riguardanti la trasmissione dei bit lungo il canale di comunicazione. Gli aspetti progettuali del livello comprendono in genere interfacce meccaniche, elettriche e procedurali, e il mezzo di trasmissione fisica, che si trova al di sotto del livello fisico[13].

2. Data-Link

Il livello fisico accetta e trasmette sequenze di bit senza far riferimento al loro significato o alla loro struttura. Il livello *Data Link* struttura i bit da trasmettere in opportune stringhe dette *trame (frame)*. Un frame normalmente è composto da centinaia o migliaia di byte in cui sono definiti degli opportuni campi dove il livello data link del mittente inserisce delle sequenze di bit, che contengono informazioni di diverso tipo. Il livello *Data Link* ricevente separa i vari campi e tramite la loro interpretazione permette una corretta ricezione delle informazioni provenienti dal livello 1.

Il protocollo di livello 2 standardizzato da ISO è stato denominato HDLC (High-level Data Link Control), da esso sono derivati diversi protocolli di linea, come quelli della famiglia LAP (Link Access Protocol). Esempi sono il LAP-D, utilizzato in ambito ISDN e GSM, il LAP-B utilizzato in reti X.25, il LAP-M utilizzato nei modem.

3. Rete

Gestisce la rete come un insieme di canali di comunicazione e di nodi; nel caso di reti a commutazione di pacchetto è questo strato che si occupa del corretto instradamento dei pacchetti. I percorsi possono essere basati su tabelle statiche inserite all'interno della rete e che vengono cambiate raramente, oppure venire determinati all'inizio di ogni colloquio, infine possono essere stabiliti in modo dinamico per ciascun pacchetto, in relazione al corrente carico di lavoro. Se troppi pacchetti sono presenti nello stesso istante nella rete, possono creare qualche forma di congestione, il controllo di tale congestione è responsabilità del livello di rete.

4. Trasporto

Costituisce il primo livello che si occupa della comunicazione diretta tra due utenti *end-to-end* (cioè tra due entità poste negli End System).

I compiti principali del livello consistono nella sequenzializzazione dei messaggi, nel controllo di errore e di flusso tra utente e utente, nella frammentazione dei messaggi in pacchetti all'utente sorgente e nel riassemblaggio dei messaggi all'utente destinatario. Il tutto deve avvenire in modo tale da isolare i livelli superiori dagli inevitabili cambiamenti nella tecnologia hardware.

5. Sessione

Gestisce e controlla il dialogo tra le entità dello strato superiore, il quale avviene aprendo e chiudendo sessioni di comunicazione (la sessione consiste in una connessione tra le entità dello strato superiore) e fornisce un servizio di sincronizzazione che consente, ad esempio, di interrompere il dialogo e di

riprenderlo successivamente dallo stesso punto senza dover ricominciare dall'inizio, oppure di ripetere sezioni del dialogo ritenute errate.

6. Presentazione

Per rendere possibile la comunicazione fra calcolatori con rappresentazioni differenti, le strutture dati da trasferire vengono definite in modo astratto. Il livello presentazione gestisce queste strutture convertendole dalla rappresentazione usata all'interno del calcolatore a quella standard della rete e viceversa.

Altre funzioni del livello consistono nella crittografia e compressione dell'informazione trasmessa.

7. Applicazione

Implementa servizi di informatica distribuita. Si interfaccia direttamente con l'utente; tra i suoi servizi rientrano il trasferimento di file, l'emulazione di terminale, la posta elettronica, l'accesso a banche dati.

Un processo d'utente che debba, ad esempio, trasferire un file ad un altro sistema si limita a richiederne il servizio relativo al livello di applicazione. È compito del livello mettere in atto tutte le procedure che consentono l'effettivo trasferimento del file con il coinvolgimento di tutti gli altri livelli.

3.6.4.3 Trasmissione dati nel modello OSI

Le modalità dello scambio dati tra i processi di utente usando il modello OSI fa riferimento alla figura 3.15. in cui il processo mittente invia dei dati al processo destinatario.

Ogni livello N aggiunge ai dati ricevuti dal livello superiore alcune informazioni di controllo proprie del protocollo N.

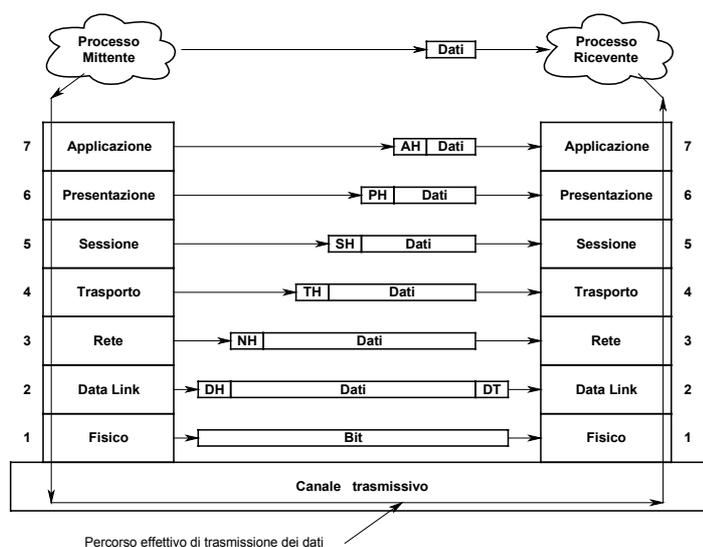


Figura 3.15 Percorso dei dati nel modello OSI

Il blocco dati così ottenuto viene passato al livello sottostante che opererà in modo analogo. I dati generati da un protocollo di livello N sono detti N-PDU (Protocol Data Unit). Il livello inferiore non è a conoscenza di quale siano i dati veri e propri dell'utente e quali le informazioni aggiunte dal livello precedente. Questo processo prosegue fino allo strato 2 che aggiunge una intestazione ed un campo di coda per la rilevazione degli errori. Il livello fisico converte i bit formanti tutto il blocco di dati in un segnale elettrico di forma e livello opportuni inviandolo sul canale trasmissivo. Nel sistema di destinazione le diverse intestazioni vengono eliminate, una per una, mentre il messaggio si propaga dai livelli più bassi fino ad arrivare al processo destinatario. Da un punto di vista logico un livello colloquia direttamente con il livello corrispondente residente in altri sistemi; da un punto di vista fisico le informazioni attraversano in verticale i livelli e vengono trasmesse sul canale a disposizione.

4 SISTEMI RADIOMOBILI

Il servizio radiomobile fa parte di un campo particolare della telefonia in cui gli utenti hanno la possibilità di trasmettere delle informazioni per mezzo di onde radio modulate. Il collegamento tramite onde radio fa sì che l'utente periferico sia svincolato da qualsiasi legame fisico con il sistema di comunicazione fisso, permettendone così anche la mobilità. [8] Le onde radio possono viaggiare per lunghe distanze, penetrano negli edifici, e si possono generare con facilità. Sono omnidirezionali, ciò significa che si propagano dalla sorgente in tutte le direzioni, così non è necessario che il trasmettitore e il ricevitore siano fisicamente allineati.

Le proprietà delle onde radio dipendono dalla frequenza; a basse frequenze passano bene attraverso gli ostacoli, ad alte frequenze tendono a viaggiare in linea retta e rimbalzano sugli ostacoli, a tutte le frequenze sono soggette ad interferenza. [13]

I sistemi radiomobili si distinguono in tre principali categorie [8]:

- Marittimi;
- Terrestri;
- Aeronautici.

I servizi radiomobile terrestri, in base al tipo di utenza si suddividono in sistemi di tipo pubblico o privato. Nel seguito si tratteranno i sistemi radiomobile di tipo pubblico.

4.1 EVOLUZIONE

La necessità di mantenere un collegamento fra e con mezzi in movimento è sempre stata di notevole importanza sia in campo militare sia nei servizi pubblici, in particolar modo le esigenze militari sono state alla base della ricerca.

Si può far risalire la nascita vera e propria delle comunicazioni mobili all'invenzione della modulazione di frequenza (FM), avvenuta nel 1935 da parte di E.H. Armstrong. I sistemi FM ebbero grande sviluppo durante la seconda Guerra Mondiale, fu però subito evidente la carenza di un numero sufficiente di canali radio per soddisfare le necessità dei vari settori: militare, polizia, vigili del fuoco, servizi di trasporto pubblici e privati. Questi servizi non erano però direttamente connessi con la rete telefonica fissa [10].

Sul finire degli anni '40 furono introdotti i primi sistemi di telefonia mobile che consentivano ad un numero ristretto di persone di effettuare chiamate telefoniche da un'automobile, durante spostamenti in ambito cittadino. Tali sistemi impiegavano un singolo trasmettitore (FM) che offriva la copertura dell'area da servire.

In questi sistemi gli apparati di utente operavano ad una frequenza fissa e quindi vi era un certo numero di trasmettitori tra loro indipendenti, ognuno avente in carico un certo numero di utenti.

Successivamente furono introdotti i sistemi di tipo "trunked" in cui i canali costituivano delle risorse comuni disponibili per tutti gli utenti. I canali radio venivano assegnati all'utente dal sistema quando ne aveva necessità; la selezione del canale libero era inizialmente manuale poi fu automatizzata. La trasmissione era di tipo broadcast (analogamente a radio e tv): si utilizzavano trasmettitori di potenza elevata che coprivano in senso radioelettrico una vasta area del territorio. In questo

modo però se il numero di utenti non è ridottissimo, si ha un enorme fabbisogno di frequenze radio, tale da impedirne la realizzazione.

Il punto di svolta si determinò con l'introduzione dei *sistemi cellulari*. L'idea di base fu concepita negli anni '40, sperimentata negli anni '60 e introdotta in sistemi commerciali negli anni '80 ed è la tecnica su cui si basano i sistemi radiomobili attuali.

I sistemi cellulari che realizzano le reti radiomobili (PLMN- Public Land Mobile Network) applicano la tecnica del riutilizzo delle frequenze in cui una frequenza viene utilizzata più volte in luoghi diversi e sufficientemente lontani fra loro. Per ottenere questo si suddivide il territorio in aree aventi dimensioni limitate, dette *celle*, ognuna delle quali è servita da una *stazione radio base* che trasmette su un certo numero di frequenze, operando però con potenza ridotta.

I sistemi cellulari introdotti nei primi anni '80 erano di tipo analogico, successivamente sul finire degli anni '80 sono stati introdotti i sistemi cellulari digitali, e tra questi il sistema GSM (Global System for Mobile Communication), infatti, nel 1983 venne introdotto il sistema AMPS: Advanced Mobile Phone Service; uno standard USA (EIA-553) che opera nella banda di frequenza attorno agli 800 MHz. Nel 1985 entrò in funzione il sistema TACS: Total Access Communication System standard sviluppato nel Regno Unito ma che costituisce un adattamento dello standard AMPS. È il sistema cellulare analogico attualmente presente in Italia, opera nella banda attorno ai 900 MHz.

Il sistema NMT: Northern Mobile Telephone System, uno standard scandinavo, sviluppato indipendentemente da AMPS e TACS. Lavora nelle bande intorno ai 450 MHz (introdotto nel 1981) e ai 900 MHz (introdotto nel 1987). Nel 1992 è stato introdotto il sistema GSM, successivamente verso la metà degli anni '90 negli USA entrarono in funzione i sistemi digitali D-AMPS e IS-95, con un successo inferiore a quello del GSM. Il futuro prevede la standardizzazione delle reti con accesso a pacchetto.

Le reti radiomobili di tipo cellulare, possono essere classificate in tre fasi successive cui corrispondono altrettante generazioni di rete, caratterizzate di massima dalle seguenti proprietà [15]:

- Reti di 1^a generazione: sono di tipo analogico, implementano esclusivamente servizi voce, permettono di ricevere servizio solo dal proprio gestore; non hanno funzionalità di riservatezza. Attualmente sono in progressivo declino. In Italia il sistema TACS rientra in questa categoria.
- Reti di 2^o generazione: sono completamente numeriche; forniscono servizio per voce e per dati; permettono ad un utente di essere servito entrando in aree ricoperte da altri gestori (roaming); preservano la riservatezza crittografando l'informazione trasmessa via radio. Le attuali reti GSM rientrano in questa categoria.
- Reti di 3^o generazione: costituiscono un'evoluzione delle reti GSM e forniscono servizi mobili multimediali, gestione di e-mail, navigazione in internet. Il sistema più noto è detto Universal Mobile Telecommunications System (UMTS).

4.2 CARATTERISTICHE GENERALI

Una rete mobile è una rete geografica i cui terminali possono accedere al servizio mentre sono in movimento su un punto qualsiasi del territorio servito (area di copertura) [15]. A parte la mobilità, il servizio è lo stesso di cui usufruisce il terminale di una rete fissa. Una rete mobile comprende due parti fondamentali:

- Una rete primaria (“core network”), basata su centri di controllo che sono nodi funzionanti a commutazione di circuito collegati alla rete telefonica fissa (PSTN).
- Una rete d’accesso basata sull’uso di canali radio

Le caratteristiche fondamentali di un sistema radiomobile cellulare riguardano i seguenti aspetti [10]:

- Risorse radio: è necessario avere a disposizione delle risorse radio (frequenze) con le quali realizzare i collegamenti verso i terminali mobili
- Accesso alle risorse radio: poiché le risorse radio disponibili sono limitate, è necessario adottare opportune tecniche affinché più utenti ne possano usufruire.
- Copertura del territorio: per servire più utenti con risorse limitate è necessario poter riutilizzare le stesse in luoghi diversi adottando un’opportuna copertura del territorio che si vuole servire.
- Gestione della mobilità: a differenza di una rete fissa gli utenti possono spostarsi nel territorio di copertura, il sistema per instradare la chiamata deve conoscere la posizione dell’utente.

4.3 LA TRASMISSIONE RADIO

Gli elementi essenziali di un sistema di trasmissione via radio sono riportati in figura 4.1; esso è composto rispettivamente da un trasmettitore collegato ad un’antenna trasmittente e da un’antenna ricevente connessa ad un ricevitore. L’antenna trasmittente converte il segnale elettrico a radiofrequenza, fornito dal trasmettitore, in campi elettromagnetici che si propagano nello spazio alla velocità della luce sotto forma di onde elettromagnetiche (e. m.). L’antenna ricevente realizza la trasduzione inversa convertendo le onde e.m. incidenti in un segnale elettrico, il quale viene fornito al ricevitore affinché possa estrarre il segnale informativo [10]. Il segnale radio è costituito da onde e.m. aventi frequenza opportuna.

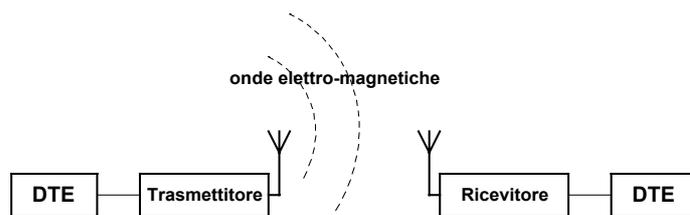


Figura 4.1 Elementare sistema per trasmissione radio

All'onda e.m. è associata un'energia che normalmente viene riferita ad una sezione unitaria di 1m^2 . La propagazione di tale energia nello spazio è alla base della trasmissione elettromagnetica e la sua progressiva attenuazione, man mano che l'onda elettromagnetica viaggia nello spazio, limita la distanza tra i punti in cui la trasmissione stessa può avvenire [11].

Supponendo infatti che la trasmissione avvenga nello *spazio libero*, cioè in una regione dello spazio in cui non ci sono né ostacoli né interferenze che influiscano sulla propagazione del segnale radio, se l'antenna trasmittente irradia uniformemente in tutte le direzioni (antenna *isotropica*) l'energia irradiata si distribuisce su sfere sempre più grandi all'aumentare della distanza e quindi l'onda e.m. propagantesi nello spazio libero subisce un'attenuazione, la quale non è dovuta a dissipazione ma al fatto che l'energia si distribuisce su superfici sferiche sempre più grandi, con conseguente diminuzione della densità di potenza [10].

È possibile determinare la densità di potenza, S , che si ha ad una distanza r da una antenna isotropica, che irradia una potenza P_t , nel seguente modo:

$$S = P_t / 4\pi r^2$$

Da cui si deduce che nello spazio libero la densità di potenza varia in modo inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

Dal lato del ricevitore la potenza captata dall'antenna dipende dalla densità di potenza che vi giunge e dalla quantità di energia che l'antenna è in grado di prelevare dalle onde e.m. incidenti. Quest'ultimo parametro viene indicato come *area equivalente* dell'antenna (A_{eq}) ed è dato dal rapporto tra la potenza che si ha in uscita dall'antenna (P_u) e la densità di potenza che vi incide (S_i):

$$A_{eq} = P_u / S_i$$

Nel caso in cui si trattino antenne isotropiche e propagazione libera nello spazio l'*attenuazione dello spazio libero* (A_{sl}), o attenuazione di percorso, può essere definita dal rapporto, espresso in dB, tra la potenza irradiata in trasmissione (P_t) e la potenza fornita in uscita dall'antenna in ricezione (P_u):

$$A_{sl} = 10\log_{10} P_t / P_u$$

Si può dimostrare che l'attenuazione dello spazio libero può essere espressa come [10]:

$$A_{sl} = 32,5 + 20\log_{10}f + 20\log_{10}r \quad [dB]$$

Dove l'unità di misura di A_{sl} è il dB, f è espressa in MHz e r in Km

La potenza ricevuta varia così in modo inversamente proporzionale al quadrato della distanza ed al quadrato della frequenza.

Nel caso dei sistemi radiomobili, questa espressione è valida solamente nelle immediate vicinanze dell'antenna trasmittente. In generale si può dire che l'attenuazione varia in modo inversamente proporzionale a r^4 , e per determinare l'attenuazione del percorso si utilizzano modelli più complessi, come quelli di Egli o Okamura [10].

4.3.1 La propagazione radio nell'ambiente reale

4.3.1.1 Fading

Nella realtà la propagazione delle onde e.m. non avviene in un ambiente ideale, qual'è lo spazio libero, di conseguenza può venire influenzata da vari fenomeni, dei quali i principali sono [10]:

- *Riflessione*: l'onda viene riflessa dall'ostacolo che può essere costituito da suolo, edifici, mezzi di trasporto
- *Rifrazione*: quando si incontrano variazioni di densità, ad esempio nel passaggio da un mezzo ad un altro l'onda cambia direzione di propagazione in quanto varia la velocità di propagazione
- *Diffrazione*: quando l'onda incide sul contorno di un ostacolo si ha una diffusione di energia anche dietro l'ostacolo.

Nei sistemi radiomobili è particolarmente importante il fenomeno della riflessione. Esso rende problematica la ricezione del segnale, specie per mezzi in movimento causa il verificarsi di affievolimenti momentanei del segnale ricevuto, indicati comunemente come *fading* (evanescenza)

A seconda della conformazione del terreno e dell'ambiente in cui ci si muove, possiamo avere fondamentalmente tre situazioni e tre tipi di fading: [10]:

- *Fading lento*: è dovuto alla presenza di grossi ostacoli (colline, edifici) che durante il movimento causano un effetto di oscuramento.
- *Fading di Rayleigh*: è dovuto alla presenza di numerose superfici riflettenti (edifici automezzi), le quali fanno in modo che all'antenna ricevente giungano numerosi segnali che compiono percorsi diversi a causa delle riflessioni subite.
- *Fading di Rice*: all'antenna ricevente giungono un segnale diretto e più segnali riflessi.

4.3.1.2 Interferenze

Nei sistemi di trasmissione digitali il fenomeno delle riflessioni provoca un ulteriore effetto: la dispersione temporale che è la causa della *interferenza intersimbolica*. Supponiamo che ad un ricevitore giungano segnali digitali modulati che hanno compiuto percorsi diversi, può succedere che i bit portati da alcuni segnali siano in ritardo tale da interferire con i bit portati dagli altri segnali, ostacolandone il corretto riconoscimento e dando origine ad un fenomeno noto come *interferenza intersimbolica*.

Un altro problema tipico dei sistemi radiomobile cellulari è quello delle interferenze tra le frequenze utilizzate dal sistema stesso, in questo caso è possibile distinguere due casi fondamentali:

- Interferenza co-canale (o isocanale);
- Interferenza da canale adiacente;

Interferenza co-canale

La tecnica cellulare è stata introdotta per consentire di riutilizzare più volte le stesse frequenze in luoghi diversi, permettendo di servire, contemporaneamente un numero maggiore di utenti. Questo però porta ad una interferenza più o meno forte, a seconda della loro distanza, tra i trasmettitori operanti alla stessa frequenza.

L'interferenza co-canale si manifesta infatti quando due o più stazioni radio base in visibilità elettromagnetica operano contemporaneamente alla stessa frequenza: può accadere che ad una stazione mobile giungano i segnali di due o più stazioni radio base, provocando la ricezione di messaggi errati. Si può affermare che mentre un sistema di trasmissione radio tra punti fissi è limitato dal *rumore*, un sistema radiomobile cellulare è limitato dall'interferenza co-canale [10]

Interferenza da canale adiacente

Questo tipo di interferenza si manifesta quando un canale interferisce dal punto di vista elettromagnetico con un canale adiacente. La causa può essere attribuita al fatto che i filtri utilizzati negli apparati, per eliminare i segnali ed i disturbi che cadono al di fuori della banda del segnale desiderato non sono ideali. Al ricevitore, dopo il filtro, giungono così sia la frequenza impiegata per la trasmissione, sia le frequenze adiacenti, che sono quelle più o meno attenuate, ma non eliminate, dal filtro stesso e che costituiscono una interferenza. Questo limita la possibilità di usare frequenze adiacenti in una stessa cella [10].

4.4 L'ACCESSO AL CANALE RADIO

In un sistema radiomobile le frequenze radio disponibili consentono di realizzare un certo numero di canali trasmissivi ai quali gli utenti possono accedere.

Nei sistemi moderni ogni canale libero è una risorsa comune a tutti gli utenti, non vi sono perciò canali dedicati permanentemente a singoli utenti, come avveniva alle origini della comunicazioni radiomobile, ma essi sono assegnati dal sistema radiomobile, dietro richiesta degli utenti stessi.

In generale esistono dei canali di controllo, tramite i quali gli utenti effettuano le richieste di connessione, mentre è il sistema che assegna a ciascuno di essi un canale fonico (o canale di traffico) libero sul quale avviene la conversazione. Le stazioni mobili sono così sempre sotto il diretto controllo del sistema.

Poiché il canale radio è una risorsa comune si parla di accesso multiplo al canale radio; le tecniche di accesso multiplo ai canali sono fondamentalmente tre [10]:

- FDMA (Frequency Division Multiple Access, accesso multiplo a divisione di frequenza);
- TDMA (Time Division Multiple Access, accesso multiplo a divisione di tempo);
- CDMA (Code Division Multiple Access, accesso multiplo a divisione di codice).

4.4.1 FDMA (Frequency Division Multiple Access)

È il metodo di accesso multiplo più semplice, viene adottato nei sistemi radiomobili analogici. L'intera banda a disposizione viene divisa in un certo numero di bande di canale, aventi lunghezza prefissata (25 kHz in Europa, 30 kHz negli USA), ognuna delle quali centrata su una certa frequenza portante (fig. 4.2) Alcuni canali radio vengono usati come canali di controllo ed i rimanenti costituiscono i canali fonici.

Il sistema assegna le risorse radio agli utenti che ne fanno richiesta, tramite opportuni canali di controllo, con il criterio "primo arrivato – primo servito".

Una volta assegnata, la frequenza radio è utilizzata esclusivamente ad in modo continuo da un singolo utente, per cui questo metodo è noto anche come SCPC¹-FDMA.

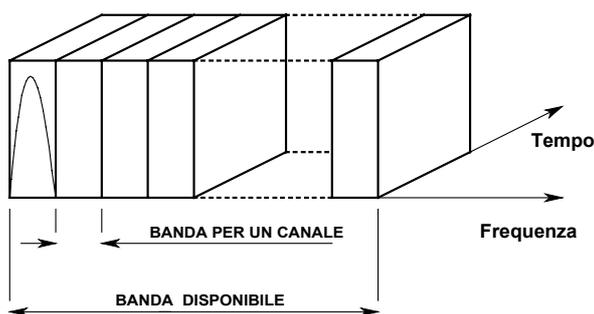


Figura 4.2 Accesso FDMA

Le principali caratteristiche dell'SCPC-FDMA sono le seguenti [10].

- Una frequenza porta un singolo canale radio (fonico o di controllo). Per una conversazione sono richieste due frequenze radio: una per trasportare la fonia

¹ SCPC = Single Channel Per Carrier

del chiamante, e l'altra per quella del chiamato. La stazione mobile e la stazione radio base trasmettono continuamente e simultaneamente sul canale radio loro assegnato.

- La banda del canale è relativamente stretta (25 kHz);
- Nella stazione radio base devono essere presenti tanti ricetrasmittitori quanti sono i canali radio a disposizione, comportando costi notevoli.
- Quando un terminale mobile effettua un handover, cioè passa sotto il controllo di un'altra stazione radio base e cambia la frequenza di trasmissione, si verificano delle brevi interruzioni della comunicazione che sono avvertibili dagli utenti e non rendono adatto il sistema alla trasmissione dati.

4.4.2 TDMA (Time Division Multiple Access)

La tecnica TDMA consiste nell'utilizzare la stessa portante radio per servire più utenti. Ciò è possibile nei sistemi digitali in quanto essi permettono l'adozione della moltiplicazione a divisione di tempo (TDM, Time Division Multiplexing), per la trasmissione su uno stesso canale fisico di più segnali [10].

In un sistema digitale, come il GSM, la fonia viene digitalizzata dalla stazione mobile e memorizzata in un buffer. Il terminale mobile non trasmette continuamente, ma emette su una data frequenza un certo numero di bit alla volta inviando un burst, cioè una raffica di bit, in istanti di tempo prefissati, detti timeslot, che ricorrono ciclicamente.

Negli altri timeslot la stessa frequenza può essere utilizzata da altri terminali mobili per trasmettere i loro burst, questo permette di assegnare una stessa frequenza radio ciclicamente e per tempi prefissati ad un certo numero di utenti (fig 4.3).

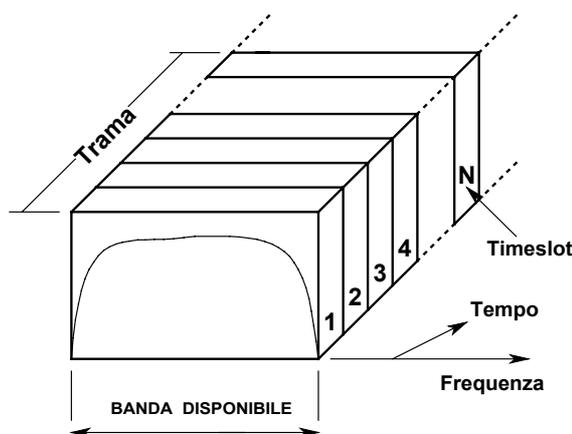


Figura 4.3 Accesso TDMA

Nell'accesso TDMA si ha che:

- Un timeslot è l'intervallo di tempo ciclicamente assegnato per la trasmissione, o la ricezione, di un burst (cioè un blocco di bit) su una data frequenza.
- Si definisce trama o frame l'intervallo di tempo nel quale si trasmettono, una volta, tutti i timeslot realizzati su una stessa frequenza.

Anche in questo caso vi sono dei timeslot che realizzano canali di controllo e timeslot che realizzano canali fonici (o di traffico), assegnati agli utenti per la conversazione.

In generale la trasmissione e la ricezione avvengono in timeslot diversi e su frequenze diverse; lo schema operativo tipico, che si ripete ciclicamente è il seguente:

- Il terminale mobile trasmette un burst nel timeslot assegnato per la trasmissione;
- Il terminale mobile è in pausa;
- Il terminale mobile riceve un burst nel timeslot assegnato per la ricezione.

In un sistema che adotta la tecnica TDMA, una stazione mobile deve trasmettere sul canale radio assegnato con una velocità pari alla propria velocità di emissione (derivante dalla codifica della voce e dall'inserimento delle necessarie informazioni di servizio) moltiplicata per il numero di timeslot realizzati su una stessa frequenza. Ad esempio nel sistema GSM, che utilizza 8 timeslot per frequenza, dalla codifica della voce e dall'aggiunta delle informazioni di servizio si ottiene una velocità di emissione pari a 33,8 kbps. Di conseguenza la velocità con la quale un burst viene trasmesso sul canale radio è pari a $33,8 \times 8 = 270$ kbps.

Le caratteristiche principali della tecnica TDMA sono:

- Una frequenza radio serve più utenti (8 nel sistema GSM)
- Nella stazione radiobase è sufficiente un singolo ricetrasmittitore per servire più utenti, con un evidente risparmio economico rispetto alla tecnica FDMA.
- Un canale di controllo o di traffico è dato da un timeslot su una certa frequenza portante
- La trasmissione è discontinua, in quanto si trasmette un blocco di bit alla volta (un burst) solamente quando ricorre il timeslot assegnato; in questo modo si riducono anche i livelli di interferenza e si può ottenere un rapporto C/I (vedi avanti) più favorevole.
- La trasmissione discontinua permette di effettuare degli handover in modo più efficiente, permettendo così anche la trasmissione dati senza che gli handover diano problemi. Un altro vantaggio della trasmissione discontinua consiste nell'adottare opportune tecniche (*frequency hopping*) per limitare gli effetti del fading e ridurre i livelli di interferenza: ad ogni burst si cambia in modo ciclico e sincronizzato la frequenza di trasmissione.

- La frequenza portante è centrata su una banda a radiofrequenza più larga rispetto al caso FDMA, in quanto essa viene utilizzata da più utenti;

4.4.3 CDMA (Code Division Multiple Access)

È un metodo d'accesso al canale radio in cui tutti gli utenti utilizzano simultaneamente l'intera banda del sistema; le caratteristiche fondamentali sono [10]:

- Ad ogni utente viene assegnata una particolare sequenza di codice, incorrelata con i codici di tutti gli altri utenti; in ricezione una stazione mobile è in grado di estrarre dal segnale captato le informazioni ad essa dirette applicando il proprio codice;
- Il sistema non è del tipo bloccante e teoricamente non vi sono limiti sul numero di utenti che si possono servire; in realtà all'aumentare del numero di utenti che trasmettono aumentano le interferenze e quindi si ha una graduale diminuzione della qualità.
- È una tecnica del tipo a spettro diffuso (spread spectrum)

4.5 LA TECNICA CELLULARE

Le risorse radio sono limitate, quindi gli organismi internazionali mettono a disposizione dei sistemi radiomobili solo una banda relativamente ristretta di frequenze il che permette di realizzare un numero limitato di canali radio disponibili. Se si vuole servire un numero elevato di utenti è allora indispensabile riutilizzare più volte le stesse frequenze in luoghi diversi. L'idea alla base dei sistemi cellulari consiste nel suddividere il territorio che si intende servire in celle. La copertura radioelettrica del territorio consiste nei seguenti passi [10]:

- Si definisce la larghezza di banda di un canale radio (25 kHz per i sistemi analogici europei, 200 kHz per il sistema GSM), quindi si suddivide l'intera banda a disposizione in N canali radio aventi la banda richiesta e si definiscono le N frequenze portanti loro associate.
- Si suddividono gli N canali in G gruppi, ognuno dei quali contiene N/G canali.
- Si definisce una figura geometrica elementare, a cui idealmente corrisponde un'area del territorio avente la stessa forma, in una sorta di tassellatura. Le figure geometriche adatte allo scopo sono essenzialmente il triangolo equilatero, il quadrato, l'esagono. Nei sistemi radiomobili si adotta l'esagono. In linea teorica il territorio in cui si vuole garantire la copertura radio, appare costituito da tante celle aventi forma esagonale (fig 4.4), ed è per questo che

il sistema viene definito cellulare. La dimensione di una cella viene usualmente fornita dandone la misura del raggio R che è pari ad un lato dell'esagono.

- Si assegna ad ogni cella un gruppo di canali radio. In ogni cella vi è perciò una stazione radio base che opera sulle frequenze del gruppo di canali assegnato. La configurazione di cella più semplice prevede l'installazione della stazione radiobase al centro della cella stessa e l'utilizzo di un'antenna omnidirezionale; In pratica si preferisce spesso, per economizzare sul numero di siti, raggruppare più stazioni piazzandole in un vertice comune a tre celle [15] (fig. 4.5). In questo caso le antenne non sono più omnidirezionali ma hanno un'apertura di 120° .
- Si definisce *cluster* l'insieme delle G celle adiacenti in cui si utilizzano tutti gli N canali radio.

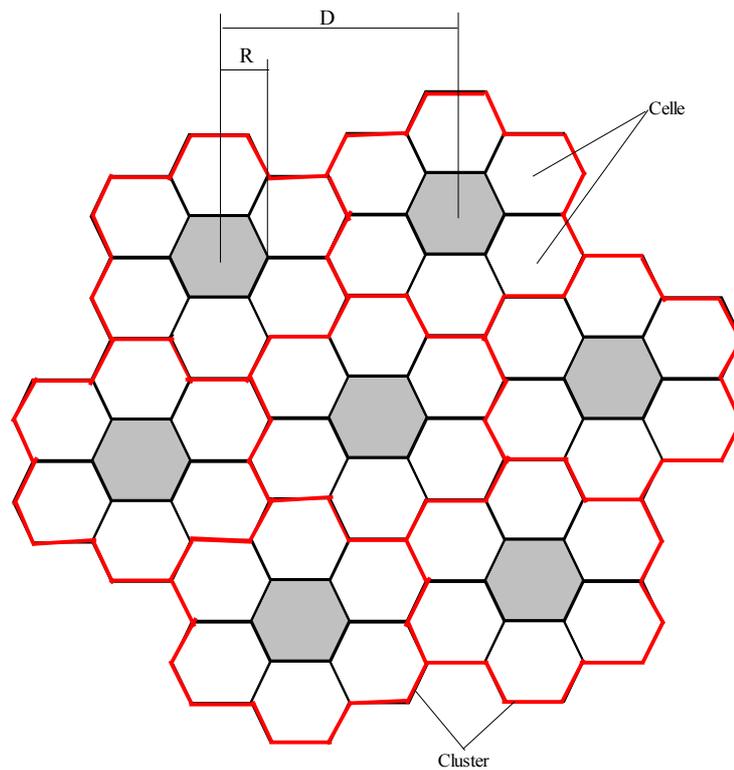


Figura 4.4 Divisione cellulare del territorio

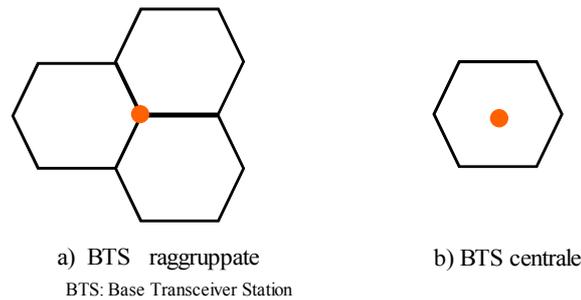


Figura 4.5 Disposizione delle stazioni radio base nella cella

Il riuso delle frequenze comporta un'interferenza co-canale più o meno forte tra i trasmettitori che operano alle stesse frequenze. Per valutare tale interferenza si usa il parametro C/I dove:

- C = Carrier, potenza del segnale utile;
- I = interference potenza del segnale interferente avente la stessa frequenza di quello utile

$$C/I = 10 \log_{10} \text{Carrier / Interference}$$

Dato che il contenuto di potenza di un'onda e.m. varia con la distanza, un parametro fondamentale per la determinazione del rapporto C/I è la distanza D tra le antenne che utilizzano la stessa frequenza. Poiché dal punto di vista radioelettrico, un'area è considerata coperta quando è garantito un campo elettromagnetico medio maggiore o uguale ad un valore predefinito, si può ritenere che tale potenza sia emessa con un livello sufficiente a garantire una buona qualità del segnale in tutta la cella da coprire. Il secondo parametro di interesse sarà quindi il raggio R della cella.

Nella pianificazione delle celle assume allora notevole importanza il rapporto D/R che viene chiamato *fattore di riuso*.

Facendo l'ipotesi che siano 6 i trasmettitori che provocano interferenza cocanale in una cella (fig. 4.4) e che la potenza vari come D^{-4} , è possibile determinare il legame tra D/R e C/I nel seguente modo [10]:

$$C/I = R^4 / 6D^4 = (D/R)^4 / 6$$

Il legame tra D/R e numero G di celle che costituiscono un cluster è il seguente [10]:

$$D/R = \sqrt{3G}$$

Da queste relazioni, fissato il C/I che si desidera ottenere, è possibile determinare il fattore di riuso e il numero G di celle che devono comporre un cluster. Viceversa definito il cluster e il rapporto D/R è possibile prevedere il C/I che ne deriverà.

Il rapporto D/R o fattore di riuso caratterizza la capacità di smaltire il traffico da parte di una data rete cellulare. Quanto maggiore è il fattore di riuso tanto maggiore sarà il numero di celle per cluster e quindi in ogni cella si avranno a disposizione meno frequenze di conseguenza meno conversazioni contemporanee.

Il numero di conversazioni contemporanee per unità di superficie territoriale può essere aumentato, a parità di tutte le altre condizioni, diminuendo le dimensioni della

cella; ciò implica un maggior numero di siti e maggiori costi, questo porta ad avere celle piccole nelle città e celle grandi nelle campagne [15].

4.6 GESTIONE DELLA MOBILITÀ

Gli utenti di un sistema cellulare sono utenti mobili, nel senso che essi possono essere chiamati, chiamare, conversare anche durante i loro spostamenti.

Facendo riferimento al sistema GSM, le procedure che devono essere messe in atto per supportare la mobilità degli utenti sono essenzialmente quelle di: *roaming*, *location updating*, *paging*, *handover* [10].

Roaming

Indica la possibilità offerta agli utenti, la cui stazione mobile sia accesa ed a riposo, di spostarsi su tutto il territorio servito dal sistema e di essere comunque sempre rintracciabili per ricevere eventuali chiamate.

Il sistema deve così memorizzare in un database la posizione degli utenti ed aggiornare tale dato man mano che essi si spostano. A questo scopo il territorio servito viene suddiviso in un certo numero di Location Area LA (aree di localizzazione), ognuna delle quali ha un proprio identificativo ed il sistema memorizza la posizione di un utente in termini di Location Area in cui egli si trova.

Location Updating

Consiste nella procedura con la quale avviene l'aggiornamento della localizzazione di un utente quando egli, spostandosi, passa da una Location Area ad un'altra. Per consentire questo, in ogni Location Area viene diffusa, su un canale di controllo, anche l'identità della Location Area stessa (LAI – Location Area Identity), la quale viene memorizzata dalla stazione mobile. Quando la stazione mobile riceve una LAI diversa da quella memorizzata invia un messaggio al sistema per attivare la procedura di Location Updating. Il sistema può così aggiornare la localizzazione dell'utente nei propri database.

Paging

È la procedura attivata dal sistema per inviare il messaggio di paging con il quale il sistema avvisa che vi è una chiamata in arrivo: il telefonino squilla.

Il messaggio di paging non viene diffuso su tutto il territorio servito dal sistema, ma solo nella location area in cui è localizzato l'utente; ciò è possibile in quanto l'identità della location area interessata è memorizzata nei database del sistema.

Handover (handoff)

È così denominata la procedura con la quale il sistema consente ad un utente di proseguire la conversazione anche quando, spostandosi, passa da una cella ad un'altra cella (Handover intercella).

Nel sistema GSM vi è un altro tipo di handover, detto intracella, che viene effettuato quando il canale utilizzato in una cella non garantisce più la necessaria qualità e si reputa necessario un cambiamento di canale pur restando nella stessa cella.

Nel sistema GSM la procedura di Handover, che è sempre iniziata dal sistema, si basa su misure che vengono effettuate sia dal mobile che dalla stazione radio base.

4.7 IL SISTEMA GSM

4.7.1 Origini

Nei primi anni '80 in Europa vi fu una rapida crescita dei sistemi cellulari analogici. Ogni paese sviluppò il suo sistema che però era incompatibile con ogni altro sia in termini di software sia di hardware. Il terminale mobile era di conseguenza limitato ad operare entro i confini nazionali; questo creava fundamentalmente un mercato molto limitato per i vari tipi di apparecchiature necessarie all'implementazione e allo sviluppo delle reti, impedendo la realizzazione di economie di scala con i conseguenti risparmi verso gli utenti e verso i gestori di rete.

Nel 1982, un gestore pubblico di servizi di telefonia mobile dei paesi nordici, (Nordic PTT) inviò una proposta al CEPT (Conférence Européenne des Postes et des Télécommunications) per l'implementazione di un servizio comune di telefonia mobile europeo. Il CEPT formò un gruppo di studio, il Groupe Special Mobile (GSM), con lo scopo di sviluppare un sistema radiomobile cellulare comune a tutti i paesi dell'Europa occidentale.

Un accordo tra i paesi aderenti portò alla decisione di riservare per questo sistema due bande di frequenze (890÷915 e 935÷960 MHz)

Gli anni tra il 1982 e 1985 furono dedicati alla scelta tra la tecnica analogica e quella numerica. Data la rapida evoluzione tecnologica nei settori dell'elaborazione numerica dei segnali, dell'integrazione dei componenti elettronici e in previsione dell'evoluzione della rete telefonica digitale ISDN, con cui se ne voleva la compatibilità, si adottò la tecnica numerica. Un sistema numerico avrebbe inoltre offerto ulteriori vantaggi: maggiore immunità al rumore ed efficienza spettrale, possibilità di adottare algoritmi di autenticazione e cifratura, offrendo così maggior sicurezza e protezione alle informazioni trasmesse via radio.

La risoluzione dei problemi tecnico politici per uniformare i punti di vista dei paesi e gestori coinvolti, degli studiosi che portavano avanti progetti e sperimentazioni fra loro diverse, portò alla stesura nel 1987 del Memorandum of Understanding per l'introduzione coordinata del sistema GSM e il rispetto delle specifiche. Fu indicata come data di apertura del servizio il primo luglio 1991, data che fu poi posticipata al primo ottobre del 1992.

Nel 1989 il comitato GSM fu denominato Comitato Tecnico di ETSI (European Telecommunications Standard Institute) e fu chiamato SMG (Special Mobile Group) [15], in quella sede l'acronimo GSM fu ridefinito come "Global System for Mobile Communications". Il Comitato Tecnico ha elaborato normative, standard e specifiche tecniche descritte in dodici serie di raccomandazioni, ognuna delle quali aggrega gruppi di funzioni e di interfacce affini per campo di applicazione.

Le specifiche GSM si sono accresciute per "Fasi" [15]. La prima versione funzionante di specifiche è la versione 3 apparsa nel 1991 che è stata chiamata "Fase 1", in cui si è provveduto alla definizione relative ai servizi base essenziali e ad alcuni servizi supplementari; si è poi passati ad una seconda fase, "Fase 2" conclusasi nel 1993, durante la quale oltre ad integrare i servizi base e supplementari si è giunti alla definizione e allocazione delle bande di frequenza su cui operare.

A partire dal 1996 inizia la “Fase 2 plus”, che è emessa a cadenza annuale sotto forma di versioni successive. Si ha così la versione 5, seguita dalla versione 6 nel 1997 e così via fino alla versione 8 del 1999. A questo punto il gruppo SMG viene sciolto e confluisce nel Third Generation Partnership Project (3GPP) avente lo scopo di definire il sistema di terza generazione. I lavori di specifica sul sistema GSM sono sostanzialmente conclusi.

4.7.2 Caratteristiche generali

Il sistema digitale GSM utilizza una tecnica di accesso multiplo mista FDMA/TDMA, in quanto ha un certo numero di frequenze portanti (FDMA), ognuna delle quali serve un certo numero di utenti in conversazione (TDMA)

Infatti [8] esso utilizza due bande di frequenza, la prima compresa tra 890÷915 MHz per la trasmissione dalla MS verso la stazione base BTS (*uplink*), l'altra compresa tra 935÷960 MHz per la trasmissione nel senso opposto dalla BTS verso la MS (*downlink*) (fig. 4.6).

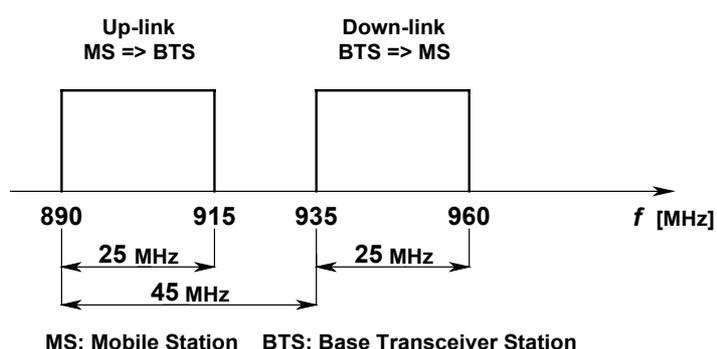


Figura 4.6 Allocazione bande di frequenza GSM

All'interno di ogni banda vengono collocate 124 portanti RF intervallate tra loro di 200 kHz; in questo modo si realizzano 124 canali bidirezionale aventi larghezza di banda di 200 kHz ciascuno. Tale tecnica di modulazione costituisce la tecnica di accesso a moltiplicazione di frequenza FDMA. Ogni canale a sua volta è trattato con la tecnica di accesso a divisione di tempo chiamata TDMA attraverso due fasi (fig 4.7):

- Fase di campionamento del segnale fonico in ogni canale;
- Fase di suddivisione di ogni canale in otto sottocanali o time slot.

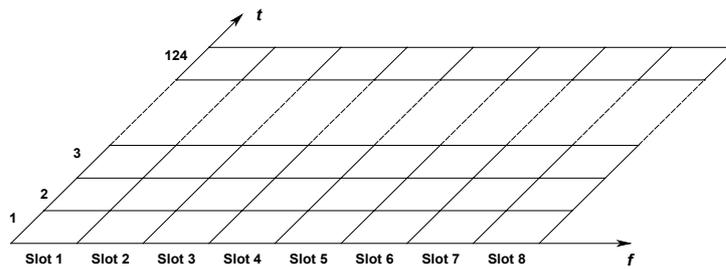


Figura 4.7 Accesso multiplo FDMA / TDMA

Nella prima fase, nei 124 canali, i segnali fonici vengono campionati con una frequenza di campionamento di 8 kHz ed i campioni vengono codificati tramite codice a 13 bit; si crea così un segnale digitale avente frequenza di cifra pari a $8\text{kHz} \times 13\text{bit} = 104\text{ kbps}$. In seguito tramite compressore numerico la frequenza di cifra si riduce a 13 kbps mantenendo inalterata la qualità della voce.

Nella seconda fase ogni trama di durata pari a 4,62 ms, corrispondente ad un canale è suddivisa in 8 timeslots ognuna di durata pari a 577 μs . Ogni time slots o burst corrisponde ad 1 canale. Per ogni direzione quindi esistono $124 \times 8 = 992$ canali in totale 124 trame. (codifica full-rate)

Successivamente, tramite la codifica denominata half rate, la voce è stata codificata con 6,5 kbps il che ha permesso di estendere il numero di canali a $124 \times 16 = 1984$.

La modulazione utilizzata nel sistema GSM 900 è la GMFK 0,3 (Gaussian Minimum Shift Keying) ossia la modulazione digitale a spostamento minimo di frequenza. Il termine “Gaussiano” indica che prima della modulazione del segnale binario si esegue un filtraggio impiegando un filtro di tipo Gaussiano che ha la caratteristica particolare di concentrare la potenza del segnale in corrispondenza della frequenza portante, senza generare frequenze spurie nei canali adiacenti. Il parametro che caratterizza questo filtro è il prodotto della banda passante per il tempo di bit pari a 0,3.

Il sistema GSM fu originariamente progettato per un uso su una banda di 900 MHz, in seguito le frequenze vennero allocate anche attorno ai 1800 MHz e venne costruito un secondo sistema molto simile al GSM chiamato DCS 1800, (Digital Cellular System) ma è essenzialmente un GSM [13]

Il GSM 1800 utilizza una banda 1710 – 1785 Mhz in uplink e 1805 – 1880 Mhz in downlink, fornendo un massimo di 374 portanti [15].

GSM 900 - DCS 1800

- Il sistema DCS 1800 opera con frequenze di lavoro più alte, che comportano caratteristiche di propagazione diverse: generalmente hanno un raggio d'azione più corto e penetrano meglio all'interno degli edifici, il che lo rende adatto per le zone ad alta densità abitativa come le città.
- Il DCS opera con un ampiezza di banda di 75 MHz, che è tripla rispetto ai 25 MHz del sistema GSM, questo permette di raddoppiare gli 800 utenti massimi per cella del GSM.

- La potenza di trasmissione del sistema DCS è minore, il che garantisce meno interferenze e una maggiore autonomia delle batterie.
- Il GSM 900, che ha una minore attenuazione si presta meglio a ottenere celle più grandi ed è quindi adatto nelle aree rurali. I gestori italiani utilizzano entrambe le bande: GSM 900 per la copertura di base, GSM o DCS 1800 per le aree urbane.

La standardizzazione delle procedure ha permesso un internetworking tra le reti GSM e DCS 1800 così che una SIM card GSM può essere usata su un telefono DCS 1800 e viceversa. Il sistema DCS 1800 utilizza le stesse specifiche del sistema GSM, il che significa che i componenti di una rete GSM possono essere usati in reti DCS 1800. Solo i trasmettitori radio e i telefoni palmari necessitano di apposite modifiche.

Negli Stati Uniti, si ha una variante del sistema GSM che opera a 1900 MHz (1850÷1910 e 1930÷1990 Mhz) con una larghezza di banda di 140 MHz per un massimo di 298 portanti e si chiama PCS1900 (Personal Communication System). Questo sistema continua ad essere GSM compatibile ad esclusione della frequenza di lavoro e della potenza di trasmissione.

4.7.3 Comparazione tra sistema radiomobile analogico (TACS) e digitale (GSM)

[16]

Standardizzazione

<i>analogico</i>	<i>digitale</i>
Mancanza di standardizzazione internazionale	Esistenza di standardizzazione internazionale
Ha fatto sì che ogni paese sviluppasse un proprio sistema causando incompatibilità	Gli standard internazionali garantiscono la compatibilità tra i sistemi di paesi diversi, consentendo agli abbonati di usare i propri terminali in quei paesi che abbiano adottato lo standard digitale e che abbiano stipulato un accordo col proprio fornitore del servizio.

Roaming internazionale (mobilità)

<i>analogico</i>	<i>digitale</i>
Limitato	Illimitato
Il roaming è limitato a causa dell'insicurezza dei sistemi analogici	Il roaming non è più limitato alle aree coperte da un certo sistema. Le

agli accessi non autorizzati per i paesi che adottano lo stesso standard e a causa della incompatibilità tecnica per i paesi che adottano standard diversi.

chiamate possono essere tassate e trattate usando lo stesso numero personale anche quando un abbonato si sposta da un paese ad un altro.

Capacità

analogico

Limitata

I segnali radio analogici comportano uno sfruttamento inefficiente delle risorse dello spettro delle onde radio; ogni portante radio viene associata ad un singolo utente (SCPC = Single Channel Per Carrier) impegnando un canale radio per ogni conversazione e limitando il riutilizzo delle frequenze radio (impossibilità di creare celle con piccoli diametri)

digitale

Potenziata

I segnali radio digitali sfruttano meglio lo spettro radio consentendo di avere celle anche con piccoli diametri (qualche centinaio di metri), così il sistema può servire in una certa area un numero elevato di abbonati.

La portante radio è assegnata a più utenti tramite un accesso multiplo a divisione di tempo (TDMA Time Division Multiple Access)

Attualmente, nel GSM in ogni canale radio possono conversare fino a 16 utenti contemporaneamente con la codifica Half Rate

Qualità

analogico

Sufficiente

Il numero limitato di frequenze disponibili e la mancanza di algoritmi di codifica, atti a proteggere il segnale da disturbi e dalle interferenze co-canale comportano spesso una qualità fonica appena sufficiente

digitale

Buona e costante

Grazie al migliorato controllo delle risorse radio (potenza variabile sia nelle MS che nelle BTS), alla codifica all'interleaving ed al frequency doping, le stazioni mobili sono in grado di beneficiare di una migliore qualità anche in condizioni di propagazione variabili

Costi

<i>analogico</i>	<i>digitale</i>
Elevati	Ridotti
<p>Per gli operatori i costi del sistema sono più alti a causa dell'elevato numero di canali radio utilizzato da un sistema analogico (circa 600 in un sistema TACS), che implica l'installazione di un numero elevato di ricetrasmittitori per ogni singola BTS, che quindi necessita di maggior lavoro sia per l'installazione sia per la manutenzione.</p> <p>Per gli utenti, i costi dei terminali sono più alti, perché i fabbricanti non possono realizzare significative economie di scala, a causa dell'esistenza di molteplici standard nei vari paesi.</p>	<p>Per gli operatori i costi del sistema sono relativamente ridotti; infatti un sistema digitale il numero limitato di canali radio (124 nel GSM) consente l'utilizzo di un numero inferiore di ricetrasmittitori per BTS, con conseguente risparmio di denaro in termini di spazio, apparecchiature e tempo d'installazione.</p> <p>Per gli utenti, i costi dei terminali sono più bassi, poiché essendo lo standard internazionale, le quantità sono maggiori ed i costruttori possono beneficiare di significative economie di scala.</p>

Sicurezza nell'accesso al sistema e nelle conversazioni

<i>analogico</i>	<i>digitale</i>
Non protetto	Protetto
<p>I meccanismi analogici non possiedono meccanismi mirati di autenticazione dei terminali.</p> <p>Non è esclusa l'intercettazione e lo sfruttamento non autorizzato o abusivo dei dati di accesso degli utenti.</p> <p>Le conversazioni possono inoltre essere monitorate e seguite da chiunque sia in possesso di modeste apparecchiature.</p>	<p>Le potenti tecniche di autenticazione e cifratura per tutti i dati di segnalazione e conversazione permettono un accesso protetto alla rete da parte degli utenti, assicurando un elevato grado di confidenzialità</p>

5 ARCHITETTURA DEL SISTEMA GSM

5.1 STRUTTURA DEL SISTEMA GSM

Una rete GSM è scomponibile in quattro sottosistemi principali, ognuno dei quali contiene un certo numero di unità funzionali ed è interconnesso mediante delle interfacce standard. I sottosistemi principali definiti in ambito GSM e gli elementi che li compongono sono i seguenti (fig. 5.1) [10]:

- **MS** (Mobile Station)
 - o ME (Mobile Equipment)
 - o SIM (Subscriber Identity Module)

- **BSS** (Base Station Sub-system)
 - o BSC (Base Station Controller)
 - o BTS (Base Transceiver Station)

- **NSS** (Network Switching Sub-system)
 - o MSC (Mobile services Switching Centre)
 - o HLR (Home Location Register)
 - o VLR (Visitor Location Register)
 - o AuC (Authentication Centre)

- **OSS** (Operation And Support Sub-System)
 - o NMC (Network Management Centre)
 - o OMC (Operation and Maintenance Centre)

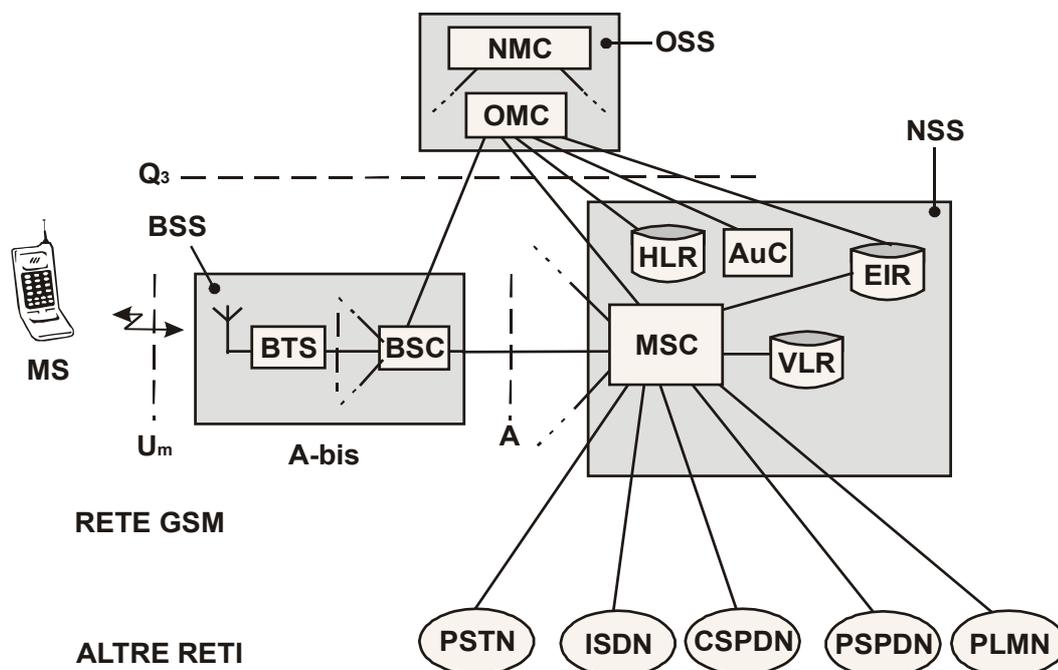


Figura 5.1 Sottosistemi che compongono un sistema GSM

Mobile Station

La Mobile Station è il terminale mobile che viene trasportato dall'abbonato e consente l'accesso alla rete GSM.

BSS Base Station Sub-system

Con il termine BSS si intende l'insieme delle unità funzionali che si occupano degli aspetti radio del sistema, cioè della copertura radio di una o più celle e della comunicazione con le Mobile Station che si trovano entro esse. Il BSS è composto dai due tipi di unità funzionali seguenti:

- **BTS Base Transceiver Station**
Una BTS è costituita dall'insieme degli apparati che consentono la copertura radio di una cella (quindi fondamentalmente da un certo numero di transceiver, o ricetrasmittitori). Essa svolge tutte quelle funzioni esecutive (codifica, cifratura, modulazione ecc.) che permettono lo scambio di informazioni via radio con le MS che si trovano all'interno della cella.
- **BSC Base Station Controller**
Il BSC svolge le funzioni di basso livello per il controllo e la gestione di una o più BTS, e le funzioni di commutazione tra canali di traffico GSM e canali PCM terrestri, tramite i quali il BSC viene connesso ad una centrale di commutazione (MSC) vera e propria. Quest'ultima resta così sollevata dalla gestione di questi dettagli operativi.

NSS Network Switching Sub-system

Il NSS comprende l'insieme delle unità funzionali, centrali di commutazione e database, che consentono di gestire la mobilità degli utenti e di effettuare il controllo delle chiamate, nonché di supportare i servizi offerti dalla rete. Esso è composto dai seguenti tipi di unità funzionali:

- **MSC Mobile services Switching Centre**
È una centrale di commutazione per i servizi radiomobili che si occupa di tutti gli aspetti inerenti il controllo delle chiamate, il supporto dei servizi offerti dalla rete, la gestione della mobilità e le funzioni di alto livello relative alla gestione delle risorse radio.
- **VLR Visitor Location Register**
È un database, normalmente integrato nel MSC, che contiene temporaneamente le informazioni di localizzazione ed una copia dei dati di utente di ogni Mobile Station che si trova nell'area da esso servita.

- HLR Home Location Register
È un database che memorizza permanentemente sia i dati di abbonamento di ogni utente (facente capo a un gestore) sia le informazioni necessarie per poter individuare il VLR che, in un certo momento, ha in carico la MS e quindi permetterne la localizzazione. Quest'ultima informazione deve essere aggiornata in tempo reale qualora un utente, a seguito dei propri spostamenti, passi da una zona servita da un VLR alla zona servita da un altro VLR.
- AuC Authentication Centre
È una unità funzionale, normalmente associata all'HLR, che ha il compito di calcolare i parametri utilizzati per l'autenticazione e la cifratura.
- EIR Equipment Identity Register
È un database che memorizza l'identificativo della parte hardware di una MS. È stato introdotto per prevenire l'utilizzo di MS non autorizzate (rubate, non omologate).

OSS Operation And Support Sub-System

L'Operation And Support Sub-System consiste nell'insieme delle unità funzionali che consentono la gestione, l'esercizio e la manutenzione della rete GSM di un gestore ed è composto da due unità funzionali.

- OMC Operation and Maintenance Centre
È un Centro di Esercizio e Manutenzione (CEM) che controlla uno o più MSC, con i BSS ad esso associati, e alcuni database.
- NMC (Network Management Centre)
È un centro di gestione di rete che fornisce una visione complessiva di tutte le attività di esercizio e manutenzione di una rete GSM.

5.2 AREE DEFINITE NEL GSM

L'area in cui è possibile usufruire dei servizi offerti dal sistema GSM è data dall'interconnessione di più reti GSM, ognuna avente un certo gestore. Questo consente il roaming (mobilità) su tutto il territorio servito dalle reti dei gestori che aderiscono al GSM.

Una singola rete GSM o PLMN (Public Land Mobile Network) GSM, realizza la rete radiomobile di un gestore. Essa comprende tutte le unità funzionali, implementate da opportuni apparati e sistemi, che consentono ad un gestore di offrire ai propri utenti i servizi del sistema GSM e di effettuare l'esercizio, l'amministrazione e la gestione della rete stessa. [10]

Una rete radiomobile GSM può poi essere interconnessa, oltre che con le altre PLMN, anche con reti fisse di tipo diverso quali la:

- Rete telefonica (PSTN, Public Switch Telephone Network);

- Rete ISDN (Integrated services Digital Network);
- Reti dati a commutazione di pacchetto (PSPDN, Packet Switched Public Data Network);
- Reti dati a commutazione di circuito (CSPDN, Circuit Switched Public Data Network).

Nel sistema GSM vi è una suddivisione gerarchica dell'area geografica in cui è garantito il servizio agli utenti e sono definite le seguenti aree (fig 5.2):

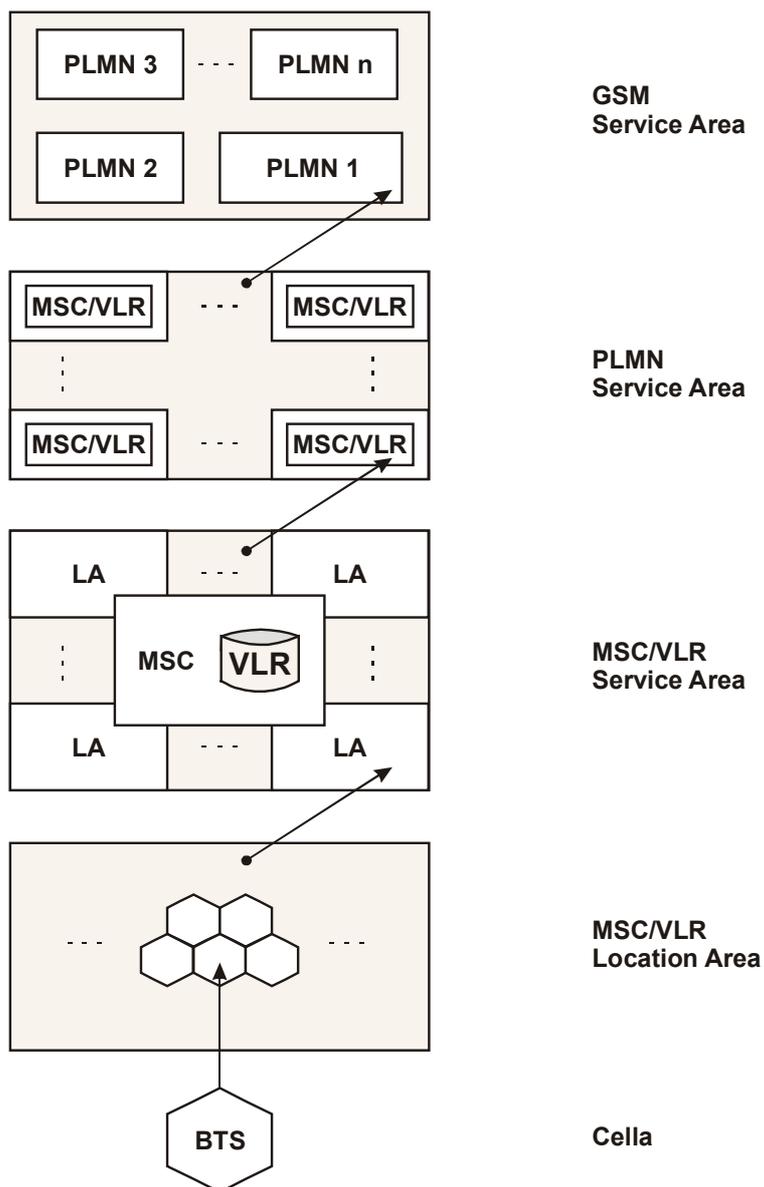


Figura 5.2 Aree nel sistema GSM

GSM Service Area

È l'area servita da tutte le reti GSM di tutte le nazioni che aderiscono al GSM.

PLMN Service Area.

È l'area servita dalla rete radiomobile GSM di un singolo gestore. In una nazione vi possono essere una o più PLMN Service Area, a seconda che vi siano uno o più gestori. Ad esempio in Italia vi sono quattro PLMN: TIM, OMNITEL, WIND, BLU. Ogni PLMN è identificata univocamente da un codice di nazione MCC (Mobile Country Code) e da un codice del gestore mobile MNC (Mobile Network Code).

MSC/VLR Service Area

È l'area servita da un solo MSC e dal VLR in esso integrato. In una rete GSM le unità funzionali MSC e VLR sono di solito integrate. Anche se questo non è vero in assoluto.

Location Area

Una MSC/VLR Service Area è a sua volta suddivisa in un certo numero di Location Area. Si definisce come Location Area (LA) l'area geografica in cui una MS può muoversi a piacimento senza che sia necessario variarne la locazione nel VLR. Le Location Area vengono identificate assegnando ad ognuna di esse una Location Area Identity (LAI). È questa l'informazione che viene memorizzata nel VLR per poter rintracciare l'utente. Perciò quando una MS deve essere chiamata, viene irradiato un messaggio di "paging" in tutta la Location Area identificata dal LAI memorizzato nel VLR. Qualora una MS si sposti da una Location Area ad un'altra, essa lo comunica alla rete, inviando un messaggio che richiedente una Location Updating (aggiornamento della localizzazione) nel VLR, ed eventualmente nell'HLR se cambia anche il VLR.

Cella

Una Location Area è suddivisa in un certo numero di celle. La cella è l'area geografica servita da una BTS (Base Transceiver Station), la quale ne garantisce la copertura radioelettrica. Ogni cella viene identificata dalla rete tramite un identificativo noto come CGI (Cell Global Identity). Inoltre ogni BTS è identificabile tramite un codice noto come BSIC (Base Station Identity Code), il quale viene irradiato e costituisce il "codice colore" (color code) che permette ad una MS di distinguere tra le differenti BTS che essa è in grado di ricevere.

5.3 MS MOBILE STATION

La Mobile Station rappresenta il terminale mobile con il quale un utente può accedere alla rete GSM e usufruire dei servizi offerti da essa.

Da un punto di vista funzionale una MS è costituita da una opportuna combinazione dei seguenti elementi (fig 5.3): Mobile Termination (MT), Terminal Equipment (TE), Terminal Adapter (TA) [10]

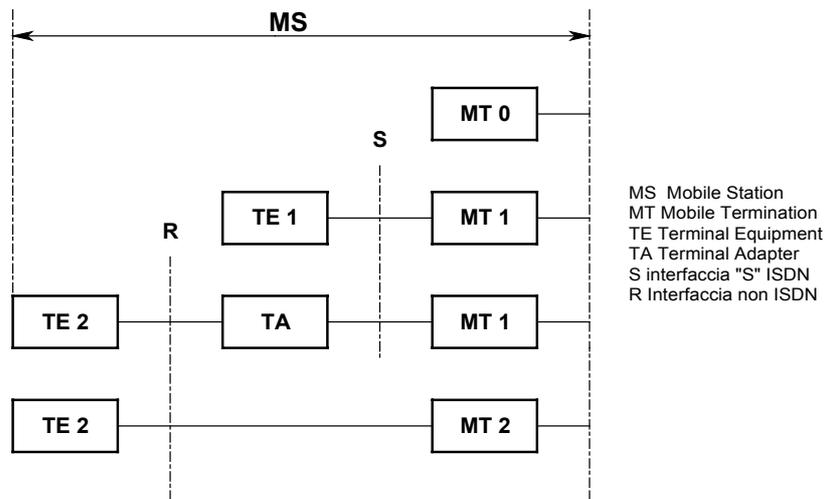


Figura 5.3 Configurazione di riferimento per la MS

Mobile Termination MT

È l'elemento che supporta le funzioni relative alla gestione del canale radio, alla rice-trasmissione delle informazioni via radio, alla codifica/decodifica della fonia, alla gestione della mobilità etc.

A seconda delle possibilità di interfacciamento con altri apparati, si distinguono tre tipi di MT:

- MT 0: non supporta interfacce verso terminali esterni;
- MT 1: supporta un'interfaccia verso apparati ISDN nota come interfaccia S;
- MT 2: supporta un'interfaccia verso apparati di tipo non ISDN, nota come interfaccia R. Ne sono esempi le interfacce definite dalle raccomandazioni CCITT della ITU-T serie V e X, come la V.24/V.28 (corrispondente alla EIA RS-232C) o la X.21.

Terminal Equipment TE

È un terminale di utente, costituito da più apparati, collegabile ad una Mobile Termination.

Può essere ad esempio un terminale dati, (DTE) Data Terminal Equipment.

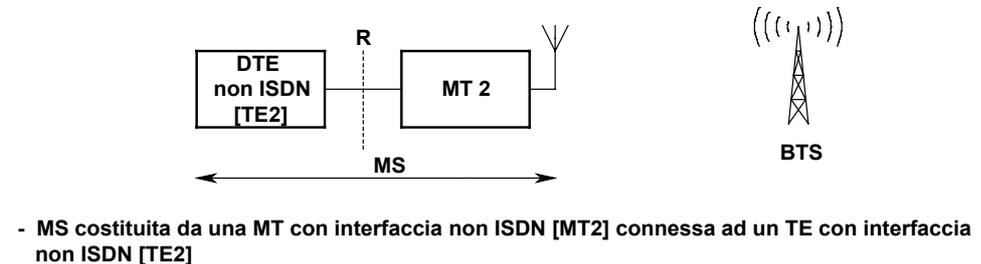
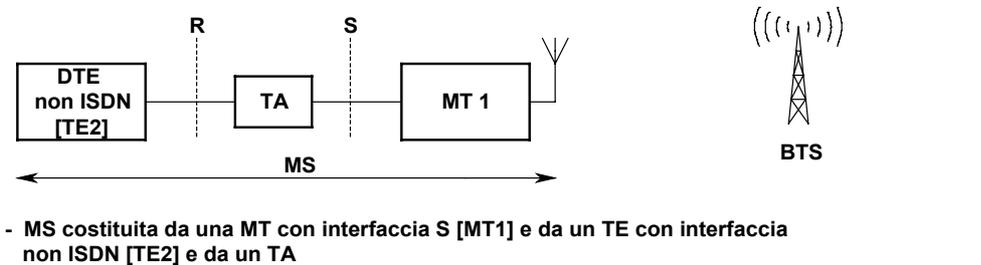
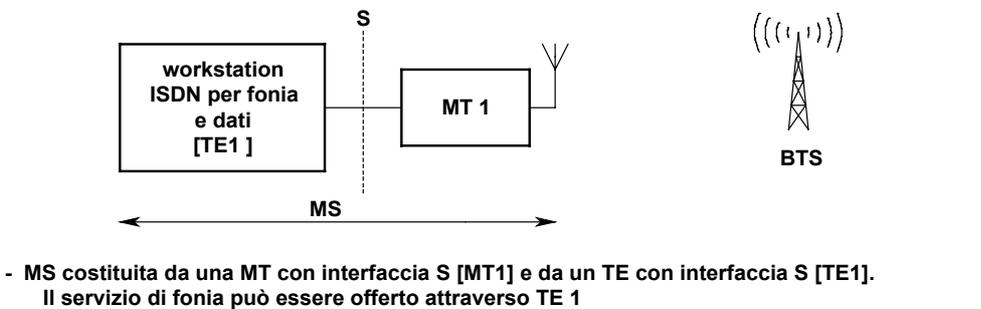
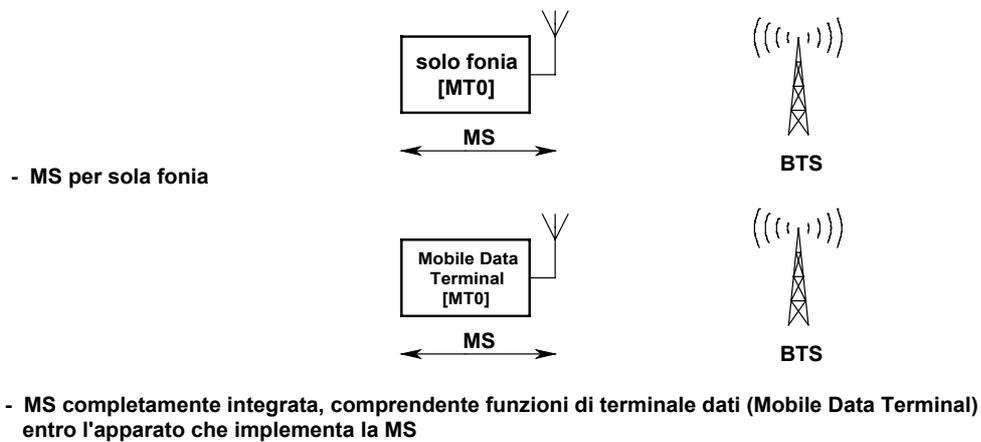
A seconda del tipo di interfaccia che esso presenta, si distinguono due tipi di TE:

- TE 1: dotato di una interfaccia ISDN di tipo S;
- TE 2: dotato di una interfaccia non ISDN (V.24/V.28, X.21 ecc.)

Terminal Adapter TA

L'utilizzo di una MT 1 che presenta una interfaccia di tipo S con un TE 2, che presenta una interfaccia non ISDN è possibile solo con l'interposizione di un apposito adattatore noto come Terminal Adapter.

Riassumendo, (fig 5.4) da un punto di vista funzionale una MS è costituita da una MT (Mobile termination) e dal TE o TE + TA ad essa eventualmente collegati.



DTE Data Terminal Equipment
 TA Terminal Adapter
 BTS Base Transceiver Station
 MT Mobile Termination
 TE Terminal Equipment

Figura 5.4 Esempi di implementazione fisica

Dal punto di vista della portabilità, sono stati definiti tre diversi tipi di Mobile Station:

- Veicolare (vehicle mounted station): è una MS installata su un veicolo, l'antenna è posta all'esterno del veicolo stesso.
- Trasportabile (portable station): è una MS che può essere trasportata a mano e l'antenna non è fisicamente inserita nell'apparato che costituisce la Mobile Termination (MT)
- Portatile (hand – held station): è una MS in cui l'antenna è fisicamente inserita nell'apparato che costituisce la Mobile Termination (MT). Appartengono a questa categoria i “telefonini”.

Infine le MS sono classificate in base alla loro potenza di picco (nominale). Per il GSM 900 sono state definite le cinque classi di potenza riportate nella seguente tabella (tab. 5.1):

Classe	Potenza di picco (W)	Tipo di MS
1	20	Veicolare e trasportabile
2	8	Veicolare e trasportabile
3	5	Portatile
4	2	Portatile
5	0.8	Portatile

Tab 5.1: classi di potenza delle MS (GSM 900)

La potenza della MS determina la capacità di allontanarsi dalle stazioni trasmettenti/riceventi (BTS) della rete continuando ad usufruire del servizio.

Sempre per il GSM 900 si ha che la MS ha la capacità di variare la potenza di emissione del segnale sul canale radio in modo dinamico su 18 livelli per poter mantenere in ogni istante la potenza di trasmissione ottimale, evitando così di creare interferenze con le celle adiacenti (interferenze co-canale) e riducendo i consumi della MS stessa. Una bassa potenza di trasmissione riduce anche la potenziale dannosità delle onde elettromagnetiche nel corpo umano.

L'aumento o la diminuzione della potenza del segnale trasmesso viene comunicata alla MS dalla BSS che monitorizza costantemente la qualità della comunicazione.

Inoltre durante una normale conversazione la comunicazione in una direzione può occupare meno del 50% del tempo totale, il trasmettitore continuerebbe a codificare e inviare rumore di fondo. È stata così introdotta una funzione Voice Activity Detection (VAD) che verifica o meno la presenza di attività vocale inibendo la comunicazione quando l'utente non parla. Questo processo va sotto il nome di trasmissione discontinua (DTX Discontinuous Transmission) e permette sia di migliorare il problema dell'interferenza co-canale, sia di ridurre i consumi del terminale.

5.3.1 SIM Subscriber Identity Module

Nell'ambiente GSM vi è una distinzione tra l'apparato mobile vero e proprio, che svolge tutte le funzioni connesse con la rice-trasmissione via radio della fonia, codifica etc. e ciò che contiene i dati di abbonamento e la informazioni ad esso correlate. [10]

L'identificativo dell'utente e tutti i dati che gli consentono di ottenere l'accesso e servizi dalla rete sono contenuti nella memoria, non volatile, di un modulo denominato SIM (Subscriber Identity Module), il quale può avere una forma simile a quella di una carta di credito (ISO 7816) oppure essere del tipo "plug-in" (formato francobollo).

Il modulo SIM memorizza tra l'altro le seguenti informazioni:

- Numero di serie del SIM, per la sua identificazione univoca;
- Identificativo dell'utente, noto come IMSI (International Mobile Subscriber Identity);
- Chiave di cifratura indicata come K_i ; è utilizzata nel processo di autenticazione, tramite il quale la rete verifica se l'utente ha diritto o meno all'accesso;
- Chiave di cifratura, nota come K_c , che varia nel tempo;
- Algoritmo di autenticazione e algoritmo per ricavare la K_c : permettono di determinare le informazioni richieste dalla rete per ottenere l'accesso e la chiave di cifratura che viene utilizzata per crittografare le informazioni da inviare sulla tratta radio.

Il SIM è distinto rispetto al terminale mobile ed è rimovibile. Affinché una MS risulti pienamente operativa è necessario che quest'ultima abbia inserito il SIM.

L'apparato mobile vero e proprio è denominato Mobile Equipment (ME), il quale è sostanzialmente dato dalla Mobile Station senza il SIM.

Ad un ME non è normalmente consentito l'accesso alla rete, tranne che per effettuare delle chiamate di emergenza.

Per proteggere gli utenti e la rete contro furti e utilizzi non autorizzati, ad ogni Mobile Equipment è assegnato un proprio identificativo, denominato IMEI (International Mobile Equipment Identity), distinto rispetto all'identificativo assegnato all'utente: IMSI (International Mobile Subscriber Identity) e memorizzato all'interno dell'apparato.

In definitiva, il SIM permette ad un utente di caratterizzare come proprio un qualsiasi terminale mobile GSM in quanto contiene, tra l'altro, l'identificativo dell'utente (IMSI), la chiave di autenticazione e gli algoritmi utilizzati per accedere alla rete.

Il SIM, e di conseguenza la MS, è protetta contro utilizzi non autorizzati tramite un Personal Identifier Number (PIN), che è un codice di accesso personale modificabile dall'utente. Dopo un numero predeterminato di tentativi di inserimento del PIN errati, il SIM entra in uno stato di blocco che impedisce alla MS di effettuare le operazioni di accesso alla rete GSM. Questo avviene anche se tra i tentativi il SIM viene rimosso o la MS spenta. Il SIM può essere sbloccato attraverso una chiave

personale di sblocco; adottando una specifica funzione l'utente può decidere di disabilitare il PIN.

5.4 BSS BASE STATION SUB-SYSTEM

Il sistema GSM separa gli elementi della rete che si occupano delle funzioni relative alla comunicazione radio e quelli che, invece, si occupano delle funzioni orientate al controllo delle chiamate, alla fornitura dei servizi ed alla gestione della mobilità. Per affrontare queste problematiche sono stati definiti due diversi sottosistemi: il BSS (Base Station Sub-system) ed il NSS (Network Switching Sub-system)

Il sottosistema BSS si occupa della parte radio del sistema e di conseguenza comprende le unità funzionali che consentono di fornire la copertura radio di un'area costituita da una o più celle. In un BSS vanno affrontate due tipi di problematiche:

- Rice-trasmissione delle informazioni sulla tratta radio ed esecuzione delle misure necessarie per garantire una buona qualità dei collegamenti con le MS;
- Controllo delle risorse radio (portanti radio e canali fisici su esse realizzati, cioè timeslot) e la loro assegnazione; ciò richiede, tra l'altro, l'espletamento di funzioni di esercizio e manutenzione, di elaborazione dei dati ottenuti dalle misure effettuate sulla tratta radio e la possibilità di effettuare la commutazione dei canali fisici, nel caso che delle Mobile Station, in conversazione, cambino cella e quindi si debbano effettuare degli handover. La responsabilità della gestione delle risorse di rete e dei dati di configurazione di cella di una certa area è quindi a carico di una delle unità funzionali che compongono un BSS.

Per svolgere quanto detto sono stati definiti i seguenti tipi di unità funzionali (fig 5.5):

- BTS Base Transceiver Station
- BSC Base Station Controller

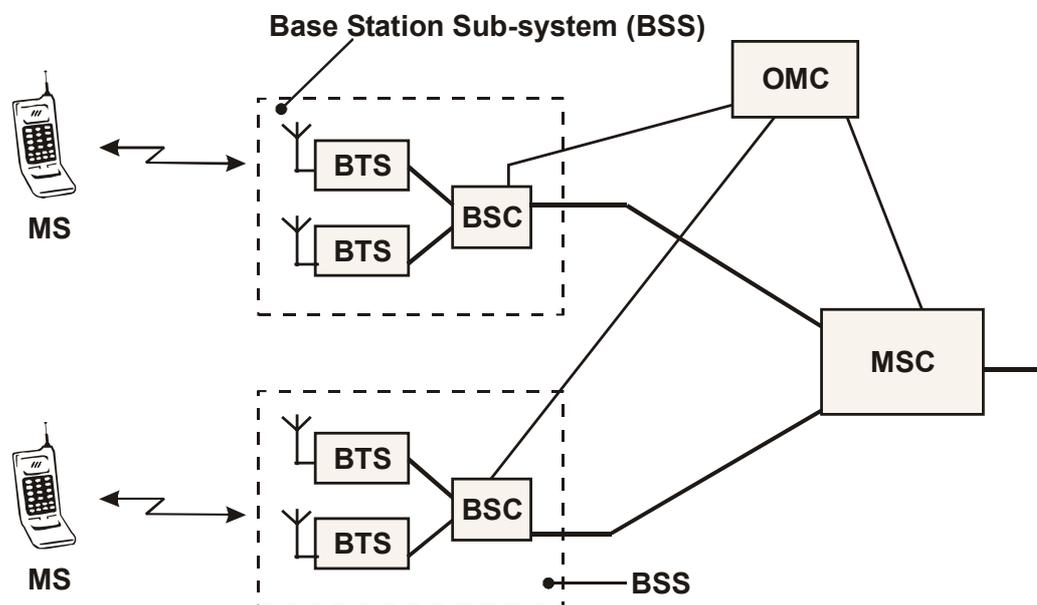


Figura 5.5 Elementi componenti il BSS

Una caratteristica del GSM è la standardizzazione delle modalità di colloquio tra gli elementi della rete tramite la definizione di “interfacce” standard, in modo tale da non essere vincolati da soluzioni proprietarie. In particolare, per gli elementi di un BSS sono state definite le seguenti interfacce (fig 5.6) [10]:

- Interfaccia Um (o Air), tra BTS e MS (in analogia con l’interfaccia U, User, ISDN);
- Interfaccia A-bis, tra BTS e BSC;
- Interfaccia A, tra BSC e MSC (Mobile Switching Centre)
- Q3, tra BSC e OMC (Operation and Maintenance Centre)

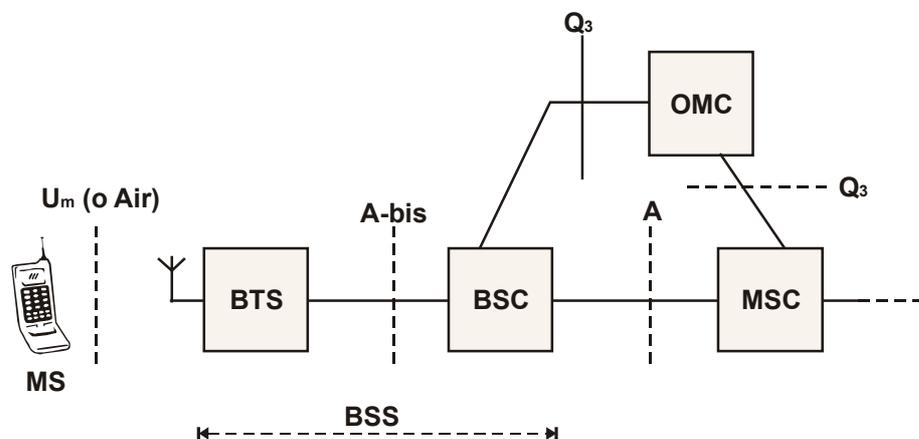


Figura 5.6 Interfacce standard

5.4.1 BTS Base Transceiver Station

Il Base Transceiver Station indica l'unità funzionale costituita dall'insieme dei transceiver (ricetrasmittitori), e degli apparati che consentono di fornire la copertura radio ad una cella. I principali compiti che la BTS deve svolgere per un corretto interfacciamento con le MS che si trovano nell'area da essa servita sono: [10]

- Irradiare nella cella, in broadcast su un canale di controllo, il messaggio di System Information (informazioni di sistema), contenente i dati di sistema e i parametri che definiscono come deve comportarsi una MS quando intende accedere alla rete. Vi sono sei diversi tipi di System Information ed i principali parametri in essi contenuti sono i seguenti: identità della cella (CI – Cell Identity), identità dell'area di localizzazione (LAI Location Area Identity), massima potenza di trasmissione su un canale di controllo, minimo livello del segnale ricevuto richiesto per poter accedere alla rete ecc.
- Irradiare i messaggi di paging diretti alle MS chiamate e ricevere le richieste di accesso alla rete inviate dalle MS, inoltrandole alle unità funzionali competenti.
- Effettuare la codifica di canale, la cifratura delle informazioni utente ecc.
- Moltiplicare le informazioni da inviare su una data portante radio. Una portante radio viene utilizzata a divisione di tempo mediante la tecnica TDMA, definendo una trama di otto timeslot che realizzano otto canali fisici.
- Modulare/demodulare i segnali da inviare/ricevere via radio, eseguendo anche il frequency hopping (se attivato)
- Effettuare le misure di qualità sui canali di segnalazione (dedicati) e di traffico attivi nell'up-link, cioè la trasmissione dal terminale mobile verso la stazione radio base (MS => BTS), ricevere le misure di qualità effettuate dalla MS, down-link, cioè la trasmissione dalla stazione radio base verso l'unità mobile (BTS => MS), inoltrare queste misure al BSC affinché le elabori e prenda le necessarie decisioni (handover, controllo della potenza del mobile ecc).
- Implementare i protocolli di basso livello che consentono un corretto scambio delle informazioni di segnalazione tra MS e BTS e tra BTS e BSC.
- Interfacciare i sistemi di trasmissione che collegano la BTS con il BSC (se questi ultimi non sono collocati). Poiché i canali trasmissivi utilizzati per i collegamenti tra gli elementi del sistema GSM sono canali PCM a 64 Kbit/s, questo dovrebbe comportare la transcodifica da codifica vocale GSM, a 13 Kbit/s, a codifica PCM, a 64 Kbit/s, oppure l'adattamento delle velocità nel caso di trasmissione dati (l'utente può operare con velocità di trasmissione fino a 9600 bit/s). La tecnica di codifica della voce adottata nel GSM è diversa da quella PCM è quindi necessario usare un apparato noto come

transcoder che effettui la transcodifica da codifica vocale a codifica PCM. Dato che i collegamenti BTS – BSC sono di tipo dedicato, risulta normalmente più conveniente effettuare queste operazioni nel BSC o meglio ancora in entrata all’MSC. Così facendo è possibile trasmettere (multiplati) quattro canali GSM su un canale PCM, ottimizzando lo sfruttamento delle risorse trasmissive di terra tra BTS e BSC.

Le soluzioni adottate per realizzare le BTS possono variare da costruttore a costruttore. Comunque, in linea di principio, una BTS può essere considerata come l’insieme di un certo numero di transceiver (TRX), ad esempio da 1 a 15, e di una parte aventi funzioni comuni, nota come Base Common Function (BCF) (fig 5.7)

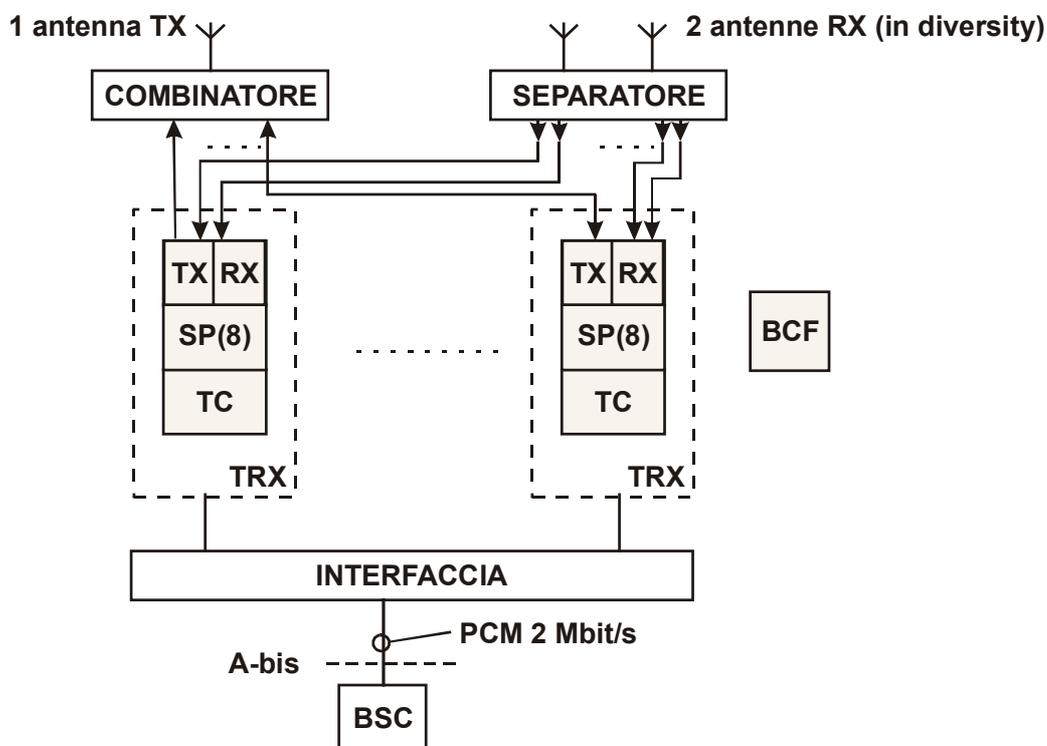


Figura 5.7 Schema di principio di una BTS

Un transceiver (TRX) è l’unità che svolge le funzioni necessarie per la rice-trasmissione di una portante radio. Esso fornisce così otto canali fisici bidirezionali. Per una conversazione si utilizzano due frequenze, una per trasmettere ed una per ricevere, distanziate tra loro di 45 MHz).

Da un punto di vista funzionale, un TRX può a sua volta essere fondamentalmente suddiviso nelle seguenti parti:

- Controller: scambia la segnalazione con il BSC su un canale di controllo a 64 Kbit/s e controlla un TRX;
- Signalling processing: esegue l’elaborazione digitale in banda base (codifica di canale, equalizzazione ecc), la quale viene effettuata separatamente sugli otto segnali che condividono una portante;

- Trasmettitore: svolge funzioni quali modulazione (GMSK), amplificazione di potenza, UP conversion;
- Ricevitore. Svolge funzioni quali ricezione in diversità e demodulazione

5.4.2 BSC Base Station Controller

Le BTS che compongono un BSS hanno compiti puramente esecutivi, quindi vi deve essere un elemento funzionale che ne abbia in carico la gestione. Si è allora introdotta una unità funzionale dedicata a questo e denominata BSC (Base Station Controller) le cui principali funzioni sono: [10]

- Controllo e supervisione delle BTS;
- Configurazione di ogni cella tramite l'assegnazione dei canali di traffico e di controllo;
- Gestione del paging; il BSC distribuisce alle BTS i messaggi di paging provenienti da un MSC (Mobile services Switching Centre) e diretti alle MS (Mobile Station) che devono essere chiamate. Il (o i) BSC e le BTS interessate al paging di una certa MS sono quelle appartenenti alla Location Area in cui si trova la MS stessa.
- Instaurazione e rilascio delle connessioni tra i canali all'interfaccia "A" (MSC-BSC) e "A-bis" (BSC-BTS). Il BTS assegna alle MS i canali fonici e di controllo (dedicati) da utilizzarsi per accedere alla rete e li connette con i canali PCM da /verso l'MSC.
- Analisi delle misure relative alla qualità delle connessioni foniche sulla tratta radio (Locating). Il BSC analizza i risultati delle misure eseguite da BTS e da MS allo scopo di determinare la qualità delle connessioni radio, le misure effettuate sia da BTS (per l'up-link) sia da MS (per il down-link) sono:
 - o livello di potenza sul canale di traffico utilizzato per la connessione (RXLEV);
 - o qualità, valutata in termini di BER, (Bit Error Rate), sul canale di traffico utilizzato per la connessione (RXQUAL);

La sola BTS valuta anche i seguenti parametri:

- o distanza tra MS e BTS
- o livelli di interferenza sui canali liberi.

La MS misura anche il livello di potenza (RXLEVNCCELL(n)) relativo al canale di controllo usato dalle n BTS circostanti per diffondere il messaggio di System Information.

La MS invia alla BTS, ad intervalli di tempo regolari e su un apposito canale logico di controllo, i risultati delle proprie misure. La BTS, poi invia al BSC tutte queste misure e questi parametri, assieme alle condizioni operative correnti della MS. Il BSC riceve il tutto, lo analizza e forma una “lista delle preferenze” (rank list) delle BTS in grado di servire la MS, questa procedura viene spesso denominata “Locating”.

La procedura di Locating consente al BSC sia di decidere quando è il caso di effettuare un handover, sia di determinare velocemente qual è la BTS migliore verso cui compiere l’handover. Se la BTS che in un certo momento sta servendo una MS non si trova più nelle condizioni migliori, allora i parametri che definiscono la qualità della connessione (RXLEV, RXQUAL) scendono al di sotto di una soglia di accettabilità prefissata.

Il BSC deve perciò effettuare un handover e, tramite la “lista di preferenza” è in grado di sapere subito qual è la BTS che può servire meglio la MS; questa BTS è quella che risulta la prima della lista.

- Gestione degli Handover interni al BSS
Quando una MS passa da una cella ad un'altra cella, entrambe controllate dallo stesso BSC, quest’ultimo comanda l’effettuazione dell’handover senza coinvolgere altri elementi della rete. Infatti, in base ai risultati dell’elaborazione delle misure effettuate dalle BTS e dalla MS (Locating), il BSC determina qual è la BTS che può servire meglio la MS. Ordina alla MS di sintonizzarsi su un nuovo canale di traffico, effettuando nel contempo la commutazione della connessione verso la nuova BTS in modo tale che la conversazione possa proseguire, con buona qualità, anche nella nuova cella. Se, invece, la cella in cui si è spostata la MS è servita da una BTS controllata da un altro BSC, allora è necessario che intervenga nell’handover anche l’MSC a cui il BSC di partenza fa capo ed eventualmente anche l’MSC a cui fa capo il nuovo BSC. Il primo MSC ha così il compito di coordinare tutta la procedura. Vi è quindi il coinvolgimento di uno o più elementi dello NSS (Network Switching Sub-system) nell’handover, ma la decisione di procedere all’handover viene sempre presa a livello di BSC.
- Esercizio e Manutenzione (O&M, Operation and Maintenance)
Consiste nel caricamento del software, trattamento degli allarmi, blocco e sblocco dei dispositivi, testing dei transceiver ecc, dell’intero BSS.
- Gestione dei canali trasmissivi PCM a 64 Kbit/s
Il BSC ha anche il compito di configurare, allocare e supervisionare i canali a 64 Kbit/s messi a disposizione dai sistemi PCM che interconnettono il BSC con le BTS. Esso inoltre prende parte alla supervisione dei canali a 64 Kbit/s lato MSC.
- Transcodifica e sub-multiplexing, adattamento delle velocità
per ottimizzare lo sfruttamento dei canali trasmissivi, la transcodifica da codifica vocale GSM a codifica vocale PCM avviene nel BSC oppure in ingresso all’MSC. In questo modo è possibile multiplexare quattro canali GSM

in un canale PCM più veloce. Lo stesso discorso vale nel caso di trasmissione dati da parte dell'utente, con una velocità massima di 9600 bit/s.

In definitiva, un BSC si occupa degli aspetti di gestione delle risorse radio (RR, Radio Resource management) ed è a tutti gli effetti un nodo di commutazione.

Il BSC, però, non ha tanto il compito di effettuare l'instradamento delle chiamate, che è delegato all'MSC, quanto quello di instaurare e controllare le connessioni fisiche che, tramite le BTS, permettono ad una Mobile Station di inviare e ricevere informazioni. Il BSC deve comprendere una matrice di commutazione poiché quando si verifica un handover, cioè una MS in conversazione passa da una cella ad un'altra, è necessario effettuare la commutazione della connessione fisica affinché la conversazione possa proseguire tramite la nuova BTS.

Nel sistema GSM vi è un intenso scambio di informazioni di controllo, note come segnalazione, tra le unità funzionali. Per realizzare uno scambio sicuro ed efficiente della segnalazione sono stati definiti dei protocolli, tramite i quali si realizza il colloquio tra le diverse unità funzionali.

Il BSS, in particolare, costituisce il tramite attraverso il quale si realizza il colloquio tra MSC ed MS.

Si può affermare che il BSS è interessato a due tipi di informazioni di segnalazione che sono le seguenti:

- Informazioni di segnalazione scambiate tra MSC e BSC, prima, e tra BSC e BTS, poi per preparare una connessione fisica tra MS, chiamante o chiamata, ed MSC. Quest'ultimo ha poi il compito di prolungare la connessione verso l'altro utente (fisso o mobile).

Ad esempio nel caso in cui una MS venga chiamata da un utente PSTN vi deve essere un instradamento, attraverso centrali PSTN ed eventualmente uno o più MSC, verso l'MSC/VLR che ha in carico la Location Area in cui si trova la MS stessa. Questo MSC/VLR deve quindi ordinare al/ai BSC di comandare le BTS interessate affinché irradiano il messaggio di paging, con il quale si avverte la MS che vi è una chiamata in arrivo (e quindi squilla il telefonino).

- Informazioni di segnalazione scambiate tra MSC e MS

Da un punto di vista logico vi sono delle procedure in cui MSC e MS colloquiano direttamente, scambiandosi messaggi di segnalazione relativi al controllo delle chiamate ed alla gestione della mobilità. Ne sono esempi la procedura di autenticazione, tramite la quale la rete GSM verifica se una MS che richiede un accesso appartiene ad un utente che ha diritto o meno di usufruire dei servizi GSM. L'MSC/VLR chiede alla MS di autenticarsi e quest'ultima deve fornire i parametri corretti.

Altro esempio è la procedura con la quale una MS, che sta effettuando una chiamata, invia all'MSC le cifre componenti il numero del chiamato.

5.5 NSS – NETWORK SWITCHING SUB-SYSTEM

La figura 5.8 mostra i componenti del Network Switching Sub-system (NSS) che sono: [10]

MSC Mobile Switching Centre
HLR Home Location Register
VLR Visitor Location Register
AuC Authentication Centre

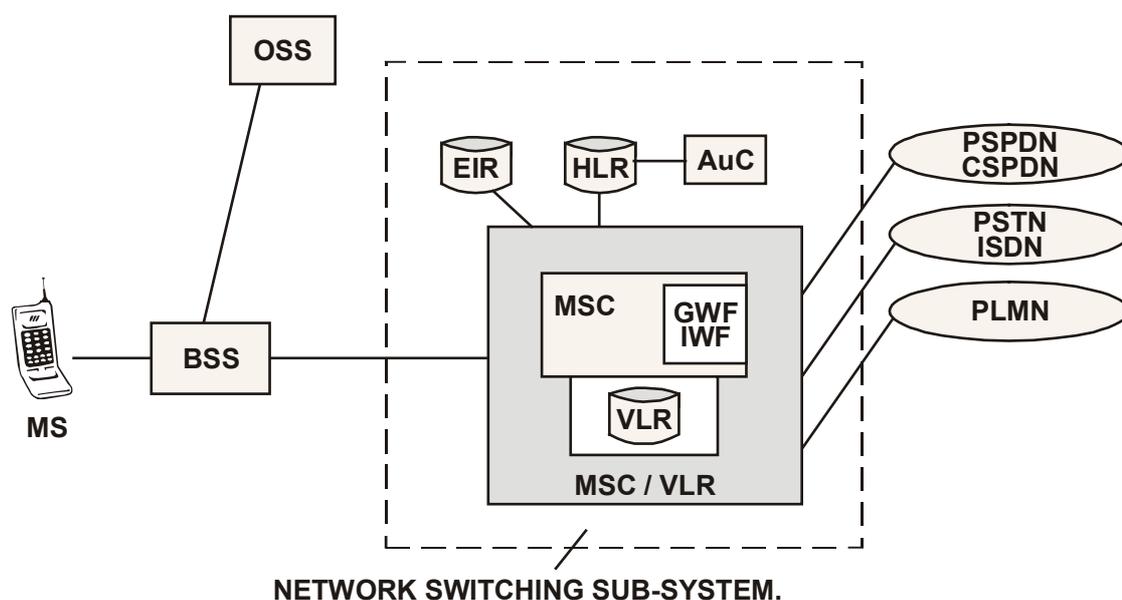


Figura 5.8 NSS Network Switching Sub-system

5.5.1 MSC Mobile services Switching Centre

Il sistema radiomobile GSM costituisce una rete pubblica di telecomunicazioni. Esso comprende delle centrali di commutazione che si occupano dell'instradamento delle chiamate. Si deve tener presente che le Mobile Station in dotazione agli utenti GSM non sono apparecchi di utente fissi, come accade nelle reti PSTN e ISDN, ma sono mobili. Di conseguenza, una normale centrale di commutazione non è in grado di effettuare direttamente l'instradamento delle chiamate. Infatti la sola analisi del numero di telefono di una Mobile Station, che nel GSM viene denominato MSISDN (Mobile Station ISDN Number), non consente di determinare la posizione della Mobile Station stessa e nemmeno la centrale di commutazione che, in un certo momento, è in grado di raggiungerla, infatti il numero di telefono è fissato al momento della sottoscrizione dell'abbonamento, mentre una MS si può spostare sia in ambito nazionale che internazionale.

Inoltre, poiché in un sistema radiomobile l'accesso alla rete avviene via radio, una centrale di commutazione deve prima di tutto richiedere che sia instaurata una connessione fisica con la MS, realizzata via terra, fino alla BTS e via radio tra BTS e

MS. Si deve verificare l'identità della MS che richiede l'accesso tramite una procedura di autenticazione e infine una volta accertato che non ci si trovi di fronte a un tentativo di accesso abusivo, la centrale può soddisfare le richieste di servizio.

Una centrale di commutazione per i servizi radiomobili o MSC ha i compiti fondamentali di instradamento delle chiamate (routing) e la gestione della mobilità.

Il MSC è l'elemento centrale del NSS e si occupa dell'instradamento e gestione di tutte le chiamate dirette e provenienti da vari tipi di rete, quali la PSTN, ISDN, PLMN, PDN. Queste vengono inoltrate ad un particolare MSC/VLR che implementa le funzionalità di gateway e costituisce il punto di accesso alla PLMN GSM a cui appartiene l'utente mobile.

5.5.2 VLR Visitor Location Register

Un MSC ha in carico una certa area del territorio e deve servire tutte le MS che transitano in quell'area. Per gestire la mobilità degli utenti esso scambia continuamente informazioni con un database (o registro, Register) che memorizza, temporaneamente, le informazioni relative alle MS che si trovano in quell'area. Le informazioni sono essenzialmente le seguenti:

- Dati relativi all'abbonamento del sottoscritto (identità dell'utente o IMSI; numero di telefono o MSISDN, servizi supplementari sottoscritti ecc.);
- I parametri che consentono l'autenticazione e la cifratura;
- Le informazioni sulla localizzazione della MS (in termini di Location Area Identity dell'area in cui essa si trova).
- Stato della MS (standby, occupato, spento)

Le MS in questione sono semplicemente in "visita" (utenti visitor) nell'area servita dal VLR, poichè si possono spostare in qualsiasi momento entro l'area servita da un altro VLR. Per questo motivo il database che memorizza, temporaneamente, le informazioni sopraccitate, è denominato Visitor Location Register (VLR), o registro per la localizzazione degli utenti "visitatori".

Quando una MS entra nell'area servita da un VLR, quest'ultimo deve richiedere le informazioni necessarie per servire l'utente ad un altro database, denominato HLR (Home Location Register), nel quale sono memorizzati permanentemente i dati degli utenti di un gestore. Se la MS lascia l'area servita dal VLR, le relative informazioni di utente possono essere cancellate dal VLR stesso.

Quando una Mobile Station GSM viene accesa si deve registrare come "visitor" presso il VLR che controlla l'area in cui essa si trova. Se, per via di uno spostamento, la MS entra nell'area servita da un altro VLR essa deve essere registrata, sempre come "visitor", nel nuovo VLR e cancellata dal VLR vecchio. Di conseguenza, ogni MS operativa risulta registrata come "visitor" nel VLR che serve l'area in cui essa si trova. Questo significa che il VLR ha ricevuto e memorizzato sia i dati di utente della MS sia i dati, sempre aggiornati, necessari alla sua localizzazione.

Da un punto di vista logico il VLR è un'entità distinta rispetto all'MSC e quindi esso potrebbe essere di tipo "stand alone" o comunque condiviso da più MSC. In questo caso l'area geografica servita dall'MSC risulterebbe diversa da quella servita dal VLR. Poiché questi due elementi hanno un elevato scambio di informazioni, normalmente il VLR viene integrato nell'MSC, l'interfaccia tra i due elementi può essere perciò di tipo proprietario, ed il tutto viene usualmente definito MSC/VLR.

In conclusione l'insieme MSC/VLR è dato da:

- Una centrale di commutazione (MSC), la quale oltre ad effettuare l'instradamento è in grado di gestire la mobilità degli utenti;
- Un database (VLR) ad essa associato, che memorizza le informazioni, relative alla Mobile Station (MS), solo per il periodo di tempo in cui esse si trovano nell'area servita dall'MSC/VLR stesso.

5.5.3 HLR Home Location Register

Il sistema GSM consente il roaming internazionale e permette anche di avere più gestori in ambito nazionale; è perciò necessario distinguere tra gli utenti che hanno sottoscritto un abbonamento presso un gestore rispetto a quelli di altri gestori.

Ogni gestore ha un database centrale che memorizza permanentemente sia i dati di abbonamento degli utenti (noti come dati statici) sia i dati (detti dati dinamici) che possono variare a seguito di azioni degli utenti come spostamenti, attivazione di servizi supplementari ecc.

Il database è denominato HLR (Home Location Register), o registro per la localizzazione degli utenti "Home", appartenenti a quel gestore, in quanto è il database (o Register) che contiene, tra l'altro, le informazioni necessarie per risalire alla localizzazione degli utenti di un certo gestore. Usualmente gli utenti che "appartengono" ad un certo gestore, cioè che lo hanno scelto per abbonarsi al GSM, vengono indicati come "Home subscriber" (utenti home) di quel gestore. La rete radiomobile (PLMN) del gestore presso cui l'utente ha sottoscritto l'abbonamento viene usualmente indicata come la Home PLMN (HPLMN) di quell'utente.

L'HLR di un gestore deve conoscere, per ogni suo utente, qual è l'identificativo del VLR presso cui la Mobile Station (MS) dell'utente stesso è registrata come "visitor". Questa informazione è di estrema importanza in quanto consente di reperire le informazioni necessarie per instradare una chiamata verso la MS e quindi essa deve essere aggiornata in tempo reale.

Nel GSM le informazioni correlate con la sottoscrizione di un abbonamento non sono memorizzate permanentemente in una specifica Mobile Station, ma sono contenute nel modulo SIM (Subscriber Identity Module) il quale è rimovibile. Questo modulo, una volta inserito, personalizza un qualsiasi terminale mobile GSM con i dati utente contenuti nel SIM stesso.

Poiché per via della mobilità degli utenti, il numero di telefono (MSISDN) non consente di determinare direttamente la posizione di una MS, nel sistema GSM viene associato ad ogni utente mobile (mobile subscriber) un identificativo, denominato

IMSI (International Mobile Subscriber Identity), che costituisce una specie di puntatore per la ricerca dei dati di utente all'interno dei database HLR e VLR.

Una PLMN GSM riconosce così un proprio utente tramite l'IMSI ad esso associato. Grazie all'IMSI la rete è in grado di recuperare tutte le informazioni necessarie, servizi sottoscritti, localizzazione ecc, per fornire all'utente, tassandoli, i propri servizi.

L'HLR memorizza sia l'MSISDN che l'IMSI e quindi è in grado di recuperare i dati di utente una volta fornitogli l'MSISDN.

Dal lato utente, invece, l'MSISDN ed l'IMSI sono memorizzati nel SIM. Quando si chiama una Mobile Station, digitandone il numero di telefono, l'informazione che un MSC (Mobile services Switching Centre) può ricavare dall'analisi di questo numero non è la localizzazione dell'utente, ma qual è l'HLR a cui vanno richieste le informazioni relative all'utente.

Riassumendo, l'HLR di un gestore memorizza, per ogni suo utente, informazioni permanenti e informazioni dinamiche, queste ultime variano nel tempo e devono essere aggiornate in tempo reale:

- Informazioni di tipo permanente
L'IMSI che identifica univocamente l'abbonato all'interno di una qualunque rete GSM e che è contenuto anche all'interno del SIM
Il Mobile Station ISDN Number (MSISDN)
I tipi di servizi sottoscritti dall'abbonato a cui gli è consentito accedere (voce, servizio dati, ecc)
- Informazioni di tipo dinamico
Posizione corrente della MS, cioè l'indirizzo del VLR in cui è registrata.
Lo stato di eventuali servizi supplementari

L'HLR costituisce perciò un punto di riferimento al quale:

- Un VLR può richiedere i dati di abbonamento ed i parametri di sicurezza di un certo utente;
- Un MSC può richiedere le informazioni necessarie per instradare una chiamata verso l'MSC/VLR che ha in carico la MS interessata.

Da un punto di vista logico l'HLR di un gestore costituisce una singola unità funzionale, mentre, da un punto di vista fisico, il gestore può decidere di utilizzare una o più macchine, con installati database HLR, dislocate sul territorio, ognuna delle quali memorizza i dati relativi ad un certo numero di utenti.

5.5.4 AuC Authentication Centre

L'HLR memorizza, e fornisce agli MSC/VLR che li richiedono sia i dati di abbonamento e localizzazione di ogni utente di un gestore, sia i "parametri di sicurezza", cioè quei parametri che consentono di autenticare un utente e di cifrarne le informazioni da inviare sulla tratta radio.

L'HLR è semplicemente un database e quindi esso memorizza i parametri di sicurezza, ma non provvede alla loro generazione.

Il compito di calcolare, tramite appositi algoritmi, i parametri in questione è affidato ad una unità funzionale denominata AuC (Authentication Centre).

Il meccanismo di autenticazione verifica la legittimità del SIM senza trasmettere sul canale radio le informazioni personali dell'abbonato, quali IMSI e chiave di cifratura. La cifratura genera alcuni codici segreti che verranno usati per criptare tutte le comunicazioni scambiate sul canale radio. I codici di autenticazione cifratura sono generati casualmente per ogni singolo abbonato da alcuni algoritmi definiti dallo standard GSM e sono memorizzati oltre che nell'AuC anche nel SIM

I parametri di sicurezza sono dati da un insieme di tre elementi che viene comunemente indicato come "tripletta" (triplet). Ogni tripletta è associata ad un ben preciso IMSI e costituisce un dato (dinamico) di utente; essa è costituita dai seguenti parametri:

- RAND (Random), è un parametro casuale, e viene inviato sulla tratta radio per il calcolo, lato MS, dei parametri di autenticazione e di cifratura.
- SRES (Signed RESponse), costituisce il parametro di autenticazione. SRES è infatti ottenuto inserendo in un algoritmo, detto algoritmo di autenticazione, una "chiave" di autenticazione segreta nota come Ki ed associata all'IMSI di un utente ed il parametro RAND. La MS deve calcolare la SRES corretta con lo stesso algoritmo, la stessa Ki e lo stesso RAND ed inviarla alla rete per ottenere ad essa l'accesso ai servizi.
- Kc (chiave di cifratura), costituisce la chiave con la quale vengono cifrate, con un apposito algoritmo, le informazioni inviate sulla tratta radio. Essa è ricavata applicando ad un algoritmo diverso dal precedente il parametro RAND e la chiave di autenticazione Ki. La MS deve ricavare la stessa Kc, applicando lo stesso algoritmo, lo stesso RAND e la stessa Ki, per cifrare e decifrare le informazioni lato MS.

Riassumendo, l'AuC genera in continuazione triplette, ognuna delle quali è associata ad un IMSI, e le passa all'HLR. L'HLR le memorizza e le fornisce, dietro richiesta, agli MSC/VLR.

Questi ultimi possono così autenticare ogni utente che richiede un accesso alla rete, verificarne il diritto all'accesso e fornire alle BTS (Base Transceiver Station) interessate le chiavi di cifratura (Kc) necessarie per decifrare e cifrare le informazioni che viaggiano sulla tratta radio da/verso le MS degli utenti.

5.5.5 EIR Equipment Identity Register

Nel sistema GSM i dati di abbonamento di un utente (MSISDN, IMSI, Ki, ecc), nonché gli algoritmi di autenticazione e cifratura, non sono contenuti permanentemente nella Mobile Station dell'utente, ma sono memorizzati nel modulo SIM (Subscriber Identity Module).

Esiste dunque il problema legato al possibile utilizzo di apparati mobili ME rubati, difettosi o non omologati. Infatti quando un modulo SIM viene inserito in una Mobile Station, quest'ultima viene personalizzata con i dati di quel SIM sia per quanto concerne l'autenticazione che la cifratura.

I parametri di sicurezza (RAND, SRES, Kc) sono sostanzialmente indipendenti dal tipo particolare di Mobile Equipment utilizzato per fare o ricevere chiamate.

Per risolvere questo problema è stata associata ad ogni ME una identità denominata IMEI (International Mobile Equipment Identity), che è in pratica una sorta di "numero di serie" dell'apparato mobile vero e proprio e ne consente l'identificazione. A questo scopo è però necessario che vi sia un'unità funzionale (un database) dedicata alla memorizzazione degli IMEI di Mobile Equipment segnalati come rubati o difettosi.

La rete può così effettuare un controllo sull'IMEI, richiedendolo alle Mobile Station, e vietare l'accesso nel caso si utilizzino Mobile equipment non in regola.

L'unità funzionale preposta a questo è denominata EIR Equipment Identity Register. Essa è in sostanza un database che può venir consultato dagli elementi della rete GSM ogni qualvolta sorga la necessità di verificare se le Mobile Equipment (ME) utilizzate per le chiamate sono di tipo autorizzato.

Il database è diviso in tre sezioni:

- White List: contiene tutti gli IMEI di tutti i Mobile Equipment di tipo omologato, di tutti gli operatori delle varie nazioni con cui si hanno accordi di roaming internazionale
- Black List: contiene gli IMEI di apparati rubati o per qualsiasi motivo non autorizzati ad accedere alla rete.
- Grey List: contiene gli IMEI marcati come faulty oppure quelli relativi ad apparecchi non omologati. I terminali inseriti nella Grey List sono segnalati agli operatori di sistema mediante un allarme quando richiedono l'accesso, consentendo l'identificazione dell'abbonato che utilizza il terminale e dell'area di chiamata in cui si trova.

5.5.6 OSS Operation And Support Sub-System

Una rete GSM è composta da molte unità funzionali di tipo diverso; richiedono delle appropriate attività di Esercizio, Amministrazione e Manutenzione (OA&M, Operation Administration and Maintenance) che devono essere opportunamente coordinate per evitare discrepanze tra i parametri di rete.

La gestione di una rete GSM è basata sul concetto di Telecommunication Management Network (TMN), che ha una struttura gerarchica.

I principali vantaggi che presenta una struttura gerarchica per la gestione di rete sono i seguenti:

- Si ha una visione globale della rete e quindi si possono prendere decisioni complesse;

- La sorveglianza degli elementi di rete viene remotizzata, permettendo così di ridurre i costi;
- Si ha la raccolta automatica di informazioni sia correlate alle attività della rete che degli utenti;
- Gli operatori utilizzano interfacce grafiche di utente (GUI, Graphical User interface), installate su workstation, le quali permettono di considerare gli elementi della rete GSM come oggetti aventi determinati attributi, e di avere una visione a diversi livelli di astrazione della gestione di rete.

La struttura di principio di una rete TMN è riportata nella fig. 5.9. essa è una rete gerarchica strutturata sui seguenti tre livelli funzionali.

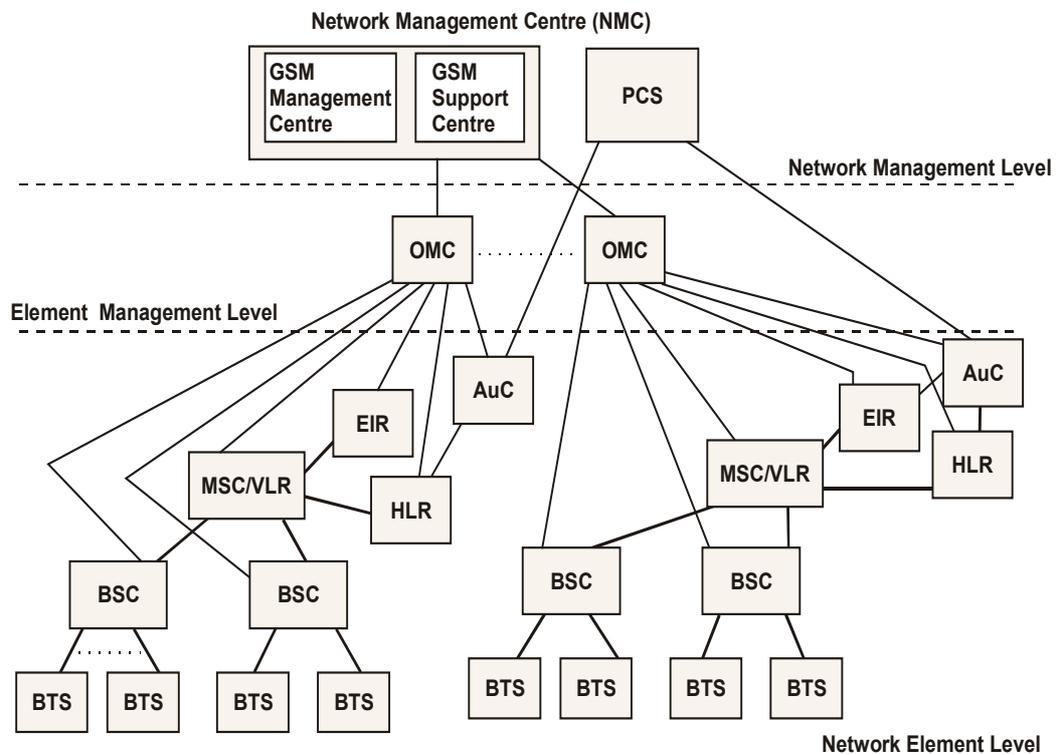


Figura 5.9 struttura di principio della rete TMN

- Network Element Level (livello degli elementi di rete)
È il livello comprendente le unità funzionali che devono essere controllate e che realizzano la rete GSM.
- Element Management Level (livello di gestione degli elementi di rete)
Comprende un certo numero, variabile in relazione alle dimensioni della rete, di centri di controllo regionali denominati Operation and Maintenance Centre (OMC).

- Network Management Level (livello di gestione di rete)
È il livello più alto, comprende il centro che fornisce la visione globale dello stato della rete e quindi tutte le attività dei centri regionali (OMC). Questo centro è denominato Network Management Centre (NMC). L'NMC può essere considerato come composto da due unità funzionali:

GSM Management and operation Centre (GMC);
GSM Support Centre (GSC), noto anche come Administration and Billing Centre.

A questo livello appartiene anche il Personalization Centre for SIM (PCS), che supporta il caricamento lato utente (nel SIM) e lato rete (nell'AuC) dei dati riservati di utente (IMSI, Ki).

Un OMC (Operation and Maintenance Centre) è un centro di controllo che svolge funzioni di OA&M (Operation Administration and Maintenance) di una parte della rete GSM costituita da uno o più MSC, con i BSC e le BTS ad esso associati.

Le funzioni principali di un OMC sono le seguenti:

- Gestione dei guasti e manutenzione della rete; gestione allarmi, gestione dello stato del Network Element con la possibilità di effettuare test per verificare il corretto funzionamento;
- Gestione della configurazione del Network Element;
- Gestione delle prestazioni dei Network Element (definizione, acquisizione, memorizzazione, presentazione dei dati di misura ecc.)
- Gestione della sicurezza del sistema (password ecc)
- Raccolta dei dati relativi alla tassazione (billing data), i quali sono costituiti dai record di documentazione delle chiamate (call documentation) emessi dagli MSC. Essi vengono forniti ad un centro incaricato di tassare gli utenti GSM
- Gestione dei dati relativi all'accounting, cioè i dati che consentono di suddividere la tassazione di una chiamata tra la rete GSM del gestore che ha in carico un utente ed altre eventuali reti (PSTN/ISDN o altre PLMN) che sono intervenute nella instaurazione della chiamata
- Amministrazione degli abbonati e possibilità di poter conoscere la loro posizione all'interno dell'area di copertura.

In alcuni sistemi di grosse dimensioni possono essere presenti più OMC. In questi casi ci sarà un OMC generale da cui è possibile controllare tutto (OMC-N) ed altri OMC limitati al controllo di alcune zone (OMC-R).

6 CANALI E PRINCIPALI FASI DI COLLEGAMENTO (CENNO)

6.1 CANALI GSM

Nel sistema GSM i canali radio si distinguono in due categorie: [8]

- Canali di traffico TCH (Traffic Channels);
- Canali di controllo CCH (Control Channels).

Canali TCH

I canali TCH sono utilizzati per trasmettere informazioni in forma numerica sia di dati sia di fonia codificata. Esistono due tipi fondamentali di canali di traffico:

- Canali a velocità piena (Full rate Traffic Channel: TCH/F) che trasportano informazione ad una velocità lorda di 22.8 Kbit/s al lordo delle tecniche di codifica di canale per la protezione degli errori;
- Canali a velocità dimezzata (Half rate Traffic Channel: TCH/H) che trasportano informazione ad una velocità lorda di 11.4 kbit/s.

ciascuno di questi può poi trasportare voce o dati con diverse velocità

Canali CCH

I canali CCH sono impiegati per la segnalazione sia di controllo sia di gestione. In questa categoria rientrano diverse tipologie d'informazione che possono essere raggruppate in tre famiglie:

- Canale BCCH (Broadcast CCH): è un canale di diffusione in un solo senso ossia verso la MS.
Tramite questo canale si inviano dei messaggi per la sincronizzazione della MS, l'identificazione della stazione base e l'identificazione delle celle adiacenti per consentire l'attivazione delle procedura di roaming.
- Canale CCCH (Common CCH): è un canale comune di controllo suddiviso in tre tipi di canali:
 - o Canale PCH (Paging Channel): serve alla stazione base per inviare il messaggio di paging (ricerca della MS) alla stazione mobile;

- Canale RACH (Random Access Channel): serve alla MS per inviare una richiesta di un servizio o di una chiamata alla stazione radio base;
- Canale AGCH (Access Grant Channel): serve alla stazione base per inviare una risposta alla richiesta della MS fatta tramite canale RACH.
- Canale DCCH (Dedicated CCH): è un canale di controllo dedicato alla segnalazione sulle connessioni che si svolgono sul canale di traffico TCH. Esso si suddivide in tre canali logici:
 - Canale SACCH (Slow Associated Control Channel): serve per l'invio di segnalazione durante la conversazione per la gestione della trama ed il controllo della potenza RF della MS
 - Canale FACCH (Fast Associated Control Channel): serve ad aiutare il canale SACCH, il quale risulta lento, per attivare la procedura di hand – off;
 - Canale SDCCH (Stand alone Dedicated Control Channel): serve per lo scambio dei messaggi tra la MS e la stazione radio base durante la fase di inizializzazione di una chiamata e durante l'attesa per la connessione.

6.2 PRINCIPALI FASI DI COLLEGAMENTO

In modo riassuntivo si riportano le fasi più importanti che caratterizzano le operazioni di collegamento nel sistema cellulare GSM 900: [10]

Accensione di una MS

- La MS controlla tutti i 124 canali della banda a disposizione;
- La MS cerca un canale Broadcast (BCCH) i cui il segnale ricevuto dalla stazione radio base è migliore;
- La MS trova un BCCH e sincronizza la sua frequenza su un canale SACCH e FACCH per il controllo della potenza RF e l'attivazione di una eventuale procedura di "hand – off";
- Se l'"home network" della MS non appartiene all'MSC essa cerca di farsi localizzare dalla rete e dimostrare tramite i dati d'identità (SIM) di essere autorizzata all'accesso;
- Tramite il canale RACH la MS chiede alla stazione radio base il servizio di chiamata;

- Alla MS viene assegnato un canale SDCCH per l'instaurazione del collegamento;

Chiamata originata da mobile

Supponiamo che la chiamata sia effettuata dall'utente mobile e diretta ad esempio verso un utente di rete fissa (PSTN, ISDN):

- L'utente mobile compone le cifre del numero di telefono del chiamato e preme il tasto "invio";
- La MS invia alla rete la richiesta di accesso (channel request) sul canale logico RACH;
- La stazione radio base risponde tramite il canale AGCH ordinando alla MS di spostarsi sul canale logico SDCCH ad essa assegnato, affinché possa venir eseguita l'autenticazione della MS stessa;
- La MS invia la richiesta di servizio all'MSC;
- L'MSC /VLR avvia la procedura di autenticazione;
- L'MSC/VLR avvia la procedura di cifratura;
- La MS inizia la procedura di instaurazione della connessione che comporta l'invio delle cifre che compongono il numero del chiamato. La rete assegna alla MS un canale di traffico (TCH) e le ordina di sintonizzarsi su esso;
- L'MSC/VLR, oltre a riservare un circuito fonico dal lato BSC, inizia l'instaurazione della connessione con una centrale di transito della rete PSTN/ISDN del chiamato;
- L'MSA/VLR avvisa la MS che il telefono del chiamato sta squillando (alert), il che viene segnalato dalla mS all'utente tramite la generazione locale dell'apposito tono. La MS viene avvisata non appena il chiamato risponde (connect); la MS connette così la chiamata sul TCH assegnato, dando conferma di ciò alla rete (connect ack);
- Inizia lo scambio di informazioni tra i due utenti;
- Se è l'utente mobile che da termine alla conversazione, la MS emette il messaggio di "disconnect" che abbatte la conversazione.

Chiamata verso l'utente mobile

Supponiamo che una Mobile Station sia chiamata da un utente di una rete fissa (ISDN, PSTN); La sintesi dei passi che porta all'instaurazione della connessione è la seguente:

- L'utente della rete PSTN/ISDN compone il numero (MSISDN) della Mobile Station (MS);
- Il numero della MS viene analizzato dalle centrali PSTN/ISDN coinvolte, le quali devono instradare la chiamata verso l'MSC avente funzione di "Gateway" (Gateway MSC, GMSC) della rete GSM cui appartiene la MS. Il GMSC riceve tra l'altro il numero MSISDN;
- Il GMSC, analizzando l'MSISDN, determina l'HLR su cui è registrata la MS e gli invia l'MSISDN e l'MSRN (Mobile Station Roaming Number) per richiedere l'invio dell'informazione necessaria per effettuare l'instardamento verso la MS;
- L'HLR in base all'MSISDN, individua l'IMSI (International Mobile Subscriber Identity) della MS es il VLR su cui essa è temporaneamente registrata. L'HLR invia un messaggio al VLR per ottenere l'MSRN assegnato alla MS
- L'HLR riceve l'MSRN;
- L'HLR fornisce l'MSRN al GMSC;
- Il GMSC esamina l'MSRN ed effettua l'instradamento della chiamata verso l'MSC/VLR che ha temporaneamente in carico la MS;
- L'MSC/VLR attiva la procedura di "paging" agendo nel seguente modo:
 - o dall'IMSI della MS individua la Location Area in cui essa si trova;
 - o invia un messaggio ("Page") che ordina ai BSC interessati di comandare il paging nella Location Area in cui si trova la MS;
- I BSC chiedono alle BTS di trasmettere sul canale logico PCH il messaggio di paging diretto alla MS chiamata;
- La MS risponde al messaggio di paging sul canale logico RACH, richiedendo un canale dedicato (SDCCH) su cui effettuare l'autenticazione. Viene effettuata l'autenticazione, la cifratura. L'MSC impegna un circuito fonico verso il BSC interessato;
- La procedura evolve come nel caso di chiamata originata dal mobile e porta alla instaurazione completa della connessione che permette la comunicazione.

7 I SERVIZI OFFERTI DALLA RETE GSM

7.1 CLASSIFICAZIONE DEI SERVIZI

La definizione che l'ETSI (European Telecommunication Standard Institute) dà dei servizi di telecomunicazione supportati da una rete GSM è la seguente: sono le possibilità di comunicazione che i gestori di rete mettono a disposizione degli utenti. I servizi di telecomunicazione vengono suddivisi nelle seguenti due categorie (fig 7.1) [10]:

- Teleservices (teleservizi)
Forniscono una capacità di comunicazione completa tra utenti, in quanto comprendono anche le funzioni relative agli apparati utilizzati per comunicare.
- Bearer services (servizi di trasporto o servizi portanti)
Forniscono la capacità di trasmettere segnali, quindi informazioni, tra punti di accesso ai servizi stessi.

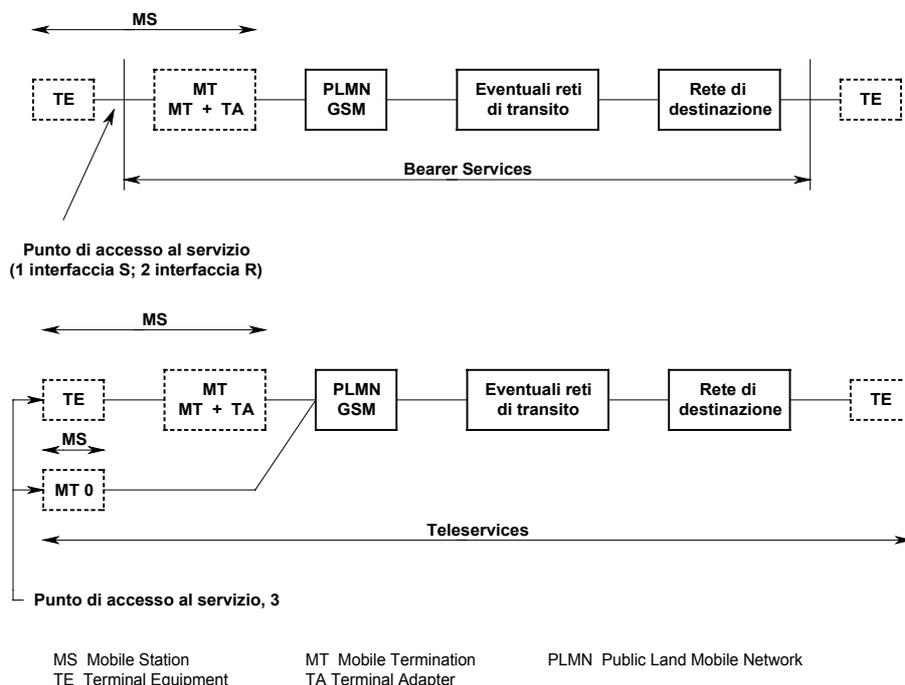


Figura 7.1 Concetti di Bearer Services e Teleservices

In generale, i servizi supportati da una PLMN GSM sono forniti in cooperazione con altre reti.

Nella configurazione di riferimento di una Mobile Station (MS) (fig. 7.2), in cui la MS è definita come un'opportuna combinazione di TE (Terminal Equipment), TA (Terminal Adapter) e MT (Mobile Termination), sono definiti i tre punti di accesso ai servizi di telecomunicazione:

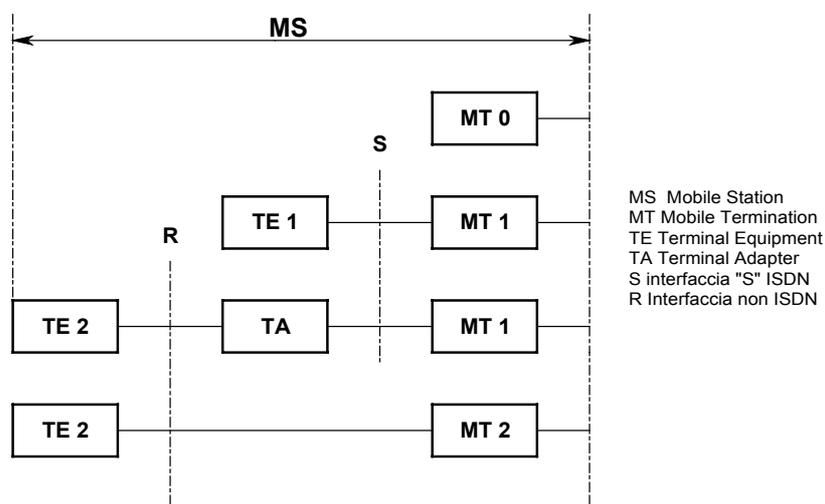


Figura 7.2 Configurazione di riferimento per la MS

Punti di accesso 1 e 2, per l'accesso ai Bearer Services (vedi fig 7.1): sono i punti in cui un utente può accedere ai servizi di trasporto di informazioni (Bearer Services) supportati dalla rete. Questi punti di accesso sono perciò posti sull'interfaccia tra un TE (Terminal Equipment) o un TA (Terminal Adapter) ed una MT (Mobile Termination), ed in particolare:

- il punto di accesso 1 è posto sull'interfaccia S (TE1-MT1 o TA-MT1);
- il punto di accesso 2 è posto sull'interfaccia R (TE2-TA o TE2-MT2).

La terminologia Bearer Service racchiude tutte quelle funzioni, di basso livello, che consentono di trasportare segnali elettrici tra i punti di accesso stessi, escludendo quindi le funzioni, di alto livello, dei terminali utilizzati per accedere ai servizi stessi.

Punto di accesso 3, per l'accesso a Teleservices: è posto sull'interfaccia tra utente e terminale. Il Teleservices comprende tutte le funzioni, incluse quelle dei terminali, che permettono ad un utente di usufruire dei servizi di telecomunicazione.

I servizi di telecomunicazione che una rete GSM fornisce sono in generale composti da servizi base, o fondamentali, detti Basic Teleservices o Basic Bearer Services a cui possono essere associati dei servizi supplementari detti Supplementary Services. Un servizio supplementare modifica o integra un servizio base di telecomunicazione. Esso non può quindi essere fornito ad un utente se non in associazione ad un servizio base ed uno stesso servizio supplementare può essere applicabile a più servizi base.

Secondo quanto indica l'ETSI, un servizio di telecomunicazione (Tele o Bearer Service) può essere fornito o come servizio base (Basic service) o come servizio base con associati dei servizi supplementari:

TELESERVICE	
Basic Teleservice	Basic Teleservice + Supplementary Services

BEARER SERVICE	
Basic Bearer Service	Basic Bearer Service + Supplementary Services

7.2 TELESERVICES

I Teleservices che una rete PLMN GSM dovrebbe supportare sono: [10]

- Telefonia, comprese anche le chiamate di emergenza;
- Short Message Service;
- Fax gruppo 3;

Sono inoltre previsti:

- Accesso ai servizi videotel;
- Teletex.

7.2.1 Short Message Service (SMS)

È un teleservice che permette lo scambio di brevi messaggi alfanumerici (fino a 160 caratteri) tra una Mobile Station (MS) ed un Service Center (SC), o centro servizi, collegato con la rete GSM.

Si distinguono due tipi di Short Message Service:

- Short Message Service Mobile Terminated, in cui gli SMS sono inviati dal centro servizi verso la MS.
- Short Message Service Mobile Originated in cui gli SMS sono trasmessi dalla MS verso il centro servizi.

Lo Short Message Service può essere utilizzato per applicazioni di vario tipo, ad esempio:

- Notificare ad un utente la presenza di un messaggio vocale, un fax, un telex o della posta elettronica (E-mail) a lui diretto e registrato, presso il Service Centre, in una apposita “casella postale”, o mailbox;
- Utilizzare la MS per inviare comunicazioni ad un utente, anche se in conversazione;
- Introdurre servizi di informazione di vario tipo come traffico, meteorologia, finanza etc.

Le particolarità dello Short Message Service sono le seguenti:

- I messaggi sono inoltrati sia verso la Mobile Station a riposo che verso MS in conversazione (su un canale di controllo). La MS deve sempre confermare la ricezione di uno Short Message;
- Dal lato utente, i messaggi giunti a destinazione sono memorizzati nel SIM (Subscriber Identity Module), possono essere visualizzati in un momento successivo al loro arrivo ed eventualmente anche su un altro terminale GSM, previa sostituzione dello SIM;
- Il Service Centre viene avvisato dalla rete GSM, attraverso una procedura detta di “Alerting” se risulta impossibile raggiungere la MS a cui è indirizzato il messaggio, perché ad esempio è spenta; in questo caso l’invio del messaggio viene ripetuto non appena la MS è di nuovo raggiungibile.

7.2.2 Cell Broadcast

Una variante dello Short Message Service, che è un servizio di tipo punto-punto, è il Cell Broadcast Service.

Questo servizio consente di inviare, in broadcast, dei brevi messaggi a tutte le Mobile Station che si trovano in una certa area geografica. Si possono ad esempio diffondere informazioni relative alle condizioni meteorologiche in determinate zone.

7.3 BEARER SERVICES

I bearer services che una PLMN GSM dovrebbe supportare consiste nella possibilità di trasmettere dati nelle seguenti modalità: [10]

- Dati asincroni con velocità da 300 a 9600 bit/s;
- Dati sincroni con velocità da 1200 a 9600 bit/s.

Sono poi previsti:

- Accesso sincrono a funzioni PAD (Packet Assembly Disassembly) per dati e pacchetto, con velocità da 300 a 9600 bit/s;
- Accesso sincrono a reti a commutazione di pacchetto, con velocità da 2400 a 9600 bit/s.

7.4 SERVIZI SUPPLEMENTARI (SS)

In ambito GSM sono stati definiti molti servizi supplementari (SS: Supplementary Services), analoghi a quelli supportati dalla rete ISDN (Integrated Services Digital Network). Si presentano alcuni di essi classificati dall'ETSI (European Telecommunication Standard Institute) come indicato in seguito: [10]

Number Identification SS (SS relativi all'identificazione del numero)

Comprendono i seguenti tipi di SS:

- CLIP (Calling Line Identification Presentation), consiste nel fornire al chiamato, prima della risposta, il numero del chiamante;
- CLIR (Calling Line Identification Restriction), permette al chiamante di inibire l'invio del proprio numero al chiamato;
- CoLP (Connected Line Identification Presentation), consiste nel fornire al chiamante, durante la fase di connessione della chiamata, il numero della persona con la quale si è connessi;
- CoLR (Connected Line Identifier restriction), permette al chiamato di inibire l'invio del proprio numero al chiamante durante una connessione.

Call Offering SS (SS relativi ad offerte di chiamata)

Comprendono essenzialmente i servizi di trasferimento di chiamata (call forwarding), come ad esempio i seguenti:

- CFU (Call Forwarding Unconditional), permette di trasferire tutte le chiamate dirette al proprio numero di telefono (MSISDN) ad un altro numero di telefono;
- CFB (Call Forwarding on mobile subscriber Busy), permette di trasferire le chiamate dirette al numero di telefono di un utente ad un altro numero di telefono nel caso in cui l'utente risulti occupato;
- CFNRy (Call Forwarding on No Reply), permette di trasferire le chiamate dirette al numero di telefono di un utente ad un altro numero di telefono nel caso che l'utente non risponda;
- CFNRc (Call Forwarding on mobile subscriber Not Reachable), permette di trasferire le chiamate dirette al numero di telefono di un utente ad un altro numero di telefono nel caso in cui l'utente non sia raggiungibile.

Call Completion SS (SS relativi al completamento della chiamata)

Comprendono i seguenti tipi di SS:

- CW (Call Waiting), chiamata in attesa, permette all'utente di essere avvisato se vi è una chiamata in arrivo mentre è in conversazione (cioè la MS e nello stato di occupato);
- HOLD (Call Hold), permette di interrompere momentaneamente la comunicazione su una chiamata e di riprenderla in seguito.

Multy Party SS (SS relativo a chiamata in conferenza)

- MPTY (Multi PartY), permette di instaurare una conversazione tra più utenti, o conferenza.

Community of Interest SS

- CUG (Closed User Group), permette di restringere la possibilità di comunicazione solamente ad un gruppo di utenti (dei quali alcuni possono avere la possibilità di accedere anche all'esterno).

Charging SS (SS relativi alla tariffazione)

- AoCI (Advise of Charging, Information), abilita la visualizzazione delle informazioni di tariffazione;
- AoCC (Advise of Charging, Charging), impedisce la chiamata se la tariffazione non è completa.

Call Restriction SS (SS relativi a restrizioni sulle chiamate)

Comprendono i seguenti tipi di SS:

- BAOB (Barring of All Outgoing Calls), permette lo sbarramento di tutte le chiamate uscenti, cioè impedisce di effettuare chiamate;
- BOIC (Barring of Outgoing International Calls), permette lo sbarramento di tutte le chiamate internazionali uscenti;
- BOIC-exHC (Barring of Outgoing International Calls except those directed to the Home PLMN Country), permette lo sbarramento delle chiamate internazionali uscenti ad eccezione di quelle dirette verso la nazione in cui è posta la propria PLMN (Home PLMN);
- BAIC (Barring of All Incoming Calls), permette lo sbarramento di tutte le chiamate entranti;
- BIC-Roam (Barring of Incoming Calls when Roaming outside the home PLMN country), permette lo sbarramento di tutte le chiamate entranti quando ci si trova al di fuori (roaming) della propria PLMN.

Quasi tutti i servizi supplementari (SS) possono essere in qualche modo controllati dall'utente, come ad esempio:

- nel caso di SS che implicano uno sbarramento delle chiamate (Call barring) può definire una propria password per l'accesso al servizio;
- nel caso di SS di Call Forwarding deve fornire il numero di telefono sul quale reinstradare la chiamata.

7.5 IL SERVIZIO SHORT MESSAGE SERVICE - SMS

Il servizio Short Message Service (SMS) permette di inviare o ricevere brevi messaggi di testo fino a 160 caratteri ad ogni telefono GSM adatto, la cui carta SIM sia abilitata dal gestore di rete, e se quest'ultimo supporta il servizio. Nello standard GSM sono specificati due diversi tipi di SMS: [17]

- SMS Point to Point (SMS/PP)
- SMS cell Broadcast (SMS/CB)

Il primo tipo consente di inviare un messaggio di testo da un telefono GSM ad un altro, mentre l'SMS/CB permette di inviare uno o più messaggi contemporaneamente (broadcast) a tutti i telefoni all'interno di una determinata zona coperta da una o più celle radio.

Il messaggio Cell Broadcast può contenere un massimo di 93 caratteri, ma è possibile concatenare fino a 15 messaggi per formare un "macro-messaggio".

Ad ogni messaggio "CB" è assegnata una classe che consente di classificare il tipo di informazione in esso contenuta e la lingua utilizzata, in modo tale da permettere ai telefoni di visualizzare selettivamente o di scartare i messaggi "CB"

L'SMS implementa un protocollo senza connessione, infatti quando è inoltrato un messaggio non avviene alcuna connessione tra il terminale che invia e quello che riceve, come per esempio avviene nelle chiamate voce, dati, fax.

L'invio di un SMS/PP da un telefono GSM ad un altro deve essere considerato come la concatenazione di due differenti operazioni: l'inoltro del messaggio dal telefono mobile verso una entità della rete chiamata SMSC (Short Message Service Centre), e poi dall'SMSC fino al telefono ricevente.

La prima operazione è denominata SMS-MO (SMS Mobile Originated), mentre la seconda SMS-MT (SMS Mobile Terminated)

La SMS MT permette all'utente di ricevere messaggi di testo fino a 160 caratteri sul display del proprio telefono GSM. Allo stato attuale tutti i terminali GSM sono predisposti per usufruire di questo servizio, inoltre in Italia tutti i gestori di rete GSM forniscono il servizio SMS MT.

La SMS MO consente all'utente del network di inviare messaggi di testo fino a 160 caratteri, ad un altro terminale GSM, ad un fax o ad un indirizzo di posta elettronica su internet.

In Italia tutti i gestori di rete GSM forniscono il servizio SMS MO.

7.5.1 Il Centro Messaggi (SMSC)

Il Centro servizio Messaggi (SMSC Short Message Service Centre) è una macchina di tipo "store and forward" (memorizza ed invia), che accetta messaggi da diverse fonti (modem, altri terminali digitali, altri SMSC, internet) e li mantiene in memoria fino a quando non riesce a recapitarli ai destinatari. [31]

Il tempo massimo in cui i messaggi verranno tenuti in memoria, se lo SMSC non è in grado di recapitarli immediatamente come nei casi in cui il terminale ricevente è spento o fuori campo, dipende dal gestore di rete, ma può anche essere pre-programmato come uno speciale parametro al momento dell'invio del messaggio stesso, ed inoltre può assumere valori inferiori ad un ora fino a qualche settimana. Trascorso tale limite i messaggi vengono automaticamente rimossi dallo SMSC e non verranno più recapitati ai terminali mobili.

Ogni network ha in genere uno o più SMSC; ad ogni SMSC corrisponde un numero telefonico, che programmato sul telefono GSM dell'utente, consente di inviare messaggi.

Lo SMSC può essere collegato agli altri SMSC degli altri gestori di rete GSM in base agli accordi di roaming internazionali stipulati; ciò consente agli utenti di ricevere ed inviare messaggi da o verso altri utenti di reti GSM che si affidano ad altri gestori. Per le reti digitali che usano lo stesso standard, ma frequenze diverse (ad esempio GSM 900 e GSM 1800) è possibile collegare gli SMSC per consentire lo scambio di messaggi tra gli utenti.

L'interconnessione degli SMSC consente inoltre di sfruttare servizi offerti da altri operatori esteri, quali ad esempio l'invio e la ricezione di messaggi da internet, ma non solo. Infatti in diversi paesi è possibile interrogare lo SMSC per visualizzare sul display del proprio terminale informazioni quali previsioni del tempo, notizie sul traffico, numeri ed indirizzi degli abbonati alla rete telefonica fissa, quotazioni in borsa e altro ancora.

Considerato il vasto numero di servizi che è possibile offrire agli utenti mobili mediante gli SMS, recentemente sono nate molte aziende private che forniscono a pagamento questi servizi, chiamati servizi a valore aggiunto, basati sugli SMS. Queste aziende generalmente effettuano un accordo con uno o più operatori di network digitali, i quali forniscono loro l'accesso al proprio SMSC.

Riassumendo lo SMSC di un provider di rete GSM consente di ricevere messaggi SMS da:

- Terminali mobili digitali di altri utenti ed altri network in base agli accordi di roaming internazionale.
- Segreteria telefonica centralizzata: la presenza di nuovi messaggi in segreteria viene segnalata con un breve messaggio di testo inviato sul display del terminale mobile. Se il terminale è spento oppure fuori della copertura radio il messaggio di notifica viene inviato quando il terminale verrà acceso oppure

quando sarà nuovamente all'interno dell'area di copertura. In Italia tutti i provider hanno questo tipo di servizio e nel messaggio di notifica è anche indicato il numero di messaggi vocali giacenti sulla segreteria.

- Modem dialup access: se si è in possesso di un modem e di un PC si possono inviare messaggi SMS agli utenti chiamando le linee modem dello SMSC. Il software da usare per questo tipo di connessione varia in base al protocollo usato dallo SMSC.
- DTMF access: questo tipo di accesso consente a tutti coloro che hanno a disposizione una linea telefonica con telefono a toni DTMF, di inviare il proprio numero telefonico associato a un messaggio di testo standard, che è possibile scegliere da una lista premendo gli opportuni tasti sul telefono multifrequenza con l'aiuto di menù vocali
- Voice access: questo tipo di accesso consente agli utenti mobili di inviare messaggi vocali a una qualunque linea telefonica. Il messaggio di testo inviato viene letto da una voce "sintetica" del sistema, subito dopo la risposta dell'utente cui è stato inviato.
- Internet: l'accesso a internet è in genere di tipo bidirezionale; consente all'utente di ricevere messaggi di testo dal WEB o da E-mail e di inviare E-mail dal terminale mobile. È anche possibile ricevere in modalità testo le pagine dei WEB in blocchi di 160 caratteri, inviando l'indirizzo che si vuole consultare.
- FAX: è possibile inviare brevi messaggi di testo ad una macchina fax, senza ulteriori accessori da connettere al telefono, semplicemente digitando il messaggio ed il numero di fax sul telefonino

7.5.2 Informazioni tecniche sugli SMS

Il servizio SMS utilizza sei diversi tipi di messaggi, chiamati Protocol Data Unit (PDU), di seguito descritti: [18]

Tipo PDU	Direzione	Funzione
SMS-DELIVER	SMSC=>telefono	Invia un messaggio breve
SMS -DELIVER-REPORT	Telefono=>SMSC	Invia il motivo di una mancata ricezione del messaggio
SMS-SUBMIT	Telefono=>SMSC	Invia un messaggio breve
SMS-SUBMIT-REPORT	SMSC=>telefono	Invia il motivo di una mancata ricezione del messaggio
SMS-STATUS-REPORT	SMSC=>telefono	Invia lo stato di un messaggio
SMS-COMMAND	Telefono=>SMSC	Invia un comando

Il compito principale del protocollo SMS-DELIVER e di SMS-SUBMIT è di recapitare i dati del messaggio e le informazioni ad esso associate alle entità SMS, che sono il telefono GSM e lo SMSC.

Lo SMS-STATUS-REPORT e lo SMS-SUBMIT-REPORT servono per notificare alle entità SMS che il messaggio non è stato ricevuto in modo corretto e che è necessaria una ritrasmissione dello stesso.

L'SMS-STATUS-REPORT contiene informazioni sullo stato del messaggio: se è stato recapitato o meno dall'entità ricevente e quando è stato recapitato.

L'SMS-COMMAND contiene i comandi che devono essere associati ad un messaggio già inoltrato mediante SMS-SUBMIT.

I PDU sono scambiati tra telefono e SMSC mediante i canali di controllo, ed in particolare durante una chiamata attraverso l'SACCH (Slow Associated Control Channel) e in fase di standby attraverso l'SDDCH (Stand alone Dedicated Control Channel). Questo permette di ricevere ed inviare messaggi brevi anche quando i terminali sono in conversazione.

L'SMS/PP (Point to Point) è un protocollo senza connessione (connectionless), perché il terminale trasmittente e quello ricevente non vengono collegati fisicamente come avviene durante una chiamata, il tempo che intercorre tra la trasmissione del messaggio da un terminale mobile e la ricezione da parte di un altro terminale non è fisso ed è tipicamente più lungo rispetto ai servizi trasmissivi che usano la commutazione di circuito.

L'invio di un messaggio tra telefono e SMSC, indipendentemente dalla direzione, impiega un tempo da 3 a 5 secondi. La spedizione di un messaggio da un telefono ad un altro è il concatenamento di due operazioni di trasmissione e il ritardo complessivo varia in media dai 6 ai 10 secondi. In pratica però il ritardo può essere notevolmente superiore, anche di varie ore, infatti, i messaggi SMS vengono trasmessi attraverso i canali di controllo, e la velocità di trasferimento (throughput) dei messaggi viene notevolmente influenzata dal traffico generato da tutti gli altri segnali che condividono lo stesso canale di controllo, quali ad esempio, informazioni riguardanti la qualità della connessione radio, controllo di potenza, handover, aggiornamento della posizione ecc.

7.5.3 Nuove funzioni del servizio SMS

L'evoluzione del GSM è divisa in fasi. Ogni fase descrive tra le altre cose quale tipo di servizi il network GSM ed i telefoni devono offrire agli utenti.

Tra gli emendamenti fatti alle specifiche del sistema SMS nella "fase 2" e nella più recente "fase 2+", ci sono tre nuove caratteristiche specifiche per l'SMS/PP: [19]

- More message to send
È una caratteristica della "fase2", con cui può essere ridotto il tempo di trasmissione di messaggi multipli nella direzione MT (Mobile Termination)
Quando ci sono più messaggi e/o notifiche di stato per un unico telefono, la connessione col telefono è mantenuta fino a quando tutti i messaggi e/o le notifiche di stato sono stati trasferiti. Prima veniva aperta una connessione per

ogni singolo messaggio da trasferire anche nel caso di messaggi multipli consecutivi.

- **Alphabet extension**

È una caratteristica della “fase 2+”, con cui viene incrementato il numero di caratteri supportati dall’SMS.

Nelle fasi precedenti era specificato solo un unico alfabeto (7 bit SMS) che permetteva l’utilizzo di un numero limitato di caratteri (128) Con il nuovo alfabeto denominato “unicode” (16 bit ISO/IEC 10646) il set di caratteri è notevolmente più esteso. L’unicode supporta anche la compressione che viene effettuata mediante la codifica Huffman.

- **Concatenated Short Message**

È una caratteristica della “fase 2+” che permette di concatenare più messaggi brevi per formare un messaggio più lungo.

In questo modo è possibile scrivere messaggi fino a 38760 caratteri con codifica a 7 bit oppure 34170 con codifica ad 8 bit; possono essere concatenati un massimo di 255 messaggi.

Parte della capacità di ogni messaggio è usata per includere informazioni necessarie al ricevente per riordinare tutti i messaggi nella corretta sequenza.

7.6 IL SERVIZIO DI TRASMISSIONE DATI

Quando il sistema di telefonia cellulare GSM è stato introdotto, offriva esclusivamente servizi voce, ma poiché indipendentemente dal servizio richiesto, trasmette sul canale radio informazioni in forma numerica o digitale, si rivela un buon mezzo per la trasmissione dati.

Se si devono inviare dati attraverso una linea telefonica tradizionale analogica PSTN (Public Switched Telephone Network), è necessario utilizzare dei dispositivi chiamati modem (modulator-demodulator). Dal lato trasmittente il modem converte i dati in segnali variabili nel tempo (modulazione), in grado di attraversare la rete telefonica come se si trattasse di una conversazione; il segnale ricevuto viene successivamente riconvertito dal modem ricevente in segnale numerico (demodulazione).

Nel caso la trasmissione riguardi due terminali connessi entrambi con la rete GSM si deve tener presente che quest’ultima è di tipo digitale, quindi non è necessario l’utilizzo di modem che effettuino una conversione analogico/digitale. E’ eventualmente necessario un adattamento dei livelli tra le interfacce del DTE (Data Terminal Equipment) e del MT (Mobile Termination).

Nel caso in cui i due DTE non appartengano a reti omogenee, ad esempio un DTE sia connesso con la rete PSTN, il sistema GSM deve fornire delle funzioni di adattamento, dette IWF (Inter-Working Function)

IWF

L’IWF è un organo facente parte del sistema di commutazione della rete GSM. Viene implementato da un MSC ed ha le funzioni di gateway. Quest’organo si occupa della traduzione dei dati dal formato utilizzato nella rete GSM, in un formato

comprensibile dalla rete verso cui la chiamata viene smistata. Nel caso di una chiamata verso la rete analogica, l'IWF si comporterà esattamente come un modem analogico rendendo possibile la comunicazione con un modem analogico per linea commutata (PSTN). Il tipo di protocollo che verrà utilizzato dall'IWF per il tratto esterno alla rete GSM, viene determinato dal "bearer service" scelto dal lato GSM. In questo caso, la connessione tra i due utenti risulta in effetti composta da due collegamenti: un collegamento sulla tratta radio GSM tra la MS e l'IWF e un collegamento via modem su rete telefonica tra l'IWF e il destinatario.

Bearer services

Il bearer service stabilisce la velocità dei dati che verrà utilizzata durante la chiamata e il protocollo che utilizzerà l'IWF per il tratto su rete commutata (PSTN o ISDN). In questo modo viene "configurato" il modem presente all'interno dell'IWF.

7.6.1 Differenze GSM / PSTN

Il network GSM e gli altri network digitali che usano la stessa tecnologia ma frequenze diverse (GSM 1800 e GSM 1900), a differenza dei sistemi di tipo analogico, sono in grado di differenziare le chiamate dati, fax e voce. Infatti quando si effettua una chiamata verso un telefono GSM, al telefono viene indicato di che servizio si tratta (voce, dati o fax) e nel caso di chiamate dati il bearer service utilizzato. Se una chiamata è originata dalla rete pubblica PSTN, non ci sono funzioni che permettano di stabilire il tipo di chiamata. L'unico modo per distinguere i differenti servizi è quello di associare a ciascuno di essi un numero di telefono differente. [20]

L'utente GSM disporrà quindi di un numero differente per ogni servizio. Questi numeri aggiuntivi sono necessari soltanto per chiamate provenienti dalla rete commutata PSTN. Se si origina la chiamata dalla rete GSM oppure ISDN, la selezione del servizio viene effettuata con funzionalità già presenti in queste reti. In questi casi, per tutti i tipi di chiamata, si utilizza sempre e soltanto il numero di telefono principale.

I gestori di rete GSM di norma forniscono soltanto il servizio di fonia. Per ottenere anche i servizi dati e fax è necessario richiederli esplicitamente. Con l'attivazione di tali servizi il gestore fornirà i numeri aggiuntivi.

Rispetto alla rete PSTN, il network GSM è limitato dalla capacità della tratta radio che attualmente non consente di superare la velocità di 9.6 kbps, sia per la trasmissione dati che per quella fax, anche se la capacità complessiva è di 22.8 kbps, infatti il resto della capacità è usato per effettuare la correzione degli errori.

Un modem analogico per linea PSTN permette velocità decisamente superiori: 56 kbit/s.

7.6.2 Modalità di comunicazione

Quando i telefoni GSM effettuano una comunicazione dati, questa è generalmente di tipo asincrono e può usare le seguenti modalità: [20]

- Modalità trasparente;
- Modalità non trasparente.

Modalità trasparente

Non viene utilizzato nessun tipo di protocollo di controllo e correzione degli errori aggiuntivo su tutto il canale di comunicazione. Non ci sono ritardi introdotti sulla trasmissione. Con questa modalità, la verifica e correzione degli errori deve essere fatta dall'applicativo dell'utente.

Modalità non trasparente

La correzione degli errori viene effettuata direttamente sul link radio tra telefono mobile e il network GSM tramite un protocollo detto Radio Link Protocol (RLP), il quale effettua una ritrasmissione dei dati in caso di errori.

La connessione con RLP è più efficiente e più affidabile rispetto a quella effettuata con i tradizionali protocolli, perché la dimensione del pacchetto di dati trasmesso viene ottimizzata in funzione delle condizioni del segnale radio, che in genere nel link tra un telefono mobile e la stazione radio base sono continuamente variabili. Ciò significa che se ci sono errori nel pacchetto di dati ricevuto, è necessario ritrasmettere solo un piccolo pacchetto, invece di uno di grosse dimensioni come solitamente avviene con i protocolli usati in una connessione tra modem collegati attraverso una rete pubblica.

I dati trasmessi in questa modalità potrebbero subire dei ritardi nella trasmissione da un capo all'altro del link; questo è dovuto principalmente al fatto che il protocollo RLP ritrasmette automaticamente, senza che l'utente se ne accorga, i pacchetti errati.

7.6.3 Richiesta del servizio dati

Per poter effettuare trasmissione dati con i telefoni GSM è necessario possedere una SIM con abilitate le funzionalità dati. Le funzionalità dati vanno richieste all'apertura di un nuovo contratto oppure va richiesta l'estensione ad un contratto già esistente. Al gestore di rete bisogna esplicitamente comunicare quale modalità si desidera venga associata al numero dati. Per la maggior parte delle applicazioni la modalità ideale è quella "9600 non trasparente". [20]

All'utente il gestore di rete fornirà tre numeri telefonici: uno per la fonia, uno per la modalità dati e uno per la modalità fax.

8 IL FUTURO DEI SISTEMI RADIOMOBILI

Il servizio dati fornito dal sistema GSM è basato sulla tecnologia a commutazione di circuito e consente una velocità di trasferimento dati standard di 9.6kbps, troppo bassa per molte applicazioni che richiedono elevate velocità di trasmissione. La necessità di incrementare questa velocità ha spinto l'European Telecommunications Standards Institute (ETSI) a sviluppare per la rete GSM due sistemi dedicati alla trasmissione dati: il primo in ordine di tempo è l'HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), il secondo è il più noto GPRS (General Packet Radio Service).

8.1 HSCSD: HIGH SPEED CIRCUIT SWITCHED DATA

La tecnologia HSCSD è basata sulla commutazione di circuito, analogamente al GSM, ma a differenza del GSM, che utilizza un unico time slot sulla portante principale di 900 Mhz o 1800 Mhz, l'HSCSD utilizza quattro time slot contemporaneamente arrivando ad una velocità massima di 57,6 Kbps. [21]

Il vantaggio che essa ha sul GPRS è dato dal fatto che per poterla implementare i network GSM devono procedere solo ad alcuni aggiornamenti a livello di software, e non anche a livello hardware con un notevole risparmio sia in termini di denaro che di velocità di aggiornamento.

Tuttavia nel giugno 2001 solo 28 operatori della GSM Association hanno sviluppato reti HSCSD [22] e vi sono alcuni paesi dove nessun operatore ha mai offerto questo servizio, in particolar modo Francia ed Italia.

Il problema principale dell' HSCSD è dato proprio dall'utilizzo simultaneo dei quattro timeslots rispetto all'unico normalmente impiegato nelle chiamate vocali, quindi utilizzare la tecnologia HSCSD equivale ad effettuare quattro chiamate contemporaneamente, ma gli operatori GSM che hanno problemi di saturazione di rete e che servono un elevato numero di utenti non possono permetterselo. Il costo dovrebbe essere quindi quattro volte quello di una chiamata voce, prezzo ovviamente inaccettabile.

8.2 IL GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICE)

I piani di sviluppo del sistema GSM prevedevano un graduale passaggio all'HSCSD per muoversi successivamente verso il GPRS nell'arco di qualche anno, però un ritardo nell'attuazione delle varie fasi del GSM e, soprattutto, una forte spinta da parte dei vari gestori di servizi per un sistema di trasmissione a pacchetto, hanno modificato i piani originali. [23] L'arrivo del GPRS ha fatto adottare questo sistema da parte della stragrande maggioranza degli operatori, relegando l' HSCSD ad un ruolo sempre più marginale. [22]

Il GPRS consente un passaggio più graduale alla terza generazione, in quanto si presenta come ponte tra il "vecchio" sistema GSM (2G) e la futura rete UMTS. Esso non intende sostituire il GSM ma affiancarlo fornendo un migliore supporto ai dati per poter introdurre nuovi servizi in aggiunta a quelli già esistenti (SMS e WAP,

Wireless Application Protocol, una variante di HTTP adatta ad un contesto mobile) proprio per questo si parla anche della generazione 2.5 per la telefonia. [24]

L'introduzione del GPRS permetterà ai gestori di “stringere alleanze” con i fornitori di servizi (content provider), aprendo il mercato alle diverse imprese in grado di offrire ogni tipo di informazione possibile. I consumatori verranno così avvicinati ai servizi dati e ciò permetterà la costruzione di un mercato in vista del lancio del 3G (Terza Generazione). Il problema di fondo in questo scenario è che nessuno sa esattamente se esiste un mercato per la trasmissione dati ad alta velocità e richiesta di servizi multimediali su terminale mobile tale da giustificare gli investimenti. [21]

Il sistema GPRS, sfrutta l'attuale rete GSM per il traffico vocale introducendo però significative novità per i dati. Al contrario del servizio di trasferimento dati con modalità a commutazione di circuito, nel quale ogni connessione stabilita è dedicata solo all'utente che l'ha richiesta, il servizio GPRS consente la trasmissione dati a commutazione di pacchetto. I pacchetti vengono instradati in fasi separate attraverso i vari nodi di supporto del servizio, ed una volta che un pacchetto è stato trasmesso sull'interfaccia radio vengono rilasciate le risorse, che possono essere così utilizzate da qualche altro utente. Il pacchetto successivamente viene trasferito di nodo in nodo verso la sua destinazione finale.

L'accesso alla rete a pacchetto viene portato al livello dell'utente mobile attraverso protocolli quali TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), X.25, e CLNP (Connectionless Network Protocol), senza più bisogno di utilizzare delle connessioni intermedie a commutazione di circuito. [24]

Vantaggi della tecnologia GPRS

- La commutazione di pacchetto permette una migliore gestione delle risorse di rete;
- La velocità di trasferimento dati fornita dal GPRS è notevolmente superiore a quella offerta dal GSM. Teoricamente la velocità massima raggiungibile è di 171.2Kbps, nel caso si utilizzino tutti e otto i timeslot disponibili;
- Accesso ad Internet: l'accesso sarà possibile, oltre all'utilizzo del modulo GPRS come modem connesso ad un notebook, anche in modo diretto connettendosi direttamente dal terminale GPRS con un server web. La rete GPRS può così essere considerata come un'estensione wireless della rete Internet, dove i terminali GPRS costituiscono delle postazioni mobili.
- La tariffazione può essere effettuata in base all'effettivo volume di traffico e non al tempo di connessione.

Servizi offerti dal GPRS

I servizi specifici per il GPRS saranno numerosi nel prossimo futuro ma attualmente non ne esiste alcuno [24] se si escludono quelli già realizzati per GSM che tuttavia restano accessibili: WAP (reso più veloce dalla nuova architettura) e la possibilità di usare un cellulare GPRS come modem collegato tramite cavo o porta infrarossi ad un terminale portatile.

Le maggiori novità introdotte dal GPRS per quanto riguarda le opportunità offerte, [25] si concentreranno soprattutto nei servizi collegati alla trasmissione dati, rispetto alla trasmissione della voce. Tra questi potremmo distinguere le applicazioni connesse alla rete Internet e le applicazioni connesse ad altri servizi generali. I servizi GPRS potranno utilizzare diverse applicazioni Internet, le principali sono:

- Trasferimento di file, immagini, foto, download di dati attraverso il network mobile;
- Ricezione e invio di E-Mail che sostituiranno progressivamente gli SMS;
- Comunicazione audio-video, e condivisione di documenti;
- Connessione a LAN in modalità remoto; condivisione di applicazioni, telelavoro;
- Chat;

Inizialmente è prevista una maggiore diffusione del GPRS per applicazioni “business”, rispetto alla fascia “consumer”. Altre applicazioni del GPRS saranno le seguenti:

- Home automation: servizi che uniscono la sicurezza con il controllo a distanza, permettendo collegamenti video, l’attivazione di elettrodomestici etc.
- Telesorveglianza
- Applicazioni GPS (Global position System): applicazioni di localizzazione di mezzi, merci, orienting;
- Telemedicina

8.3 LA TERZA GENERAZIONE

La terza generazione della telefonia mobile è nata nel 1985 tramite l’ITU, International Telecommunication Union, con lo scopo di definire un unico sistema di terza generazione, ma la presenza di interessi diversi, ha reso impossibile raggiungere questo traguardo. Si è così arrivati ad IMT-2000, (International Mobile Communication) sigla che indica l’insieme dei nuovi standard di comunicazione. Di fatto è formato da una famiglia di sistemi tra cui l’UMTS; le principali caratteristiche dello standard IMT-2000 consistono in [26]:

- Copertura mondiale;
- Supporto per la trasmissione dati sia a commutazione di circuito, sia a commutazione di pacchetto;

- Velocità di trasmissione fino a 2 Mbps (in dipendenza della velocità dell'apparato mobile);
- Elevata efficienza dello spettro;

8.3.1 UMTS

Il sistema UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) è sviluppato dal Third-Generation Partnership Project (3GPP), una joint venture tra diversi organismi internazionali di standardizzazione, tra i quali ETSI (Europa), Association of Radio Industries and Business/Telecommunication Technology Committee (ATIB/TTC) (Giappone), American National Standard Institute (ANSI) T-1 (USA), Telecommunications Technology Association (TTA) (Corea del Sud) e Chinese Wireless Telecommunication Standard (CWTS) (Cina). [26]

Le innovative scelte tecniche adottate permetteranno di accedere a tutta una serie di servizi fino ad oggi impensabili e con prestazioni sempre più simili a quelli messe a disposizione dai sistemi fissi.

L'introduzione del sistema UMTS avverrà in fasi successive, caratterizzate da un progressivo aumento delle funzionalità. L'obiettivo è di fornire servizi con velocità pari a 2 Mbit/s per utenti a bassa mobilità, di 384 kbit/s per applicazioni dove è richiesta mobilità limitata all'interno di micro e macro celle e fino a 144 kbit/s per utenti con velocità pari a 500 km/h. Dato il grande successo avuto dal GSM è prevista una graduale migrazione tra i due sistemi: questo implica che i terminali UMTS possano operare anche come terminali GSM. [27]

La banda messa a disposizione è quella compresa tra 1885-2025 MHz e 2110-2200 MHz; in Europa i primi 15 MHz coincidono con parte della porzione di spettro assegnata al DECT, spetta agli organismi regolatori nazionali prendere provvedimenti perché le bande siano effettivamente disponibili. Le bande 1980-2010 MHz e 2170-2200 MHz sono state riservate al segmento satellitare così da consentire l'effettiva copertura globale.

L'architettura complessiva del sistema UMTS può essere divisa in due segmenti principali: la rete di accesso UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) e l'infrastruttura di commutazione e routing Core Network (CN).

La rete di accesso UTRAN utilizza la tecnica trasmissiva chiamata CDMA. Uno dei suoi vantaggi è che tollerando di sua natura l'interferenza isofrequenziale, permette di riutilizzare la stessa banda nelle celle adiacenti realizzando così dei cluster ad una sola cella [15].

Oltre che nelle tecniche trasmissive, la rete d'accesso, come pure la rete primaria, differirà da quella attuale per il tipo di trasporto: la commutazione di circuito e di pacchetto saranno molto più integrate di oggi,

Servizi UMTS

L'utente potrà utilizzare i servizi offerti tramite un Virtual Home Environment (VHE): un ambiente virtuale definito per garantire l'accesso ai servizi sottoscritti

nelle stesse modalità da lui impostate a prescindere dal terminale e dalla rete impiegati. È come se l'abbonato si trovasse nella sua rete originaria anche quando è in roaming su un altro operatore.

L'UMTS permetterà l'integrazione di testo, voce, video, multimedia su terminali mobili, permettendo la realizzazione di molteplici servizi alcuni dei quali sono:

- Applicazioni di video conferenza grazie all'uso di mini videocamere.
- Applicazioni di video-streaming, cioè la possibilità di ricevere filmati direttamente sul terminale.
- Video-Cataloghi commerciali on-line.
- Applicazioni di tele-medicina.

Il primo servizio UMTS è stato attivato nel 2001, e sono state concesse oltre 100 licenze ad operatori per sistemi 3G [28].

9 STRUTTURA DEL SISTEMA DI TELERILEVAMENTO

9.1 ACCESSO ALLA RETE GSM

9.1.1 Il modulo telefonico GM 862

Per accedere alla rete GSM si è utilizzato il modem GSM GM 862 (fig. 9.1) prodotto dalla Telit. Il GM 862 è sia un telefono GSM di fase 2 e classe 4, sia un telefono DCS di classe 2 ed integra al suo interno un adattatore seriale (DTA – Data Terminal Adapter) per la gestione delle funzioni dati/fonia/SMS. [20]



Figura 9.1 Il modulo telefonico GM 862

Quando connesso con un terminale il GM 862 emula il funzionamento di un modem analogico. Per garantire la compatibilità con i programmi di comunicazione esistenti il GM862 implementa un set di comandi AT identici a quelli di un modem analogico, con l'aggiunta di un set di comandi specifici per l'ambiente GSM in accordo con gli standard GSM 07.07 e GSM 07.05.

Con il GM 862 sono possibili i seguenti tipi di comunicazione:

- Trasmissione dati fino a 9600 bps sia in modalità *trasparente*, sia in modalità *non trasparente*;
- Invio e ricezione di chiamate in fonia;
- Invio e ricezione di Short Messages (SMS).

Il dispositivo è indicato per applicazioni quali:

- Sistemi di radiolocalizzazione basati su GPS e GSM;
- Terminali POS portatili;

- Telemetria;
- Connessioni wireless tra computer;
- Dispositivi di controllo remoto;
- Sistemi di sicurezza;
- Mobile office;
- Integrazione di sistemi di comunicazione esistenti;
- Trasmissione dati tra mezzi mobili.

9.1.1.1 Connessioni

Il GM 862 presenta le seguenti interfacce verso l'esterno:

- Connettore di servizio, sul quale sono presenti i contatti per l'alimentazione, per l'interfaccia seriale per l'interfaccia audio e per la SIM card;
- Connettore per l'antenna.

L'interfaccia seriale del GM 862 è utilizzata come interfaccia per i comandi AT e come interfaccia seriale per la trasmissione di dati, e SMS.

L'interfaccia seriale utilizza livelli logici a 2.8 V. Per utilizzare il GM 862 con un DTE dotato di interfaccia seriale V.24 si rende necessario l'impiego di un traslatore di livelli esterno.

I componenti necessari al funzionamento del modulo GM862 sono indicati in figura 9.2

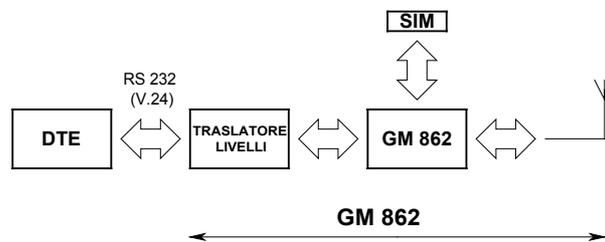


Figura 9.2 Sistema GM862

Nel seguito con i termini modem/modulo, GM862, si intenderà il sistema composto dal traslatore di livelli esterno, dall'antenna, dal SIM, e dal modulo GM862 vero e proprio.

9.1.1.2 Modalità operative

Il GM 862 deve essere collegato alla porta seriale di un terminale (DTE) sul quale risiede il software applicativo che gestisce la comunicazione e supporta esclusivamente comunicazioni seriali di tipo asincrono.

Analogamente ad un modem, il GM 862 è in grado di determinare in modo automatico la velocità e il formato dei dati usati dal DTE.

Si definisce modalità *base* il funzionamento in emulazione di un modem analogico con l'impiego esclusivo dei comandi AT convenzionali, mentre si definisce modalità *estesa* quando si utilizza anche il set di comandi specifici dell'ambiente GSM.

Nella trasmissione dati il GM 862 supporta sia la modalità *trasparente*, cioè senza la correzione dell'errore sulla tratta radio, sia quella *non trasparente*. Solo in quest'ultimo caso è possibile adattarsi alla velocità del dispositivo remoto e tale limitazione è imposta dallo standard GSM.

Il GM 862 permette collegamenti altre che verso altri terminali GSM, anche verso la rete telefonica tradizionale (PSTN) e la rete ISDN, anche in chiamata e risposta automatica. [20]

9.1.2 Il linguaggio AT

In generale i modem dispongono di un hardware e un software che consente di automatizzare procedure di configurazione, connessione e disconnessione, memorizzazione dei numeri telefonici, gestione della compressione dei dati, correzione degli errori ecc. [6]

Queste funzioni sono controllabili tramite opportuni linguaggi di comandi. Il linguaggio più diffuso è il linguaggio Hayes; in questo caso si parla di modem "Hayes compatibili" o di comandi AT, dal nome della società produttrice Hayes Microcomputers Product che per prima ha adottato una serie di comandi che iniziano con la stringa "AT" (ATtention) in grado di attivare diverse modalità di funzionamento dei modem. Data questa particolarità il linguaggio Hayes è noto anche come linguaggio AT. La notevole diffusione del linguaggio AT ha fatto sì che lo si possa considerare uno standard "de facto". [6]

In origine i comandi AT erano rappresentati dalle lettere dell'alfabeto; il set era così limitato a 26 comandi. Successivamente sono stati introdotti altri set di comandi AT che si riconoscono in quanto sono preceduti dai simboli "&", "\", "%", "+".

Il modem riceve i comandi AT dalla porta seriale che lo connette al DTE, e dopo ogni comando risponde con un messaggio di testo o con un codice numerico che permette di esaminare l'esito del comando oppure la realizzazione del software di comunicazione da inserire all'interno del DTE per la gestione automatica del modem.

Un modem Hayes compatibile dispone di due stati o modi ben definiti:

- Stato di comando;
- Stato di comunicazione.

Stato di comando

Il modem si dispone nel modo comando subito dopo l'accensione e in tale stato i caratteri forniti dal DTE sono interpretati come comandi. I comandi inviati permettono ad esempio di verificare o modificare la configurazione esistente, effettuare la procedura di connessione, inviare SMS (nel caso di modem GSM), memorizzare e richiamare numeri telefonici ecc.

Stato comunicazione

Una volta stabilita la connessione con il dispositivo remoto il modem entra nel modo comunicazione. In questo stato tutti i caratteri spediti dal DTE al modem sono trasmessi al corrispondente remoto; parallelamente il modem si predispone alla ricezione di eventuali dati trasmessi dal remoto.

Nel modo comunicazione il modem interpreterà come comando solamente il comando di *escape*: poiché quando il modem è connesso con un dispositivo remoto non interpreta i comandi ma trasmette tutti i caratteri ricevuti dall'interfaccia seriale, per riportare il modem allo stato comando l'utente, o il software di comunicazione, deve inviare una particolare sequenza ravvicinata di tre caratteri intervallati da un tempo di sicurezza definito in un apposito registro; questa procedura è detta *sequenza di escape*, inoltre la sequenza deve essere preceduta e seguita da un tempo di guardia, anch'esso definito in un registro, in cui non deve essere trasmesso nessun carattere. Il carattere di default usato nella sequenza di escape è il “+”.

I comandi AT possono essere forniti al modem sia operando manualmente da un terminale, sia mediante l'ausilio di un programma di comunicazione e dovranno comunque essere forniti in codice ASCII con modalità e sintassi conformi a quanto descritto dagli standard Hayes.

In ogni caso qualsiasi comando fornito ad un modem, ad eccezione dei comandi A/ (riesegue l'ultimo comando ricevuto) e della sequenza di *escape* dovrà essere preceduto dal prefisso AT. Nel caso non sia rispettata questa regola il comando non verrà riconosciuto e quindi non potrà essere eseguito.

Ogni volta che il modem identifica la sequenza AT effettua il riconoscimento automatico della velocità ed il formato di trasmissione usato dal DTE, (funzione di *autobaud*) consentendo quindi il corretto riconoscimento dei comandi che seguono.

In termini di sintassi dei comandi un modem riconosce ed esegue più comandi dati in sequenza sulla stessa riga. L'ultimo comando deve essere seguito dal codice di ritorno carrello (*return/invio*). Il formato dei comandi AT è il seguente:

```
AT<comando>[<parametro>,<parametro>..][<comando>[<parametro>,<parametro>.  
.]] <CR>
```

Dove <CR> rappresenta il carattere di ritorno carrello.

I vari comandi possono essere intervallati da spazi, per migliorarne la leggibilità, che comunque saranno trascurati dal modem.

La stringa di comandi fornita dal DTE viene memorizzata dal modem in un buffer, le cui dimensioni variano a seconda del modello del modem; ad esempio con il GM 862 si possono inviare un massimo di 80 caratteri. Il prefisso AT non occupa spazio nel buffer. È possibile modificare uno o più comandi fino a che non viene inviato il carattere <CR>.

9.1.2.1 Autobaud

Il termine autobaud identifica la capacità di determinare automaticamente la velocità e il formato dei bit usati dal DTE per codificare i dati nella comunicazione con il DCE. Ad esempio il GM 862 riconosce le seguenti velocità:

300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 bps

ed i seguenti formati di trasmissione asincrona:

7 E 1	7 bit/chr	Parità pari	1 bit stop
7 O 1	7 bit/chr	Parità dispari	1 bit stop
7 N 2	7 bit/chr	Parità assente	2 bit stop
8 N 1	8 bit/chr	Parità assente	1 bit stop
8 E 1	8 bit/chr	Parità pari	1 bit stop
8 O 1	8 bit/chr	Parità dispari	1 bit stop

9.1.3 L'interfaccia RS232

La raccomandazione del CCITT (Consultive Committee International Telegraph and Telephone) per realizzare l'interfacciamento tra il DTE e il DCE è indicata con la sigla V.24. [8]

La raccomandazione V.24 insieme alla V.28 (caratteristiche elettriche della linea dati) equivale alla norma americana EIA RS232-C (Electronics Industries Association)

Le raccomandazioni V.24 e V.28 fissano le caratteristiche fisiche ed elettriche degli apparati di trasmissione dati per velocità di trasmissione inferiori a 20 Kbps

La connessione fisica tra DTE e DCE si realizza tramite un cavo di breve lunghezza (max 15m) ai cui estremi si trova un connettore normalizzato dall'ISO (International Standard Organization); generalmente esso è dotato di 25 pin, e detto "Cannon tipo D", la normativa lo prevede di tipo femmina sul DCE e di tipo maschio sul DTE; normalmente però per il collegamento DTE-DCE viene utilizzato solo un ridotto numero dei pin, perciò le dimensioni del connettore si possono ridurre a 9 pin (fig 9.3).

I segnali di controllo si considerano allo stato di lavoro ON (stato logico 0) quando la tensione tra +3V ÷ +15V rispetto alla massa, mentre si considerano allo stato di riposo, OFF, (stato logico 1) se la tensione è compresa tra -3V ÷ -15V rispetto alla massa. L'intervallo delle tensioni compreso tra -3V e +3V si considera come "transizione" tra stato ON e stato OFF.

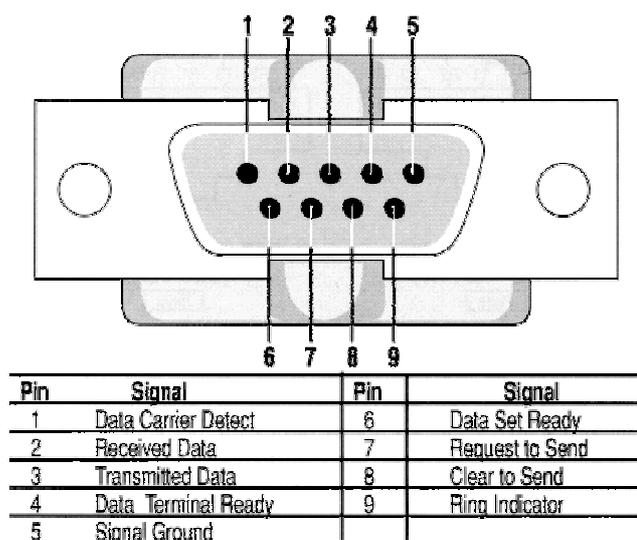


Figura 9.3 RS-232C riferita ad un DCE

Le specifiche definiscono tra l'altro quali circuiti sono connessi a ciascun piedino e il loro significato.

La gestione del colloquio è affidata al DTE (Data Terminal Equipment) che inizia il dialogo ponendo in condizione ON il circuito posto sul piedino 4 detto Data Terminal Ready (DTR) (fig 9.4), in questo modo il DTE comunica al DCE ad esso associato che è acceso e pronto a trasmettere. A questo punto il DCE associato, sollecitato dal precedente segnale risponde con il circuito posto nel pin 6, Data Set Ready (DSR), comunicando a sua volta al DTE che è pronto a trasmettere.

La fase di inizializzazione descritta deve essere ripetuta dal lato remoto della linea di collegamento tra i rispettivi DCE e DTE. Quando il DTE e il DCE sono pronti a trasmettere dati, i rispettivi circuiti DTR e DSR si troveranno nello stato ON.

Le apparecchiature sono così potenzialmente in grado di trasmettere e ricevere le informazioni; il DTE che ha i dati da trasmettere pone il circuito posto sul pin 7, Request To Send, RTS, in posizione ON, abilitando in questo modo il modem all'invio della portante, la quale sarà ricevuta e riconosciuta dal DCE ricevente tramite il circuito posto nel pin 1, Data Carrier Detect, (DCD), che segnala al DCE associato che ci sono dei dati da ricevere. Successivamente il DCE trasmittente informa del regolare avvio della portante tramite il circuito posto nel pin 8, Clear To Send (CTS); per tutto il tempo nel quale il DTE o il DCE sono pronti a ricevere dati, le linee RTS o CTS si trovano nello stato ON.

Al termine di questa fase, inizia la trasmissione dei dati da parte del DTE trasmittente sul pin 2, Transmitted Data (TD), e la corrispondente ricezione da parte del DTE ricevente sul pin 3, Received Data (RD).

(per convenzione il DTE trasmette dal pin 2 e riceve sul pin 3, mentre il DCE trasmette dal pin 3 e riceve sul pin 2).

Infine il circuito Ring Indicator (RI) è una sorta di "avviso di chiamata", passa allo stato ON quando il DCE rileva una chiamata in arrivo.

Con appositi accorgimenti, l'interfaccia RS232, originariamente pensata per connettere un DTE ad un DCE, può essere usata anche per connettere due DTE.

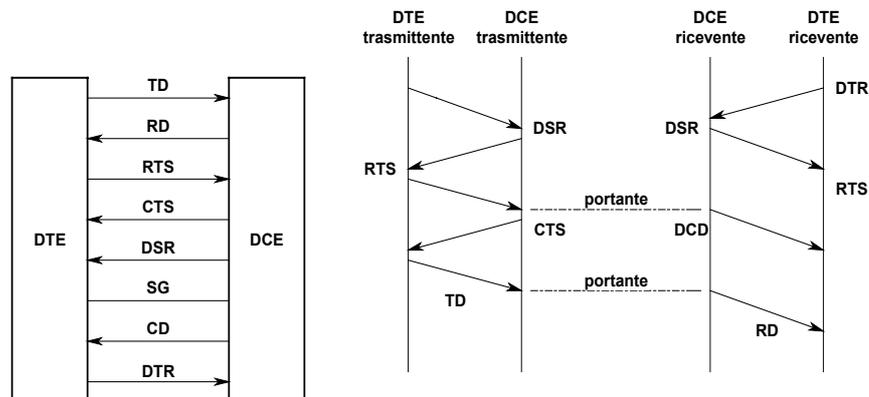


Figura 9.4 Segnalazioni DTE-DCE

9.2 ACQUISIZIONE DATI DAL DISTRIBUTORE

Le informazioni che il sistema di telerilevamento deve fornire riguardano, relativamente ad ogni distributore automatico in gestione, il valore delle scorte residue dei vari prodotti disponibili e il funzionamento dei dispositivi elettromeccanici.

Per poter ottenere queste informazioni è necessario acquisire dai distributori automatici i dati da elaborare. I modelli di distributori presenti sono molteplici questo comporta notevoli difficoltà per creare un'unica interfaccia comune che permetta il collegamento con la rete GSM, e uniformare quali siano i dati che si possono effettivamente rilevare dai distributori. Considerando i numeri elevati di unità che compongono il parco macchine (in genere ordine delle migliaia), questo problema è tutt'altro che trascurabile nella effettiva realizzazione di un sistema di telerilevamento reale, poiché le problematiche dovute all'interfacciamento di ogni singolo distributore potrebbero rendere irrealizzabile il sistema.

Attualmente per prelevare i dati da un solo punto vendita può essere necessario utilizzare più terminali: uno per il prelievo dei dati dal sistema di pagamento, uno per prelevarli dal distributore: esiste quindi un notevole problema di compatibilità. [4]

In realtà per migliorare le cose si stanno diffondendo due standard, precisamente l'EVA-DTS (European Vending Association - Data Transfer Standard e il MDB-ICP (Multi Drop Bus - Internal Communication Protocol) [4] [29].

- EVA DTS è uno standard che permette la comunicazione tra distributori automatici e terminali portatili.

Lo standard si compone di due parti, una dedicata all'interfacciamento elettrico e fisico fra i componenti interni alla vending machine e quelli esterni (terminali portatili), la seconda parte riguarda l'interpretazione dei dati generati all'interno della macchina, in modo che siano inviati in un formato univoco. L'idea è di permettere che elementi diversi quali distributori automatici, sistemi di pagamento etc. che generano informazioni rappresentate da stringhe alfanumeriche, possano essere interpretati in modo

univoco, permettendo così la compatibilità tra dispositivi costruiti da fabbricanti diversi.

Attualmente lo standard permette l'interfacciamento mediante interfaccia fisica di tipo ottico o via cavo, infatti esso è nato principalmente per connettere terminali portatili per l'acquisizione dati dal distributore automatico e dai dispositivi ad esso collegati, mentre non è ancora stato definito uno standard per le comunicazioni via GSM, o in generale tramite modem.

- MDB - ICP è uno standard che definisce le modalità di connessione e comunicazione tra i dispositivi presenti all'interno del distributore, quali gettoniere "rendiresto" o accettatori di monete, lettori di banconote, dispositivi cashless (chiavi elettroniche, tessere magnetiche); anche in questo caso lo scopo principale dello standard è quello di consentire la compatibilità tra dispositivi prodotti da fabbricanti diversi.

Per quanto riguarda il GSM allo stato attuale è necessario implementare una soluzione proprietaria, ma in futuro, lo sviluppo degli standard sopraccitati permetterà una riduzione dei costi e una più elevata compatibilità.

Senza entrare nel dettaglio di come si possano acquisire fisicamente i dati dal distributore, si può supporre che da un distributore automatico sia possibile rilevare quando viene effettuata una erogazione. Questo perché può essere l'elettronica stessa che gestisce il distributore a memorizzare e comunicare gli eventi, oppure perché si possono eventualmente introdurre opportuni sensori.

Poiché in un distributore automatico il valore delle scorte residue è strettamente dipendente dalle distribuzioni effettuate, conoscendo il numero di erogazioni e supponendo nota, come in genere lo è, l'autonomia dei serbatoi si può risalire al quantitativo di prodotto/i ancora disponibili tramite opportuno conteggio eseguito in modo automatico a livello locale e periodicamente, oppure al raggiungimento di un livello minimo delle scorte, si segnala la situazione alla centrale.

La determinazione delle scorte residue in questo modo pone però il seguente problema: per poter avere sincronia tra il conteggio effettuato a livello locale, e l'effettivo contenuto dei serbatoi, si deve "avvertire" il sistema ogniqualvolta si effettua il rifornimento del distributore, operazione solo apparentemente semplice, in quanto può succedere che l'operatore mobile possa, per motivi diversi, riempire solo parzialmente alcuni o tutti i serbatoi; c'è allora l'effettivo rischio di perdere la sincronia tra i valori che il sistema conta localmente e quello che effettivamente è presente all'interno del distributore. In definitiva si deve tenere presente che il valore massimo con cui i serbatoi possono essere riempiti è variabile nel tempo e questo comporta una diversa autonomia del distributore.

Una soluzione al problema precedente può essere data dal fatto che sono comunque necessarie delle operazioni manuali per il rifornimento della macchina. In genere quando si opera il rifornimento, il codice dei prodotti inseriti viene prima "letto" da uno scanner che memorizza i dati sul terminale portatile dell'operatore mobile. Si potrebbe allora pensare di sfruttare questa tecnica per informare la macchina sul quantitativo di prodotti realmente inseriti: una volta effettuato il rifornimento e quindi registrato quanto inserito si comunica, tramite il terminale mobile, alla sezione

del sistema di telerilevamento che acquisisce i dati dal distributore, l'esatto quantitativo di prodotto/i inseriti. A favore di questa metodologia c'è lo sviluppo degli standard precedentemente accennati, in particolare dell'EVA-DTS, che dovrebbe facilitare le comunicazioni tra apparati esterni e il distributore.

Altre soluzioni per l'acquisizione dei dati possono essere date dall'introduzione di sensori di livello posti sui serbatoi, soluzione questa forse più adatta ai distributori di bevande calde, o in genere dove si utilizzano serbatoi chiusi, piuttosto che nei distributori di merendine, dove i prodotti vengono inseriti in apposite "griglie" o piani girevoli.

Quest'ultima soluzione, fornendo direttamente il valore delle scorte disponibili, non comporta i problemi di sincronia precedentemente esposti.

Per quanto riguarda i dispositivi elettromeccanici ha importanza solo il sapere se questi funzionano o meno, il che richiede un'informazione di tipo "ON/OFF"; questo vale anche per il controllo di valori tipicamente analogici, quali la temperatura della caldaia o del frigorifero, in quanto è sufficiente che essa stia all'interno di un certo intervallo.

Questi dati possono essere rilevati da opportuni sensori, oppure dalle funzioni di autodiagnostica del distributore.

In conclusione si può dire che l'acquisizione dei dati dal distributore automatico può avvenire mediante opportuna interfaccia dotata di porte di comunicazione, e/o tramite l'introduzione di una apposita sensoristica.

9.3 ARCHITETTURA DEL SISTEMA

Il sistema di telerilevamento è costituito da più elementi e richiede due tipi di connessione: una a livello fisico e l'altra a livello logico.

La connessione relativa al livello fisico riguarda la parte hardware del sistema, cioè i collegamenti tra i vari dispositivi che lo compongono.

La connessione a livello logico riguarda invece la parte software del sistema, quindi le procedure di comunicazione tra i vari dispositivi, le quali definiscono le modalità del flusso delle informazioni e della loro presentazione.

9.3.1 Hardware

Il sistema di telerilevamento è un sistema distribuito e si può scomporre in tre sottosistemi principali:

- Sottosistema remoto;
- Sottosistema di comunicazione (rete GSM);
- Sottosistema centrale;

9.3.1.1 Sottosistema remoto

Si ha un sottosistema remoto per ogni distributore automatico e gli elementi che lo compongono sono un modulo telefonico di tipo GSM, in particolare per la realizzazione della simulazione si è utilizzato il modulo GM862 Telit, ed un dispositivo a microcontrollore con idonei circuiti di interfaccia che possa pilotare il modem telefonico, acquisire i dati dal distributore e compiere elaborazioni a livello locale.

L'utilizzo di un microcontrollore permette la programmazione del dispositivo di collegamento tra il modem telefonico e il distributore, facilitando così l'adattamento a distributori diversi poiché si può mantenere inalterata la parte che pilota il modulo telefonico e modificare solo la parte software e hardware dedicata alla gestione del distributore.

Microcontrollore

Il microcontrollore è un singolo circuito integrato programmabile che contiene tutti gli elementi necessari a formare un sistema completo di elaborazione. L'integrazione di tutti i circuiti in un solo chip e soprattutto la possibilità di programmazione, fanno sì che le applicazioni di questi dispositivi siano molto ampie (dall'automobile agli elettrodomestici) e in continua espansione.

Un microcontrollore è dotato di un insieme di periferiche che gli permettono di accedere al mondo esterno. Le più comuni periferiche disponibili sono le porte di I/O (Input output) di tipo "general purpose", unità di tipo seriale quali porte RS232, timer per la gestione di eventi temporali, convertitori analogici digitali (A/D) etc.

9.3.1.2 Sottosistema centrale

Dal lato della centrale, la versione base del sistema di telerilevamento prevede l'utilizzo di almeno un modem GSM, il che consente di utilizzare anche gli SMS per trasferire i dati ed elaborarli in modo automatico.

Nel caso si utilizzi solo la trasmissione dati è possibile utilizzare semplicemente un modem di tipo tradizionale.

Un caso reale però dovrebbe prevedere dal lato centrale più modem, controllati eventualmente da più PC in proporzione al numero di distributori gestiti. Il modulo telefonico può essere pilotato direttamente dal PC della centrale senza la necessità di dispositivi intermedi. La struttura base del sistema di telerilevamento è riportata in figura 9.5

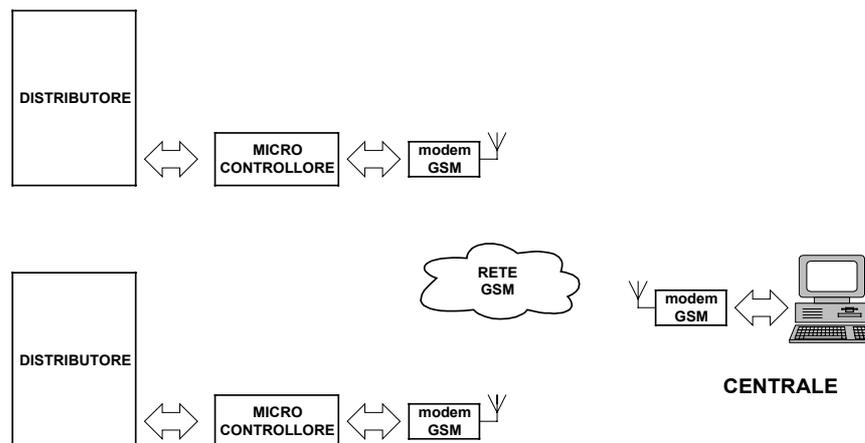


Figura 9.5 Schema base sistema di telerilevamento

9.3.2 Software

Il software applicativo che gestisce il sistema è distinto nel software relativo alle stazioni remote, e in quello relativo alla centrale di controllo.

9.3.2.1 Sottosistema centrale

Il software di gestione della centrale di controllo del sistema sarà costituito da vari moduli, ognuno dei quali dedicato ad una precisa funzione (fig 9.6):



Figura 9.6 Moduli software centrale di controllo

- Gestione del modulo telefonico
Al livello più basso si troverà il modulo di gestione del modem telefonico che deve gestire il terminale d'accesso alla rete GSM. Le possibilità di

comunicazione sono costituite da una connessione dati o dall'utilizzo degli SMS.

Nel caso si utilizzi una connessione dati, il programma di comunicazione deve gestire le seguenti fasi: instaurazione della connessione, trasferimento dei dati, ed infine la chiusura della connessione. Si devono inoltre gestire eventi quali una perdita della connessione, dovuta ad esempio a cause esterne non prevedibili, mentre è in atto il trasferimento dei dati, il che rende necessaria una ritrasmissione completa del messaggio. Altri eventi da gestire sono la oppure chiamata senza risposta, oppure su numero occupato.

Utilizzando gli SMS non si deve gestire una connessione poiché operano mediante un protocollo senza connessione il che semplifica il software di gestione della comunicazione; per contro il numero di caratteri e quindi di dati inviabili è limitato. A differenza della connessione dati, in cui i primi dati inviati sono i primi ad essere ricevuti, nel caso degli SMS può succedere che l'ordine d'invio non corrisponda a quello di ricezione.

- **Protocollo multipunto**

Il modulo che pilota il modem telefonico gestisce il colloquio con una periferica alla volta, è necessario allora introdurre un livello che si occupi della gestione della totalità delle periferiche stabilendo la modalità con cui queste debbano essere contattate. Esistono due tecniche principali in merito a questo chiamate polling e interrupt.

Nel polling la centrale di controllo interroga ciclicamente, in momenti opportuni, tutte le periferiche richiedendo così lo stato del distributore; la comunicazione avviene quindi su richiesta della centrale. Si può così avere una conferma del corretto ricevimento del messaggio da parte delle stazioni remote in base al fatto che si riceve una risposta da esse. Nel secondo caso, interrupt, sono le periferiche che autonomamente inviano una comunicazione alla centrale; si deve gestire ad esempio il caso in cui non ci sono comunicazioni per lungo tempo: può voler dire che non ci sono state distribuzioni oppure che il dispositivo è guasto.

- **Elaborazione dati**

Il modulo elaborazione dati interpreta ed elabora quanto ricevuto dalle periferiche remote ma anche quanto riceve dal utente.

- **Interfaccia utente**

Il modulo interfaccia utente gestisce i dati in modo da renderli comprensibili all'utente tramite una interfaccia grafica e mette a disposizione i comandi per il controllo del sistema.

9.3.2.2 Sottosistema remoto

Analogamente alla centrale di controllo, anche il software di gestione del dispositivo a microcontrollore sarà articolato in più livelli (fig 9.7). Essi sono la gestione del modulo telefonico, l'elaborazione dei dati e l'interfacciamento con il distributore.



Figura 9.7 Moduli software nelle stazioni remote

l'articolazione del software su più livelli è ancora più sentita, poiché i distributori sono diversi tra loro quindi il modulo che si interfaccia con il microcontrollore dipenderà strettamente dal distributore e dovrà essere adattato a seconda della macchina cui viene applicato.

Il modulo elaborazione dati dovrà elaborare localmente i dati ricevuti dal distributore e quanto ricevuto dalla centrale di controllo

In questo sottosistema non è necessario un protocollo multipunto poiché è sufficiente che le periferiche comunichino solo con la centrale.

10 IL MODELLO PROPOSTO

10.1 PRESENTAZIONE

L'architettura del modello proposto, è rappresentata nella figura 10.1 che evidenzia le corrispondenze con un sistema reale.

Il funzionamento del sistema di telerilevamento sviluppato è reso possibile tramite la simulazione del distributore automatico e del dispositivo a microcontrollore ad esso associato.

Il modello è diviso in due sezioni costituite dal sottosistema remoto e dal sottosistema centrale. Ognuna di esse è dotata di un modulo telefonico "Telit GM862" che consente l'accesso al canale di comunicazione costituito dalla rete GSM.

Poiché la modalità di scambio dati tra il microcontrollore e il distributore automatico è strettamente dipendente da quest'ultimo, nel sottosistema remoto si prescinde da come è effettuata in un caso reale e ci si limita a sviluppare una comunicazione virtuale tra i due moduli software, inoltre il fatto che essi siano separati evidenzia che si tratta di dispositivi fisicamente diversi. Ovviamente il modulo software che simula il dispositivo a microcontrollore deve essere in grado di pilotare il modem telefonico GM862

Il sottosistema centrale è costituito dal prototipo della centrale di telerilevamento funzionante su PC, e costituisce la base software su cui eventualmente sviluppare il sistema completo. La centrale a sua volta deve gestire il modem GM862.

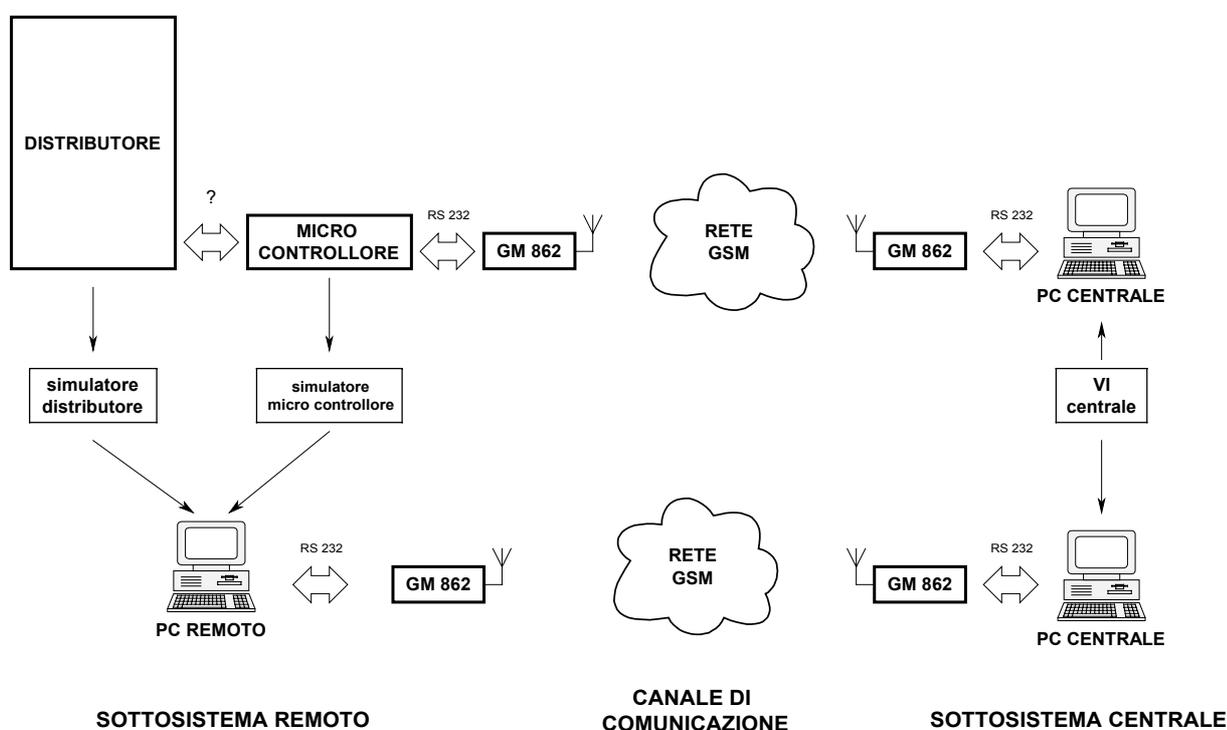


Figura 10.1 Il modello proposto

10.2 SPECIFICHE E IPOTESI DELL'APPLICAZIONE SVILUPPATA

10.2.1 Specifiche

Si è deciso di implementare un modello di sistema che consenta la telemetria da una rete di distributori automatici eroganti prodotti di tipo alimentare, fornendo il quantitativo dei prodotti presenti nei vari serbatoi dei distributori, segnalando le situazioni in cui sono richiesti interventi, individuando tali eventi nel vuoto prodotti e/o eventuali guasti dei distributori.

Poiché si trattano prodotti alimentari, deve essere data la possibilità di bloccare, direttamente dalla sede dell'impresa, il funzionamento dei distributori nel caso che i prodotti stoccati si deteriorino, a causa ad esempio di malfunzionamenti del gruppo di refrigerazione oppure siano scaduti.

Nel dettaglio le specifiche sono le seguenti:

- Il sistema di telerilevamento deve essere gestito a livello centrale tramite PC;
- La comunicazione tra il sottosistema remoto e la centrale avviene esclusivamente mediante SMS;
- Fornire un report periodico sull'attività svolta da ogni distributore in cui sono riportate le quantità di scorte rimanenti nei serbatoi, le quantità distribuite relativamente all'ultimo report, le quantità necessarie per riempire i serbatoi, la data e ora cui la situazione si riferisce;
- Segnalare tempestivamente dal loro verificarsi guasti del distributore ed esaurimento dei prodotti;
- Visualizzare la situazione più recente disponibile sull'attività del generico distributore, riportando l'indirizzo in cui si trova e il numero di matricola assegnato dal costruttore;
- Possibilità di richiedere lo stato attuale dei distributori in un qualsiasi momento;
- Archiviare i dati ottenuti in un file in formato testo;
- Contattare dalla centrale gli operatori mobili tramite SMS.

10.2.2 Caratteristiche della rete di distribuzione

Si ipotizza che la rete di distribuzione sia formata da un numero indefinito di distributori automatici di tipo alimentare appartenenti alla stessa “famiglia” con le seguenti caratteristiche comuni:

- Possono erogare sia prodotti confezionati, sia prodotti derivanti da miscele di vari ingredienti (bevande calde);
- La selezione dei prodotti avviene tramite pulsanti;
- Il distributore è dotato di una porta di comunicazione seriale che, per ogni erogazione, invia una stringa di caratteri indicante il pulsante premuto;
- Nel caso delle bevande calde gli erogatori distribuiscono i vari ingredienti secondo quantità predeterminate e costanti nel tempo;
- Per ogni serbatoio, è nota la sua capacità massima. Il distributore permette di settare le quantità e il tipo di ingredienti utilizzati per ogni erogazione quindi si può risalire al numero di erogazioni complessivo all'autonomia del serbatoio;
- La sensoristica dei distributori mette a disposizione una serie di contatti di tipo ON/OFF che permette di rilevare lo stato di funzionamento dei principali dispositivi elettromeccanici.
- Il dispositivo di pagamento è costituito da una gettoniera il cui blocco inibisce la capacità del distributore di erogare un qualsiasi prodotto, anche se il distributore è regolarmente funzionante. La gettoniera è attivabile tramite un contatto ON/OFF.

Il distributore di dimensioni maggiori contiene 8 serbatoi, è dotato di 6 pulsanti per l'erogazione dei prodotti e di 6 elementi funzionali da monitorare.

10.2.3 Ipotesi

La simulazione è soggetta alle seguenti ipotesi:

- Si assume che la rete GSM sia un canale di comunicazione “sicuro” nel senso che gli SMS trasmessi siano sempre ricevuti dal destinatario.
La possibilità della mancata consegna di un messaggio SMS da parte della rete GSM è infatti remota, (a meno che non scada il Validity Period), quindi, si è utilizzato un protocollo di trasmissione senza riscontro: quando il destinatario riceve l'SMS non invia nessuna risposta dell'avvenuto ricevimento al mittente. Il momento di ricevimento degli SMS non è prevedibile a priori. Anche se nella maggior parte dei casi il tempo di consegna è compreso entro pochi minuti

dall'invio, può succedere che per eventi non prevedibili essi siano soggetti a notevoli ritardi e quindi si potrebbero verificare casi di perdita di sequenzialità: un messaggio arriva a destinazione dopo un messaggio inviato successivamente dallo stesso mittente verso lo stesso destinatario. Poiché in un caso reale il numero di SMS scambiati tra un generico distributore e la centrale sarebbe limitato ad un massimo di qualche unità giornaliera, si può supporre che tutti gli SMS arrivino a destinazione nel medesimo ordine cronologico con cui sono stati inviati.

- Poiché è possibile rilevare le distribuzioni effettuate, per evitare i problemi di sincronia tra il valore del contenuto dei serbatoi calcolato dal sistema e quello effettivamente presente nei serbatoi, si suppone che quando viene effettuato il rifornimento del distributore automatico, i serbatoi siano riempiti fino ai loro livelli massimi.
- Un distributore reale eroga prodotti solo se viene inserito del contante, o apposite chiavi elettroniche prepagate ecc; nel seguito però si trascurerà il problema del pagamento poiché è influente ai fini della simulazione.

10.3 ANALISI DEL SISTEMA

10.3.1 Modello ambientale

Consideriamo per il momento di applicare il sistema di telerilevamento ad un unico distributore definendo un modello ambientale del sistema. Il modello ambientale determina i confini che il sistema di telerilevamento ha con l'ambiente esterno, definendo le informazioni che entrano nel sistema e quelle che esso deve produrre come output.

Le entità, con cui il sistema deve comunicare sono il distributore automatico, l'operatore mobile, l'operatore della centrale e l'archivio dati (figura 10.2).

In particolare lo scambio di informazioni dal punto di vista esterno al sistema è sempre bidirezionale tranne nel caso in cui il sistema archivia i dati.

Infatti si ha che dal lato del distributore automatico il sistema ne rileva i dati utili relativi allo stato degli elementi funzionali e delle consumazioni fornite, che costituiscono un input, ma a sua volta comanda lo stato della gettoniera fornendo quindi un output verso il distributore automatico.

Dal lato della centrale il sistema fornisce come output lo stato di attività dei vari distributori e ne segnala i malfunzionamenti o i vuoti prodotti, ma allo stesso tempo deve ricevere come input i comandi dell'operatore della centrale quali la richiesta dello stato d'attività del distributore, la modifica dello stato di funzionamento della gettoniera e le comunicazioni da fornire all'operatore mobile.

L'operatore mobile deve comunicare al sistema quando effettua l'operazione di rifornimento, e può ricevere da esso eventuali comunicazioni inviategli dall'operatore della centrale.

Il sistema infine archivia su file i report d'attività e gli allarmi segnalati dal distributore, in un formato leggibile da un normale programma di wordprocessor.

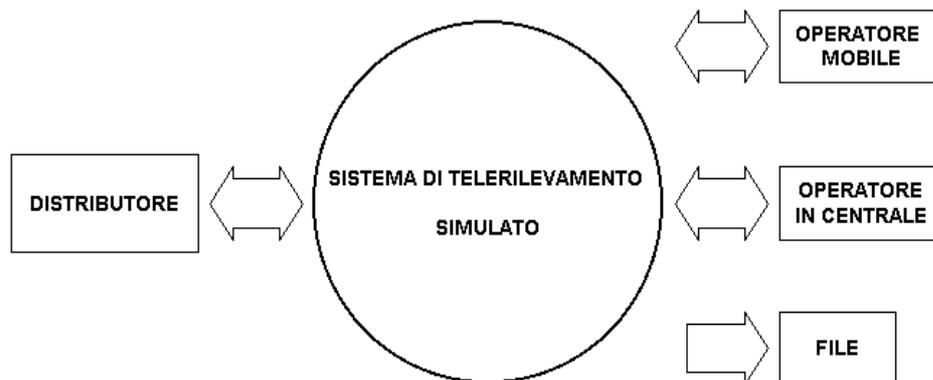


Figura 10.2 Il modello ambientale

Gli input e output del sistema sono riassunti nella figura 10.3 e seguono la convenzione indicata in essa.



INPUT	OUTPUT	ENTITA'
Erogazione di un prodotto Sensore elemento funzionale	Modifica stato gettoniera	Distributore
Rifornimento	Comunicazioni ritenute utili dall'operatore in centrale	Operatore mobile
Richiesta report d'attività Comando modifica stato gettoniera Comunicazioni verso l'operatore mobile	Report d'attività Allarmi del distributore	Operatore in centrale
	Report d'attività dei distributori Allarmi rilevati dai distributori	File

Figura 10.3 Convenzione e tabella input/output

10.3.2 Modello comportamentale

Dal modello precedente si sono ottenuti gli input del sistema; essi costituiscono gli eventi, provenienti dall'ambiente esterno, che devono essere riconosciuti ed elaborati, mentre gli output rappresentano le risposte che il sistema offre in seguito alle elaborazioni effettuate dagli input ricevuti.

Il modello comportamentale definisce invece le funzioni di massima che il sistema deve avere per rispettare le specifiche assegnate al verificarsi degli eventi esterni; queste funzioni a loro volta possono essere scomponibili in più parti.

Per ogni evento si indicano le funzioni che il sistema deve effettuare:

Erogazione di un prodotto

Quando il distributore eroga un prodotto, il sistema deve aggiornare la situazione delle scorte, le distribuzioni effettuate ed eventualmente segnalare l'allarme tempestivamente, se il serbatoio si è esaurito.

Sensore elemento funzionale

Il cambiamento di stato di un sensore associato al funzionamento di un elemento funzionale indica che quest'ultimo si è guastato: il sistema deve segnalare tempestivamente il guasto.

Rifornimento

Il rifornimento del distributore deve essere segnalato al sistema e comporta l'aggiornamento dello stato delle scorte disponibili.

Richiesta report d'attività

Il sistema deve rilevare lo stato delle scorte, le distribuzioni effettuate, calcolare le unità di ripristino, formattare il report e renderlo disponibile per l'operatore della centrale. Iniziare poi un nuovo conteggio delle distribuzioni effettuate azzerando i contatori parziali.

Comando gettoniera

L'operatore in centrale comanda la modifica dello stato della gettoniera e il sistema deve eseguire il comando.

Comunicazione verso l'operatore mobile

Il sistema deve incamerare il messaggio dell'operatore in centrale e formattare l'SMS verso l'operatore mobile.

10.3.3 Output del sistema

La funzione base del sistema è fornire la telemetria delle varie stazioni periferiche. L'informazione deve essere fornita sia sul monitor del PC sia registrata in un file di archivio in formato testo per una successiva stampa o lettura tramite altri programmi. L'idea è di rappresentare, questi valori in tabelle aventi un formato simile alla fig.10.4 sia per la visualizzazione sul monitor del PC della centrale, sia per quella del file, completandoli con altri dati utili relativi al distributore.

Operando con più distributori periferici è necessario introdurre un identificativo (ID) da associare ad ognuno di essi per individuarlo univocamente

Le tabelle riportano rispettivamente:

- Stato dei serbatoi, indicando per ognuno di essi il nome o codice del prodotto che contengono, il residuo presente in termini di erogazioni disponibili, le quantità erogate dall'ultimo report effettuato, la capacità massima di prodotto che possono contenere e la quantità necessaria per riempire il serbatoio.

- Stato degli elementi funzionali, indicando il nome dell'elemento e se funziona o meno tramite delle frasi come "ok" oppure "guasto".
- Una tabella che riporta le generalità del distributore, costituita dall'indirizzo, il numero di matricola, la data e l'ora cui si riferiscono le informazioni delle precedenti tabelle.

Nome serbatoio	Residuo	Erogato	Capacità	ripristino
.....
.....

Nome elemento	stato
.....
.....

Generalità distributore	
Indirizzo del distributore:
Numero di matricola:
Data, ora
Identificativo ID

Figura 10.4 Formato di rappresentazione dei dati

10.3.4 Relazioni tra i sottosistemi

Il sistema di telerilevamento è scomponibile nei seguenti sottosistemi principali (fig 10.5):

- Sottosistema remoto o periferico
- Rete GSM
- Sottosistema centrale



Figura 10.5 Sottosistemi principali

Sottosistema remoto

Il sottosistema remoto è a diretto contatto con il distributore automatico; tramite il dispositivo a microcontrollore rileva le consumazioni effettuate e aggiorna a livello locale la situazione delle scorte e al momento opportuno comunica questi valori alla centrale.

L'operatore mobile, tramite un pulsante situato nel distributore automatico, segnala al dispositivo a microcontrollore quando ha effettuato il rifornimento in modo che quest'ultimo possa aggiornare il nuovo livello delle scorte disponibili.

Il dispositivo a microcontrollore monitorizza lo stato degli ingressi on-off associati agli elementi funzionali percepiscono le variazioni, e su apposito comando dalla centrale di controllo varia lo stato dell'on off associato alla gettoniera.

Comunica con la centrale, inviando un SMS d'allarme quando riconosce un vuoto prodotti o una variazione dello stato degli ingressi on-off, inoltre invia il report d'attività quando richiesto.

Sottosistema GSM

Una caratteristica della comunicazione tramite SMS consiste nel fatto che il sistema GSM inserisce in ogni SMS, prima di consegnarlo al destinatario, la data e l'ora in cui è stato inviato. Si può delegare a questo sottosistema il compito di indicare il periodo cui il report è riferito.

Sottosistema centrale

Quando la centrale di controllo riceve un SMS, lo elabora per verificare se riporta delle informazioni d'allarme quali vuoto prodotti o guasti agli elementi funzionali. Nel caso di un guasto l'identificativo della stazione remota che ha inviato l'SMS deve essere visualizzato immediatamente.

In ogni caso è la centrale che associa ai valori ricevuti dall'SMS, in base all'identificativo in esso contenuto, tutti i dati per completare l'informazione costituiti dai nomi dei prodotti inseriti nei serbatoi, quelli degli elementi funzionali, il numero di matricola e l'indirizzo in cui è posizionato il distributore. Il tutto viene formattato secondo le tabelle viste sopra e archiviato su un file per rendere i dati disponibili in un secondo tempo.

Poiché si deve poter visualizzare la situazione più recente del distributore, la centrale gestisce una tabella chiamata "tabella ultimi messaggi" che riporta per ogni distributore il report più recente sull'attività svolta: ricevuto l'SMS, dal processo di elaborazione si ottiene l'ID del distributore e si sostituisce il messaggio ricevuto nella tabella ultimi messaggi; esso viene conservato fino all'arrivo di un successivo SMS proveniente dallo stesso distributore.

I vari output conseguenti al ricevimento del SMS sono riportati in figura 10.6.

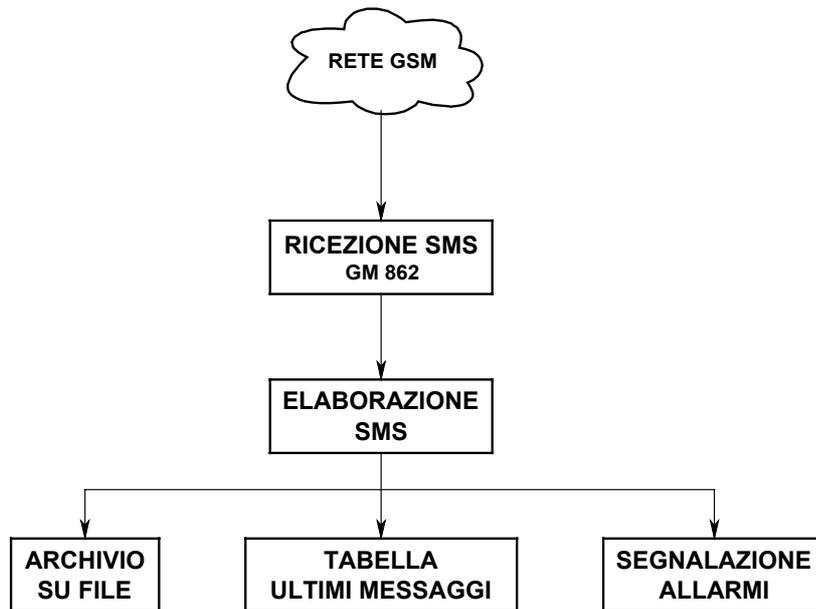


Figura 10.6 Output SMS ricevuti

Quando l'operatore della centrale richiede la visualizzazione dello stato del distributore, dalla tabella ultimi messaggi viene prelevato il messaggio corrispondente all'ID del distributore richiesto dall'operatore; il messaggio subisce un processo di elaborazione simile a quanto avviene per la memorizzazione su file, solo che l'output viene riportato in forma di tabelle sul monitor del PC (fig 10.7).



Figura 10.7 Visualizzazione stato del distributore

Comunicazione con le periferiche

Si è scelto di aggiornare il report d'attività dei distributori solo su richiesta della centrale e si sono date le seguenti possibilità:

- Tramite la modalità “automatica”, impostando l'intervallo di tempo tra un aggiornamento e il successivo, la centrale invia un SMS per la richiesta del report d'attività ai dispositivi remoti.
- Tramite un comando manuale è possibile ottenere la stessa funzione precedente by-passando la modalità automatica che comunque resta attiva.
- Tramite la selezione dell'ID del dispositivo remoto e quindi del distributore, si richiede con un SMS, il report d'attività limitatamente al distributore selezionato.

È inoltre possibile inviare generici SMS agli operatori mobili;

Le operazioni possibili sono indicate in fig 10.8

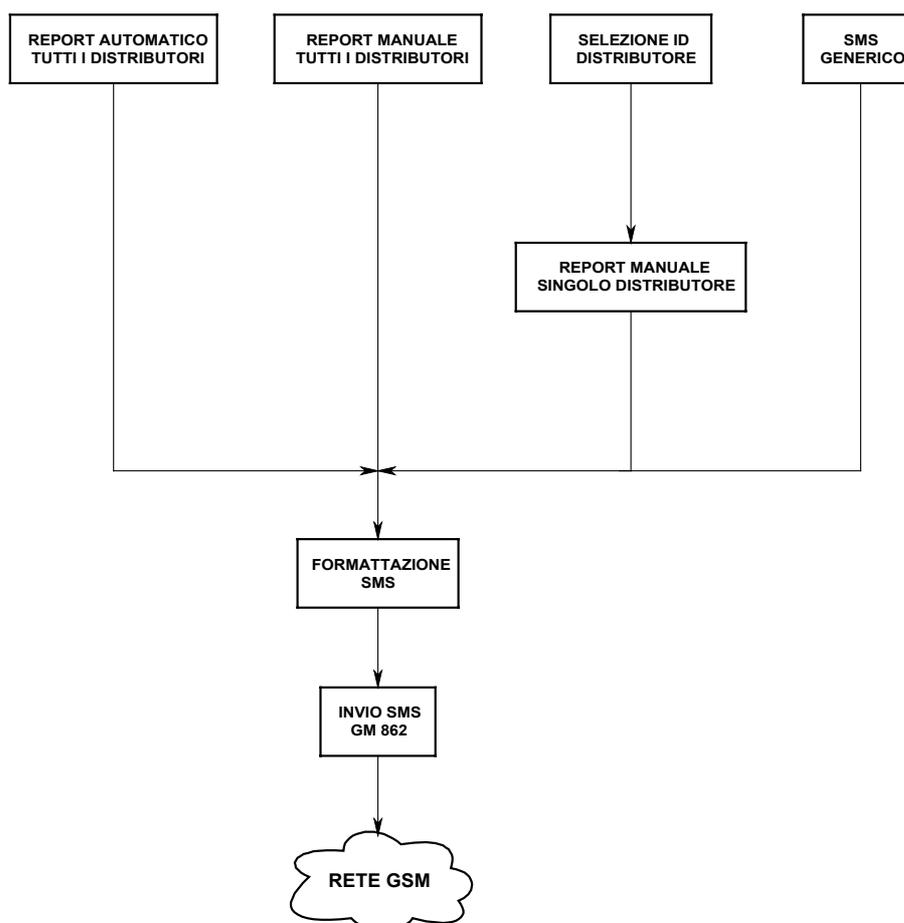


Figura 10.8 Comunicazione con le periferiche

10.4 ACQUISIZIONE DATI DAL DISTRIBUTORE

E' riservato al sottosistema remoto, in particolare al dispositivo a microcontrollore, il compito di acquisire i dati dal distributore. Da questo punto di vista la modalità di acquisizione è la stessa per tutti i distributori, nel senso che gli elementi funzionali sono rilevabili tramite contatti on off e inviano una stringa di caratteri per ogni pulsante premuto.

Il dispositivo a microcontrollore deve allora rilevare la variazione di stato dei contatti; poiché il numero massimo di elementi funzionali è 6, a cui si devono aggiungere un on-off per il comando della gettoniera ed uno per il pulsante di rifornimento, si ha che il dispositivo a microcontrollore deve comandare almeno 8 linee I/O tipo on-off.

Il dispositivo a microcontrollore deve riconoscere le stringhe di caratteri associate ai pulsanti, individuando quale è stato premuto e risalire alle quantità di prodotti usciti per poter aggiornare la situazione locale.

Per fare questo si utilizza una tabella che mette in relazione i pulsanti dei distributori con i serbatoi.

Il distributore più grande ha 6 pulsanti e 8 serbatoi allora si è introdotta una matrice con 6 righe e 8 colonne fig (10.9):

	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
P_0								
P_1	1			2				
P_2								
P_3								
P_4								
P_5								

Figura 10.9 Relazioni pulsanti /serbatoi

Dove:

P_0 ...P_7: pulsanti del distributore premibili dall'utente

S_0 ...S_7: serbatoi del distributore

Ogni elemento della matrice corrisponde ad un pulsante e ad un serbatoio. Il valore dell'elemento indica la quantità di ingrediente contenuto nel serbatoio impiegata per fornire il prodotto finito associato al pulsante premuto dal cliente del distributore.

Ad esempio, nella seconda riga della fig 10.9 si ha che quando viene premuto il tasto P_1 sono necessarie 2 unità del serbatoio S_3, ed una del serbatoio S_0 per fornire il prodotto completo.

Con questo sistema è possibile valutare i consumi dei prodotti preconfezionati e di quelli che richiedono un mix di ingredienti (bevande calde); nel primo caso basterà

mettere un 1 nel serbatoio in cui si trova il pulsante ed uno 0 in tutti gli altri elementi della riga associata al pulsante. Negli altri casi si inserisce il volume utilizzato. Nel caso di distributori con un numero di serbatoi o pulsanti inferiore basterà eliminare una riga o una colonna inserendo degli zeri.

L'aggiornamento della situazione locale è effettuata introducendo due vettori riga di dimensioni pari al numero dei serbatoi; uno di essi è associato alle quantità erogate (vettore erogato) mentre l'altro al contenuto dei serbatoi (vettore residui).

Nel vettore che rappresenta le scorte residue, si parte dalla condizione iniziale in cui ogni elemento riporta il valore della capacità massima del serbatoio corrispondente, tale situazione è quella che si ha quando è effettuato il rifornimento.

Ad ogni erogazione si effettua una sottrazione vettoriale, elemento per elemento, tra il vettore rappresentante il residuo e la riga della tabella relazioni pulsanti/serbatoi corrispondente al prodotto selezionato. Si ha così l'aggiornamento attuale di ogni serbatoio.

In questo modo quando un elemento del vettore raggiunge un predeterminato livello minimo, può segnalare la richiesta di rifornimento. Nel caso in esame si è supposto che il livello minimo sia lo zero e corrisponda all'esaurimento dei prodotti.

In modo analogo, per avere la situazione delle distribuzioni effettuate, si opera la somma vettoriale tra il vettore erogato e quello corrispondente alla riga del pulsante selezionato nella tabella relazioni pulsanti/serbatoi. Una volta inviato il report il vettore erogato deve ripartire da zero per riprendere un nuovo conteggio.

	S 0	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7
P 0								
P 1	1			2				
P 2								
P 3								
P 4								
P 5								

Vettore erogato

Vettore residuo

In conclusione per quanto riguarda la gestione delle scorte il dispositivo a microcontrollore deve memorizzare la tabella che riassume le relazioni tra i pulsanti ed i serbatoi, le capacità massime dei serbatoi e le stringhe che codificano i pulsanti di selezione.

La tabella è dimensionata per il distributore di capacità maggiore ed è utilizzabile per tutti gli altri distributori.

10.5 PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE

10.5.1 Tempistica e contenuti del messaggio

Complessivamente la comunicazione tra i due sottosistemi deve avvenire nei seguenti casi:

- Un contatto on off associato ad un elemento funzionale cambia stato;
- Un serbatoio si esaurisce o raggiunge un livello minimo di riordino; è necessario introdurre una condizione che segnali l'evento: si è posto allora che l'evento si verifica quando l'elemento del vettore associato diventa 0;

nei casi appena esposti è il sottosistema remoto che se ne deve accorgere e inviare in modo autonomo e tempestivo un SMS di allarme.

- Report d'attività svolta riportante l'erogato e il residuo per ogni serbatoio.

il sottosistema centrale invia, quando ritiene necessario, una richiesta di report d'attività all'unità remota che risponde inviando l' SMS contenente il report.

Poiché il sistema può controllare la gettoniera causando il blocco del attività del distributore si prevede che l'attivazione del blocco gettoniera comporti l'invio di un report che segnala l'evento; questo per cautelarsi da un eventuale invio involontario del comando.

Per inviare un messaggio alla centrale il dispositivo remoto deve conoscere il numero telefonico della centrale stessa quindi il microcontrollore deve memorizzarlo.

Poiché i dati da trasmettere non sono molti, si è pensato di riunirli in un unico messaggio, che comprenda sia il report dell'attività svolta sia la situazione dei guasti, in modo da avere un quadro completo della situazione e rendere più semplice il software di gestione della comunicazione. Inoltre un SMS ha lo stesso costo indipendentemente dal numero di caratteri utilizzati.

Operando in questo modo si deve introdurre un criterio per stabilire se il messaggio ricevuto in centrale è dovuto ad una richiesta dalla centrale stessa oppure ad un allarme: si è allora introdotto un flag che viene settato o meno dal dispositivo a microcontrollore al momento dell'invio del messaggio a seconda si tratti di un invio dovuto ad una richiesta, oppure di un invio dovuto ad una causa locale (allarme).

10.5.2 Formattazione dei messaggi:

Messaggi inviati da remoto

Un messaggio SMS mette a disposizione 160 caratteri, ed è stato strutturato nel seguente modo:

la stringa di caratteri rappresentante l'SMS è suddivisa nei campi intestazione, identificativo, flag, ingressi on off, serbatoi.

intestazione	Identificativo	flag	ingressi ON/OFF	serbatoi
--------------	----------------	------	-----------------	----------

- Intestazione: è la stringa di caratteri che permette di riconoscere gli SMS propri del sistema di telerilevamento da altri SMS che possono essere ricevuti. Si è scelta la stringa "header"
- Identificativo: è il codice che identifica univocamente ogni distributore remoto. È formato da 3 caratteri qualsiasi.
- Flag: è composto da un byte dove è attivo solo il bit F 0 che distingue se il messaggio è dovuto ad una richiesta della centrale o è causato da una situazione di allarme, gli altri sono a disposizione per usi futuri.

x = 0 messaggio in seguito a richiesta della centrale

x = 1 messaggio inviato autonomamente dal sottosistema remoto in seguito ad allarme

F 7	F 6	F 5	F 4	F 3	F 2	F 1	F 0
0	0	0	0	0	0	0	x

Il valore ottenuto viene decodificato in esadecimale ed inserito nel campo flag

- Ingressi ON/OFF: è composto da due byte, di cui solo il primo è utilizzato mentre il secondo è disponibile per usi futuri. Il tutto è decodificato in esadecimale e il valore è inserito nel campo

I 15	I 14	I 13	I 12	I 11	I 10	I 9	I 8	I 7	I 6	I 5	I 4	I 3	I 2	I 1	I 0
1	1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x

x = 0 l'elemento associato è regolare

x = 1 l'elemento associato è in allarme

y = 1 è avvenuto il rifornimento, i livelli dei serbatoi sono al loro valore massimo

y = 0 valore di default

- Serbatoi: per ognuno si ha a disposizione un campo di 6 caratteri in cui i primi 3 rappresentano le cifre che esprimono, in forma decimale, l'erogato parziale. I restanti 3 caratteri, sono delle cifre che in forma decimale, rappresentano le scorte residue
Tenendo questo campo per ultimo è più facile adattarlo nel caso di un aumento dei serbatoi.

S 8	S 7	S 6	S 5	S 4	S 3	S 2	S 1
E R	E R	E R	E R	E R	E R	E R	E R

Dove:

- “E” erogato parziale 3 cifre
- “R” residuo 3 cifre

“E” + “R” = 6 caratteri

Messaggi verso i distributori

Per inviare l’SMS contenente il report di attività, il dispositivo remoto deve riconoscere il messaggio di richiesta di trasmissione inviato dalla centrale. Analogamente per variare l’uscita on-off che comanda la gettoniera deve riconoscere il comando proveniente dalla centrale. È allora necessario implementare un set di comandi che il remoto riconosca.

In aggiunta ai comandi precedenti, è stata introdotta la possibilità di variare dalla centrale il numero di telefono impostato nel remoto e l’identificativo associato al distributore.

Allo scopo sono stati definiti degli SMS di comando che vengono inviati dalla centrale verso le unità remote e sono così formattati:

Il formato dei messaggi inviati verso i distributori è costituito da due campi:

- Intestazione;
- Comando;

Intestazione	Comando
--------------	---------

Intestazione: è la stessa dei messaggi inviati da remoto.

Comando: è la stringa di caratteri che specifica al microcontrollore applicato al distributore automatico quale azione deve intraprendere; le stringhe possibili sono le seguenti:

- RICH: richiesta di invio dei dati attuali (aggiornamento);
- NEWMEMBER: modifica del numero di telefono cui inviare i messaggi, deve essere seguito dal nuovo numero di telefono;
- NEWID: modifica identificativo del distributore, deve essere seguito dal nuovo ID;
- GETTBLK: blocca la gettoniera del distributore;
- GETTSBL: sblocca la gettoniera del distributore;

Riassumendo nel sottosistema remoto il dispositivo a microcontrollore memorizza i seguenti valori:

- Identificativo ID associato al distributore;
- Numero di telefono della centrale;
- Set di stringhe di comandi provenienti dalla centrale;
- Codifica dei pulsanti del distributore;
- Tabella che mette in relazione i pulsanti del distributore con i serbatoi;
- Capacità massime dei serbatoi.

Il microcontrollore aggiorna la situazione locale delle scorte e dell'erogato parziale, invia in modo autonomo un SMS di stato quando riconosce un vuoto prodotti o il guasto di un elemento funzionale; riconosce gli SMS di comando provenienti dalla centrale e a seconda dei casi invia un SMS di stato alla centrale, varia lo stato del contatto on off corrispondente alla gettoniera, modifica il numero di telefono memorizzato oppure l'ID.

Sistema GSM

Offre il canale di comunicazione e poiché si usano gli SMS è questo sottosistema che aggiunge i campi corrispondenti alla data e ora d'invio del messaggio

Sottosistema centrale

Contiene le generalità di ogni distributore (indirizzo, matricola, nomi prodotti, nomi elementi), implementa un protocollo multipunto che invia ciclicamente a tutte le periferiche o a quella selezionata, la richiesta dello stato ed elabora gli SMS ricevuti per renderli adatti all'utente

10.6 CARATTERISTICHE DELL'INTERFACCIA GRAFICA

Fornendo un sistema di gestione su PC si deve prevedere che l'interfaccia grafica abbia le seguenti caratteristiche:

- Nel tempo può accadere che alcuni distributori vengano aggiunti, altri tolti, o siano trasferiti per cui è da prevedere la possibilità di modificare i dati relativi ai distributori stessi. Il sistema deve fornire una interfaccia che permetta di:
 - o Inserire nuovi distributori;
 - o Modificare i valori inseriti in precedenza;
 - o Eliminare dei distributori.
- L'elevato numero di distributori rende indispensabile una finestra che evidenzia e riassume in modo sintetico le stazioni periferiche che necessitano di assistenza; non è pensabile che l'operatore scansioni in continuazione lo stato di tutti i distributori per verificare se qualcuno è in allarme. Si deve introdurre un output che riporti gli identificativi dei distributori che hanno inviato degli allarmi.

- Non si può visualizzare contemporaneamente lo stato di tutti i distributori, dato l'elevato numero; si deve creare una interfaccia che permetta di selezionare il distributore d'interesse.
- Si deve permettere di comunicare con le varie periferiche, l'operatore della centrale deve poter impostare la frequenza d'aggiornamento per il report in automatico, decidere di interrogare un'unica periferica o tutte insieme.

Le caratteristiche precedenti sono riferite alla funzione di base del sistema, cioè la telemetria; il sistema però deve avere anche le seguenti capacità:

- Supponendo di gestire distributori in cui alcuni parametri di funzionamento possono essere modificati da remoto, il sistema di centrale deve permettere la gestione di tali parametri: deve esserci un comando che permetta il blocco e lo sblocco della gettoniera.
- L'operatore in centrale deve comunicare con l'operatore mobile tramite SMS: si deve allora prevedere un'interfaccia che permetta la scrittura dei messaggi tramite la tastiera del PC e l'inserimento del numero di telefono del destinatario.

È necessario inserire delle funzioni che riguardano principalmente il corretto funzionamento del sistema stesso, infatti poiché si utilizza un terminale d'accesso alla rete, dato dal modulo telefonico, sono da fornire degli indicatori e controlli che permettano di metterlo correttamente in funzione:

- Si deve prevedere un controllo per selezionare la porta di comunicazione del PC, verso il modulo telefonico, una finestra per verificare che effettivamente la porta utilizzata comunica con il GSM.
- Un indicatore per verificare se il telefono è registrato alla rete GSM
- Un indicatore che segnali se il modulo GSM non riesce ad inviare gli SMS e quindi comunicare con le periferiche

Si devono introdurre anche altre funzioni necessarie per il corretto funzionamento del sistema:

- Usando una comunicazione tramite SMS è necessario poter verificare che il modulo telefonico contenga il numero del centro servizi e permettere la possibilità d'inserirlo o di modificarlo in futuro.
- Poiché nel sistema GSM il numero telefonico è legato alla SIM card che è rimovibile dal telefono è da prevedere il caso in cui in futuro questo possa essere modificato; la complicazione è data dal fatto che le periferiche devono essere avvisate della modifica. Si deve quindi offrire la possibilità di variare da remoto il numero di telefono che le periferiche utilizzano per l'invio dei messaggi

- Offrire una finestra di comunicazione verso il GM862 che permetta funzioni di diagnostica o modifica di alcune impostazioni relative al modem GSM.
- Controlli che permettano di ripristinare la situazione iniziale;

Dal punto di vista dell'interfaccia grafica l'idea è di avere una situazione simile alla figura 10.10

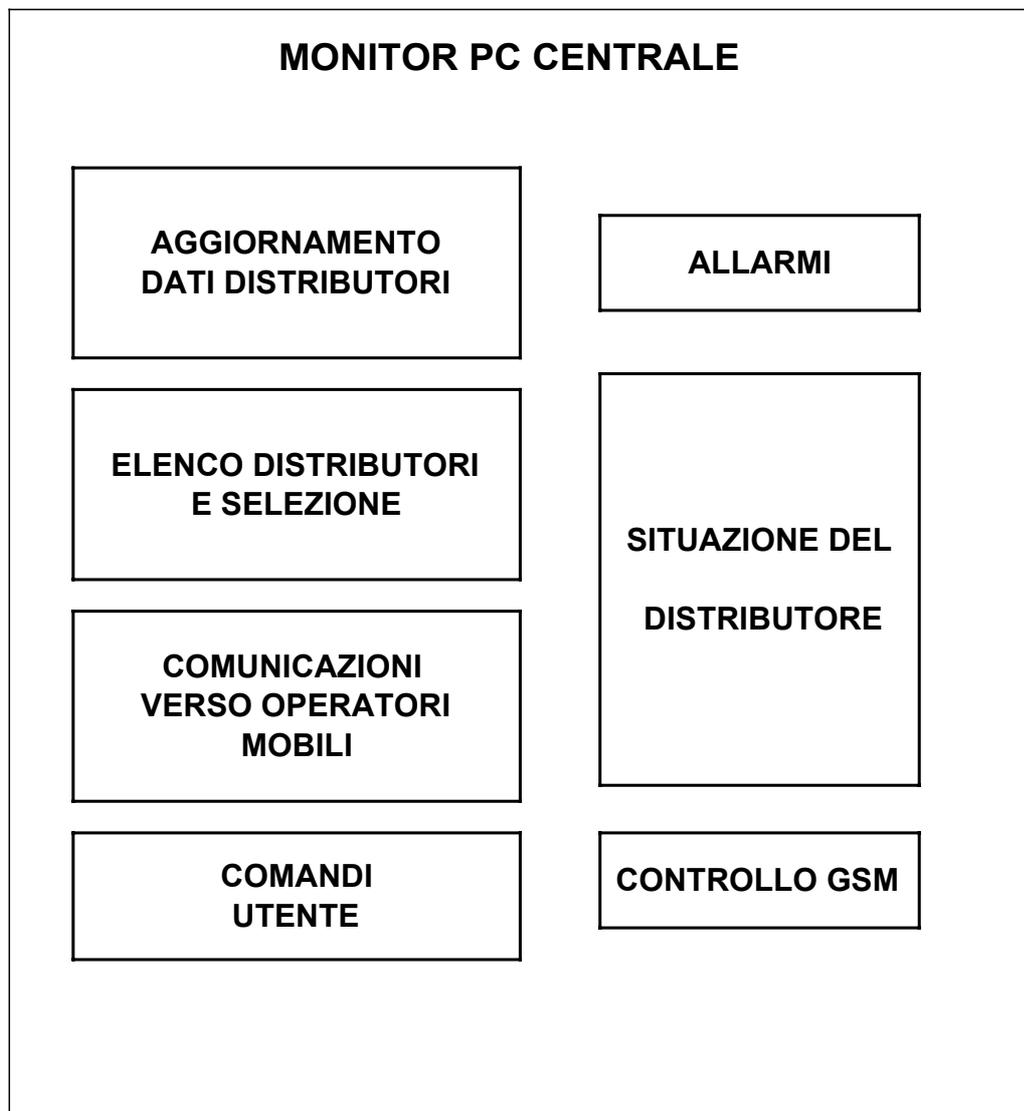


Figura 10.10 Interfaccia grafica

11 L'AMBIENTE DI SVILUPPO

11.1 LABVIEW

LabVIEW è un ambiente di programmazione grafico, strettamente integrabile con la componentistica hardware per applicazioni di tipo ingegneristico e scientifico che richiedono l'acquisizione, l'analisi e la presentazioni di dati. [30]

L'ambiente permette di costruire un interfaccia grafica verso l'utente ed è compatibile con i sistemi operativi più comuni il che ne facilita la portabilità.

I programmi LabVIEW vengono detti "Virtual Instruments", e sono indicati con la sigla VI, poiché l'aspetto grafico e il loro modo di agire richiama quello della strumentazione fisica.

Ogni modulo VI permette di manipolare gli ingressi che possono essere posti nell'interfaccia utente o in altre sorgenti, visualizzando i risultati o trasferendoli verso altri file o altri computer e contiene i seguenti tre componenti fondamentali:

- Front panel
Costituisce l'interfaccia verso l'utente;
- Block diagram
Contiene il codice grafico sorgente del VI che definisce le funzionalità del modulo
- Connettore a icona
Identifica il VI permettendo così di usarlo in un altro modulo VI. Un modulo VI all'interno di un altro modulo VI è detto SubVI.
Un SubVI è l'analogo di una subroutine in un linguaggio di programmazione basato su linee di testo.

11.1.1 Front panel:

Il *front panel* rappresenta l'interfaccia che l'ambiente mette a disposizione verso l'utente. È possibile inserire nel front panel *controlli* e *indicatori*, che sono rispettivamente i terminali di input e output del VI.

Esempi di *controlli* sono pulsanti, manopole, serbatoi, termometri, stringhe di testo ecc. mentre gli *indicatori* possono essere dei grafici, LEDs, display numerici, tabelle, ecc.

I controlli costituiscono per il VI i dispositivi d'ingresso da cui sono forniti i dati al *block diagram* del VI. Questi possono provenire direttamente dall'utente ma anche da altri moduli VI o da dispositivi esterni.

Gli indicatori rappresentano le uscite del modulo e visualizzano i dati che il *block diagram* genera in seguito alle sue elaborazioni.

Quasi tutti i controlli possono assumere la funzione di indicatore o viceversa, ma una volta definiti, nell'esecuzione del programma il loro ruolo resta fisso.

Il front panel permette inoltre di controllare l'applicazione quando essa è in esecuzione.

11.1.2 Block diagram

Dopo aver costruito il *front panel*, si deve aggiungere il codice grafico per implementare le funzioni volute. Si usano rappresentazioni grafiche di funzioni per controllare gli oggetti posti sul *front panel*.

Gli oggetti posti nel front panel costituiti da *indicatori* o *controlli*, hanno una loro rappresentazione anche nel *block diagram*; tali oggetti possono essere posizionati in un qualsiasi punto del *block diagram* a seconda delle esigenze. In aggiunta ai terminali che rappresentano gli oggetti posti nel *front panel*, il *block diagram*, mette a disposizione delle funzioni e strutture di controllo provenienti da apposite librerie di LabVIEW necessarie per realizzare il codice sorgente.

I vari oggetti componenti il *block diagram*, sono collegati tra loro tramite dei *fili* che permettono il passaggio dei dati da un oggetto all'altro e riassumono il funzionamento di un diagramma di flusso.

11.1.3 Strumenti per creare VI

LabVIEW mette a disposizione delle *palette*. Ogni *palette* contiene un set di funzioni disponibili per creare ed editare il front panel e il block diagram. Esse sono di tre tipi:

- Palette per i Tool (Tool palette);
- Palette per i controlli e indicatori (Control Palette);
- Palette per le funzioni (Function Palette).

Tool palette

Questa *palette* è disponibile sia nel *front panel*, sia nel *block diagram*. Il tool si presenta con tante icone ognuna delle quali rappresenta un tool disponibile ed ha una funzione specifica ad esempio modificare, spostare, collegare, colorare gli oggetti del *front panel* e quelli del *block diagram*.

Control Palette

È disponibile solo nel *front panel* e permette la scelta dei *controlli* ed *indicatori* necessari per creare l'interfaccia utente.

Function Palette

È disponibile solo nel *block diagram*. Contiene gli oggetti che permettono di programmare il VI; essi sono dati da simboli grafici che rappresentano funzioni aritmetiche, booleane; funzioni per la gestione degli input output da file, per l'acquisizione dati da dispositivi esterni, per la gestione del tempo, manipolazione di stringhe, array ed altro.

11.1.4 Sub – VI

LabVIEW consente una progettazione modulare questo fa sì che un qualsiasi programma utilizzando questo linguaggio possa essere eseguito come un programma indipendente oppure come parte di un altro programma VI.

È infatti possibile creare un'icona, che rappresenta un connettore, da associare ad ogni programma VI, permettendone così il suo utilizzo all'interno di un altro programma VI. Si può così creare una gerarchia di programmi VI e *SubVI* che è modificabile, scambiabile e combinabile con altri VI a seconda delle esigenze.

Tutto il codice del programma VI è racchiuso all'interno dell'icona che presenta dei terminali da utilizzare come ingressi e uscite per i dati necessari al funzionamento del programma o che vengono prodotti da esso.

11.2 ESEMPIO DI PROGRAMMA VI

Per creare l'interfaccia utente nel *front panel* si usano i *controlli* ed *indicatori* disponibili nella *control palette*.

Come esempio si illustrano i passi principali per realizzare un VI che generi dei numeri casuali compresi tra 0 ed 1 e visualizzi la loro successione su di un grafico.

La prima fase consiste nel costruire l'interfaccia utente, o *front panel*.

Supponiamo di voler poter fermare il programma quando è in esecuzione mediante un pulsante di *stop*; dalla *control palette*, che racchiude controlli ed indicatori cerchiamo il pulsante di *stop*, poiché tale pulsante può assumere due stati, si trova nella categoria dei controlli ed indicatori di tipo booleano, e lo posizioniamo nel *front panel*. Per visualizzare l'andamento dei numeri su di un grafico, si preleva, sempre dalla *control palette*, un indicatore che permetta la visualizzazione grafica dei punti nel tempo (fig 11.1).

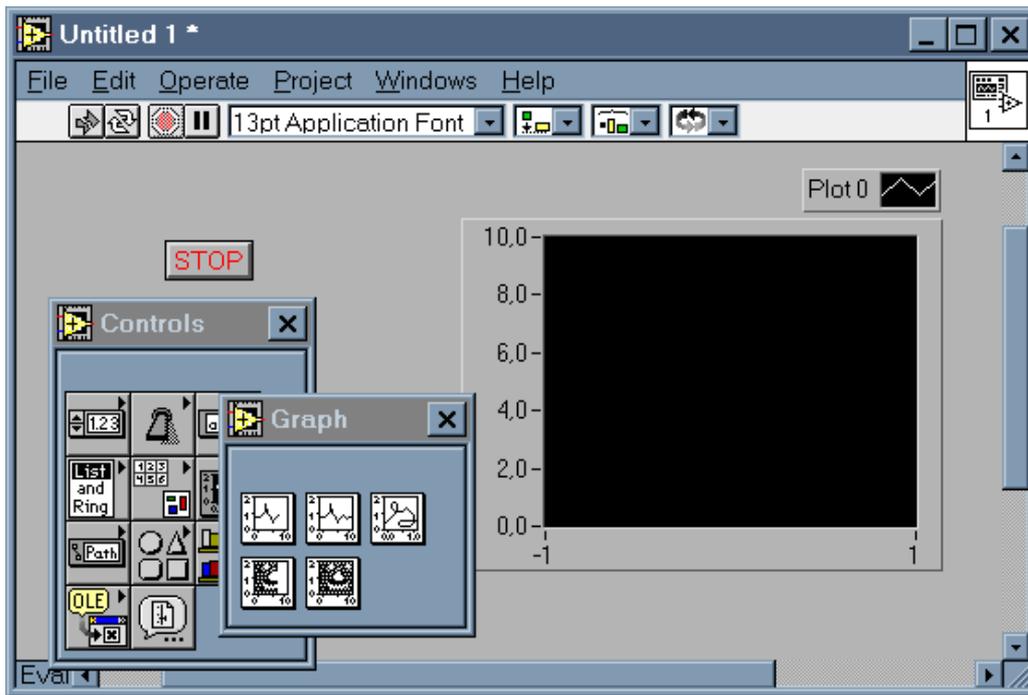


Figura 11.1 Front panel e control palette

In genere per ogni controllo od indicatore è possibile variarne le dimensioni, la posizione e altre caratteristiche a seconda del tipo di controllo o indicatore; nel caso in esame è possibile ad esempio variare le scale del grafico, le dimensioni della finestra, il colore e altre caratteristiche. Posizionati i due oggetti, in questo caso il pulsante di stop come controllo e il grafico come indicatore, si è ottenuta l'interfaccia grafica che il programma ha con l'utente.

Una volta impostato il *front panel* è necessario inserire il codice che permetta poi il funzionamento del programma.

Quando si inseriscono degli oggetti all'interno del *front panel*, essi hanno automaticamente anche una loro rappresentazione nel *block diagram*, che è diversa a seconda dell'oggetto rappresentato. Ad esempio i controlli o indicatori di tipo booleano sono di colore verde. Un indicatore si differenzia da un controllo perché ha lo spessore del bordo meno marcato (fig 11.2)

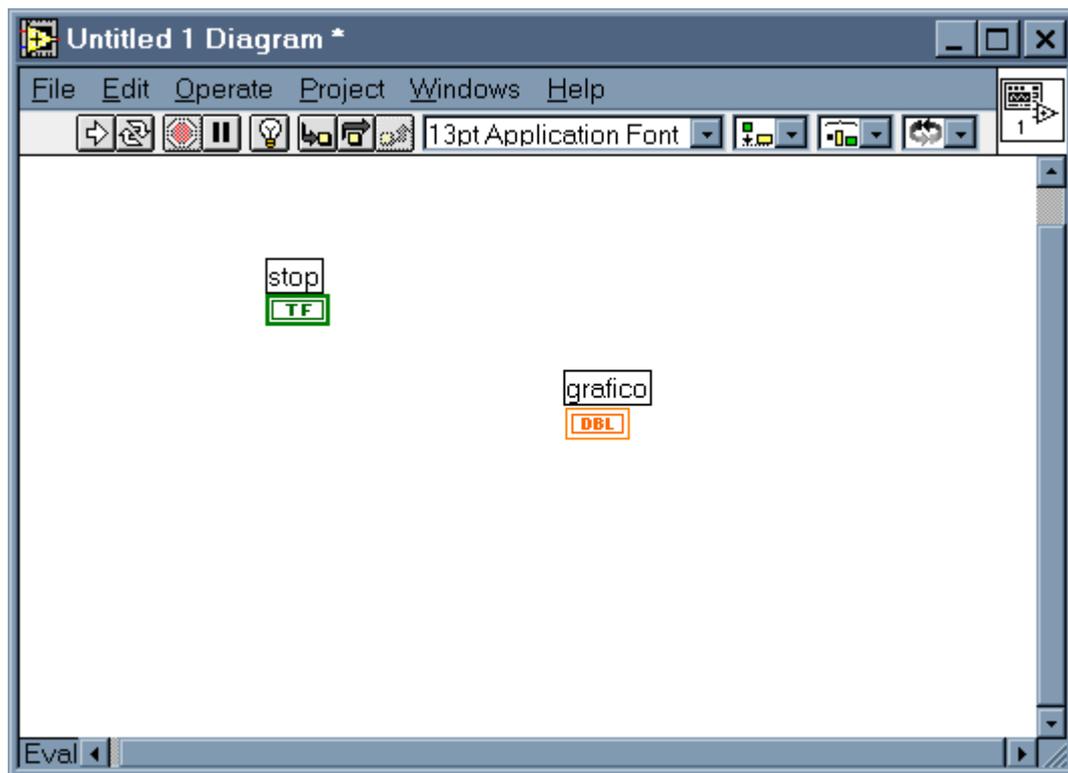


Figura 11.2 Block diagram con “stop” e “grafico”

I due terminali presenti nel *block diagram* corrispondono al pulsante di *stop* e al grafico che deve visualizzare l’andamento dei numeri casuali. È possibile spostare a piacimento la posizione in cui si trovano i terminali anche nel *block diagram*

Dalla *function palette*, disponibile nel *block diagram*, si cerca se è presente una funzione che genera automaticamente i numeri casuali; questa funzione esiste ed è rappresentata simbolicamente da dei dadi da gioco. Tramite il mouse si preleva la funzione dalla *function palette* e la si trasferisce nel *block diagram*.

Per poter eseguire il programma in modo continuo è necessario introdurre una struttura di controllo, in questo caso si utilizza una struttura che implementa un ciclo di tipo *while*.

Il ciclo *while* è rappresentato mediante un rettangolo con gli spigoli arrotondati, figura **, nella stessa figura per praticità si è anche spostato il terminale rappresentante il pulsante di *stop*.

Per includere un oggetto all’interno del ciclo è necessario che l’oggetto sia presente all’interno del rettangolo.

Lo scopo è di far in modo che il programma generi in continuazione dei numeri casuali e questi siano raccolti nel grafico e premendo il pulsante *stop*, il programma si fermi.

Caratteristica del ciclo *while* è che continua ad eseguire le operazioni al suo interno fino a quando giunge una condizione di terminazione che lo interrompe; tale condizione deve provenire dall’interno del ciclo stesso poiché una volta in esecuzione il ciclo considera solo ciò che è racchiuso entro i suoi confini.

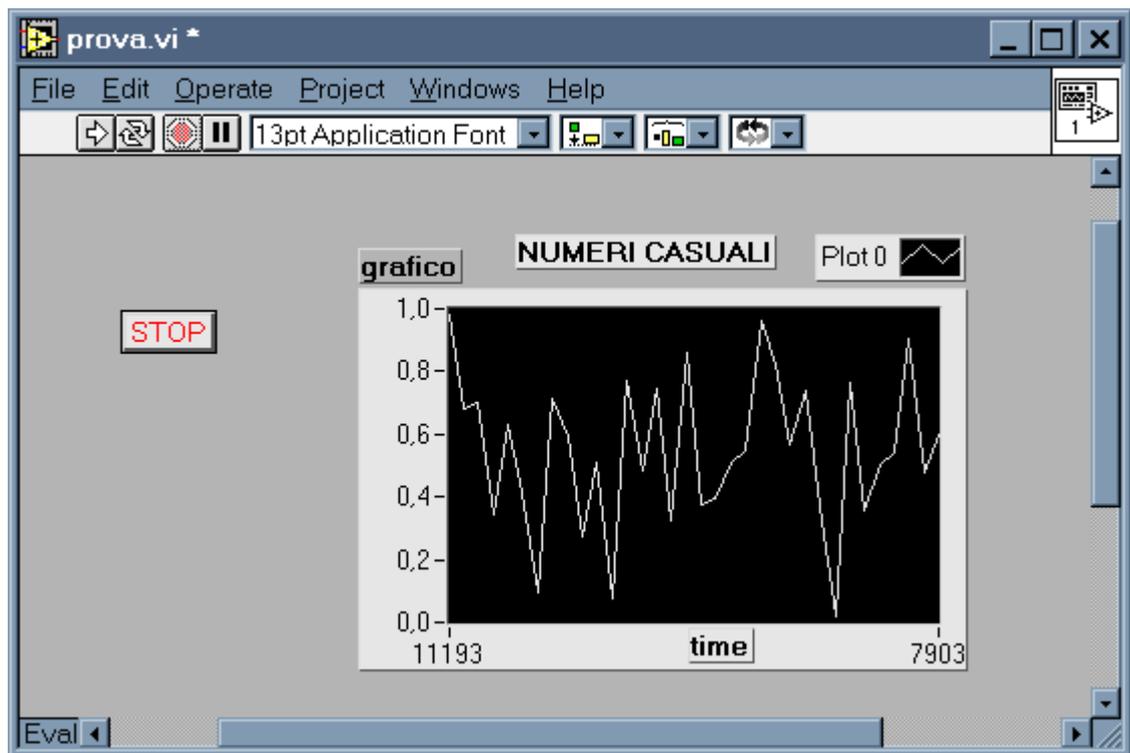


Figura 11.4 Il programma in esecuzione

11.3 STRUTTURE DI CONTROLLO

LabVIEW mette a disposizione delle strutture di controllo atte a indicare la sequenza delle operazioni da applicare per l'esecuzione di un algoritmo.

In LabVIEW l'esecuzione di un programma procede secondo l'ordine in cui i dati raggiungono i terminali di un oggetto posto sul *block diagram*. Un oggetto presente nel *block diagram* può avere uno o più terminali di ingresso da cui devono affluire i dati per permettere all'oggetto di eseguire la sua funzione; quando in tutti i terminali ci sono i dati necessari l'oggetto in questione produce un output.

Questo permette così di operare in multitask, cioè da un'unica sorgente di dati si possono far funzionare più processi contemporaneamente.

Con le strutture di controllo è possibile regolare il flusso di dati attraverso i fili, facendo in modo di coordinare la sequenza delle operazioni secondo gli scopi previsti dall'algoritmo.

In LabVIEW le strutture di controllo sono delle rappresentazioni grafiche la cui funzione è identica a quelle presenti nei linguaggi di programmazione basati su linee di testo. Le strutture permettono di ripetere delle parti di codice o eseguire codice in particolare ordine oppure secondo determinati eventi. Le strutture di LabVIEW sono:

- Ciclo *for*: permette di eseguire un determinato insieme di istruzioni per un certo numero di volte;
- Ciclo *while*: esegue il medesimo insieme di istruzioni fino a quando non incontra una determinata condizione;

- *Case*: contiene più soluzioni possibili di cui ne viene eseguita solo una in dipendenza di un valore iniziale passato alla struttura;
- *Sequence*: contiene una o più istruzioni che esegue in sequenza;
- *Formula node*: permette di introdurre formule matematiche.

11.4 FUNZIONI

Le funzioni messe a disposizione da LabVIEW sono rappresentate graficamente da delle icone con dei terminali per l'ingresso dei dati da elaborare e l'uscita dell'output. Le funzioni possono manipolare numeri, elementi booleani, stringhe vettori e altro; si descrivono alcune categorie:

11.4.1 Stringhe

Una *stringa* è una sequenza di caratteri in codice ASCII e fornisce un mezzo per scambiare dati. Alcune delle applicazioni più comuni con le stringhe sono le seguenti:

- Creare messaggi di testo;
- Passare dati numerici come stringhe di caratteri verso dispositivi esterni e successivamente convertire le stringhe in numeri;
- Immagazzinare dati. Per immagazzinare dati numerici in un file in formato ASCII si deve prima convertire i dati numerici in stringhe prima di poterli archiviare;

LabVIEW permette diverse operazioni con le stringhe ad esempio:

- Ricerca, prelievo e sostituzione di caratteri o parti di stringhe all'interno di una stringa più grande;
- Concatenare due o più stringhe;
- Cancellare dei caratteri da una stringa;
- Confrontare una stringa con una stringa campione;
- Dividere le stringhe;

11.4.2 Array

Un *array* è dato da elementi e dimensioni; gli elementi sono i dati che formano l'array. Si possono avere array che hanno una o più dimensioni.

Gli elementi che costituiscono un array devono essere omogenei tra loro, possono essere ad esempio di tipo booleano, delle stringhe di caratteri, dei numeri ecc.

Sono pratici per immagazzinare dati generati da cicli, dove ad ogni iterazione si produce un elemento dell'array. Le operazioni possibili con gli array sono diverse, alcune ad esempio sono le seguenti:

- Costruzione dell'array dati gli elementi
- Inizializzazione dell'array
- Sostituzione di un elemento
- Recupero di un elemento
- Operazioni matematiche di tipo vettoriale

11.4.3 Scrittura su file

LabVIEW consente la scrittura o la lettura di dati da o su un file. A tal fine mette a disposizione dei moduli VI che permettono:

- Apertura e chiusura di file;
- Lettura e scrittura da o su file;
- Creazione di directory e file secondo uno specifico percorso;

I moduli VI da usare dipendono dal formato dei dati che si devono acquisire o archiviare e dalle applicazioni che devono accedere ai dati; è possibile leggere o scrivere dati da e su file nei seguenti formati:

- Testo
Rende i dati disponibili per altre applicazioni quali word processing ecc. I file di testo sono i più comuni e i più portabili
- Binario
Si usano quando lo spazio, la velocità di accesso sono determinanti
- Datalog
Per manipolare dati complessi o differenti tipi di dati esclusivamente nell'ambiente LabVIEW

11.4.4 Comunicazioni seriali

L'ambiente LabVIEW mette a disposizione un insieme di moduli VI per la gestione delle comunicazioni seriali, permettendo così la trasmissione di dati tra il PC e un dispositivo periferico.

Per la comunicazione seriale, tramite una porta RS 232, sono stati presenti i seguenti moduli VI

- Serial Port Init
Inizializza la porta seriale in base a specifici parametri;
- Bytes at Serial Port

Ritorna il numero di byte in coda presenti nel buffer d'ingresso della porta seriale;

- Serial Port Read
Legge il numero di caratteri indicato dal modulo "Bytes at serial port";
- Serial Port Write
Riceve in ingresso le stringhe di caratteri da inviare sulla porta seriale e li trasmette alla porta seriale.

11.4.5 Code

Nelle funzioni di libreria sono disponibili dei moduli VI che permettono sia di sincronizzazione dei task che lavorano in parallelo, sia di passare dati fra task differenti. Fra questi sono presenti dei moduli che si occupano della creazione e della gestione delle *code*.

Essi permettono ad un task di inserire delle stringhe di caratteri, una di seguito all'altra, per essere poi estratte da un altro task nell'ordine in cui sono state inserite o nell'ordine inverso.

La coda consiste in un numero variabile di elementi costituiti da stringhe di caratteri, con la proprietà che in ogni momento, volendo estrarne uno, a seconda del tipo di coda, si deve estrarre necessariamente l'ultimo elemento depositato o il primo inserito; nel primo caso la coda si dice LIFO (Last In First Out) mentre nel secondo è detta FIFO (First In, First Out)

Le code consentono così il passaggio di una sequenza ordinata di dati sia tra parti dello stesso programma, sia tra diversi moduli VI

In LabVIEW la gestione delle code comprende diversi moduli base che devono essere opportunamente collegati tra loro e integrati nell'applicazione che si intende realizzare. Alcuni moduli sono i seguenti:

- Create queue
Crea una coda nell'applicazione corrente e ne definisce i parametri, come ad esempio il massimo numero di elementi che è possibile inserire;
- Flush queue
Rimuove tutti gli elementi presenti nella coda;
- Insert queue element
Permette di inserire un elemento al principio o alla fine della coda;
- Remove queue element
Permette di estrarre il primo o l'ultimo elemento presente nella coda;

11.5 VARIABILI LOCALI E GLOBALI

In LabVIEW sono presenti due tipologie di variabili: le variabili *globali* e *locali*. Esse permettono lo scambio dei dati tra i vari controlli ed indicatori senza la necessità che questi siano collegati tra loro tramite fili.

- Variabili locali
permettono di leggere o scrivere dati da un controllo o su un indicatore posto nel *front panel* consentendo così il passaggio di dati tra i controlli ed indicatori presenti all'interno dello stesso VI. Sono molto utili ad esempio quando non è possibile collegare i terminali tramite fili.
- Variabili globali
Permettono l'accesso e lo scambio di dati tra diversi VI che funzionano contemporaneamente. Per esempio supponiamo di avere due distinti moduli VI che possono essere eseguiti in contemporanea, se è necessario passare dei dati da un VI all'altro, questo è possibile usando delle variabili globali che costituiscono dei terminali in comune tra i due moduli VI.

11.6 INTEGRAZIONE CON DATA BASE

L'ambiente LabVIEW può essere integrato con altri ambienti, permettendo una maggiore utilità delle applicazioni sviluppate.

LabVIEW infatti offre diversi toolset fra i quali "LabVIEW Enterprise Connectivity" che fornisce un insieme di funzioni per consentire una iterazione diretta con un database in SQL (Structured Query Language) locale o remoto.

Gli SQL tools permettono di salvare, cercare e aggiornare dei "record di dati" in oltre trenta formati di database.

È possibile usare il completo set di funzioni SQL per eseguire delle istruzioni SQL dall'interno dell'ambiente di sviluppo LabVIEW.

L'SQL è un linguaggio che permette di inviare e processare insiemi di records in un database. Ci sono tre classi di comandi SQL:

- Comandi per definire la struttura del database e controllarne l'accesso;
- Comandi per manipolare il contenuto delle tabelle del database;
- Comandi per interrogare o ricercare dati dalle tabelle del database.

12 DESCRIZIONE COMPLESSIVA DELLA SIMULAZIONE

12.1 INTRODUZIONE

Nell'ambiente di sviluppo "LabVIEW 5" sono stati implementati i seguenti moduli software (fig 12.1):

- **DISTRIBUTORE.VI**
Simula il funzionamento del distributore automatico;
- **MICROCONTROLLORE.VI**
Simula il funzionamento del dispositivo a microcontrollore associato al distributore automatico;
- **CENTRALE.VI**:
Rappresenta il prototipo della centrale di controllo del sistema di telerilevamento

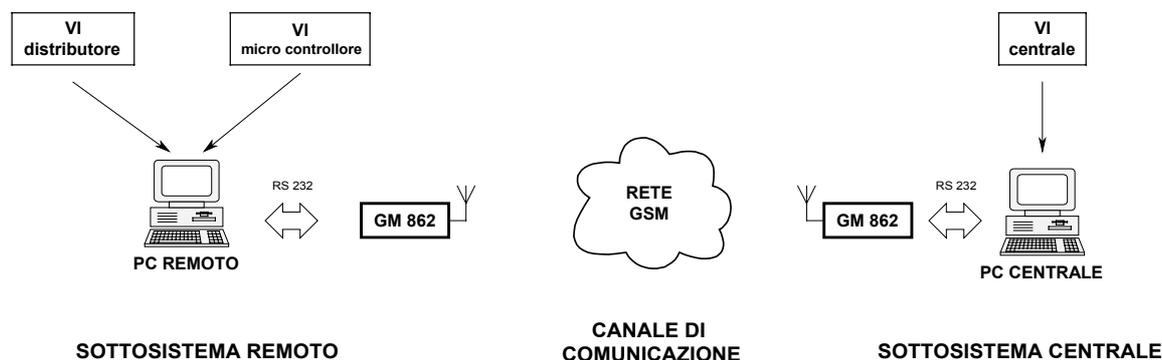


Figura 12.1 Struttura complessiva della simulazione

Nel sottosistema remoto lo scambio dati tra i moduli **DISTRIBUTORE.VI** e **MICROCONTROLLORE.VI** avviene come segue:

- I contatti on – off, presenti sul distributore automatico reale, sono simulati da variabili globali di tipo booleano (vedi par 11.5); poiché tali variabili possono assumere solo due stati sono adatte a rappresentare eventi che possono assumere due valori (on oppure off). Nel modello realizzato le variabili booleane rappresentano i contatti corrispondenti agli elementi funzionali, al pulsante del rifornimento e al comando della gettoniera.
L'insieme delle variabili globali sarà indicato come **VARIABILI GLOBALI**.

- La porta di comunicazione, tramite la quale il distributore automatico invia le stringhe di caratteri che indicano le erogazioni effettuate è simulata con una coda di tipo FIFO (First In, First Out). La comunicazione avviene esclusivamente dal distributore verso il microcontrollore.

Il modulo a MICROCONTROLLORE.VI e il modulo CENTRALE.VI comunicano con il modem GM862 tramite una porta di comunicazione RS232.

I sottosistemi remoto e centrale comunicano tra loro esclusivamente utilizzando la rete GSM tramite SMS.

Lo schema logico di primo livello che rappresenta l'architettura del sistema evidenziando i processi principali presenti all'interno dei sottosistemi e le loro relazioni è dato dalla figura 12.2.

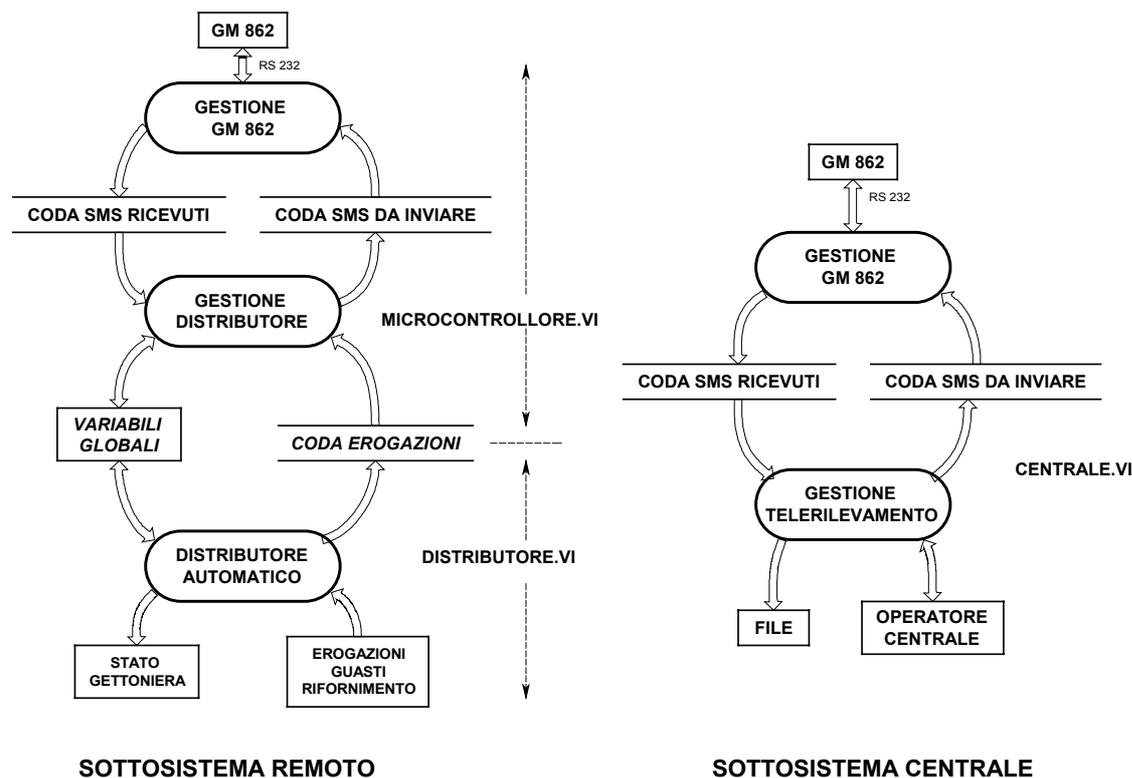


Figura 12.2 Schema logico di primo livello

In entrambi i sottosistemi è presente il processo GESTIONE GM862 che pilotando il modem telefonico GM862 si occupa della gestione della rete di telecomunicazione. Poiché la comunicazione tra i due sottosistemi principali avviene solo tramite SMS, il modulo GESTIONE GM862 preleva i messaggi da inviare e i numeri di telefono

dei destinatari, provenienti dagli altri processi dei rispettivi sottosistemi, indipendentemente dal contenuto dei messaggi si occupa della loro formattazione in SMS e dell'invio al modulo telefonico e quindi alla rete GSM.

Il processo GESTIONE GM862 riceve inoltre dal modulo telefonico tutti gli SMS, provenienti dalla rete GSM, rendendoli disponibili in formato testo per gli altri processi dei rispettivi sottosistemi.

Per svolgere questi compiti il modulo GESTIONE GM862 comunica con gli altri processi del sistema tramite le code:

- SMS RICEVUTI
- SMS DA INVIARE

Si tratta di code di tipo FIFO (First In First Out) che contengono secondo il loro ordine d'arrivo, rispettivamente tutti gli SMS ricevuti dalla rete GSM e tutti i messaggi da inviare verso la rete GSM.

Nella figura 12.2 gli altri "macro-processi" dell'intero sistema sono, dal lato del sottosistema centrale, GESTIONE TELERILEVAMENTO che coordina tutte le attività della centrale di controllo del sistema di telerilevamento in funzione degli input ricevuti dall'operatore della centrale stessa e dalle periferiche tramite la coda SMS RICEVUTI. Gli output di GESTIONE TELERILEVAMENTO sono costituiti dai messaggi che GESTIONE GM862 deve inviare alla rete GSM, dalla visualizzazione dei dati verso l'utente ed il loro inserimento nel file d'archivio.

Dal lato sottosistema remoto si ha nel modulo MICROCONTROLORE.VI il processo GESTIONE DISTRIBUTORE. Esso riceve come ingressi i dati dal distributore tramite le VARIABILI GLOBALI e la coda EROGAZIONI; riceve i comandi provenienti dalla centrale di controllo mediante la coda SMS RICEVUTI.

In base agli input il processo GESTIONE DISTRIBUTORE invia il messaggio di report alla coda SMS DA INVIARE, modifica lo stato della variabile booleana che controlla la gettoniera, oppure varia alcuni parametri interni al processo stesso.

Le VARIABILI GLOBALI e la coda EROGAZIONI costituiscono i punti di confine tra i moduli DISTRIBUTORE.VI e MICROCONTROLORE.VI.

Il modulo DISTRIBUTORE.VI fornisce un interfaccia grafica che permette la simulazione delle operazioni di rifornimento, erogazione dei prodotti e guasti agli elementi funzionali; visualizza lo stato della gettoniera che è però comandato dalla centrale.

Poiché è comune ad entrambi i sottosistemi si descrive per primo il processo GESTIONE GM862 che rappresenta il "cuore" del software di comunicazione nel sistema proposto.

12.2 GESTIONE GM 862

Le funzioni richieste al processo GESTIONE GM862 da parte del sistema di telerilevamento, consistono nell'invio degli SMS di testo forniti dagli altri livelli del software verso la rete GSM, e nel rendere disponibili gli SMS che la rete GSM consegna al modem GM862.

Prelevando dalla figura 12.2 il processo GESTIONE GM862 si ottiene la figura 12.3 che evidenzia le entità con cui il processo colloquia:

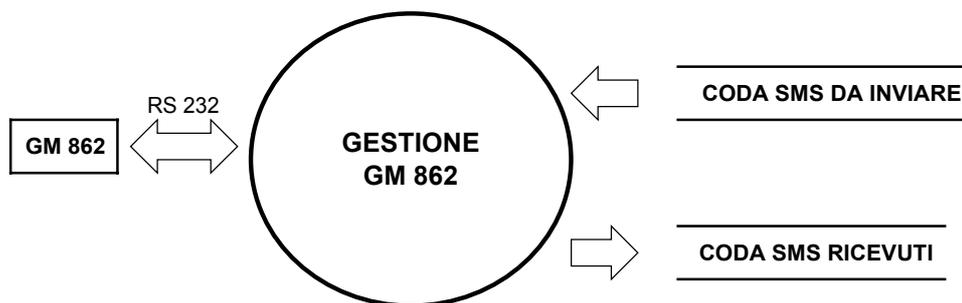


Figura 12.3 Entità con cui colloquia "GESTIONE GM862"

La comunicazione dal lato del GM 862 avviene tramite una porta di comunicazione seriale RS232, mentre verso i rispettivi sottosistemi si utilizza il fatto che LabVIEW mette a disposizione delle code i cui elementi sono delle stringhe di caratteri; gli elementi delle code sono stati così formattati:

- Coda SMS RICEVUTI in cui ogni elemento contiene:
 - Numero di telefono del mittente;
 - Data e ora d'invio del SMS;
 - Messaggio di testo ricevuto.
- Coda SMS DA INVIARE in cui ogni elemento contiene:
 - Messaggio di testo da inviare;
 - Numero di telefono del destinatario.

Per svolgere le funzioni richieste, GESTIONE GM862 deve a sua volta eseguire un certo numero di task interni.

12.2.1 Architettura del modulo

Il GESTIONE GM862 si trova all'interno del ciclo principale del software che gestisce rispettivamente i moduli CENTRALE.VI e MICROCONTROLLORE.VI. Per eseguire i vari task sono presenti delle funzioni interne a GESTIONE GM862 che cooperano tra loro; le funzioni realizzate riguardano:

- La gestione della comunicazione con la porta seriale sia in fase di lettura, sia in fase di scrittura;
- La gestione dei comandi AT da inviare al modem;
- L'analisi delle stringhe di caratteri ricevute dal modem e la coordinazione delle funzioni;
- La gestione degli SMS da inviare;
- La gestione degli SMS ricevuti.
- Funzioni ausiliarie.

Per comprendere la necessità delle varie funzioni e le loro relazioni, è meglio spiegare prima come devono essere gestiti i comandi AT da inviare al modem GM862.

12.2.2 Esecuzione comandi

Per gestire correttamente il modulo telefonico è necessario regolamentare l'invio delle stringhe di comandi AT verso la porta di comunicazione seriale.

Ogni comando deve essere inviato solo quando il GM862 ha terminato l'esecuzione del comando precedente; il modem GSM segnala l'evento trasmettendo attraverso la porta seriale RS232 la stringa *OK*.

Si è allora introdotta (fig 12.4) una coda *COMANDI* di tipo FIFO, (First In First Out), in cui i suoi elementi contengono la successione delle stringhe di comando AT, provenienti dai vari processi interni a *GESTIONE GM862*, che devono essere inviate alla porta seriale del GM862.

Per sincronizzare l'attività è stata creata la funzione *ESTRAI COMANDO* (fig.12.4). Essa è attivata direttamente dalla funzione *ANALISI STRINGHE*, (tramite la linea tratteggiata).

ANALISI STRINGHE esamina tutte le stringhe di caratteri che il modem GM862 invia alla porta RS232, riconosce quelle d'interesse e attiva le varie procedure.

Le stringhe di caratteri inviate dal modem sono prelevate dalla funzione *LETTURA RS232*. Essa si occupa della lettura della porta seriale comunicante con il GM862 e del trasferimento delle stringhe alla funzione *ANALISI STRINGHE*; quest'ultima riconosce la stringa *OK* e abilita la funzione *ESTRAI COMANDO*.

La funzione *ESTRAI COMANDO* preleva il primo elemento dalla coda *COMANDI*, che è un comando AT, e lo passa alla funzione *SCRITTURA SU RS232* che invia fisicamente la stringa al GM862. Se al momento non ci sono elementi in coda, la funzione *ESTRAI COMANDO* fa in modo che il primo comando entrante sia immediatamente trasferito alla funzione *SCRITTURA SU RS232*.

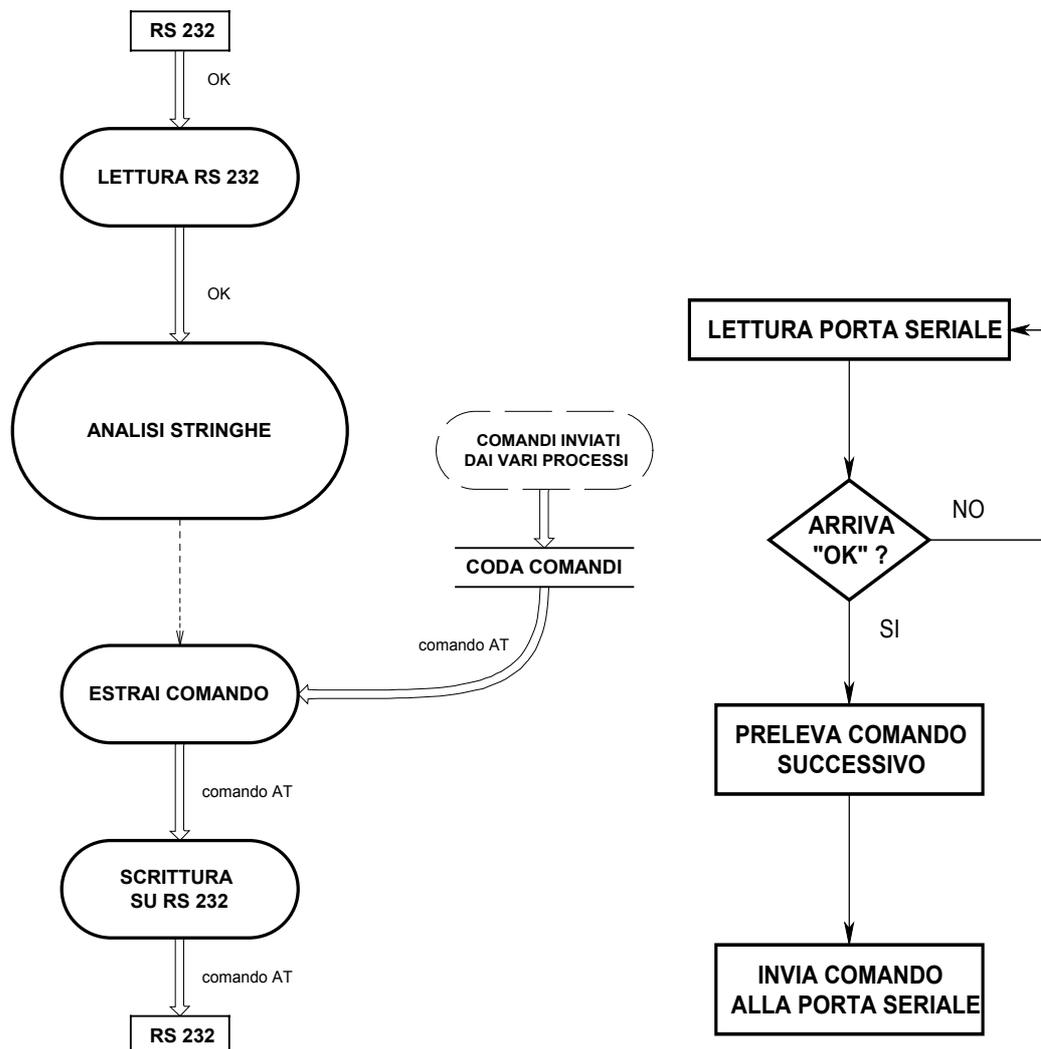


Figura 12.4 Gestione comandi AT

12.2.3 INVIO SMS

Per la gestione degli SMS il GM862 mette a disposizione il set di comandi AT+C specificati nel documento standard GSM 07.05.

Gli SMS sono implementati in modalità PDU (Protocol Data Unit). La PDU è un pacchetto di dati contenente tutte le informazioni che compongono uno Short Message. Alla modalità di costruzione della <pdu> è dedicato uno dei successivi paragrafi.

Per inviare un SMS in tale modalità è necessario formattare in modo opportuno, in un'unica stringa di caratteri, il messaggio da inviare, il numero di telefono del destinatario ed altri elementi in modo da ottenere la <pdu> che è quanto viene inviato al modulo GSM. Il pacchetto di dati sarà indicato come <pdu>.

12.2.3.1 Procedura base

L'invio di uno Short Message richiede l'impostazione del numero dello SMSC (Short Message Service Centre) o Centro Servizi. Il numero da inserire dipende dal gestore di rete GSM che si intende utilizzare. L'impostazione del numero avviene nei seguenti modi:

- Impostazione del numero del centro servizi di default utilizzando il comando +CSCA:
Supponendo di voler inserire il numero 01234567890 si invia la stringa: AT+CSCA +390123456789<CR>. Il numero è inserito in formato internazionale (+39 per l'Italia) dove <CR> rappresenta il carattere "Ritorno Carrello"
L'impostazione viene memorizzata permanentemente dal modem GM862 e rimane valida anche se viene tolta l'alimentazione.
- Impostazione diretta durante la costruzione del PDU, nel caso si voglia utilizzare un numero diverso da quello di default.

La procedura base che si è seguita per l'invio di uno Short Message utilizza il numero di default e consiste nei seguenti passi (fig 12.5):

Dati il messaggio da inviare, il numero telefonico del destinatario, quello del centro servizi, il validity period, si costruisce la <pdu> e se ne ottiene la lunghezza (length). La trasmissione del messaggio avviene tramite il comando

$$AT+CMGS=<length> <CR>$$

che deve essere inviato alla porta seriale.

Il GM862 risponde al comando trasmettendo il prompt ">" per indicare che può essere inviata la <pdu>. Una volta inviati i caratteri che compongono la <pdu>, si deve inviare il carattere <CTRL-Z> (ASCII 26) perché la <pdu> venga accettata e il comando posto in esecuzione; inviando ESC (ASCII 27) si termina l'inserimento della <pdu> senza eseguire il comando.

Se l'invio dello Short Message ha successo il GM862 risponde con l'indicazione +CMGS:<mr> dove <mr> indica il numero di identificazione del messaggio (Message Reference).

È necessario aspettare la stringa +CMGS:<mr> o una qualsiasi indicazione di errore prima dell'invio di comandi che interagiscono con la SIM.

Costruita la <pdu>, la sequenza di stringhe tra il software di comunicazione e il GM862 è la seguente: (le stringhe che il software di comunicazione invia al modem GM862 sono sottolineate)

AT+CMGS=18<CR>

>

0011000781214365F70000AA05E8329BFD06<CTRL-Z>

+CMGS: 00

OK

Dove "0011000781214365F70000AA05E8329BFD06" è la <pdu>

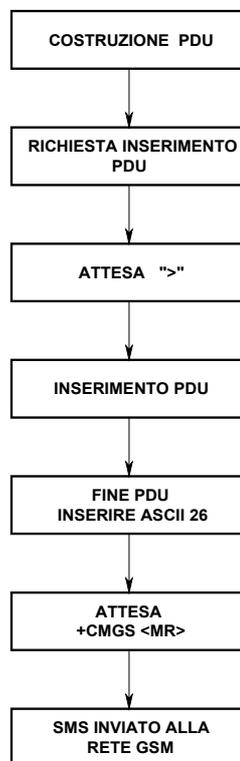


Figura 12.5 Procedura base invio SMS

12.2.3.2 Procedura utilizzata

Quando la coda SMS DA INVIARE contiene almeno un elemento, significa che si deve inviare un SMS. Ogni elemento della coda è una stringa che contiene il messaggio e il numero di telefono del destinatario.

L'algoritmo (figure 12.6 e 12.7) consiste nel prelevare il primo elemento dalla coda SMS DA INVIARE e separare il messaggio dal numero telefonico; questo è eseguito

dalla funzione ESTRAI SMS, che li invia, tramite due variabili locali, alla funzione SMS_OUT.

La funzione SMS-OUT in base al messaggio e al numero di telefono, crea la <pdu> a cui aggiunge il carattere di terminazione (ASCII 26). Ottiene anche la lunghezza (length) della <pdu> e tramite quest'ultima compone il comando AT di richiesta d'invio della <pdu> (*AT+CMGS=<length>*) che consegna ad ANALISI STRINGHE, mentre consegna ad INVIA PDU la <pdu> completata con il carattere di terminazione, sempre tramite variabili locali.

Poiché lo stato di registrazione del modem GM862 presso un operatore di rete GSM può variare nel tempo è fondamentale verificare che il modem GSM sia effettivamente registrato ad una rete GSM, altrimenti risulterà impossibile inviare un SMS.

La procedura SMS OUT attiva allora la procedura STATO GSM che effettua una richiesta dello stato di registrazione inserendo il comando *AT+CREG?* nella CODA COMANDI.

La risposta del modem a questo comando, è del tipo *+CREG:<mode>,<stat>* ed è consegnata da LETTURA RS232 ad ANALISI STRINGHE che riconosce la stringa *+CREG* e controlla i valori dello stato di registrazione.

Se questi valori sono nella norma inserisce la richiesta d'invio della <pdu> (*AT+CMGS=<length>*) nella CODA COMANDI e rimane in attesa del prompt *”>”*; quando ANALISI STRINGHE lo riconosce, abilita la funzione INVIA PDU che trasferisce la PDU a SCRITTURA SU RS 232.

Il processo GESTIONE GM862, tramite ANALISI STRINGHE rimane in attesa della stringa *+CMGS=<mr>* seguita da *OK*: la prima indica che l'SMS è stato inviato correttamente quindi ANALISI STRINGHE abilita l'estrazione del successivo elemento dalla coda SMS DA INVIARE, mentre al riconoscimento della stringa *OK*, ANALISI STRINGHE abilita l'estrazione del successivo comando, che può essere di qualsiasi tipo.

Questa è la procedura che avviene quando per l'invio dello Short Message nella rete GSM non si verificano errori.

La sequenza di stringhe scambiate tra il modem GM862 e il processo GESTIONE GM862 è la seguente: (le stringhe inviate da GESTIONE GM862 sono sottolineate)

Sequenza stringhe:

At+CREG? <CR>

+CREG: <mode>,<stat>
OK

AT+CMGS=<length>

>

<pdu>(ASCII 26)

+CMGS: <mr>
OK

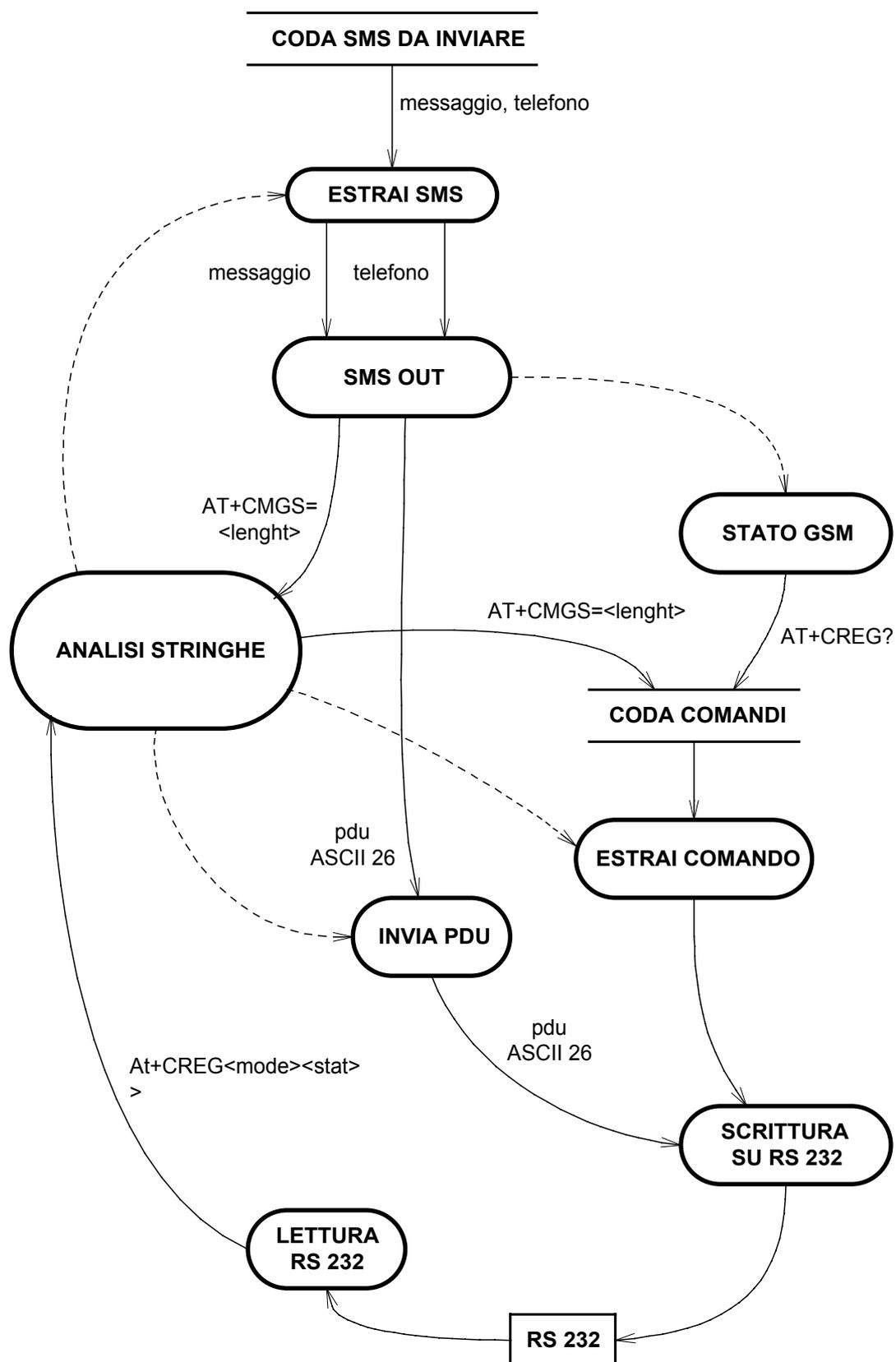


Figura 12.6 Procedura utilizzata invio SMS (diagramma di flusso)

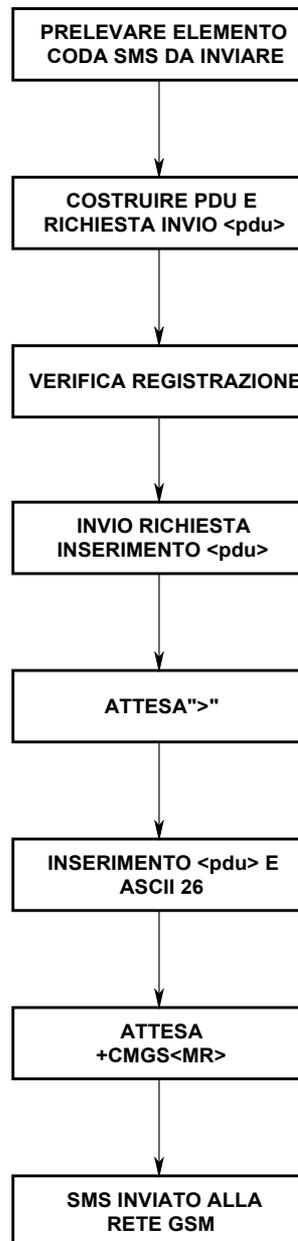


Figura 12.7 procedura utilizzata invio SMS (sequenza operazioni)

12.2.3.3 Errori previsti

Si sono previsti i casi in cui il modulo telefonico GM862 sia momentaneamente non registrato presso un gestore di rete GSM, oppure che nonostante la registrazione si verifichi un generico evento temporaneo, come un abbassamento del livello del campo, che renda impossibile l'invio dello Short Message.

Mancanza di registrazione (Fig 12.8)

Se dal controllo dei parametri di registrazione, risulta che in quel momento non si è registrati presso nessuna rete GSM, poiché il GM862 automaticamente tenta la procedura di registrazione, ANALISI STRINGHE attende un intervallo di time-out e successivamente riattiva la funzione STATO GSM e la procedura si riallaccia a quella precedentemente esposta.

ANALISI STRINGHE memorizza il numero di volte che effettua la verifica dello stato di registrazione per l'invio dello stesso Short Message. Se il numero di tentativi supera un valore prestabilito ferma il programma e segnala l'errore.

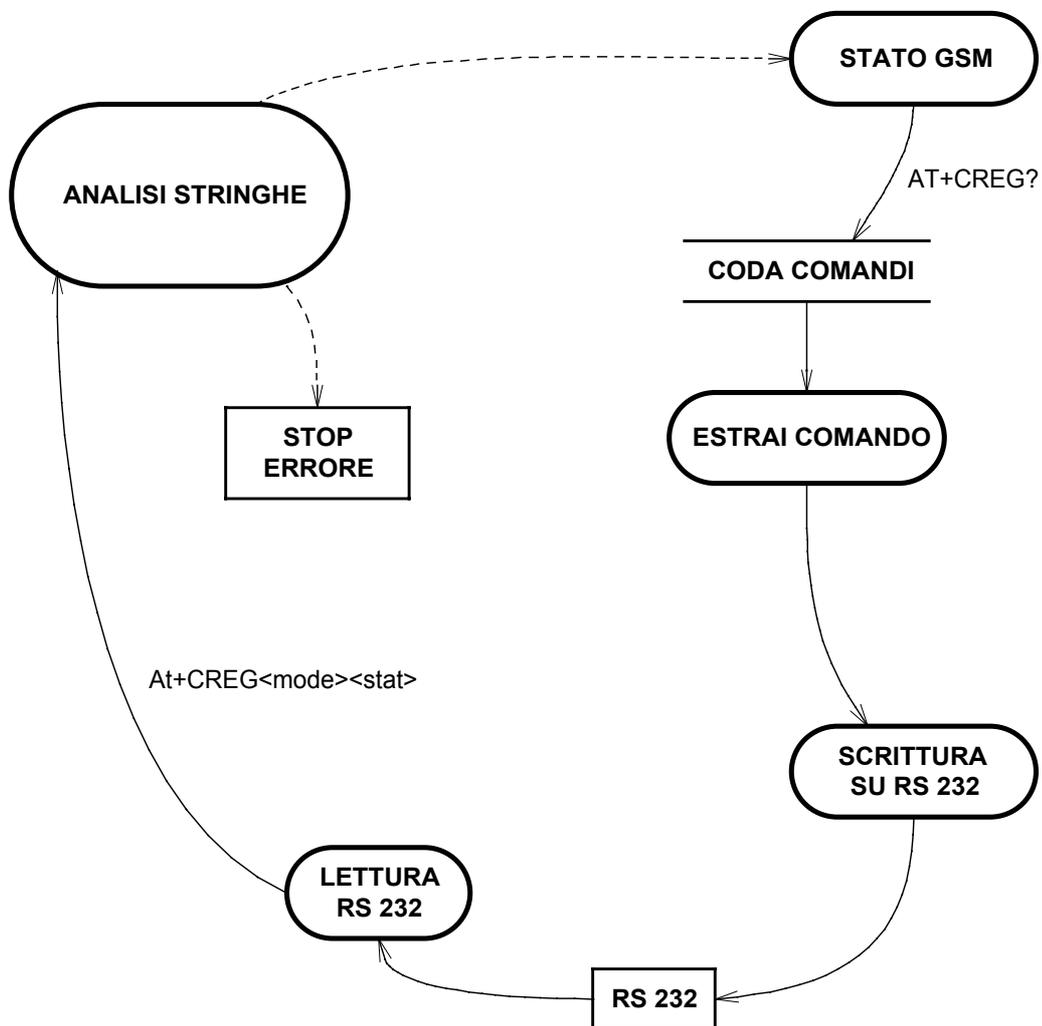


Figura 12.8 Mancanza di registrazione, diagramma di flusso

Se un evento temporaneo ha causato il mancato invio dello Short Message, il GM862 invia la stringa *+CMS ERROR 41*.

Gli eventi più probabili che causano l'inabilità temporanea d'invio dello Short Message sono in genere causati dal momentaneo abbassamento del segnale radio o

dalla perdita della registrazione, avvenuta mentre il GM862 tenta l'invio dello Short Message, dopo la verifica dello stato di registrazione. In questo caso, si attende un intervallo di time-out e si ritenta l'invio.

Per fare questo al diagramma di flusso di fig 12.6 si deve aggiungere la procedura ERRORE 41. Il diagramma di flusso relativo alla gestione della procedura dovuta all'errore temporaneo, è riportata in figura 12.9.

Quando ANALISI STRINGHE riconosce la stringa di errore, attiva la funzione ERRORE 41. Quest'ultima, che aveva ricevuto in precedenza la stringa con la richiesta d'invio della <pdu> (*AT+CMGS=<lenght>*), forza la richiesta d'invio al primo posto della coda COMANDI, prevaricando così eventuali comandi giunti nel frattempo, attende un certo tempo di time out scaduto il quale abilita la funzione ESTRAI COMANDO. A questo punto ci si riporta al caso della procedura principale.

La funzione ERRORE 41 memorizza il numero di volte che si verifica l'evento di errore temporaneo per l'invio dello stesso Short Message; se questo si verifica oltre un certo numero di volte, la funzione attiva SMS OUT, la procedura viene così ritentata dall'inizio e nel caso di mancanza di registrazione dopo un certo numero di tentativi il programma si blocca segnalando l'errore.

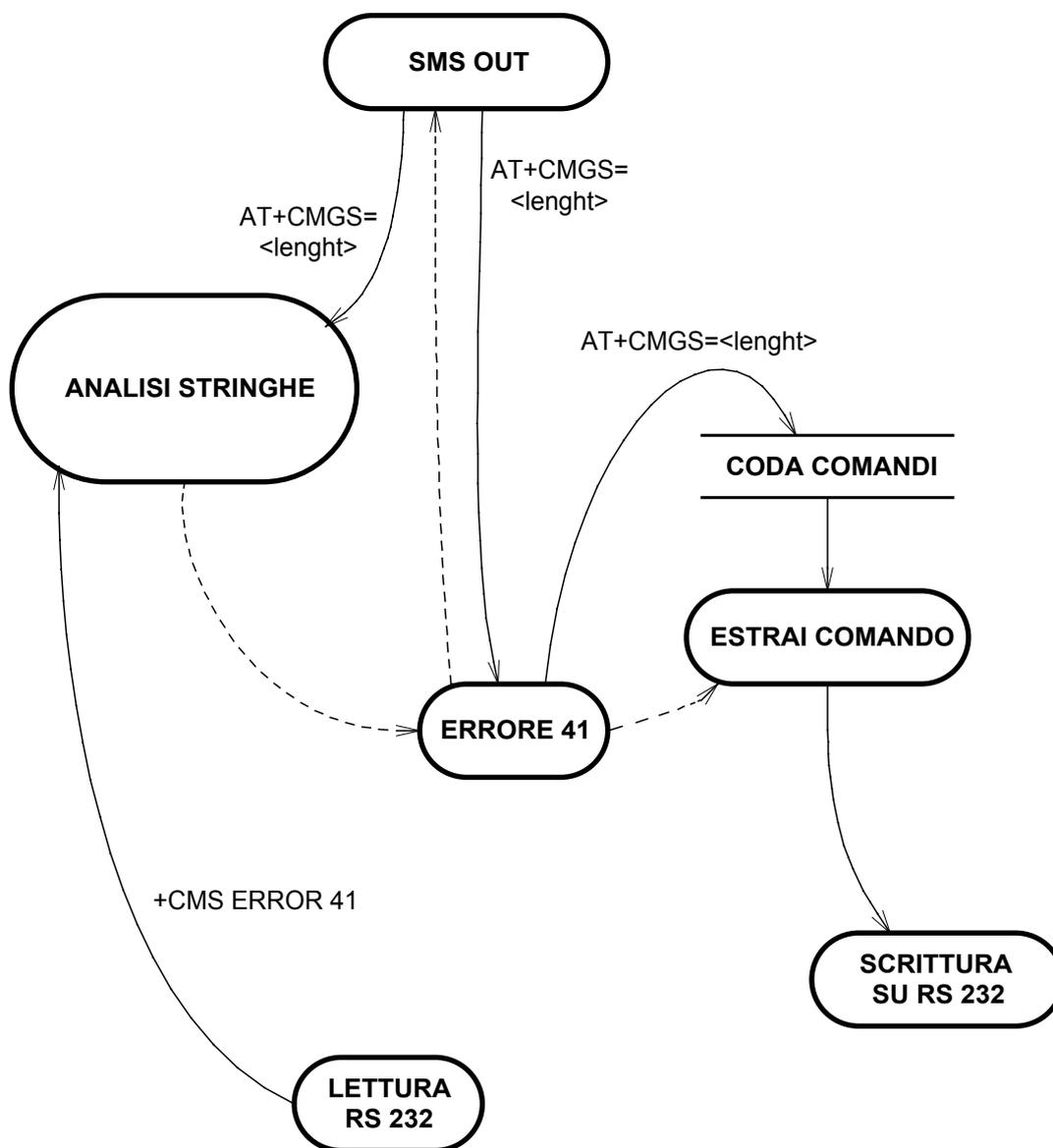


Figura 12.9 Errore 41, diagramma di flusso

La sequenza completa delle operazioni da eseguire per l'invio di un SMS sono riassunte nel flow chart di figura 12.10

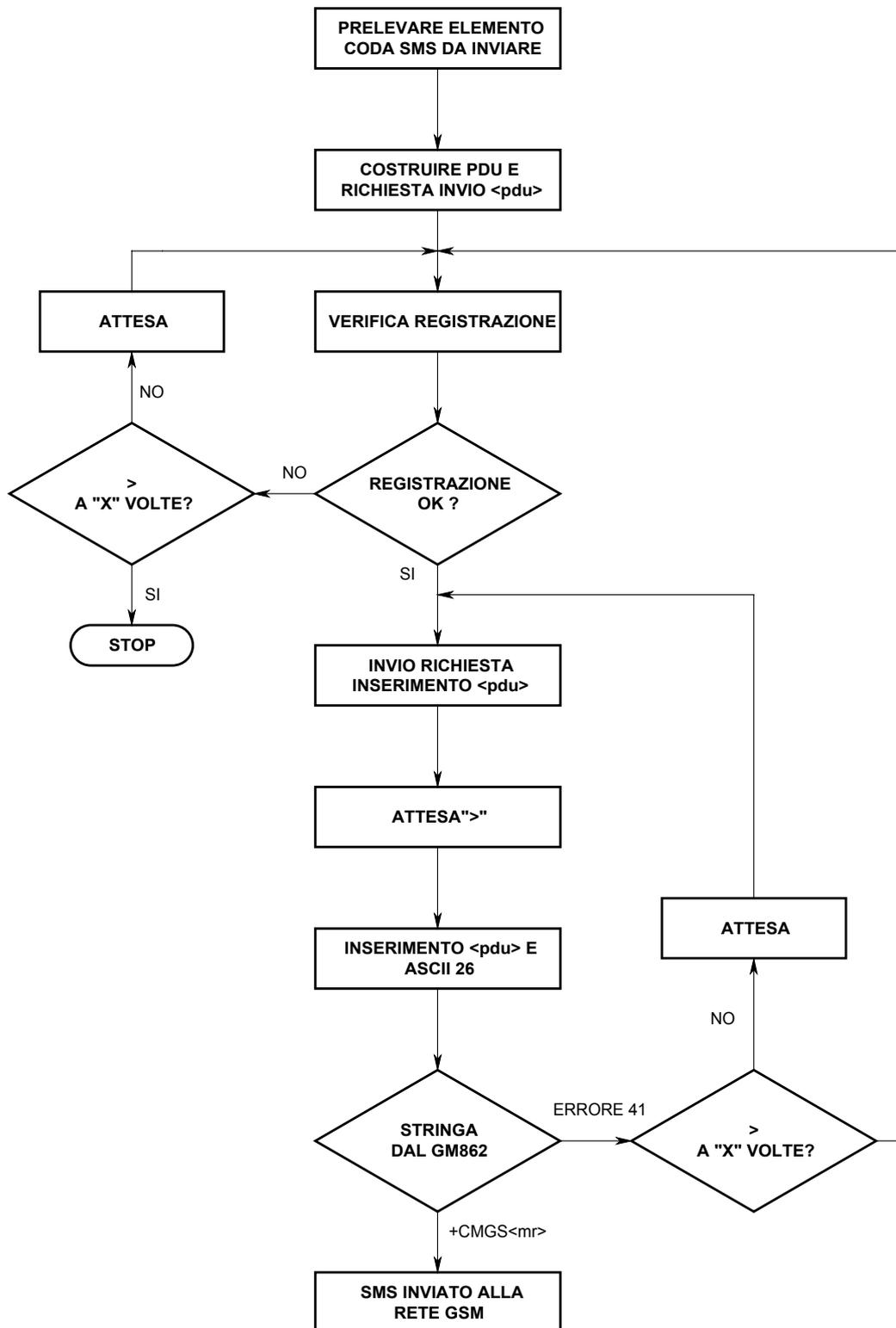


Figura 12.10 Flow Chart completo per l'invio di un SMS

12.2.4 SMS RICEVUTI

Quando il GM862 è registrato presso una rete GSM, può potenzialmente ricevere SMS e questi vengono memorizzati nella SIM.

Gli SMS ricevuti dal GM862 devono essere trasferiti dalla memoria della SIM alla coda SMS RICEVUTI e dallo Short Message si ottengono il numero di telefono del mittente, la data l'ora d'invio, e il messaggio.

Il processo SMS RICEVUTI (fig 12.11) deve decodificare l'SMS dal formato PDU al formato testo e cancellare la memoria della SIM una volta prelevati gli SMS.

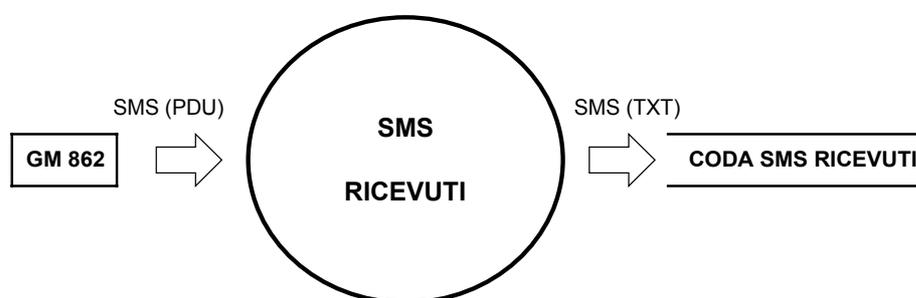


Figura 12.11 Ingressi uscite processo SMS RICEVUTI

L'algoritmo utilizzato per il recupero di un messaggio SMS ricevuto segue dalla seguente considerazione:

non è noto quando il GM862 riceverà uno Short Message, tuttavia il GM862 è impostabile con la funzione di notifica, in tal caso invia, verso la porta RS232, una particolare stringa di caratteri che informa dell'avvenuto ricevimento di un SMS. Può però succedere, per eventi non prevedibili, che il GM862 riceva uno Short Message ma non invii la stringa di notifica.

L'idea è allora di utilizzare la funzione di notifica, e di aggiungere un controllo periodico della SIM per verificare se sono pervenuti SMS di cui non è stata data la notifica (fig 12.12).

Quando perviene la notifica, oppure viene rilevata la presenza di SMS, si utilizza un comando AT che permette la lettura completa di tutti gli SMS presenti. In seguito dopo averli recuperati, si cancellano fisicamente le locazioni di memoria della SIM. In questo modo si è sicuri che ad una successiva verifica della presenza di SMS nella SIM, se sono presenti degli SMS questi non sono mai stati processati in precedenza. Il leggere tutte le locazioni di memoria evita inoltre il rischio di "dimenticare" degli SMS.

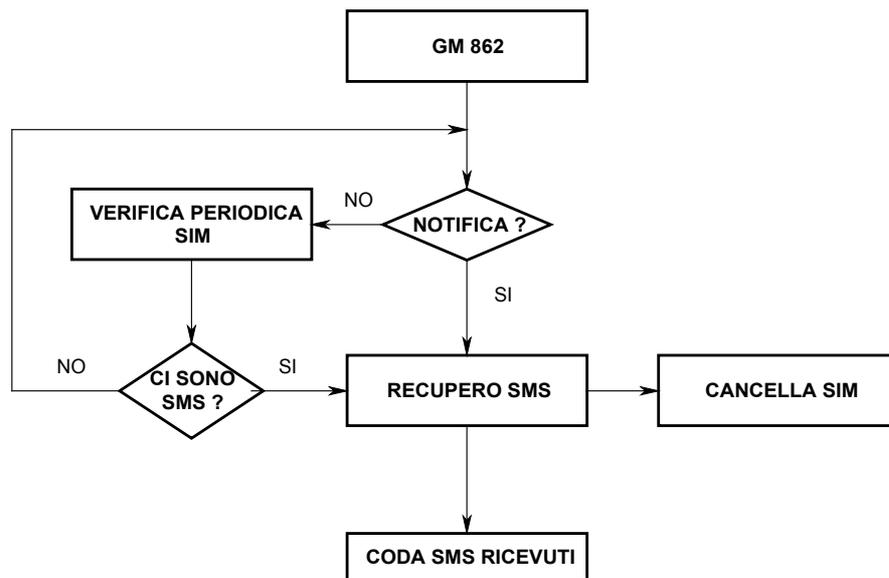


Figura 12.12 Recupero SMS dal GM862

12.2.4.1 Senza notifica

Per spiegare l'algoritmo (figure 12.13, 12.14) supponiamo dapprima che il GM862 riceva un SMS e non invii nessuna stringa di notifica.

Il processo GESTIONE GM862 non è quindi a conoscenza dell'evento, tuttavia la funzione PRESENZA SMS invia periodicamente, in modo autonomo, alla coda COMANDI il comando *AT+CPMS?* per controllare se ci sono nuovi SMS. Il modem, in seguito invia la stringa di risposta:

+CPMS:"SM", <used1>, <total1>, "SM", <used2>, <total2>

che la funzione di LETTURA RS232 trasferisce alla funzione ANALISI STRINGHE.

Quest'ultima riconosce l'intestazione *+CPMS* e legge il valore "used1" che dà il numero degli SMS presenti nella memoria della SIM.

Poiché quando si rileva la presenza di un SMS si leggono tutte le locazioni e successivamente si cancella completamente tutta la memoria, si ha che se il valore *<used1>* è diverso da zero è stato ricevuto almeno un SMS.

Il modulo ANALISI STRINGHE invia allora alla coda COMANDI la richiesta di visualizzazione di tutti gli SMS presenti tramite il comando *AT+CMGL=4* e immediatamente dopo abilita la funzione CANCELLA SIM che inserisce nella coda COMANDI i comandi AT per cancellare tutte le locazioni di memoria della SIM destinate a contenere SMS: *AT+CMGD=<x>*.

Grazie alla sincronizzazione permessa con la coda COMANDI, il modem invia dapprima, come risposta al comando *AT+CMGL=4* la stringa:

+CMGL: <index>,<stat>,<lenght> <CR> <pdu> <CR>

si ha una stringa simile per ogni SMS memorizzato nella SIM.

Man mano che sono lette dal processo di LETTURA RS232, le stringhe sono inviate alla funzione ANALISI STRINGHE, questa ne preleva la <pdu> che costituisce l'SMS ricevuto in formato PDU e la decodifica in formato testo, ricavandone la data l'ora d'invio, il numero di telefono del mittente e il messaggio; il tutto viene inserito, come unica stringa, nella coda SMS RICEVUTI.

Non appena il modem invia la stringa *OK*, il comando di lettura SMS è terminato, ANALISI STRINGHE riconosce l'evento abilitando l'estrazione del comando successivo che dà inizio alla cancellazione fisica della memoria della SIM rendendola disponibile a ricevere successivi SMS dalla rete GSM.

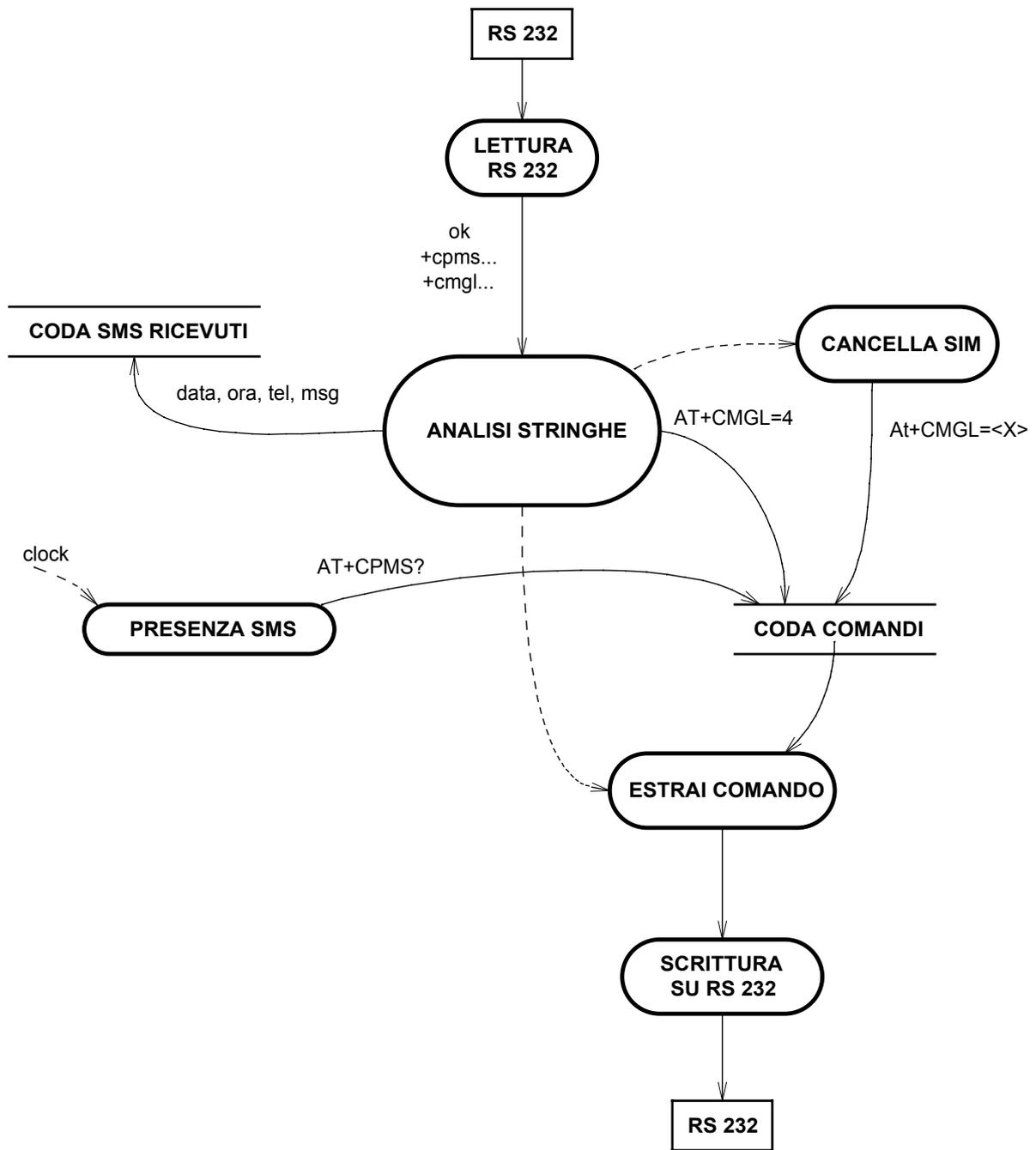


Figura 12.13 Recupero SMS ricevuti senza notifica

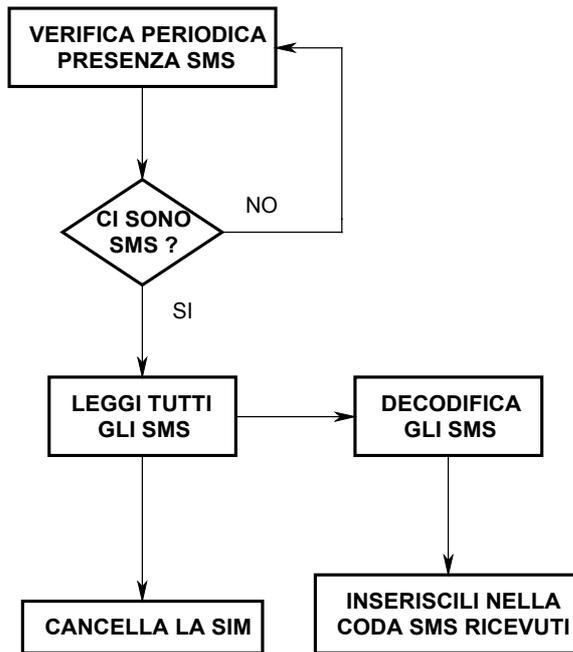


Figura 12.14 Recupero SMS ricevuti, senza notifica

sequenza stringhe:

Le stringhe che il processo GESTIONE GM862 e il GM862 si scambiano per il recupero degli SMS sono le seguenti: (le stringhe inviate da GESTIONE GM862 sono sottolineate).

AT+CMPS?

+CPMS: "SM", <used1>, <total1>, "SM", <used2>, <total2>
<OK>

[ipotesi. (used1>0)]

AT+CMGL=4

AT+CMGD=<1>

.....

AT+CMGD=<n>

+CMGL: <index>, <stat>, <lenght> <CR> <pdu> <CR>

.....

+CMGL: <index>, <stat>, <lenght> <CR> <pdu> <CR>

<OK>

<OK>

.....

<OK>

("n" risposte OK),

dove: "n" è il numero di locazioni presenti nella SIM.

12.2.4.2 Notifica

Supponiamo che il GM862 riceva un SMS ed invii la stringa di notifica; essa ha il formato seguente:

+CMTI: <mem>, <index>

quando arriva la notifica si verifica anche se ci sono messaggi non notificati e si cerca di allacciarsi alla procedura precedentemente esposta.

La funzione LETTURA RS232 trasferisce la stringa di caratteri rappresentante la notifica al processo ANALISI STRINGHE che riconosce l'evento dell'avvenuta ricezione di un SMS e attiva la funzione PRESENZA SMS (fig. 12.15) che invia il comando *AT+CPMS?* e da questo punto in poi la procedura è la stessa del caso senza notifica.

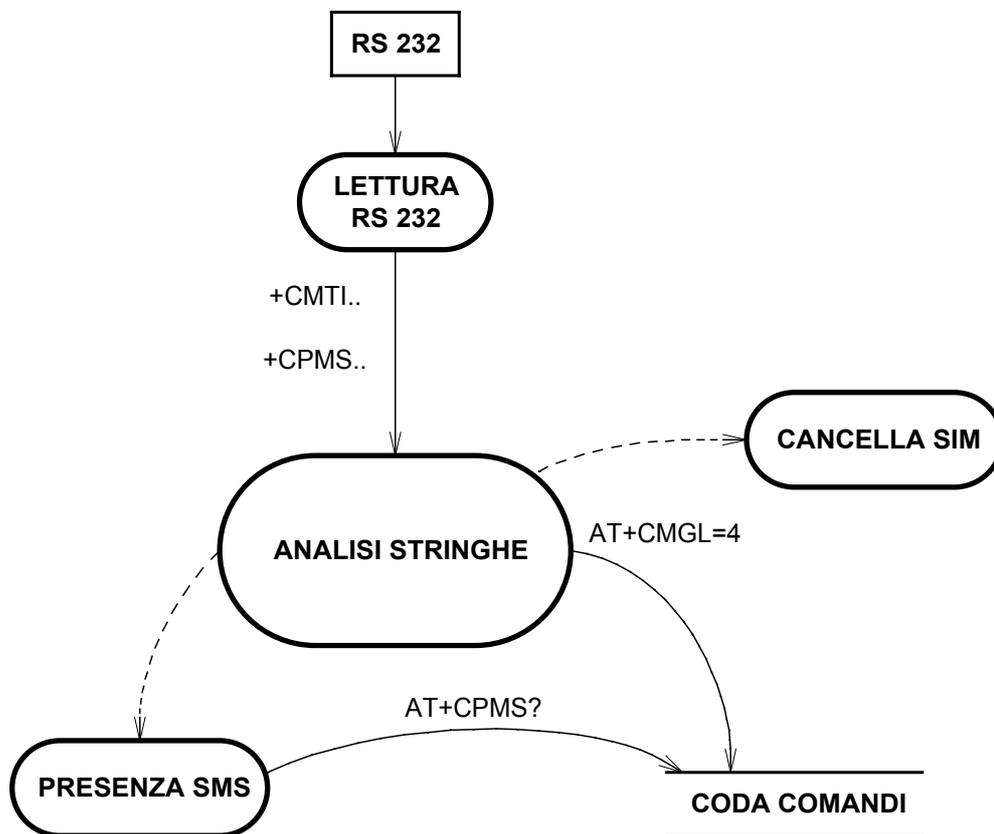


Figura 12.15 Recupero SMS, caso con notifica

12.2.5 DESCRIZIONE FUNZIONI

12.2.5.1 Acquisizione dati dal modulo GM 862

L'acquisizione dati dal modulo telefonico GM862, consiste nel ricevere ed interpretare, da parte di GESTIONE GM862, le stringhe di caratteri che il modem invia verso la porta di comunicazione seriale.

Le stringhe di caratteri che il GM862 trasmette possono avvenire in seguito a segnali ricevuti dalla rete GSM o a risposte ai comandi inviati da GESTIONE GM862. Nella realizzazione del software di comunicazione si devono tenere presenti le seguenti caratteristiche:

- I tempi in cui le stringhe di caratteri sono inviate, le loro lunghezze e il loro contenuto non sono prevedibili a priori.
- Le stringhe di caratteri trasmesse dal modulo GM862 sono in genere caratterizzate da una intestazione cui seguono i dati di interesse, e sono del tipo:

INTESTAZIONE: <dato_1>, <dato_2>,....., <dato_n> <CR>

L'intestazione è separata dal corpo del messaggio dal separatore “.”, mentre i dati sono separati tra loro da separatori del tipo “,” oppure “,”.

Il termine della stringa è indicato dal carattere “ritorno carrello” <CR>, in realtà c'è qualche eccezione che sarà discussa nel seguito.

- Le stringhe inviate dal GM862 potrebbero essere non complete, nel senso che sono necessarie più letture della porta seriale per avere la stringa completa; infatti il GM862 può inviare i byte che compongono le stringhe con un certo ritardo, ma il ciclo principale del programma, di cui fa parte anche GESTIONE GM862, deve eseguire altri compiti oltre alla lettura della porta seriale e quindi il tempo ad essa dedicato è limitato.

Procedura base

Il procedimento base per l'acquisizione delle stringhe è il seguente: ad ogni iterazione il programma verifica se ci sono dei byte da leggere dalla porta seriale, e in caso positivo li legge (ad ogni byte corrisponde un carattere della stringa).

La lettura effettuata produce una stringa di caratteri, ma non è detto che contenga tutto il contenuto informativo; è necessario memorizzare quanto ricevuto per accodare i byte provenienti da successive letture fino ad ottenere la stringa completa, condizione che si raggiunge quando viene prelevato il carattere <CR>. La stringa così ottenuta, una volta processata, può essere eliminata.

Per conoscere il significato dei dati ricevuti è necessario memorizzare tutte le intestazioni di interesse, che costituiscono così delle parole chiave.

In base all'intestazione ricevuta si incamerano i dati necessari e si attivano le varie funzioni interne a GESTIONE GM862.

Casi particolari

Per applicare praticamente quanto detto sopra è necessario considerare i seguenti casi particolari.

1. E' legato alla risposta al comando AT+CMGL=4 utilizzato per leggere tutti gli SMS presenti nella SIM.

La risposta che il GM862 invia al comando consiste in una successione di stringhe del tipo:

```
+CMGL:<index>,<stat>,<lenght> <CR> <pdu> <CR>
.....
+CMGL:<index>,<stat>,<lenght> <CR> <pdu> <CR>
```

OK

Il numero di stringhe così ricevute è pari al numero di messaggi SMS memorizzati nella SIM, dove il messaggio è rappresentato da <pdu> ed è in formato PDU.

La particolarità della risposta al comando è che essa contiene dati utili (<pdu>) anche dopo il carattere <CR>, quindi se si procede come sopra, viene processata correttamente la stringa

+CMGL:<index>,<stat>,<lenght>

ma la successiva stringa:

<pdu>

verrebbe persa poiché non ha un intestazione; è necessario allora che al riconoscimento della stringa +CMGL, sia aggiunta una intestazione fittizia (si è posto +STORE), subito dopo il primo carattere di <CR> ricevuto dopo la stringa +CMGL in modo da ottenere:

+STORE <pdu> <CR>

L'intestazione fittizia deve essere a sua volta memorizzata tra le parole chiave e considerata come tale.

2. Il secondo caso particolare riguarda il prompt ">" che indica quando poter inviare il messaggio in formato PDU al GM862 al fine di trasmettere un SMS.

Il prompt ">" non è seguito dal carattere <CR> e il GM862 rimanendo in attesa della <pdu>, non invia altri caratteri alla porta seriale, e qualunque carattere inviato è interpretato, dal modulo GM862, come la <pdu>.

Questo secondo caso comporta l'impossibilità di attendere il carattere <CR> prima di processare le stringhe ricevute dal GM862.

Per evitare che il software si blocchi in attesa del <CR> si devono processare tutte le stringhe che vengono di volta in volta lette dalla porta seriale anche se non si è ancora rilevato il carattere <CR>. Una volta rilevato il carattere <CR> la stringa può essere eliminata, altrimenti viene mantenuta in memoria. Questo richiede nel caso ">" l'introduzione di un carattere <CR> fittizio, per evitare di entrare in un ciclo infinito di attesa del <CR> prima di poter eliminare la stringa.

Sorge così la convenienza di separare il processo di acquisizione delle stringhe dal processo di analisi del loro contenuto; queste attività sono svolte da due diverse funzioni che però necessitano di una stretta collaborazione. Le due funzioni realizzate sono:

- LETTURA RS232
Si occupa della lettura fisica della porta seriale e del trasferimento di quanto ricevuto alla funzione ANALISI STRINGHE;
- ANALISI STRINGHE
Esamina le stringhe ricevute, acquisisce i dati utili, li elabora e attiva le funzioni interne a "GESTIONE GM862".

Relazioni tra le due funzioni

Di volta in volta che LETTURA RS232 riceve dei byte dalla porta seriale, li trasferisce ad ANALISI STRINGHE.

L'idea consiste nel far in modo che ad ANALISI STRINGHE arrivino due stringhe di caratteri (fig 12.16); una di esse (stringa completa) viene processata ed eliminata, mentre nell'altra sono aggiunte eventuali intestazioni, oppure si attende il completamento della lettura fino al ricevimento del carattere <CR>, rimandandola verso LETTURA RS232 che rileva i nuovi byte provenienti dalla lettura della porta seriale e li accoda a quanto precedentemente letto.

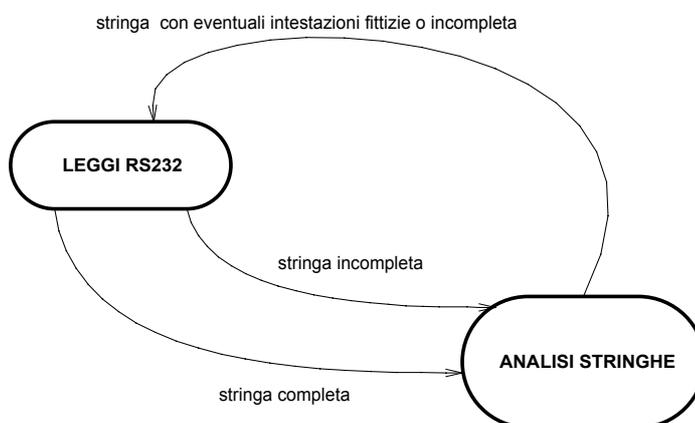


Figura 12.16 Acquisizione dati dal GM862

12.2.5.1.1 ANALISI STRINGHE

La funzione memorizza tutte le intestazioni d'interesse, sia quelle date proprie del GM862, sia quelle fittizie, in un vettore di cui ogni elemento costituisce un'intestazione.

Poiché non è noto l'ordine in cui le stringhe si presentano, per evitare di perdere informazioni è necessario effettuare una ricerca delle intestazioni su tutte le parole chiave memorizzate; man mano che una intestazione è riconosciuta essa viene eliminata.

Per fare questo implementa un ciclo in cui ad ogni iterazione verifica se c'è una corrispondenza tra la stringa ricevuta ed un elemento del vettore intestazioni, solo dopo aver verificato un eventuale corrispondenza con tutte le intestazioni memorizzate, la stringa viene eliminata;

Ad ogni intestazione memorizzata corrispondono una o più istruzioni, che possono essere l'acquisizione dei dati successivi all'intestazione della stringa ricevuta, l'inserzione di una intestazione fittizia, oppure l'attivazione di altre funzioni.

Il modulo ANALISI STRINGHE oltre a processare le stringhe ricevute si occupa anche di altre funzioni che sono le seguenti:

funzioni relative all'invio degli SMS

- Verifica lo stato di registrazione presso un operatore di rete;
 - o Se si è registrati immette il comando AT di richiesta di invio della PDU nella CODA COMANDI;
 - o Se non si è registrati attende un tempo di time-out, successivamente attiva la funzione STATO GSM per ripetere l'operazione.
- Attiva la funzione INVIA PDU;
- Attiva la funzione ESTRAI SMS quando riconosce che l'SMS è stato inviato con successo;
- Attiva la funzione ERRORE 41 nel caso riceva un indicazione d'errore;

funzioni relative alla ricezione degli SMS

- Aggiunge l'intestazione +STORE;
- Riconosce l'intestazione di nuovo messaggio ricevuto e attiva la funzione NOTIFICA;
- Quando riceve la stringa *ERROR 321*(cancellazione di una locazione di memoria già vuota) abilita la funzione ESTRAI COMANDO per eseguire il successivo comando presente in CODA COMANDI;
- Inserisce nella CODA COMANDI la richiesta di lettura di tutti i messaggi presenti nella SIM (*AT+CMGL=4*);
- Attiva la funzione CANCELLA SIM; passandole il numero di locazioni di memoria da cancellare.

Funzioni varie

- Abbatte chiamate entranti, inserendo il comando *ATH* nella CODA COMANDI;
- Attiva la funzione ESTRAI COMANDO per prelevare il successivo comando AT da eseguire;

funzioni utente

E' previsto un numero essenziale di funzioni per l'utente, esse sono:

- Visualizzazione del nome dell'operatore di rete;
- Indicazione qualità del segnale radio;
- Verifica necessità di introdurre il codice PIN;
- Verifica del numero del centro servizi.

12.2.5.2 Cancella SIM

La funzione (fig 12.17) riceve come input il numero delle locazioni di memoria della SIM, ed è attivata tramite un "flag" rappresentato da una variabile boelana. Implementa un ciclo che crea come output una sequenza di comandi AT, pari al numero delle locazioni di memoria disponibili nella SIM, che cancella fisicamente il contenuto della memoria destinata agli SMS. I comandi generati sono inseriti uno alla volta nella CODA COMANDI.

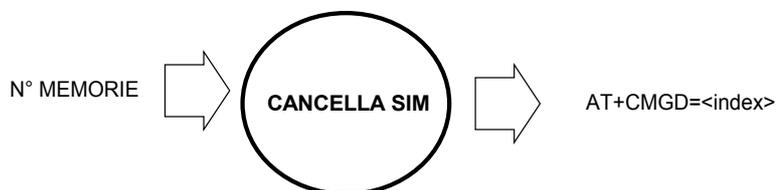


Figura 12.17 Input/output Cancella SIM

Il comando AT usato per cancellare le locazioni di memoria della SIM è il seguente:

$$+CMGD = < index >$$

dove:

<index> = numero della locazione di memoria che si intende cancellare.

Si ottiene una sequenza del tipo:

$$AT+CMGD = <1>$$

.....

.....

$$AT+CMGD = <n>$$

Dove "n" è il numero di memorie disponibili

Per ogni comando del tipo $AT+CMGD = \langle index \rangle$ la risposta del GM862 è *OK* se viene effettivamente cancellato un messaggio oppure $+CMS ERROR: \langle 321 \rangle$ nel caso la locazione di memoria sia vuota.

12.2.5.3 Presenza SMS

La funzione (fig 12.18), periodicamente invia la stringa di comando $AT+CPMS$ che richiede al GM862 il numero di SMS presenti nella SIM.

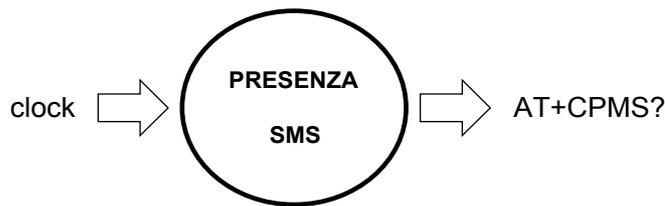


Figura 12.18 Input/output PRESENZA SMS

LabVIEW mette a disposizione un “clock” per la misura, in millisecondi, del tempo dal momento in cui il programma è avviato. L’idea è di utilizzare il “clock” per ottenere l’intervallo tra due successivi invii del comando AT.

La funzione (fig 12.19) memorizza il valore del “clock” al momento in cui è inviata la stringa di comando, successivamente confronta tale valore con quello corrente. Quando la differenza supera il valore impostato tramite una costante si invia una nuova stringa del tipo $AT+CPMS?$ alla CODA COMANDI.

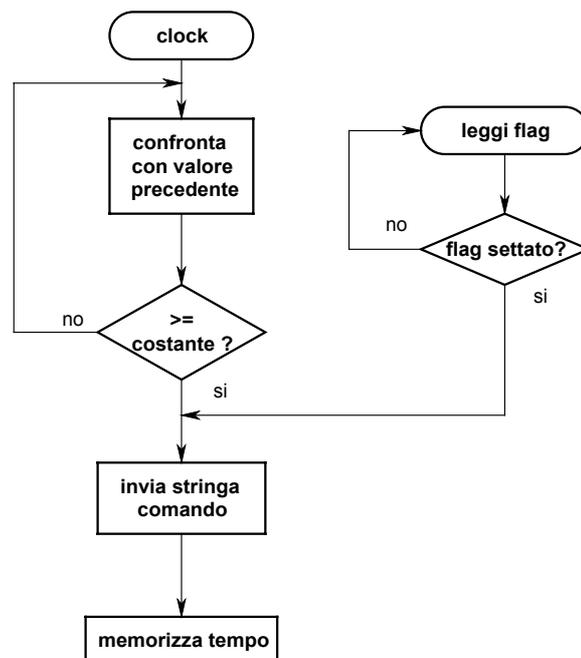


Figura 12.19 Algoritmo presenza SMS

La verifica della presenza di SMS nella SIM è possibile tramite il comando

+CPMS?

Si deve preventivamente inizializzare il GM862 con il comando

+CPMS = <mem1>[,<mem2>]

dove

<mem1>

“SM” = memoria da cui i messaggi sono letti e cancellati.

<mem2>

“SM” = memoria in cui i messaggi sono scritti e inviati.

Quando si invia il comando +CPMS? Il GM 862 risponde con la stringa

+CPMS: “SM”,<used1>,<total1>, “SM”,<used2>,<total2>

dove

“SM”

tipo di memoria usata: rubrica della SIM.

<used 1>

numero di messaggi presenti in <mem 1>

<used 2>

numero di messaggi presenti in <mem 2>

<total 1>

numero totale di locazioni di <mem1>

<total 2>

numero totale di locazioni di <mem2>

12.2.5.4 Scrittura su RS 232

Scrive fisicamente le stringhe di caratteri sulla porta seriale (fig 12.20); riceve le stringhe di caratteri da inviare dalle altre funzioni di GESTIONE GM 862 (ESTRAI COMANDO oppure INVIA PDU) tramite una variabile locale.



Figura 12.20 Input/output SCRITTURA SU RS232

La conversione dei caratteri in segnali elettrici è affidata ad un Sub-VI fornito come funzione di libreria dall'ambiente LabVIEW, che necessita dell'impostazione del numero della porta seriale utilizzata.

12.2.5.5 Estrai comando

La funzione (fig 12.21) è implementata tramite una sequenza di comandi che comincia prelevando la prima stringa dalla CODA COMANDI, successivamente, tramite una variabile locale, la stringa riportante il comando è trasferita a SCRITTURA SU RS232 infine ESTRAI COMANDO setta il flag che attiva la funzione SCRITTURA SU RS232;



Figura 12.21 Input/output ESTRAI COMANDO

La funzione ESTRAI COMANDO è a sua volta attivata tramite un “flag”, che viene resettato quando si esegue il corpo della funzione.

La funzione utilizza, per l'estrazione dell'elemento dalla coda un Sub-VI messo a disposizione dall'ambiente LabVIEW.

12.2.5.6 Estrai SMS

La funzione ESTRAI SMS (fig.12.22) preleva il primo elemento dalla coda SMS DA INVIARE, separa la stringa di caratteri nel messaggio da inviare e nel numero di telefono del destinatario;

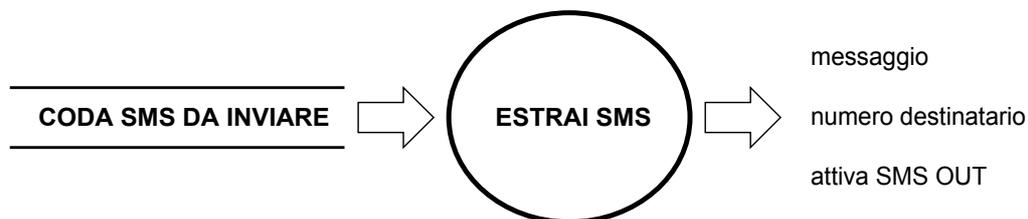


Figura 12.22 Input/output ESTRAI SMS

Associa i valori a due distinte variabili locali e tramite esse le trasferisce alla funzione SMS_OUT, infine attiva la funzione SMS_OUT settandone l'apposito flag.

La funzione utilizza, per l'estrazione dell'elemento dalla coda un Sub-VI messo a disposizione dall'ambiente LabVIEW.

La funzione ESTRAI SMS viene abilitata tramite un flag, che è resettato dalla funzione stessa mentre viene eseguita.

12.2.5.7 Errore 41

La funzione (fig 12.23) riceve da SMS_OUT il comando *AT+CMGS=<lenght>* di richiesta d'invio della *<pdu>* tramite una variabile locale (*<lenght>* rappresenta la lunghezza della *<pdu>*)

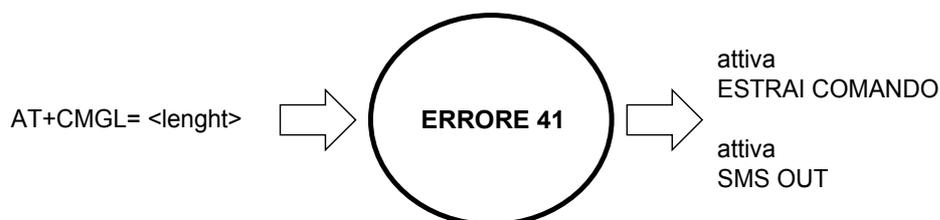


Figura 12.23 Input/output ERRORE 41

Se l'invio dello Short Message non ha successo, il GM862 invia la stringa d'errore *+CMS ERROR: 41* che non è seguita dal carattere *<CR>*; quest'ultimo viene posto in modo fittizio da ANALISI STRINGHE di conseguenza, succede che quest'ultima funzione processa due volte la stringa, abilitando due volte la funzione ERRORE 41, creando potenziali problemi.

La funzione ERRORE 41 ha allora un contatore che fa sì che attivi la procedura solo la seconda volta che viene chiamata.

Quando la funzione ERRORE 41 è attivata inizia una sequenza di istruzioni in cui dapprima inserisce la richiesta d'invio della *<pdu>* nella CODA COMANDI, forzandone l'inserimento al primo posto della lista; successivamente attende un tempo di time out e infine abilita la funzione ESTRAI COMANDO.

La funzione è dotata di un ulteriore contatore ed ogni volta che viene chiamata si occupa di vedere quante volte il tentativo d'inoltro dello stesso SMS provoca l'errore; se il numero del contatore raggiunge un valore predeterminato, attiva la funzione SMS OUT

I contatori sono riportati al loro valore iniziale ogni volta che l'invio del messaggio ha successo da ANALISI STRINGHE

La funzione ERRORE 41 viene attivata tramite un "flag", che è resettato dalla funzione stessa mentre viene eseguita.

12.2.5.8 SMS_OUT

La funzione (fig 12.24) riceve in ingresso il messaggio da inviare, il numero di telefono del destinatario tramite delle variabili locali e la costante che indica il validity period, o tempo di validità, dello Short Message impostabile tramite l'interfaccia grafica;

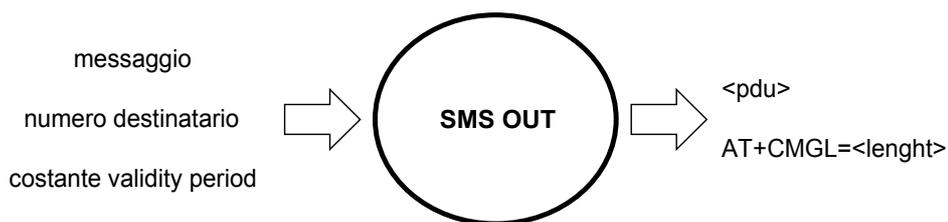


Figura 12.24 Input/output ERRORE 41

La funzione implementa una sequenza di operazioni in cui nella prima parte utilizza il modulo VI CREA PDU (vedi avanti) per formattare numero di telefono, messaggio e Validity Period in formato PDU e ottenerne la lunghezza “lenght”; successivamente in base a questo ultimo parametro può comporre il comando *AT+CMGS=<lenght>*, che invia, tramite variabile locale alle funzioni ERRORE 41 e ANALISI STRINGHE. Il messaggio in formato PDU è invece inviato, sempre tramite variabile locale a INVIA PDU.

Finite queste operazioni, setta il flag che attiva la funzione STATO GSM.

La funzione SMS OUT viene attivata tramite un flag che resetta automaticamente quando viene chiamata.

12.2.5.9 Stato GSM

La funzione STATO GSM (Fig 12.25) invia, il comando *AT+CREG?* per la verifica della registrazione alla CODA COMANDI; La funzione viene abilitata tramite un flag che è resettato dalla funzione stessa quando viene eseguita.

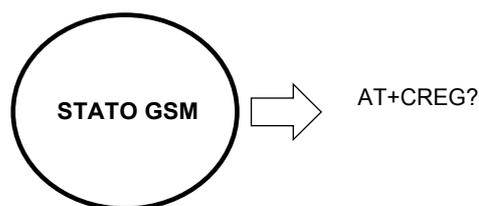


Figura 12.25 Input/output STATO GSM

Oltre alla funzione base citata, si utilizza questa funzione per ottenere ulteriori indicazioni utili da visualizzare nell’interfaccia grafica; esse consistono nell’indicazione dell’operatore con cui si è registrati tramite il comando *AT+COPS?* e nel livello del segnale radio mediante il comando *AT+CSQ*.

In definitiva la stringa inserita nella coda è la seguente: *AT +CREG?; +COPS?; +CSQ;*

12.2.5.10 Invia PDU

La funzione INVIA PDU (fig 12.26) riceve il messaggio in formato PDU dalla funzione SMS OUT e fa da ponte per il trasferimento della <pdu> alla funzione SCRITTURA SU RS232 quando viene attivata da ANALISI STRINGHE

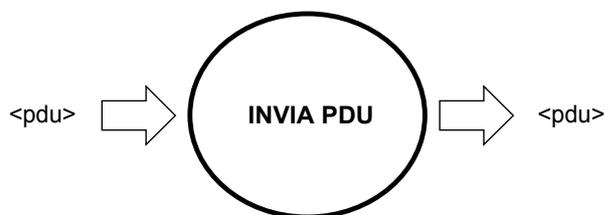


Figura 12.26 Input/output INVIA PDU

La funzione INVIA PDU è dotata di un contatore che fa eseguire il corpo della funzione solo alla seconda attivazione da parte di ANALISI STRINGHE, vista la particolarità del prompt">".

L'attivazione della funzione avviene tramite il settaggio di un flag, il cui stato viene ripristinato dalla funzione stessa durante l'esecuzione.

12.2.6 Descrizione del PDU (Protocol Data Unit)

Il GM 862 utilizza il formato PDU (Protocol Data Unit) per l'invio, la ricezione e la memorizzazione degli SMS. In generale il PDU è un "pacchetto" di dati contenente le seguenti informazioni:

- Numero telefonico destinatario/mittente
- Tempo di validità/ora d'invio
- Formato dei dati
- Tipo di protocollo utilizzato
- Testo inviato/ricevuto

Queste informazioni sono rappresentate tramite sequenze di ottetti (gruppi di 8 bit) ognuno dei quali assume, se codificato in decimale, un valore compreso tra 0 e 255.

Gli ottetti, devono essere codificati in forma esadecimale e successivamente inviati al GM862 nella loro rappresentazione in formato ASCII.

Ad esempio se si vuole inviare un ottetto il cui contenuto in forma esadecimale è "76", lo si trasforma prima in esadecimale e diventa "4C", poi lo si invia al GM862 in forma di due caratteri, in questo caso "4" e "C".

Il PDU si differenzia a seconda che si invii l'SMS dal GM862 verso la rete GSM, (Mobile Originated) oppure l'SMS sia ricevuto dalla rete GSM (Mobile Terminated). Per tale motivo sono stati sviluppati due appositi moduli VI incaricati di codificare il messaggio di testo in formato PDU e di decodificare l'SMS ricevuto in formato testo denominati rispettivamente:

- CREA PDU
- PDU to TXT

Si descrive il PDU presentando prima il caso Mobile Originated e successivamente si evidenzieranno solo le differenze rispetto al caso Mobile Terminated.

12.2.6.1 Mobile Originated

Il modulo VI "Crea PDU" (fig. 12.27) converte il messaggio di testo da inviare nel formato PDU, riceve come input, il messaggio da inviare, il numero di telefono del destinatario, il periodo di validità del SMS, e restituisce come output, la lunghezza della PDU e l'SMS in formato PDU.

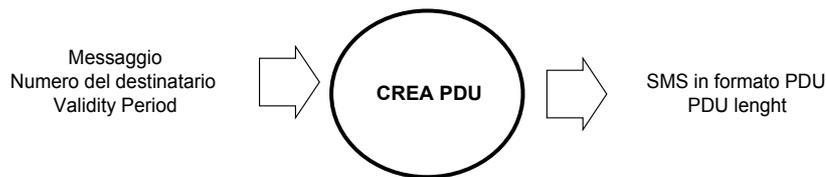


Figura 12.27 Input/output Crea PDU

per l'introduzione del Validity Period a sua volta è stato sviluppato un altro modulo VI. I campi che la compongono sono i seguenti:

1-12 ottetti	1 ottetto	1 ottetto	2-12 ottetti	1 ottetto	1 ottetto	0,1,7 ottetti	1 ottetto	0-140 ottetti
SMSC	PDU type	MR	DA	PID	DCS	VP	UDL	UD

SMSC indirizzo Short Message Service Centre

Imposta il numero telefonico da usare per il centro servizi ed è composto come segue:

LEN	FORMAT	NUMBER
-----	--------	--------

Usando il numero di default, impostato con il comando AT+CSCA il campo LEN viene posto uguale a "00" (Hex) e gli altri campi omessi.

PDU type

È composto da un solo ottetto nel quale ogni bit rappresenta un flag che impostato a "1" indica la presenza o attivazione di un dato o una funzione. L'ottetto così ottenuto è convertito in formato esadecimale ed inserito come campo della PDU.

L'ottetto rappresentante il PDU type è il seguente:

7	6	5	4	3	2	1	0
RP	UDHI	SRR	VPF		RD	0	1

- RP Reply Path: indica l'esistenza del reply-path. Normalmente impostato a "0".
- UDHI User Data Header Indicator: indica la presenza nel campo UD di un ulteriore header. Normalmente non è utilizzato e viene impostato a "0".
- SRR Status Report Request: indica la richiesta da parte del mobile di uno status report; Normalmente posto a "0".
- VPF Validity Period Flag: indica se il campo VP (Validity Period), tempo di validità del messaggio, è presente e in quale formato secondo lo schema

VP format	VP Length	Bit 4	Bit 3
Assente	0	0	0
Riservato	-	0	1
Relativo	1	1	0
Assoluto	7	1	1

È stato impostato il VP relativo “1 0”

- RD Reject Duplicate: inviando un SMS, viene indicato allo SMSC se rifiutare o accettare un messaggio duplicato. Per duplicato s’intende un messaggio inviato dallo stesso mobile verso lo stesso destinatario e con lo stesso MR (Message Reference) di un messaggio già inviato e ancora giacente nella coda dello SMSC.
 “0” accetta il duplicato;
 “1” rifiuta il duplicato;
 si è impostato “1”

la PDU type risulta

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	1	0	0	0	1

L’ottetto codificato in esadecimale diventa “11”.

MR Message Reference

Viene utilizzato per referenziare i messaggi in uscita. Il riferimento viene assegnato automaticamente dal GM862. E’ comunque obbligatorio inserire questo campo che viene impostato a “00” Hex.

DA Destination Address

Indica il numero telefonico del destinatario ed è composto dai seguenti campi

LEN	FORMAT	NUMBER
-----	--------	--------

- LEN: indica il numero di semi-ottetti che costituiscono il numero di telefono inserito nel campo NUMBER, escludendo le cifre di riempimento
- FORMAT: formato del numero presente nel campo number:
 81 formato nazionale (es. 335123456789)
 91 formato internazionale (es. +39335123456789)
- NUMBER: numero del destinatario con i nibble invertiti. Il numero di nibble deve sempre essere pari in modo da completare gli ottetti. Il carattere di riempimento usato è “F”. Per esempio il numero +39123456789 viene codificato come:
 0B 91 93 21 43 65 87 F9 (gli ottetti sono separati per chiarezza)

PID Protocol Identifier

Il Protocol Identifier viene utilizzato per segnalare allo Short Message Service Centre il tipo di messaggio inviato in modo che possa essere smistato nel modo corretto. Per l'invio di SMS si usa "00" Hex.

DCS Data Coding Scheme

Il parametro Data Coding Scheme imposta il formato dei dati nel campo UD (User Data - dati utente). Definisce se i dati sono in formato a 7 o 8 bit, la tabella di caratteri utilizzata e la classe del messaggio.

Il campo DCS può assumere i seguenti valori in esadecimale:

00	codifica di default (caratteri a 7 bit)
0x	Riservato altri tipi di codifica
1x - Ex	riservato
Fx	X è un valore bit-mapped che definisce il tipo di codifica e classe (vedi seguito)

Nell'ultimo caso dove i 4 bit più importanti sono tutti a 1 ("F"), i restanti 4 bit assumono il seguente significato:

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	1	0	FORMAT	CL 1	CL 0

- FORMAT: imposta il formato della codifica dei caratteri presenti nel corpo del messaggio (UD):
 - 0 codifica a 7 bit
 - 1 codifica a 8 bit
- CL 1, CL 0 impostano la classe del messaggio secondo il seguente schema:

CL1	CL0	
0	0	Classe 0 – visualizzazione immediata
0	1	Classe 1 – ME – specifico del terminale mobile
1	0	Classe 2 – SIM (default)
1	1	Classe 3 – TA – specifico del terminal adapter

Il valore binario ottenuto viene convertito in formato esadecimale per essere immesso come campo DCS della PDU.

Tutte le reti cellulari sono in grado di accettare il valore "00" per DCS che corrisponde ad un formato per il campo UD (User Data), di 7 bit, alfabeto di default e classe 2.

Le reti cellulari GSM potrebbero non ammettere altri valori per DCS e di conseguenza causare un errore durante l'invio del messaggio.

Si è usato il valore di default “00” Hex per il campo DCS; impostando tale valore o comunque utilizzando la codifica a 7 bit dei caratteri, la tabella dei caratteri di default è la seguente:

		LSB															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
MSB	0	@	£	\$	¥	è	é	ù	ì	ò	ç		Ø	ø		Å	å
	1	Δ	_	φ	Γ	Λ	Ω	Π	Ψ	Σ	Θ	Ξ		Æ	æ	β	É
	2		!	"	#	□	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/
	3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
	4	i	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Ä	Ö	Ñ	Ü	§
	6	ı	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
	7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	ä	ö	ñ	ü	à

VP Validity Period

Il campo Validity Period indica allo SMSC per quanto tempo deve ritenere valido il messaggio, quindi mantenerlo in coda, nel caso in cui il destinatario non sia momentaneamente raggiungibile.

A seconda di quanto impostato nel PDU type, e in particolare nel campo VPF, il campo VP può essere assente oppure avere una lunghezza di 1 o 7 ottetti.

È possibile impostare due tipologie di Validity Period:

- VP relativo

Il tempo di validità è calcolato relativamente al momento in cui il messaggio viene spedito. La lunghezza del campo è pari ad un ottetto e il valore viene calcolato secondo il seguente schema:

Valore di
VP
(decimale)

0 – 143	(VP+1) x 5 minuti – per intervalli fino a 12 ore
144 – 167	12 ore + ((VP-143) x 30 minuti) – per intervalli da 12.5 a 24 ore
168 – 196	(VP-166) x 1 giorno – per intervalli da 20 a 30 giorni
197 – 255	(VP-192) x 1 settimana – per intervalli da 5 a 63 settimane.

Il valore decimale ottenuto deve essere trasformato in esadecimale prima di essere inserito nella PDU.

- VP assoluto

Viene impostato un tempo di validità assoluto in termini di data e ora. La lunghezza del campo è pari a 7 ottetti e l'informazione è contenuta in semi ottetti con il seguente significato:

1	2	3	4	5	6	7
ANNO	MESE	GIORNO	ORA	MINUTO	SECONDO	FUSO

Le cifre vanno inserite in ordine inverso.

Il campo "FUSO" consiste nel fuso orario cui si riferisce l'ora inserita. Viene calcolato in quarti d'ora dal fuso di Greenwich (GMT).

Esempio:

la data 15 marzo 2000, ore 12:35:30 del fuso medio europeo (MET = GMT +1), viene immessa come: 00 30 51 21 53 03 40
(gli ottetti sono stati separati per chiarezza).

UDL User Data Length

Indica, in formato esadecimale, la lunghezza totale dei dati utente (corpo del messaggio) presenti nel campo successivo UD. Il numero inserito deve indicare la lunghezza dei dati utente indipendentemente dalla codifica utilizzata.

- Esempio: se i dati utente sono costituiti da 32 caratteri a 7 bit, una volta compattati, (vedi paragrafo successivo), la loro lunghezza sarà pari a 28 ottetti. (32*7/8).

Nel campo UDL va inserito il valore 32, rappresentante il numero totali di caratteri che compongono il messaggio d'utente e non 28 che invece rappresenta il numero totale di ottetti del campo UD.

UD User Data

Contiene i dati utente che formano il corpo del messaggio. La sua lunghezza massima è pari a 140 ottetti.

In dipendenza di quanto impostato con il parametro DCS, i caratteri contenuti in questo campo possono essere codificati a 7 oppure a 8 bit:

- Codifica a 8 bit
Ogni carattere del corpo messaggio occupa esattamente un ottetto della PDU . la lunghezza massima del corpo messaggio sarà quindi pari a 140 caratteri a 8 bit. Non sono necessarie particolari trasformazioni e nella PDU si inserisce, in formato esadecimale, il codice del carattere.
- Codifica a 7 bit
I caratteri del corpo messaggio sono a 7 bit e quindi per sfruttare al massimo lo spazio a disposizione, essi vengono "compattati". In questo modo la lunghezza massima del corpo messaggio sarà pari a 160 caratteri a 7 bit, che andranno ad occupare 140 ottetti.

Per la compattazione dei caratteri si procede come segue:
 supponiamo di avere 8 caratteri a 7 bit, che indicheremo con a, b, c, d, e, f, g, h, in formato binario; indichiamo i singoli bit che compongono il carattere con un numero pari al loro peso. Prima della codifica i caratteri si presentano nel seguente modo:

bit	6	5	4	3	2	1	0
a	a6	a5	a4	a3	a2	a1	a0
b	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
c	c6	c5	c4	c3	c2	c1	c0
d	d6	d5	d4	d3	d2	d1	d0
e	e6	e5	e4	e3	e2	e1	e0
f	f6	f5	f4	f3	f2	f1	f0
g	g6	g5	g4	g3	g2	g1	g0
h	h6	h5	h4	h3	h2	h1	h0

Per inserirli negli ottetti utilizzati dal formato PDU, i bit componenti i caratteri vengono concatenati uno dietro l'altro e separati a gruppi di 8 bit, pari agli ottetti.

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
A	b0	a6	a5	a4	a3	a2	a1	a0
B	c1	c0	b6	b5	b4	b3	b2	b1
C	d2	d1	d0	c6	c5	c4	c3	c2
D	e3	e2	e1	e0	d6	d5	d4	d3
E	f4	f3	f2	f1	f0	e6	e5	e4
F	g5	g4	g3	g2	g1	g0	f6	f5
G	h6	h5	h4	h3	h2	h1	h0	g6

Si ottiene così la seguente tabella dove nella prima colonna di sinistra sono indicati i 7 ottetti risultanti con le lettere maiuscole A, B, C, D, E, F, G, in formato binario nell'ordine in cui dovranno essere inseriti nel campo UD:

Gli ottetti devono essere sempre completi, se necessario si deve utilizzare il valore "0" per i bit di riempimento.

Per esempio i primi 3 caratteri a 7 bit sono compattati in 3 ottetti nel seguente modo, dove i bit 7, 6, 5 dell'ottetto C sono costituiti dal bit di riempimento:

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
A	b0	a6	a5	a4	a3	a2	a1	a0
B	c1	c0	b6	b5	b4	b3	b2	b1
C	0	0	0	c6	c5	c4	c3	c2

12.2.6.2 Mobile Terminated

Il modulo VI “PDU to TXT” (fig 12.28) decodifica l’SMS ricevuto in formato PDU nel formato testo. Riceve come input l’SMS in formato PDU e lo decodifica, ottenendo come output il numero telefonico del mittente, la data e ora d’invio del SMS, il messaggio in formato testo e il numero del centro servizi.

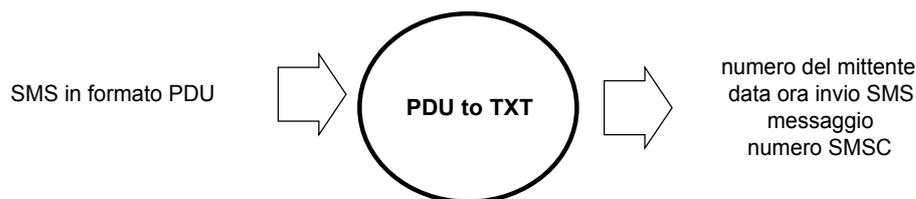


Figura 12.28 Input/output PDU to TXT

Si descrivono le differenze rispetto alla struttura della PDU precedente. I campi del PDU Mobile Terminated sono i seguenti:

2-12 ottetti	1 ottetto	2-12 ottetti	1 ottetto	1 ottetto	7 ottetti	1 ottetti	0-140 ottetti
SMSC	PDU type	OA	PID	DCS	SCTS	UDL	UD

SMSC

Identifica il numero del centro servizi che ha effettivamente smistato il messaggio verso il destinatario. È a sua volta composto dai seguenti campi:

LEN	FORMAT	NUMBER
-----	--------	--------

- LEN: somma del numero di ottetti che compongono il campo NUMBER e FORMAT. Il valore deve essere compreso tra un minimo di 2 (decimale) e 12 (decimale).
- FORMAT: formato del numero presente nel campo NUMBER:
 - 81 formato nazionale (es. 335123456789)
 - 91 formato internazionale (es. +39335123456789)
- NUMBER: numero del centro servizi con i nibble invertiti. Il numero di nibble è sempre pari. Per completare gli ottetti come carattere di riempimento è usato “F”.

Per esempio il codice 07 91 93 21 43 65 87 F9 rappresenta il numero +39 12 34 56 78 9

PDU type

7	6	5	4	3	2	1	0
RP	UDHI	SRI			MMS	0	0

I campi che si differenziano rispetto al PDU type Mobile Originated sono:

- SRI Status Report Indicator
indica la richiesta, da parte del sistema SMS verso il mobile, di uno status report. Normalmente posto a “0”.
- MMS More Messages to Send
Viene impostato dal SM Service Centre ed indica la presenza o meno di altri messaggi in coda per il mobile.

OA Originator Address

Indica il numero del mittente che ha inviato l SMS. È composto dai seguenti campi il cui significato è uguale a quelli del Destination Address discusso precedentemente:

LEN	FORMAT	NUMBER
-----	--------	--------

SCTS Service Centre Time Stamp

In ogni messaggio ricevuto viene inclusa la data e ora di arrivo del messaggio allo SMSC. Il formato utilizzato è lo stesso che viene impiegato per il VP (Validità Period) in formato assoluto.

13 SOFTWARE CENTRALE DI CONTROLLO

Il software che implementa la centrale di controllo del sistema, oltre al modulo GESTIONE GM862 è composto dal modulo GESTIONE TELERILEVAMENTO (fig. 13.1). Quest'ultimo comunica tramite le code SMS RICEVUTI e SMS DA INVIARE con GESTIONE GM862, si interfaccia con l'utente attraverso i CONTROLLI e INDICATORI disponibili nell'ambiente LabVIEW ed inserisce i dati nel file d'archivio.

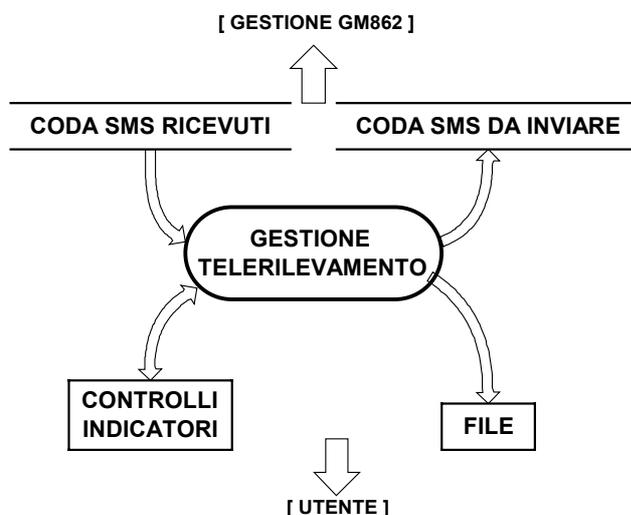


Figura 13.1 GESTIONE TELERILEVAMENTO

Il flusso dei dati in GESTIONE TELERILEVAMENTO è rappresentato in figura 13.2 dove i principali processi presenti sono:

- Ricezione SMS;
- Situazione distributore;
- Gestione dati statici;
- Gestione Comandi.

All'interno di GESTIONE TELERILEVAMENTO la funzione RICEZIONE SMS preleva gli SMS dalla coda SMS RICEVUTI, nella quale GESTIONE GM862 inserisce per ogni SMS ricevuto delle stringhe costituite da più campi, opportunamente separati e con i seguenti contenuti:

numero di telefono mittente(;);data e ora d'invio dell'SMS(;); messaggio contenuto nell'SMS in formato testo.

RICEZIONE SMS esegue la decodifica per individuare se l'SMS contiene informazioni d'allarme ed in tal caso inserisce l'ID contenuto nel messaggio nella finestra ALLARMI. È a questo livello che si deve segnalare in modo automatico un eventuale allarme, poiché per questa fase passano tutti gli SMS ricevuti, mentre ai

livelli superiori (vedi SITUAZIONE DISTRIBUTORE) l'SMS viene semplicemente letto dall'utente e mantenuto in memoria fino al successivo aggiornamento, ma non è noto il momento in cui esso verrà visionato. Il messaggio una volta decodificato e integrato con i dati statici memorizzati in centrale è inserito nel file di archivio contenente i vari report d'attività, inoltre RICEZIONE SMS aggiorna la tabella contenente gli ultimi messaggi ricevuti dalle periferiche.

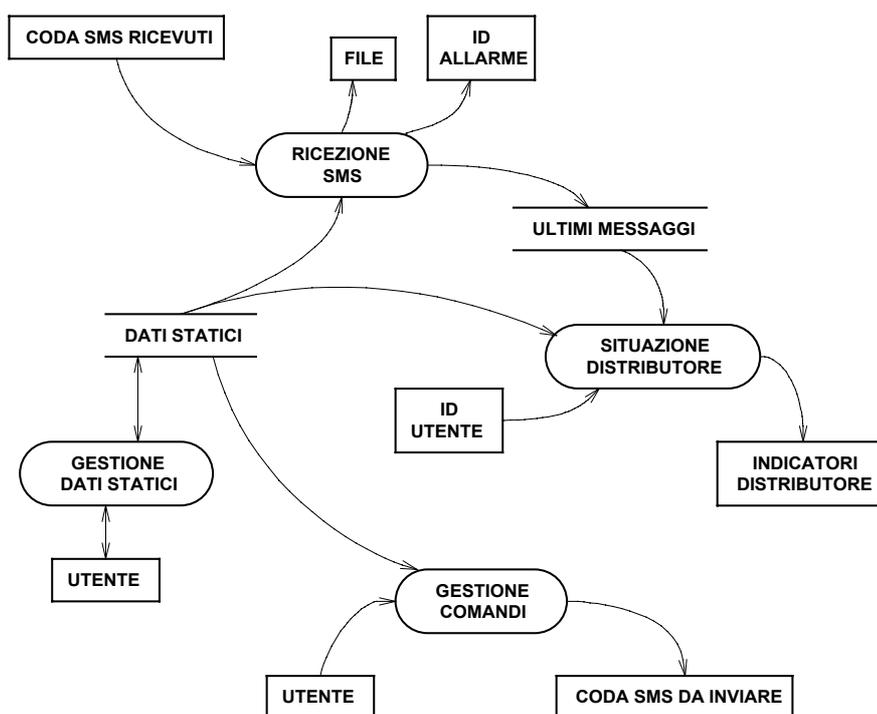


Figura 13.2 Struttura di GESTIONE TELERILEVAMENTO

La TABELLA ULTIMI MESSAGGI memorizza temporaneamente l'aggiornamento più recente relativo ad ogni distributore ed è così formattata (fig 13.3): comprende tre colonne, nella prima si trovano gli ID associati ai vari distributori automatici, la seconda contiene le stringhe rappresentanti il numero di telefono del mittente, la data e l'ora di invio del SMS, mentre nella terza colonna sono memorizzati i messaggi contenuti negli SMS ricevuti.

ID (Identificativo)	N° telefonico, data, ora	MSG ricevuto

Figura 13.3 TABELLA ULTIMI MESSAGGI

La tabella contiene solamente gli ID con i messaggi dei distributori che hanno inviato un aggiornamento. Eventualmente è possibile visualizzare la tabella che essendo formattata in questo modo evidenzia un quadro generale su quali periferiche hanno inviato un report d'attività e a quando esso si riferisce.

La funzione SITUAZIONE DISTRIBUTORE permette di visualizzare sul monitor del PC lo stato di una periferica relativamente all'ultimo messaggio ricevuto presente nella tabella ULTIMI MESSAGGI. In base all'identificativo ID impostato dall'utente tramite un CONTROLLO, SITUAZIONE DISTRIBUTORE preleva il messaggio corrispondente dalla tabella ULTIMI MESSAGGI, esegue una decodifica simile a quella eseguita in RICEZIONE SMS, solo che l'output è costituito dai vari indicatori posti sull'interfaccia grafica della centrale.

GESTIONE COMANDI raggruppa le funzioni necessarie al corretto funzionamento del sistema; tramite i controlli impostati dall'utente gestisce la tempistica per l'acquisizione dei dati o la modifica dei parametri di funzionamento del sistema remoto, compone quindi gli SMS di comando da inviare alle varie periferiche e li inserisce nella coda SMS DA INVIARE.

I DATI STATICI delle periferiche sono memorizzati in una serie di tabelle e ogni tipologia di dati ne ha una. Si hanno allora le seguenti tabelle:

- Numeri di telefono delle periferiche;
- Matricole delle periferiche;
- Indirizzi delle periferiche;
- Nomi o codici dei prodotti contenuti nei serbatoi;
- Capacità dei serbatoi;
- Nomi o codici degli elementi funzionali monitorati (corrispondenti ai contatti ON-OFF).

In tutte le tabelle si ha un numero di righe pari alle periferiche gestite, mentre il numero di colonne presenti varia a seconda della tipologia dei dati contenuti. In ogni caso la prima colonna è riservata agli identificativi ID dei distributori, e per tutte le tabelle alla stessa riga corrisponde lo stesso ID. Le tabelle relative ai numeri di telefono, matricola ed indirizzo sono formate da due colonne; ad esempio nel caso dei numeri di telefono si ha: (fig. 13.4)

ID	Telefono
001	

Figura 13.4 Tabella ID/Numeri di telefono

Le tabelle riguardanti i nomi dei serbatoi, le loro capacità e i nomi degli elementi funzionali, hanno un numero di colonne pari al numero dei serbatoi (8), o a quello degli elementi funzionali (6); ad esempio nel caso dei serbatoi si ha (fig. 13.5):

ID	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
001								

Figura 13.5 Tabella ID/nomi serbatoi

L'esatta corrispondenza dell'ID in ogni tabella permette di estrarre i dati statici relativi ad un distributore selezionando per ogni tabella la riga corrispondente all'ID. Si è reso necessario l'introduzione della funzione GESTIONE DATI STATICI per prelevare e inserire correttamente i dati relativi ai distributori da e nelle corrispondenti caselle delle diverse matrici.

13.1 RICEZIONE SMS

All'interno di RICEZIONE SMS il flusso dei dati è il seguente (fig.13.6): viene prelevato il primo SMS disponibile dalla coda SMS RICEVUTI. In esso RICERCA INTESTAZIONE verifica se nell'SMS è presente l'intestazione che caratterizza i messaggi propri del sistema; se è presente viene successivamente ricercato, da ESTRAI ID, l'identificativo della periferica contenuto all'interno del messaggio. In base ad esso è possibile aggiornare la tabella ULTIMI MESSAGGI, tramite la funzione AGGIORNA ULTIMI MESSAGGI, selezionare e prelevare i dati statici relativi al singolo distributore mediante PRELIEVO DATI STATICI, trasferendoli a SU FILE, che in base ai vari campi contenuti nella stringa prelevata dalla coda SMS RICEVUTI e pervenuti attraverso RICERCA INTESTAZIONE, decodifica l'SMS archiviandolo nel file, eventualmente inserendo l'ID nell'indicatore ALLARME.

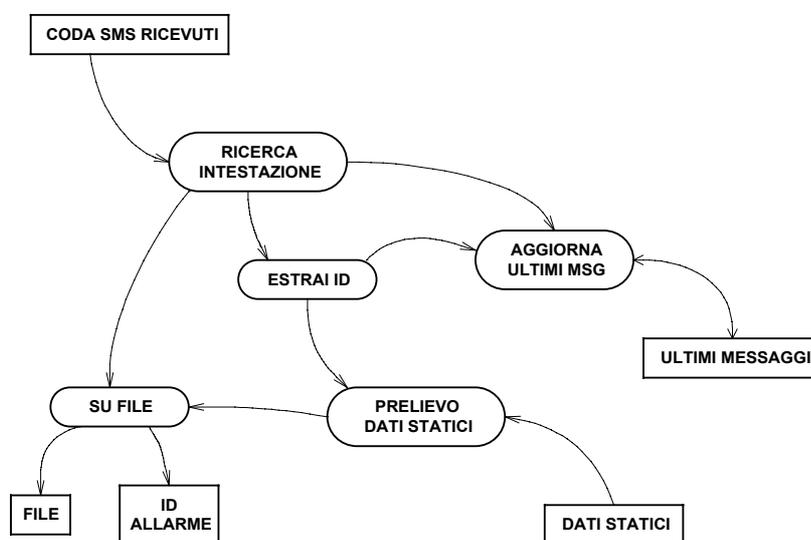


Figura 13.6 Flusso dati in RICEZIONE SMS

AGGIORNA ULTIMI MESSAGGI, in base all'ID ricevuto da ESTRAI ID, ricerca una corrispondenza nella prima colonna della tabella ULTIMI MESSAGGI. Nel caso positivo, nella riga della tabella ULTIMI MESSAGGI corrispondente all'ID vengono sostituiti i campi delle restanti colonne in base a quanto passato da RICERCA INTESTAZIONE.

Se l'ID non viene rilevato, poiché RICERCA INTESTAZIONE ha già verificato che si tratta di un SMS inviato da una periferica appartenente al sistema, viene aggiunta una riga corrispondente al nuovo ID.

13.1.1 Su file

Riceve la stringa completa contenuta nella coda SMS RICEVUTI da RICERCA INTESTAZIONE, (fig.13.7) effettua una divisione dei diversi campi che la compongono riconoscendo i campi: flag, ingressi on-off, serbatoi, che costituiscono il messaggio, inoltre nella stringa iniziale distingue la data, l'ora d'invio del messaggio e il numero di telefono del mittente, e trasferisce il tutto a COMPONI STRINGA.

Per ogni campo vengono effettuate le varie decodifiche: DECODIFICA FLAG, DECODIFICA ON-OFF, DECODIFICA SERBATOI, dove si compongono i dati dinamici con quelli statici relativi al particolare distributore. I dati ottenuti sono passati a COMPONI STRINGA che li raggruppa formattando la tabella che costituirà il report d'attività, riducendola poi in stringhe di caratteri per scriverla su di un file tramite una funzione di libreria disponibile in LabVIEW.

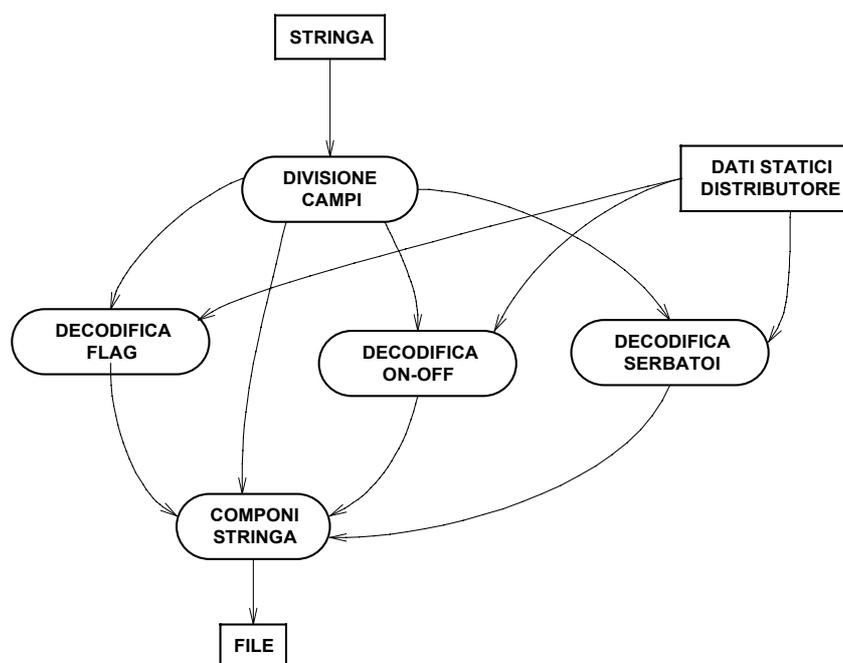


Figura 13.7 Flusso dati in SU FILE

13.2 SITUAZIONE DISTRIBUTORE

Il flusso dati in SITUAZIONE DISTRIBUTORE è schematizzato dalla figura 13.8: in base all'ID impostato dall'utente, RICERCA ID, ricerca nella tabella ULTIMI MESSAGGI la riga contenente l'ID prelevandone la colonna contenente l'SMS. Sempre in base all'ID si prelevano dai dati statici quelli relativi alla periferica. Il tutto viene passato a STATO DISTRIBUTORE che li integra visualizzando i risultati nei vari indicatori presenti nell'interfaccia grafica della centrale.

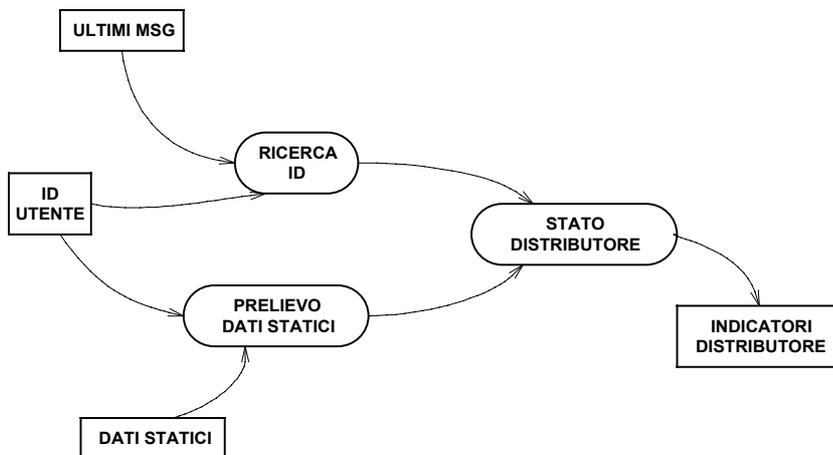


Figura 13.8 Flusso dati in SITUAZIONE DISTRIBUTORE

13.2.1 Stato distributore

All'interno di STATO DISTRIBUTORE (fig. 13.9) si procede in modo simile a quanto avviene in SU FILE. Dalla stringa contenente i campi telefono, data, ora, messaggio, tramite DIVISIONE CAMPI si riconoscono e separano i vari campi: flag, ingressi on-off, serbatoi. I campi separati sono trasferiti alle opportune funzioni di decodifica dove vengono integrati con i dati statici. Dalla stringa si estrae tramite DECODIFICA DATA/ORA/TEL la data, l'ora di invio e il numero di telefono del mittente.

Il tutto viene visualizzato nelle apposite tabelle presenti nella interfaccia grafica.

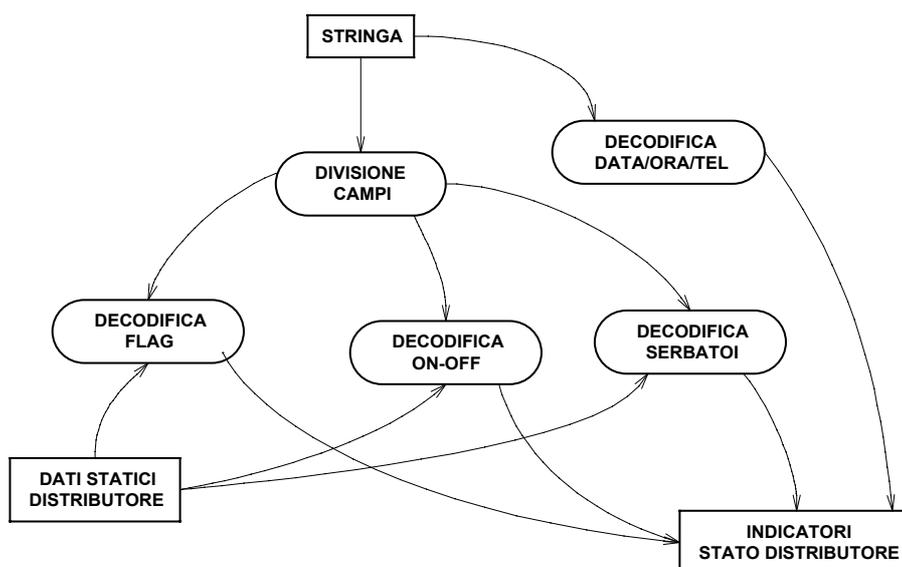


Figura 13.9 Flusso dati in STATO DISTRIBUTORE

13.3 DECODIFICHE

Decodifica Flag

Distingue il motivo dell'invio del messaggio: il campo flag è composto da una stringa di due caratteri ASCII rappresentanti un numero codificato in esadecimale. La stringa di caratteri viene convertita da numero esadecimale in numero binario, rappresentato da un byte del quale si prende il primo elemento. In base al suo valore, 1 oppure 0, si riconosce se il messaggio è stato inviato in modo autonomo dall'unità remota, oppure come risposta ad una richiesta da parte della centrale. In dipendenza del valore ricevuto si associa un messaggio da visualizzare negli indicatori dello stato del distributore.

Se il bit è settato ad 1, significa che il mittente è in allarme quindi, nel caso di SU FILE, l'ID presente nell'SMS viene inserito nella finestra allarmi.

Decodifica ingressi ON-OFF

Riceve una stringa composta di quattro caratteri ASCII, (fig 13.10) dei quali due sono destinati ad usi futuri e quindi scartati. I rimanenti rappresentano un numero esadecimale che viene convertito in binario, ottenendo un byte che in definitiva costituisce un vettore booleano di 8 elementi, dal quale si estraggono i 6 elementi associati agli organi elettromeccanici.

Dal vettore così ottenuto se ne crea un altro ponendo, elemento per elemento, la stringa "FAIL", dove nel vettore booleano è presente un 1, e la stringa "OK" se è presente uno 0.

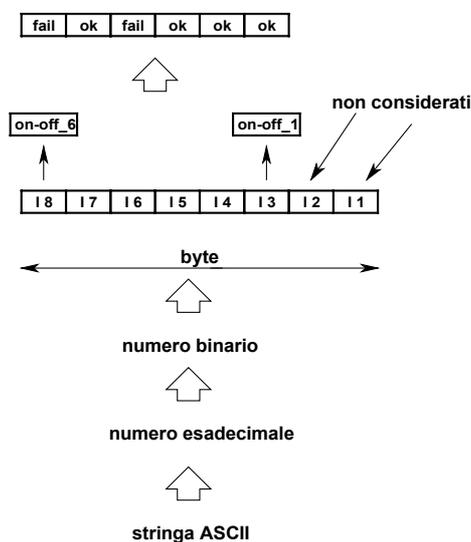


Figura 13.10 Decodifica ingressi on-off

Dai dati statici del distributore, si estrae il vettore corrispondente ai nominativi degli elementi funzionali presenti nell'unità remota (fig 13.11) e si compone la tabella indicante lo stato degli elementi funzionali affiancando i due vettori.

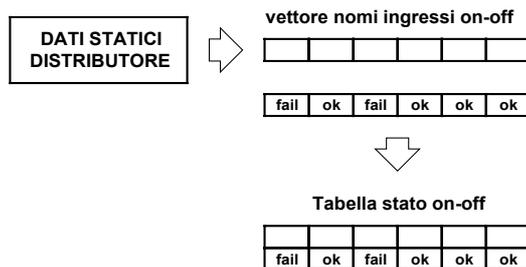


Figura 13.11 Tabella stato ingressi on-off

Decodifica serbatoi

Riceve una stringa di caratteri ASCII rappresentante dei valori numerici (fig 13.12). Ad ogni serbatoio sono riservati 6 caratteri. Si sono utilizzate 3 cifre per rappresentare l'erogato, alle quali corrispondono 3 caratteri ASCII; si è proceduto in modo analogo per i residui.

Dividendo il numero di caratteri ricevuti per il numero di cifre usate si ottiene il totale dei numeri inviati; la stringa di caratteri viene convertita in una matrice con tante colonne quante sono le cifre riservate ad ogni numero (3) e righe pari alla quantità di numeri ricevuti.

Ogni riga viene convertita in valore numerico e contiene, in alternanza, il valore dell'erogato e quello del residuo di un serbatoio. Si ottengono poi due vettori, il primo rappresentante i residui e il secondo rappresentante l'erogato.

Dai dati statici del distributore si preleva il vettore associato alle capacità dei serbatoi e quello associato ai nomi o codici dei prodotti contenuti nei serbatoi.

Si effettua una sottrazione elemento per elemento tra il vettore capacità e quello residui per avere un ulteriore vettore rappresentante le quantità necessarie per il ripristino. Infine tutti i vettori sono utilizzati per comporre la tabella rappresentante la situazione dei serbatoi nell'unità remota.

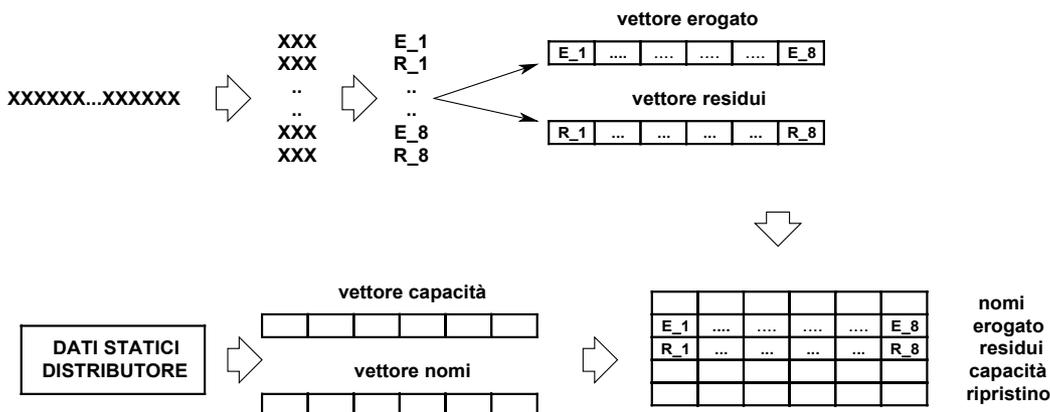


Figura 13.12 Decodifica serbatoi

13.4 GESTIONE COMANDI

Raggruppa l'insieme delle funzioni che comportano l'invio di SMS date da:

- Richiesta di invio dei dati attuali (aggiornamento);
- Modifica del numero telefonico memorizzato nel sottosistema remoto;
- Blocco e sblocco della gettoniera;
- Modifica del parametro ID;
- Invio SMS generici.

I comandi sono rappresentati da stringhe di caratteri e memorizzati come elementi in un vettore denominato SMS COMANDI (SMS CMD). Ogni stringa occupa una posizione nota all'interno del vettore.

13.4.1 Richiesta di aggiornamento

Invia a tutte le periferiche, secondo cadenze predefinite, l'SMS di comando richiedente l'invio del report d'attività. RICHIESTA DI AGGIORNAMENTO è composta dai seguenti processi (fig 13.13):

- **TEMPORIZZAZIONE**
In base alla frequenza impostata dall'utente attiva ad intervalli regolari la funzione MULTIPUNTO.
TEMPORIZZAZIONE gestisce un timer, funzione di libreria di LabVIEW, che misura il tempo da quando il programma è in esecuzione. Tramite un controllo si imposta la frequenza di aggiornamento, TEMPORIZZAZIONE memorizza il valore del timer corrispondente all'ultima attivazione della funzione MULTIPUNTO e sottrae, dal valore attuale del timer, quello memorizzato. Se il valore risultante è superiore alla frequenza impostata attiva la funzione multipunto tramite un flag costituito da una variabile booleana, memorizzando successivamente il valore corrente del timer.
- **MULTIPUNTO**
Genera una successione di stringhe composte da due campi separate da un opportuno separatore (;). Il primo campo riporta il messaggio di comando da inviare in modalità SMS e il secondo il numero di telefono del destinatario. Ogni stringa così generata viene inserita nella coda SMS DA INVIARE.
Dai DATI STATICI si estrae la tabella ID/TELEFONO da cui si ottengono i numeri di telefono, mentre dal vettore SMS COMANDO si estrae la stringa di comando.
MULTIPUNTO implementa un ciclo for che concatena in un'unica stringa ogni numero telefonico presente con la stringa comando.

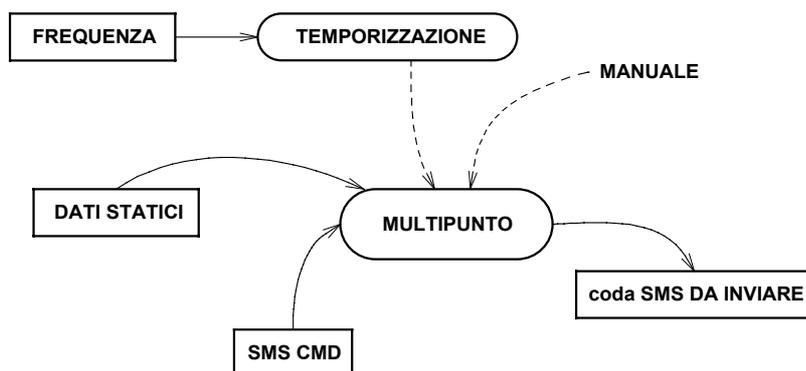


Figura 13.13 Invio richiesta di aggiornamento

MULTIPUNTO può essere attivato anche tramite un comando manuale dato da un controllo, questo permette l'invio in modalità manuale della richiesta di aggiornamento delle periferiche.

13.4.2 Altri comandi

Nuovonumero

E' simile a MULTIPUNTO, nel ciclo che concatena le stringhe si aggiunge anche il nuovo numero di telefono.

Blocco/sblocco gettoniera

In base all'ID si estrae dalla tabella dei numeri di telefono quello corrispondente alla periferica. Dal vettore SMS CMD si estrae il comando associato (blocco oppure sblocco). Le stringhe sono concatenate ed inserite nella coda SMS DA INVIARE.

Modifica parametro ID

È analogo al caso precedente, cambia solo l'elemento del vettore SMS CMD da cui si preleva la stringa rappresentante il comando.

Aggiornamento di un singolo distributore

È analogo a blocco/sblocco gettoniera, cambia solo l'elemento del vettore SMS CMD da cui si preleva la stringa rappresentante il comando.

SMS generici

A differenza dei casi precedenti i campi testo del messaggio e numero di telefono devono essere inseriti di volta in volta dall'utente tramite dei controlli. La funzione verifica che la stringa di caratteri del messaggio da inviare non superi i 160 caratteri e sia presente il numero di telefono; concatena i due campi separandoli con il separatore (;) e inserisce il tutto nella coda SMS DA INVIARE.

14 SOFTWARE DISTRIBUTORE AUTOMATICO

Il funzionamento del distributore automatico è stato simulato relativamente ai seguenti aspetti:

- Erogazione dei prodotti;
- Rifornimento dei serbatoi
- Guasti elementi elettromeccanici;
- Abilitazione della gettoniera;

Agli effetti esterni il simulatore del distributore interagisce con le seguenti entità: (fig 14.1)

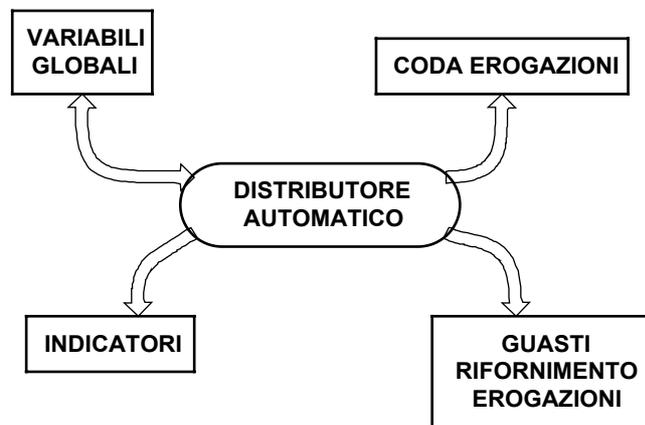


Figura 14.1 Entità con cui interagisce il distributore

Coda erogazioni:

Simula il funzionamento di una porta di comunicazione; sono inserite le stringhe indicanti il pulsante premuto quando il distributore effettua l'erogazione di un prodotto. Le stringhe sono composte da una intestazione, un corpo del messaggio riportante il codice del pulsante ed una coda indicante la fine del messaggio: (fig 14.2)

Intestazione	Identificativo pulsante	Coda
PULSANTI	00#	END

Figura 14.2 Stringa pulsanti

Variabili globali

Raggruppa l'insieme di variabili di tipo booleano associate ai sensori che rilevano lo stato di funzionamento degli organi elettromeccanici, cui si aggiunge l'interruttore

che comanda il funzionamento della gettoniera presente nel distributore ed il pulsante di rifornimento.

Indicatori

Comprende tutti gli indicatori per visualizzare lo stato del distributore.

Erogazioni guasti rifornimento

Rappresentano i controlli a disposizione per simulare il funzionamento del distributore relativamente agli aspetti presentati precedentemente.

Comportamento delle funzioni

Le azioni che il modulo esegue sono le seguenti

- Erogazione prodotti
Ad ogni erogazione aggiorna i livelli dei serbatoi e invia la stringa di caratteri;
- Guasti
Il guasto di un elemento funzionale comporta la variazione dello stato della variabile globale associata e il blocco parziale o totale della capacità di erogazione del distributore.
- Rifornimento
I livelli dei serbatoi sono riportati ai valori delle capacità massime
- Gettoniera
Lo stato della variabile globale associata determina il blocco o lo sblocco della gettoniera e quindi delle erogazioni.

Algoritmo principale

L'algoritmo principale di funzionamento del modulo è il seguente (fig 14.3):

Al premere di un pulsante associato ad un prodotto il programma verifica se la gettoniera è abilitata, in caso positivo verifica se è in grado di erogare il prodotto in base al contenuto dei serbatoi. Se esso è disponibile verifica la compatibilità con gli organi elettromeccanici teoricamente coinvolti per l'erogazione e se non ci sono guasti vincolanti procede alla simulazione dell'erogazione diminuendo i livelli delle scorte nei serbatoi e inserisce nella CODA EROGAZIONI la stringa di caratteri rappresentante il pulsante premuto.

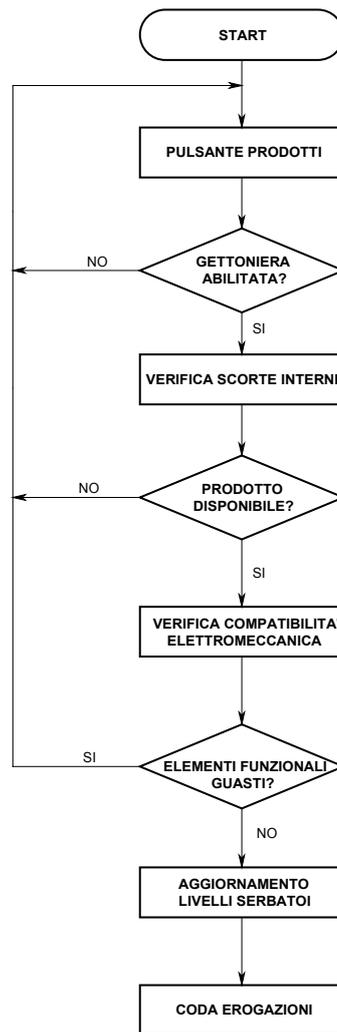


Figura 14.3 Algoritmo principale

15 SOFTWARE MICROCONTROLLORE

Il software che implementa il dispositivo a microcontrollore comprende due task principali: GESTIONE GM862 precedentemente esposto e GESTIONE DISTRIBUTORE. In particolare quest'ultimo comunica tramite le code SMS RICEVUTI e SMS DA INVIARE con il modulo GESTIONE GM862, mentre utilizza le VARIABILI GLOBALI e la CODA EROGAZIONI per lo scambio dati con il modulo VI che implementa il distributore automatico.(fig. 15.1)

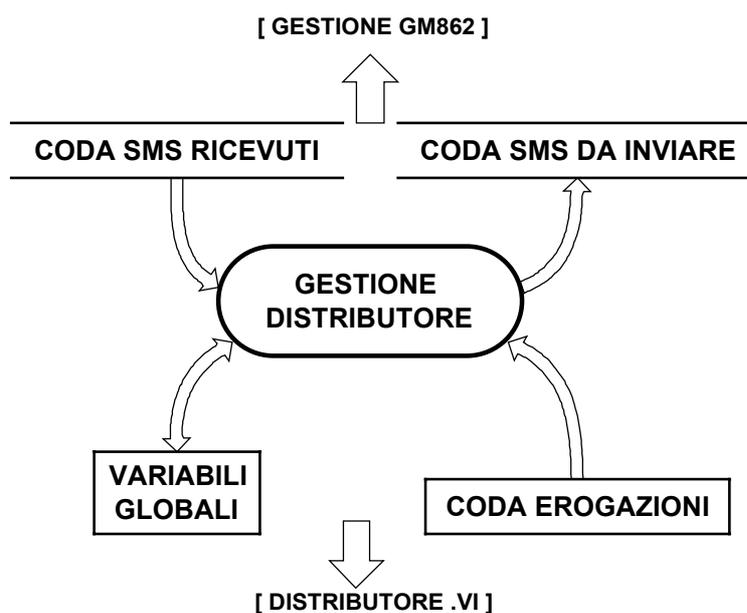


Figura 15.1 Gestione distributore

All'interno di GESTIONE DISTRIBUTORE il flusso dei dati è rappresentato in figura 15.2. e i principali processi presenti sono:

- Gestione erogazioni;
- Richiesta di assistenza;
- Comandi da centrale;
- Rifornimento;
- Codifica variabili globali (VG);

Le stringhe di caratteri inviate dal distributore tramite la CODA EROGAZIONI sono prelevate dal processo GESTIONE EROGAZIONI che aggiorna la situazione dei residui presenti nei serbatoi e delle quantità erogate.

I valori numerici delle quantità residue ed erogate sono memorizzate in due vettori (vettore residui e vettore erogato) in cui ogni elemento è una variabile numerica e corrisponde ad un preciso serbatoio.

Il processo CODIFICA VG legge le variabili globali, le codifica in formato stringa in modo tale che possano essere poi composte per formare l'SMS da inviare.

RICHIESTA DI ASSISTENZA preleva il vettore dei residui, le variabili globali e verifica se si sono verificati guasti ed esaurimenti; in caso affermativo compone il messaggio che deve essere inviato in modalità SMS prelevando le variabili globali precedentemente codificate, il vettore erogato, l'identificativo ID e il numero di telefono rappresentati da opportune variabili. Il messaggio da inviare associato al numero di telefono viene inserito nella coda SMS DA INVIARE; infine azzerava i contatori del erogato parziale.

COMANDI DA CENTRALE preleva gli SMS ricevuti dalla coda SMS RICEVUTI, riconosce ed esegue i comandi che la centrale di controllo del sistema invia, tra i quali l'invio del SMS di report.

RIFORNIMENTO aggiorna il valore dei residui quando vengono ripristinati i livelli dei serbatoi nel modulo DISTRIBUTORE.VI.

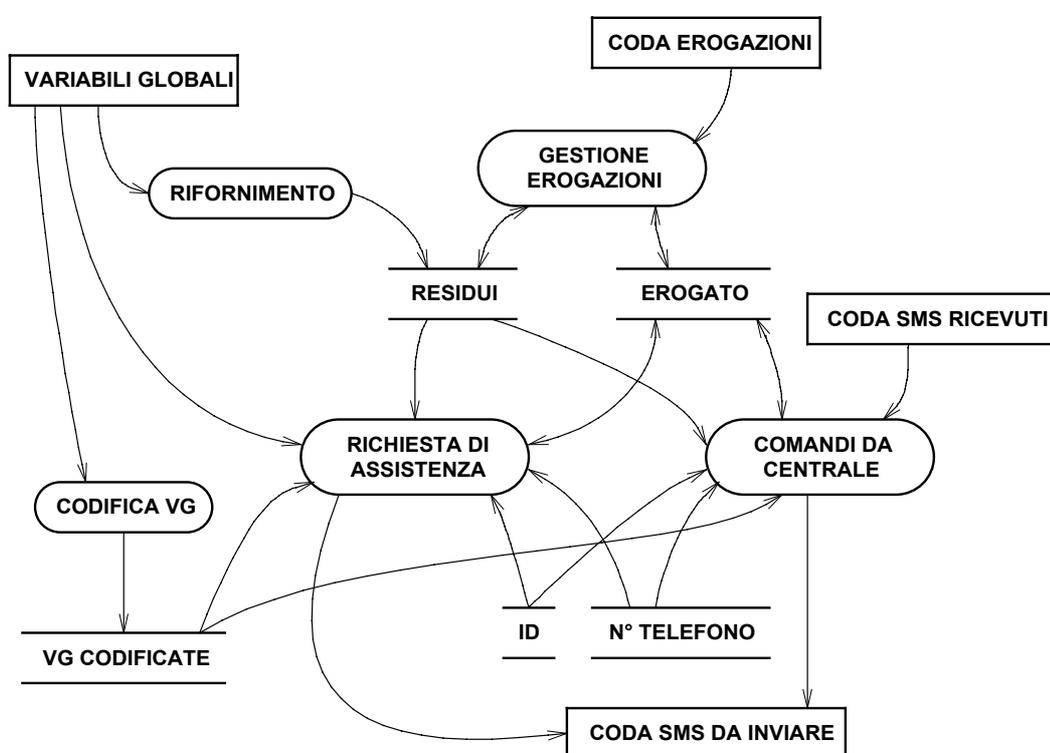


Figura 15.2 Flusso dati in GESTIONE DISTRIBUTORE

15.1 GESTIONE EROGAZIONI

GESTIONE EROGAZIONI contiene una matrice con le caratteristiche del distributore cui il microcontrollore è associato ed è formattata come in fig 15.3. Ad ogni riga corrisponde un pulsante, la prima colonna (codifica) contiene i caratteri delle codifiche dei pulsanti. Le restanti colonne sono associate ai serbatoi (una per ogni serbatoio) e contengono il valore numerico che esprime la quantità o il volume, distribuiti dal rispettivo serbatoio ad ogni erogazione del pulsante associato.

	codifica	S 0	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
Pulsante_0										
Pulsante_1										
-----	###	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pulsante_4										
Pulsante_5										

Figura 15.3 Matrice caratteristiche distributore

Il flusso dei dati all'interno di GESTIONE EROGAZIONI è rappresentato in figura 15.4.

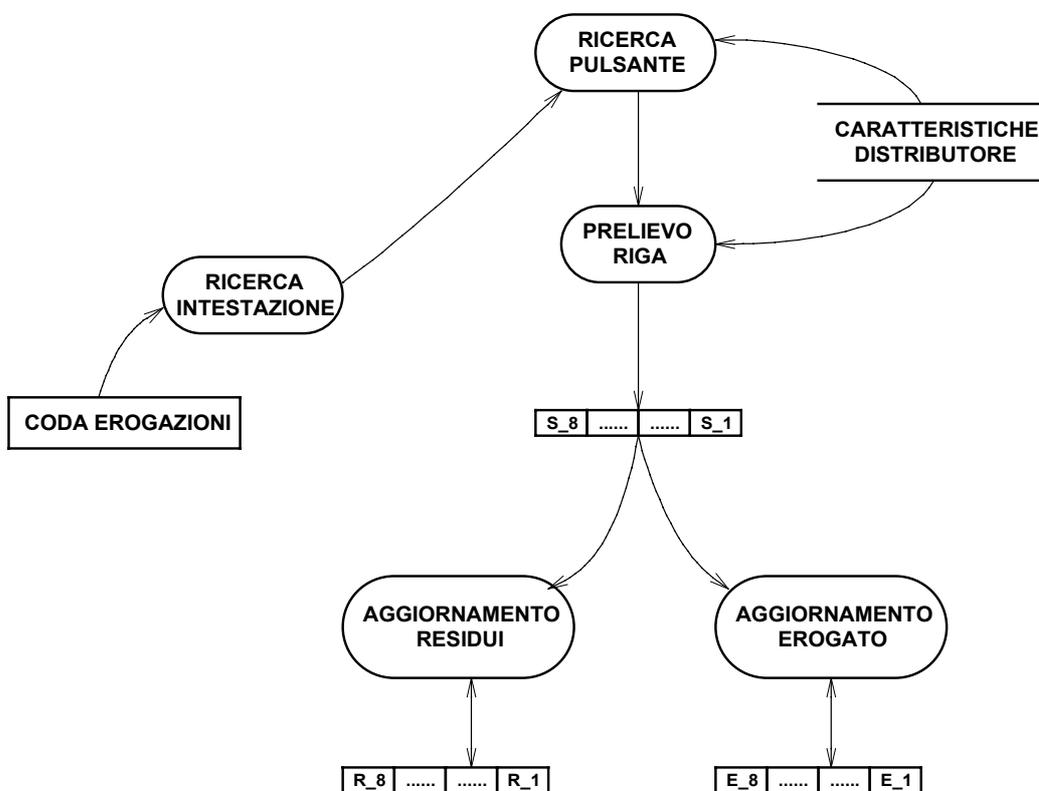


Figura 15.4 Flusso dati in gestione erogazioni

Il processo preleva la prima stringa di caratteri dalla CODA EROGAZIONI. Il formato delle stringhe di interesse inviate dal distributore è noto ed il formato è il seguente:

PULSANTE###END

dove i simboli ### rappresentano i caratteri che codificano il pulsante premuto. Poiché il distributore potrebbe inviare stringhe diverse relativamente ad altre informazioni, si effettua il riconoscimento della stringa ricercando in essa l'intestazione "PULSANTE". Se il riconoscimento non ha successo la stringa viene scartata e dalla coda erogazioni si preleva la successiva, altrimenti si preleva il messaggio (###) corrispondente alla codifica del pulsante e lo si invia a RICERCA PULSANTE che dalla matrice delle caratteristiche preleva la colonna con le

codifiche dei pulsanti, che costituisce un vettore. RICERCA PULSANTE effettua un confronto tra la codifica ricevuta e gli elementi del vettore. Poiché ad ogni elemento del vettore corrisponde un indice, in base alla posizione che la codifica occupa nel vettore si ottiene la riga che il pulsante premuto occupa nella matrice.

In PRELIEVO RIGA si estrae dalla matrice la riga corrispondente da cui, eliminando il primo elemento, rappresentante la codifica, si ottiene un vettore dove ogni elemento associato ad un serbatoio riporta la corrispondente quantità erogata.

Anche i valori del erogato parziale e del residuo sono rappresentati da vettori; in tutti e tre i vettori si ha la stessa corrispondenza tra l'indice degli elementi e i serbatoi.

L'aggiornamento dei valori è effettuato operando una somma, elemento per elemento, tra il vettore del erogato e quello prelevato dalla matrice, AGGIORNAMENTO EROGATO, mentre si esegue una sottrazione, AGGIORNAMENTO RESIDUO, tra il vettore dei residui e quello della matrice.

I vettori erogato e residuo sono poi messi a disposizione degli altri processi del sistema.

15.2 RIFORNIMENTO

Una variabile globale è riservata alla simulazione dell'ingresso relativo al pulsante di avvenuto rifornimento presente nel modulo DISTRIBUTORE.VI ed è collegato con il microcontrollore. RIFORNIMENTO memorizza le capacità massime dei serbatoi in un vettore (vettore capacità massime) con un numero di elementi pari ai serbatoi presenti.

La variazione dello stato di questa variabile globale fa sì che RIFORNIMENTO inizializzi il vettore relativo ai residui con i valori presenti nel vettore capacità serbatoi. (fig 15.5)

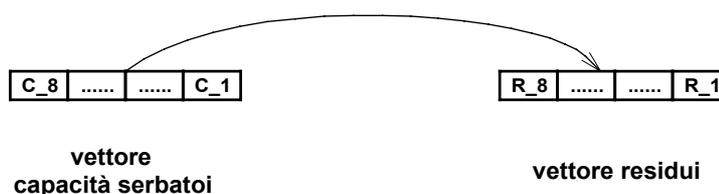


Figura 15.5 Rifornimento distributore

15.3 CODIFICA DELLE VARIABILI GLOBALI

Le variabili globali associate agli elementi funzionali e alla gettoniera sono di tipo booleano. Nel complesso si hanno 6 variabili globali dedicate agli elementi funzionali, una alla gettoniera ed una per il pulsante rifornimento, che però interessa solo il processo RIFORNIMENTO.

Le variabili riguardanti gli elementi funzionali e la gettoniera vengono riunite in modo da originare un vettore booleano. Ogni elemento del vettore è associato ad una

precisa variabile globale e quindi ad un determinato organo elettromeccanico. La stessa corrispondenza è mantenuta anche a livello di centrale.

Aggiungendo un bit di riempimento (fig 15.6) si ottiene un vettore di otto elementi booleani che costituisce un byte cui si può associare il corrispondente valore intero decimale senza segno e successivamente convertirlo in formato esadecimale. I caratteri così ottenuti sono codificati con il corrispondente valore ASCII, si ottiene così una stringa che rappresenta la codifica dello stato delle variabili globali e quindi degli elementi ad esse associati, che sarà poi utilizzata per la composizione del messaggio dai processi RICHIESTA DI ASSISTENZA e COMANDI DA CENTRALE.

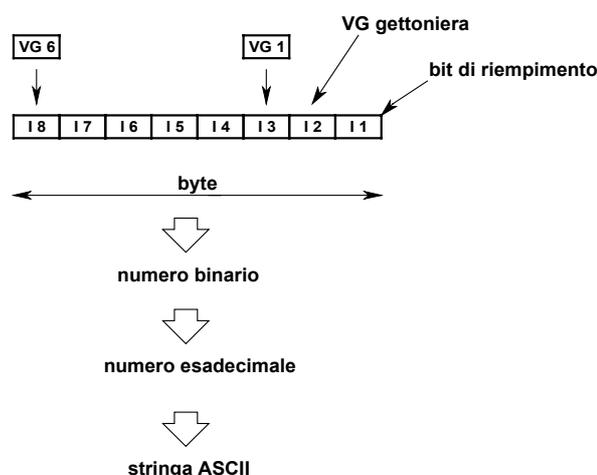


Figura 15.6 Codifica delle variabili globali

15.4 RICHIESTA DI ASSISTENZA

Il processo deve individuare se una variabile globale ha cambiato stato o un serbatoio si è esaurito. Il flusso dei dati è riportato in fig 15.7 . Si individuano due processi:

- Verifica guasti - esaurimenti;
- Componi messaggio.

Il primo verifica la presenza di guasti o esaurimenti e nel caso positivo, attiva COMPONI MESSAGGIO che formatta il messaggio da inviare inserendolo nella coda SMS DA INVIARE.

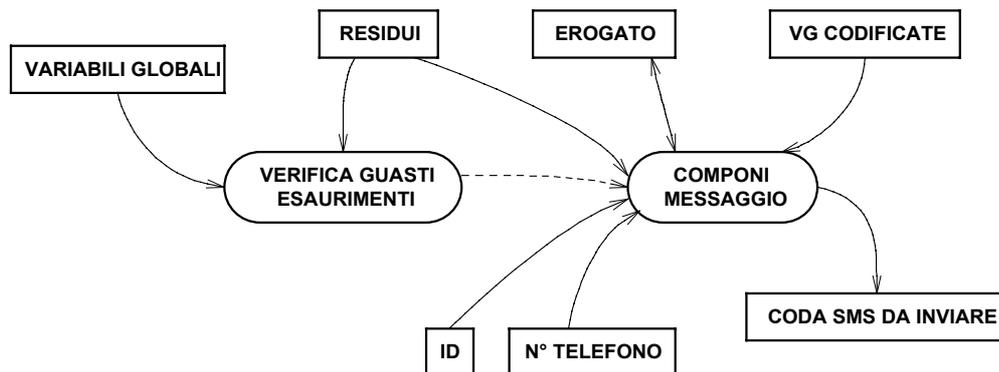


Figura 15.7 Flusso dati in richiesta di assistenza

15.4.1 Verifica guasti esaurimenti

Preleva il vettore dei residui e le variabili globali, escluso quella riservata al pulsante rifornimento.

Il vettore residui riporta il valore numerico delle quantità ancora presenti nei serbatoi, esso viene convertito in un vettore booleano (fig 15.8) verificando se ogni elemento supera o meno il valore minimo ammesso per i serbatoi (assunto come 0): Si ottiene così un vettore i cui elementi valgono “1” se sono sotto il livello di riordino, oppure “0”.

Analogamente dalle variabili globali si ottiene un vettore booleano, dove il valore “1” significa che l’elemento funzionale associato non funziona.

I vettori booleani relativi ai serbatoi e alle variabili globali vengono concatenati e in ANALISI ELEMENTI si ricerca se nel vettore risultante sono presenti degli “1”. In tal caso è necessaria l’assistenza di un operatore mobile e si attiva COMIONI MESSAGGIO.

Analisi elementi fa in modo che lo stesso esaurimento o guasto sia segnalato una volta sola dal suo verificarsi.

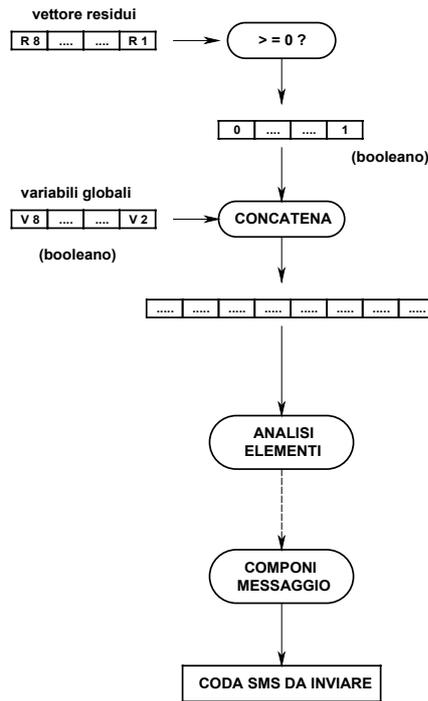


Figura 15.8 Verifica guasti ed esaurimenti

15.4.2 Componi MSG

Compone il messaggio che deve essere inviato in modalità SMS. La stringa completa è data da:

Intestazione	Identificativo	Flag	Ingressi on/off	serbatoi
--------------	----------------	------	-----------------	----------

Essa viene ottenuta concatenando i vari campi presenti.

Serbatoi

I vettori residuo ed erogato vengono intercalati e fusi in un unico vettore i cui elementi sono rispettivamente il primo elemento del vettore erogato, il primo elemento del vettore residui, il secondo elemento del vettore erogato, il secondo elemento del vettore residui e così via:

E 1	R 1	E 2	R 2	E 8	R 8
-----	-----	-----	-----	-------	------	-----	-----

Ogni elemento rappresenta un numero di tre cifre.

Gli elementi del vettore sono dei numeri, ma per essere inviati in una porta seriale devono essere convertiti in stringhe, si converte allora il vettore di numeri in un vettore i cui elementi sono delle stringhe, infine il vettore stesso deve essere convertito in una stringa ottenendo la successione di caratteri:

E_1R_1E_2R_2.....E_8R_8

Ingressi ON-OFF

Si utilizza la stringa proveniente da CODIFICA VARIABILI GLOBALI, cui si aggiungono altri due caratteri (FF in Hex) per eventuali usi futuri.

Flag

Per distinguere se il messaggio è stato inviato in seguito ad un allarme, e quindi da RICHIESTA DI ASSISTENZA, o in seguito ad una richiesta da centrale, quindi da COMANDI DA CENTRALE (vedi avanti), è previsto un bit (RICH/FAIL) che viene settato a "1" oppure "0" in dipendenza da quale processo attiva COMPONI MESSAGGIO.

Il bit Rich/Fail viene associato ad altri 7 bit, eventualmente disponibili per altri usi futuri in modo da ottenere un unico vettore booleano di lunghezza pari ad 8 bit. Il byte così ottenuto rappresenta un numero binario e viene convertito in una stringa di caratteri esadecimali da cui si ricava la stringa di caratteri ASCII da inviare.

Intestazione ed ID

Sono rappresentate da variabili di tipo stringa all'interno di GESTIONE DISTRIBUTORE.

COMPONI MESSAGGIO concatena i vari campi aggiunge il numero di telefono del destinatario, separandolo dal messaggio, ed inserisce il tutto nella coda SMS DA INVIARE:

stringa messaggio (;) numero telefono

15.5 COMANDI DA CENTRALE

Il processo COMANDI DA CENTRALE preleva ed interpreta gli SMS ricevuti dal GM862 e trasferiti dal processo GESTIONE GM862 nella coda SMS RICEVUTI. Le possibili opzioni che COMANDI DA CENTRALE può eseguire sono rappresentate in fig 15.9.

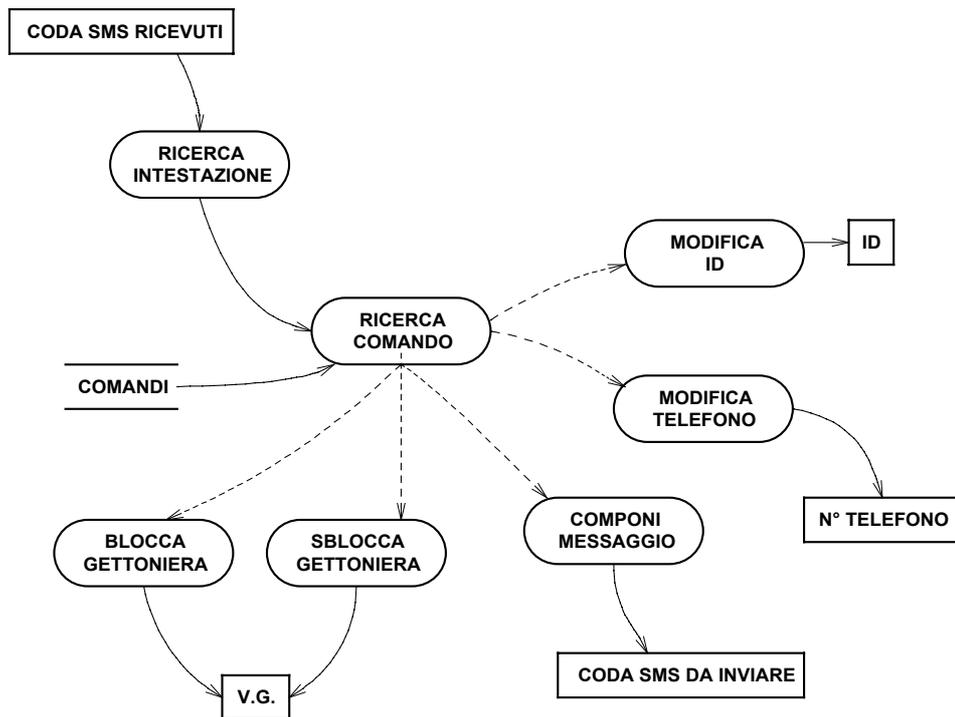


Figura 15.9 Comandi da centrale

Nella coda SMS RICEVUTI si trovano tutti gli SMS che il GM862 riceve dalla rete GSM, quindi anche gli SMS non inviati dalla centrale, ma ad esempio dall'operatore di rete in broadcast. Si richiede allora una ricerca dell'intestazione nel SMS ricevuto al fine di ricercare in esso se è presente l'intestazione "HEADER". In caso affermativo l'SMS è inviato dalla centrale e dallo Short Message si preleva la parte successiva all'intestazione che contiene il comando da eseguire inviandola a RICERCA COMANDO. Se non si riconosce l'intestazione l'SMS viene scartato e si procede con il prelievo del successivo.

Le stringhe di caratteri rappresentanti i comandi da eseguire costituiscono un vettore in cui ogni elemento rappresenta una parola chiave e ha un preciso indice in dipendenza della posizione occupata nel vettore. Ad ogni indice è associato un "case" che raggruppa le sequenze di istruzioni necessarie ad eseguire il comando richiesto dalla centrale.

In RICERCA COMANDO si ricerca il comando ricevuto sul vettore COMANDI e si attiva il corrispondente "case". I "case" possibili sono i seguenti:

COMONI MESSAGGIO

È lo stesso di RICHIESTA ASSISTENZA solo che il bit RICH/FAIL viene settato a "0".

Modifica del numero cui indirizzare gli SMS

Dalla stringa ricevuta si estrae il nuovo numero telefonico della centrale e lo si forza nella variabile contenente il numero attuale della centrale.

Modifica identificativo ID del dispositivo remoto

Si procede in modo analogo al caso precedente, solo che si modifica la variabile locale associata a quella contenente l'identificativo del dispositivo remoto.

Blocco gettoniera

Si modifica direttamente il valore della variabile globale booleana corrispondente all'ON-OFF associato alla gettoniera ponendola in "TRUE"

Sblocco gettoniera

Si modifica direttamente il valore della variabile globale booleana corrispondente all'ON-OFF associato alla gettoniera ponendola in "FALSE".

16 FRONT PANEL

16.1 LA CENTRALE DI CONTROLLO

L'interfaccia grafica che il sistema offre all'utente è visualizzata nella figura 16.1, ed è ciò che appare nel monitor del PC della centrale:

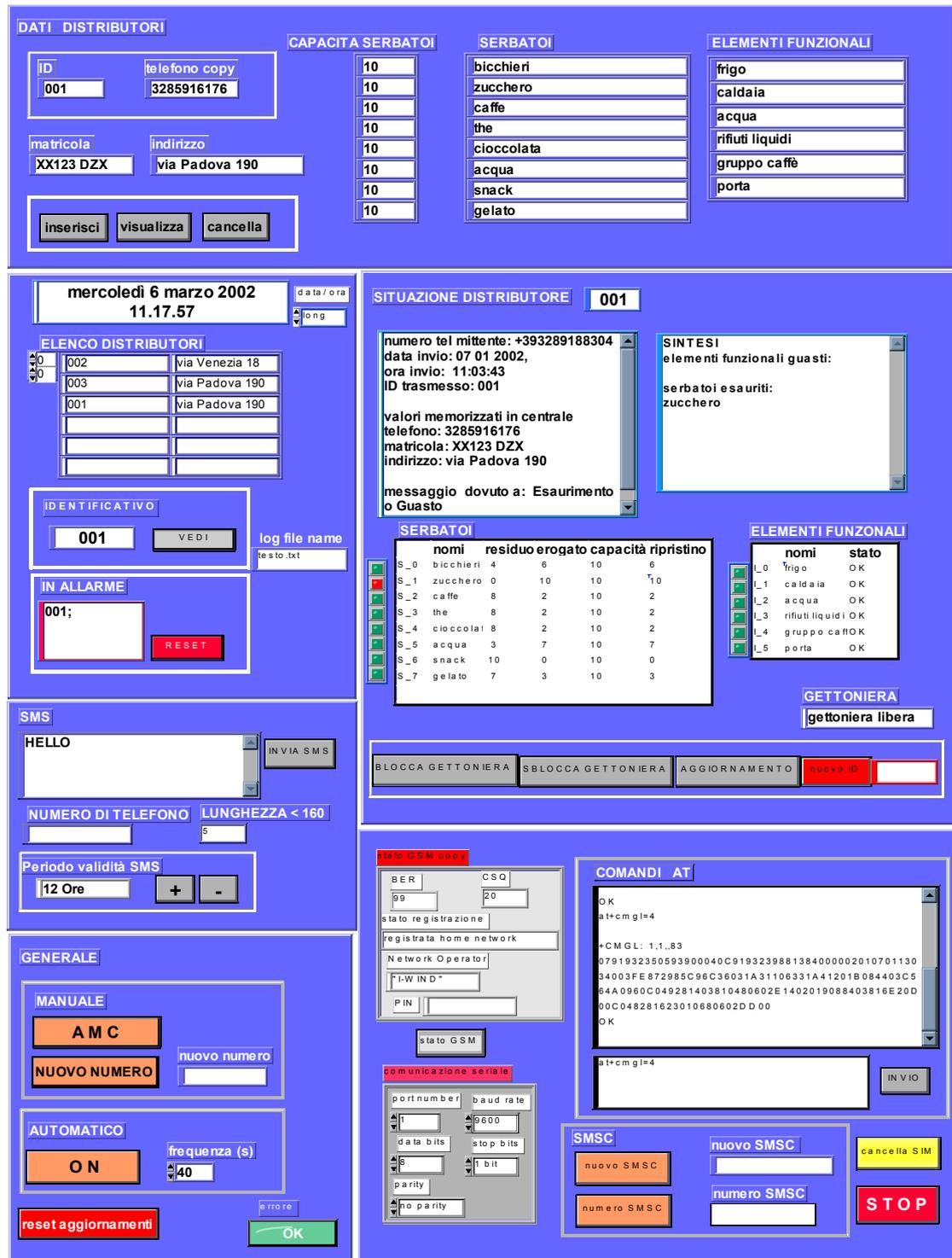


Figura 16.1 Front panel centrale

Il “front panel” è diviso in vari riquadri, permette di visualizzare le informazioni ricevute dai distributori e di interagire con essi in modalità automatica o manuale. I riquadri individuano delle funzioni comuni e sono di seguito descritti:

16.1.1 Elenco distributori

Visualizza (fig 16.2) l’insieme degli identificativi dei distributori che si hanno attualmente in gestione; ad ognuno di essi è associato l’indirizzo del cliente presso cui si trovano consentendo un veloce riferimento mnemonico.

The screenshot shows a software interface with a blue background. At the top, a white box displays the date and time: "mercoledì 6 marzo 2002" and "11.17.57". To the right of this box are two small input fields: "data / ora" and "long". Below this is a section titled "ELENCO DISTRIBUTORI" containing a table with two columns: an ID and an address. The table has six rows, with the first three containing data and the last three being empty. To the left of the table are two vertical scroll bars. Below the table is a section titled "IDENTIFICATIVO" containing a text input field with "001", a "VEDI" button, and a "log file name" field with "tes to .txt". At the bottom is a section titled "IN ALLARME" containing a text input field with "001;" and a red "RESET" button.

ID	Indirizzo
002	via Venezia 18
003	via Padova 190
001	via Padova 190

Figura 16.2 Elenco distributori

Per visualizzare lo stato di un distributore si digita il suo “ID” nella finestra “identificativo” e successivamente si preme il tasto “vedi”; le caratteristiche del distributore associate all’ultimo aggiornamento disponibile verranno visualizzate nel riquadro “stato distributore”.

La finestra “in allarme” riporta gli identificativi dei distributori che hanno inviato una richiesta di rifornimento o manutenzione. E’ possibile così individuare subito i distributori che necessitano di un intervento da parte dell’operatore mobile: in base

all'identificativo ricevuto si visualizza lo stato del distributore individuando il motivo dell'allarme da cui il tipo di intervento necessario.

Nella finestra "in allarme" gli identificativi sono riportati in successione secondo il loro ordine d'arrivo e possono essere cancellati solo manualmente dall'operatore tramite il tasto "reset".

Gli altri indicatori presenti riportano il nome del file in cui archiviare, in ordine cronologico, i dati inviati dai vari distributori e la data e ora corrente.

16.1.2 SMS generici:

E' possibile inviare brevi messaggi di testo (SMS), che non superino i 160 caratteri, verso i telefoni cellulari GSM degli operatori mobili, o verso un qualsiasi altro apparato in grado di riceverli. (fig 16.3)

Il periodo di validità del SMS è modificabile tramite i tasti "+", "-" secondo la modalità "Validity Period relativo" stabilito dalle norme GSM.

The image shows a software interface for sending SMS messages. It features a blue background with white text and controls. At the top left, there is a tab labeled 'SMS'. Below it is a large text input field containing the word 'HELLO'. To the right of this field is a button labeled 'INVIA SMS'. Below the text field are two smaller input fields: 'NUMERO DI TELEFONO' and 'LUNGHEZZA < 160'. The 'LUNGHEZZA < 160' field contains the number '5'. At the bottom, there is a section titled 'Periodo validità SMS' which includes an input field showing '12 Ore' and two buttons, '+' and '-', for adjusting the validity period.

Figura 16.3 SMS generici

16.1.3 Generale

E' il riquadro da cui si controlla il funzionamento del sistema relativamente alla totalità delle periferiche (fig 16.4). Permette di impostare la procedura di aggiornamento sullo stato dei distributori remoti in modalità automatica o manuale, e la modifica del numero telefonico.

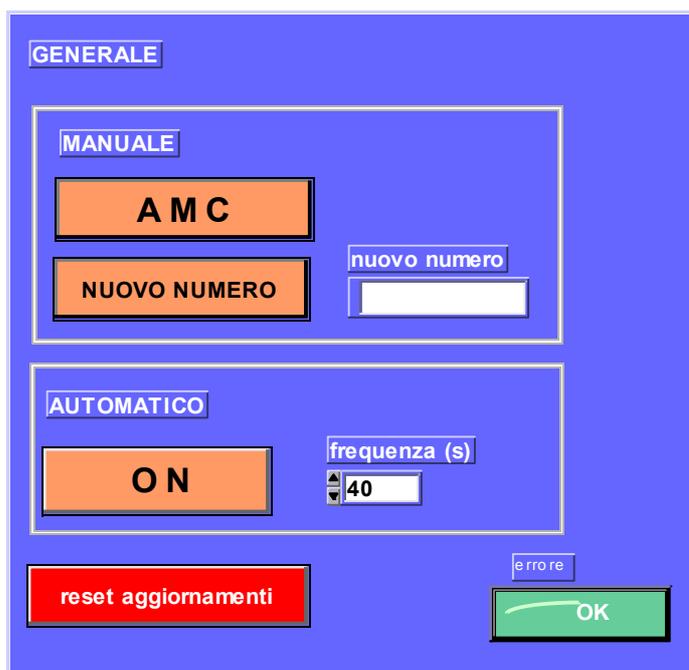


Figura 16.4 Generale

- Modalità automatica
Tramite il pulsante “FREQUENZA ON”, previo inserimento dell’intervallo tra due aggiornamenti consecutivi, il sistema invia automaticamente una richiesta di report d’attività a tutte le periferiche in gestione visualizzate nel riquadro “elenco distributori”.
- Modalità manuale
Il pulsante “A M C”, (aggiornamento manuale completo), permette in un qualsiasi momento e quindi in modo indipendente dal funzionamento in automatico, la richiesta di un report d’attività a tutte le periferiche.
- Nuovo numero
Invia a tutte le periferiche un messaggio che imposta nel dispositivo remoto il nuovo numero telefonico cui quest’ultimo deve inviare gli SMS.
- Reset aggiornamenti
Cancella la tabella dinamica che riporta, per ogni distributore, l’ultimo report d’attività ricevuto.

- Errore
Segnala eventuali situazioni di blocco dovute all'impossibilità dell'invio di SMS da parte del modem GSM.

16.1.4 Stato distributore

Contiene i comandi e gli indicatori per richiedere e visualizzare lo stato di una periferica precedentemente selezionata tramite il riquadro "elenco distributori" (fig 16.5).

SITUAZIONE DISTRIBUTORE 001

numero tel mittente: +393289188304
 data invio: 07 01 2002,
 ora invio: 11:03:43
 ID trasmesso: 001

valori memorizzati in centrale
 telefono: 3285916176
 matricola: XX123 DZX
 indirizzo: via Padova 190

messaggio dovuto a: Esaurimento
 o Guasto

SINTESI
 elementi funzionali guasti:

serbatoi esauriti:
 zucchero

SERBATOI

nomi	residuo	erogato	capacità	ripristino
S_0 bicchieri	4	6	10	6
S_1 zucchero	0	10	10	10
S_2 caffè	8	2	10	2
S_3 the	8	2	10	2
S_4 cioccolato	8	2	10	2
S_5 acqua	3	7	10	7
S_6 snack	10	0	10	0
S_7 gelato	7	3	10	3

ELEMENTI FUNZIONALI

nomi	stato
L_0 frigo	OK
L_1 caldaia	OK
L_2 acqua	OK
L_3 rifiuti liquidi	OK
L_4 gruppo caffè	OK
L_5 porta	OK

GETTONIERA
gettoniera libera

BLOCCA GETTONIERA

SBLOCCA GETTONIERA

AGGIORNAMENTO

nuovo ID

Figura 16.5 Stato distributore

Indicatori

L'indicatore in alto al centro visualizza l'ID del distributore che si sta attualmente esaminando.

La finestra posta in alto a sinistra visualizza, nelle prime quattro righe, i dati relativi al distributore inviati da ogni SMS: numero telefonico del distributore automatico; data e ora in cui il remoto ha inviato il report, l'ID che è memorizzato nel dispositivo remoto.

Le righe successive riportano i valori memorizzati in centrale: il numero di matricola dato dal costruttore del distributore e l'indirizzo in cui si trova.

Viene ripetuto il numero di telefono per permettere la verifica di eventuali discrepanze tra valori memorizzati in centrale e valori memorizzati a livello remoto (telefono, ID). In un applicazione reale questa funzione sarebbe svolta automaticamente dal software.

La finestra posta in alto a destra visualizza una sintesi del messaggio ricevuto, riportando esclusivamente le anomalie, se presenti, relative agli elementi funzionali guasti e ai serbatoi esauriti.

La finestra permette di dare una immediata visione di eventuali necessità d'intervento da parte dell'operatore mobile.

Le finestre sottostanti indicano lo stato del distributore relativamente all'aggiornamento più recente disponibile; in particolare la finestra di sinistra riporta lo stato dei serbatoi. Ogni riga riporta il numero che il sistema associa al serbatoio, il codice del prodotto inserito, (solo se impostato in precedenza), i valori delle scorte residue, dell'erogato parziale a partire dal penultimo aggiornamento ricevuto, le capacità di ogni serbatoio (se impostate) e le unità necessarie per il ripristino dei livelli. Una spia segnala la riga con eventuali anomalie.

La finestra di destra riporta, per ogni riga, la situazione degli elementi funzionali del distributore. Indica il numero dell'ingresso on/off cui l'elemento è connesso a livello remoto, il nome dell'elemento funzionale (se impostato) e infine il suo stato di funzionamento. Un guasto è segnalato anche dall'accensione di una spia a fianco della riga corrispondente.

Nel caso non siano presenti aggiornamenti relativi al distributore in esame, le finestre visualizzeranno, al posto dei valori ricavati dal messaggio, degli spazi bianchi.

L'ultima finestra in basso a destra riporta lo stato della gettoniera. È separata dagli altri elementi poiché è un parametro modificabile dall'operatore.

Comandi

I pulsanti che permettono all'operatore di interagire con il distributore si trovano nella parte inferiore del riquadro e sono:

- **Aggiornamento**
Invia una richiesta manuale di report d'attività solo verso il distributore selezionato. È possibile così aggiornare secondo le esigenze del momento, solo lo stato del distributore d'interesse.

- Blocco, sblocco gettoniera
I tasti disattivano o attivano il funzionamento della gettoniera del distributore remoto impedendone o riabilitando l'erogazione dei prodotti in seguito a particolari esigenze. (es. prodotti alimentari scaduti)
- Nuovo ID
Permette di impostare un nuovo ID nel dispositivo che controlla il distributore remoto.

16.1.5 Impostazioni

Il riquadro permette di impostare i parametri necessari al funzionamento della centrale (fig.16.6); si trovano le seguenti finestre:

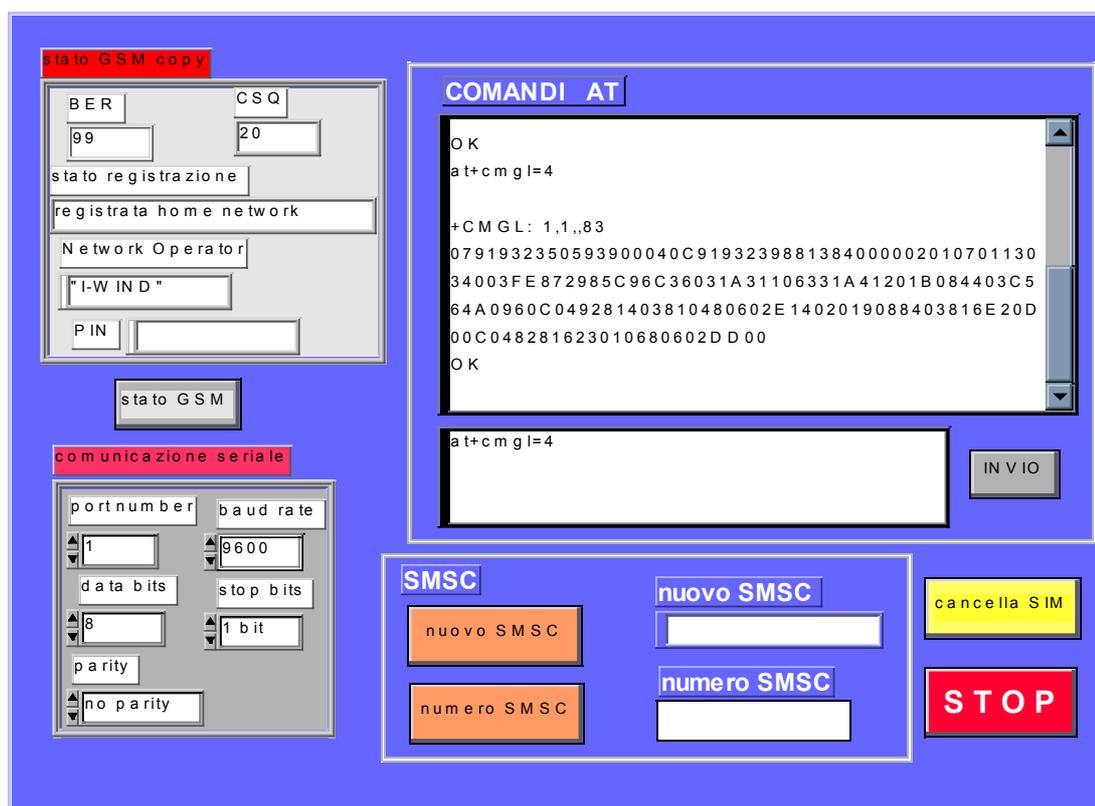


Figura 16.6 Impostazioni

- Comunicazione seriale
Imposta la porta seriale "COM" del PC utilizzata per la comunicazione con il modem GSM (port number), e i relativi parametri di comunicazione (data bit, baud rate, parità, stop bit).

- **Stato GSM**
Visualizza lo stato del modulo telefonico in relazione ad alcuni suoi parametri di funzionamento. Indica se il modem GSM è registrato o meno presso un gestore di telefonia mobile (stato registrazione), in genere l'Home Network, il nome dell'operatore presso cui si è registrati, (network operator), la qualità del segnale radio (CSQ), e il bit error rate (BER). Indica infine se è necessario inserire il PIN.
Tramite il pulsante "stato" è possibile effettuare una misura dei valori sopradetti.
- **Comandi AT**
La parte destra del riquadro permette di pilotare direttamente il modem GSM. È da utilizzare per la verifica del suo corretto funzionamento e l'eventuale modifica della sua configurazione utilizzando i comandi AT secondo le istruzioni del manuale d'uso del GM862.
Allo scopo sono presenti due finestre: quella superiore visualizza l'eco delle stringhe di comando inviate al modem e le comunicazioni che questo invia al PC.
La finestra inferiore consente l'invio delle stringhe di "comandi AT" in essa inseriti, premendo "invio".
- **SMSC Short Message Service Centre**
Racchiude i comandi per la verifica del numero del centro servizi "numero SMSC" attualmente inserito nel modulo GSM. Se mancante, o se è necessario modificarlo, si preme il tasto "nuovo SMSC", dopo aver inserito il numero telefonico nella finestra a fianco.
- **Cancella SIM**
Cancella fisicamente tutti gli SMS presenti nella SIM inserita all'interno del GM862.
- **STOP**
Interrompe l'esecuzione del programma.

16.1.6 Dati statici dei distributori

E' il riquadro che consente l'inserimento di un nuovo distributore da controllare, la modifica dei dati di uno precedentemente inserito oppure la rimozione completa della periferica (fig 16.7).

Figura 16.7 Dati statici dei distributori

- Nuovo distributore
La procedura d’inserimento dei dati prevede che siano inseriti almeno un valore per l’ID ed uno per il numero di telefono. L’ID può essere formato da una qualunque stringa di tre caratteri.
Gli altri campi facoltativi sono: matricola, indirizzo, capacità serbatoi, nomi serbatoi, nomi elementi funzionali.
Successivamente premendo “inserisci” i dati vengono inseriti.
- Distributore già esistente
Per visualizzare i dati relativi ad un distributore si deve inserire l’ID del distributore e premere “visualizza”. Tutti i dati memorizzati saranno visibili nelle restanti finestre.
- Modifica
Dopo aver visualizzato i dati di un distributore è possibile modificare uno o più parametri; successivamente premendo “inserisci” si ha la sostituzione, relativamente all’ID, dei valori inseriti per ultimi. Se la modifica riguarda l’ID, il sistema lo interpreterà come un nuovo distributore.
- Cancellazione
Per cancellare un distributore si deve inserire il suo ID e successivamente premere “cancella”. La rimozione dei dati farà sì che il sistema non consideri più il distributore e quindi non invierà più le richieste di aggiornamento in modo automatico e il suo ID non comparirà nel riquadro “elenco distributori”.

16.1.7 Generalità dei distributori

Raggruppa, in un'unica schermata (fig 16.8), tutti i distributori inseriti e i dati associati ad essi.

È formata da un insieme di tabelle, una per ogni categoria di dati. In ogni tabella la prima colonna riguarda l'identificativo "ID" del distributore, mentre nelle successive ci sono i valori dei dati corrispondenti.

È possibile inserire o modificare direttamente in questo riquadro i dati relativi ai distributori.

generalità distributori

ID / telefono	
ID	telefono
003	3285916176
002	3285916176
001	3280113321

ID / nomi_elementi						
ID	I_0	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
003	frigo	caldaia	acqua	rifiuti liquidi	gruppo caffè	porta
002	frigo	caldaia	acqua	rifiuti liquidi	gruppo caffè	porta
001	frigo	caldaia	acqua	rifiuti liquidi	gruppo caffè	porta

ID / matricola	
ID	matricola
003	AA2343P
002	xx 123 dxz
001	az88tre

ID / nomi_serbatoi								
ID	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
003	bicchieri	zucchero	caffè	the	cioccolata	acqua	snack	gelato
002	bicchieri	zucchero	caffè	the	cioccolata	acqua	snack	gelato
001	bicchieri	zucchero	caffè	the	cioccolata	acqua	snack	gelato

ID / indirizzi	
ID	indirizzi
003	via cividale 123
002	via Padova 19
001	via Roma 118

ID / capacità_serbatoi								
ID	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
003	10	10	10	10	10	10	10	10
002	10	10	10	10	10	10	10	10
001	10	10	10	10	10	10	10	10

Figura 16.8 Generalità distributori

16.2 IL DISTRIBUTORE AUTOMATICO

16.2.1 Descrizione

Il modulo “VI”, che simula il funzionamento di un distributore automatico, da la possibilità di selezionare 6 differenti prodotti, tramite dei pulsanti di selezione prodotti, e di gestire 8 serbatoi. Il “front panel” si presenta come in figura 16.9

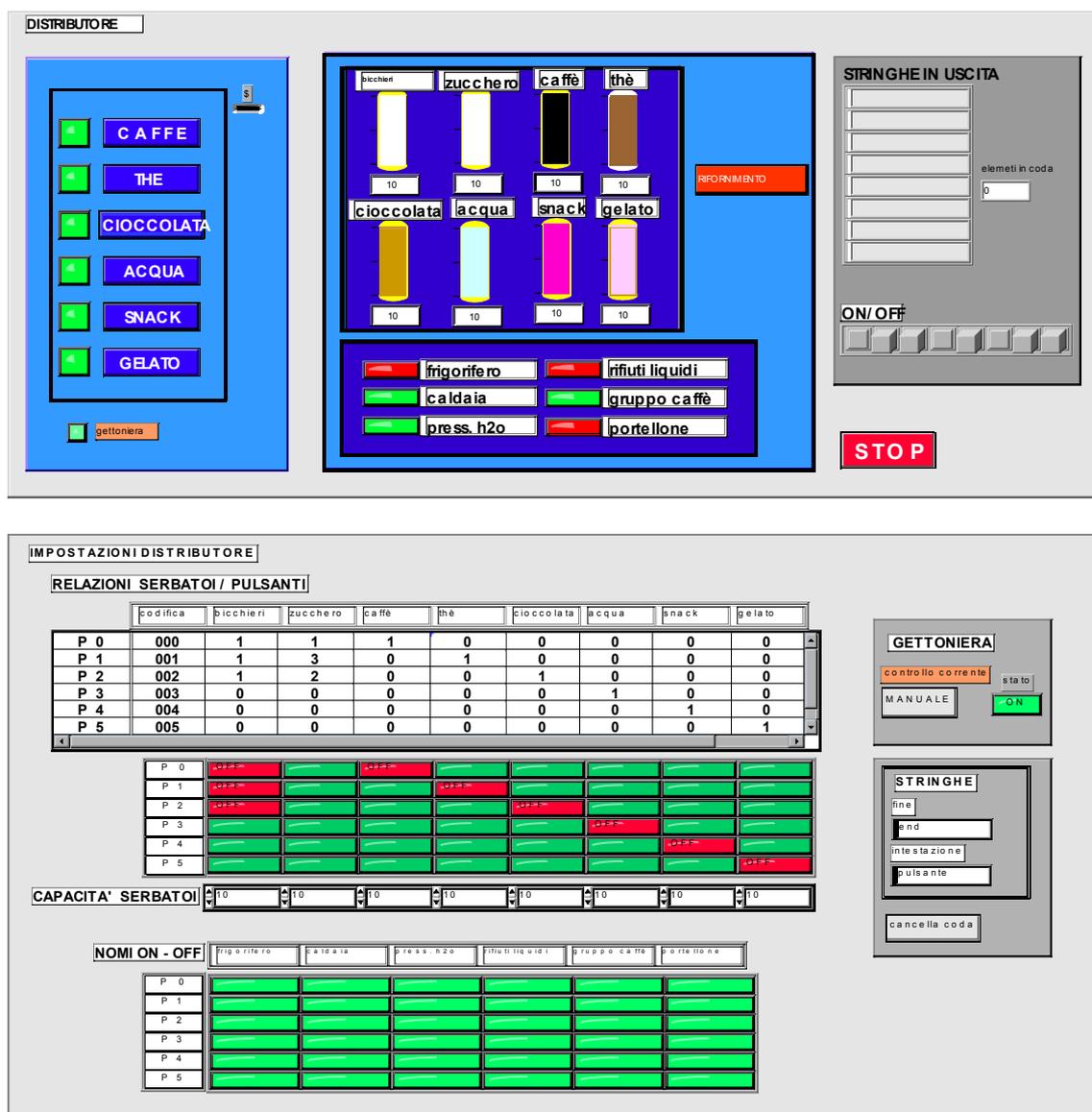


Figura 16.9 Front panel distributore

Si individuano due settori principali:

- Distributore

Simula il funzionamento del distributore

- Impostazioni distributore
permette la gestione dei parametri del distributore

16.2.2 Distributore

Nel riquadro “distributore” si trovano i seguenti componenti:

- Interfaccia cliente (fig 16.10):
Simula quanto il cliente vede, contiene i pulsanti per la selezione dei prodotti, la spia che rappresenta lo stato di funzionamento della gettoniera e quindi se il distributore è funzionante o meno.



Figura 16.10 Interfaccia cliente

- Interno (fig 16.11):
L'interno del distributore, accessibile solo all'operatore mobile, contiene i vari serbatoi, gli elementi funzionali e il pulsante “rifornimento”.
Ad ogni serbatoio è associato un indicatore digitale ed uno grafico che evidenzia la diminuzione delle scorte.

Gli elementi funzionali sono rappresentati da pulsanti luminosi. Il guasto di un elemento è simulato premendo il pulsante corrispondente che è di colore verde se l'elemento è regolarmente funzionante, rosso se l'elemento è guasto.

Essi sono associati alle uscite on-off poste nel pannello che simula il collegamento con il dispositivo a microcontrollore. (fig 16.12).

Il “pulsante di rifornimento” simula il rifornimento del distributore da parte dell'operatore mobile riportando i livelli dei serbatoi al loro valore massimo. Allo stesso tempo varia lo stato di un uscita on – off per segnalare l'evento al modulo a microcontrollore.

In un caso reale questo pulsante deve essere presente sul distributore e premuto dall'operatore mobile a fine rifornimento.

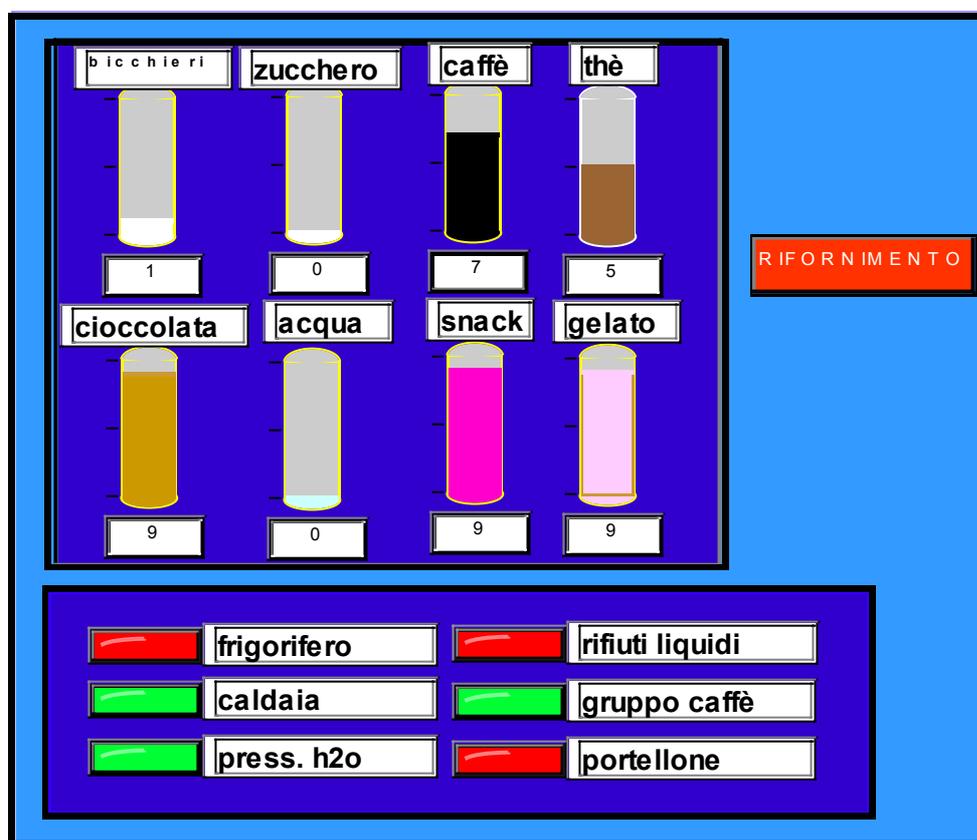


Figura 16.11 Interno distributore

- Collegamento con il dispositivo a microcontrollore (fig 16.12).
 Simula la possibilità che il distributore ha di collegarsi con un dispositivo a microcontrollore. Vi si trova una generica porta di comunicazione che invia stringhe di caratteri ed un insieme di interruttori on – off.

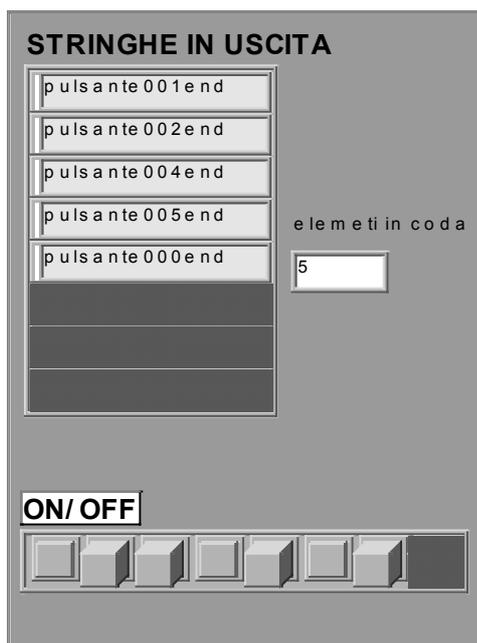


Figura 16.12 Esempio di comunicazione

16.2.3 Impostazioni del distributore

Si possono gestire le seguenti funzioni:

- Relazioni tra serbatoi e pulsanti
Le relazioni tra i pulsanti di selezione dei prodotti e i serbatoi sono modificabili tramite la tabella “relazioni serbatoi / pulsanti” riportata in figura 16.13

RELAZIONI SERBATOI / PULSANTI

	codifica	bicchieri	zucchero	caffè	thè	cioccolata	acqua	snack	gelato
P 0	000	1	1	1	0	0	0	0	0
P 1	001	1	3	0	1	0	0	0	0
P 2	002	1	2	0	0	1	0	0	0
P 3	003	0	0	0	0	0	1	0	0
P 4	004	0	0	0	0	0	0	1	0
P 5	005	0	0	0	0	0	0	0	1

P 0	OFF		OFF						
P 1	OFF			OFF					
P 2	OFF					OFF			
P 3							OFF		
P 4								OFF	
P 5									OFF

CAPACITA' SERBATOI

	10	10	10	10	10	10	10	10
--	----	----	----	----	----	----	----	----

Figura 16.13 Relazione serbatoi/pulsanti, esaurimenti, capacità

Le righe della tabella sono associate ai pulsanti usati per la selezione dei prodotti, (P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6).

La prima colonna (“codifica”) contiene le stringhe di caratteri che identificano i pulsanti.

Le successive colonne sono associate ai serbatoi, è possibile dare un nome ad ognuno di essi impostandolo nella riga d’intestazione soprastante. I numeri presenti nella riga di un pulsante indicano di quante unità viene diminuito il contenuto del relativo serbatoio ogni volta che il corrispondente pulsante di selezione del prodotto è premuto.

Si possono così simulare distributori che erogano prodotti dovuti a composizioni e prodotti preconfezionati.

- Esaurimento serbatoi/prodotti
E’ una matrice, che si trova subito al di sotto della tabella “relazioni serbatoi/pulsanti” (fig 16.13). Associa ad ogni riga un pulsante per la selezione prodotti, mentre le colonne sono associate ai serbatoi. Quando un elemento della matrice, che è composta da pulsanti, è selezionato, si inibisce l’erogazione del prodotto associato al “pulsante prodotto” della riga corrispondente, nel caso in cui il serbatoio associato all’elemento selezionato sia esaurito: nell’esempio in figura il “caffè”, che corrisponde al pulsante P_0, non viene erogato e quindi i livelli dei serbatoi non sono diminuiti, se il serbatoio dei bicchieri è vuoto.
- Capacità serbatoi
Imposta i valori massimi di unità contenute nei serbatoi (fig 16.13).
- Gestione elementi funzionali
Gli elementi funzionali sono posti in relazione con i pulsanti di selezione prodotto tramite la matrice “relazione elementi / prodotti erogabili” di figura 16.14

NOMI ON - OFF						
	frigorifero	caldaia	press.h2o	rifluidi	gruppo caffè	portellone
P_0						
P_1						
P_2						
P_3						
P_4						
P_5						

Figura 16.14 Elementi funzionali

Nella matrice le righe sono associate ai pulsanti della selezione prodotti, mentre le colonne sono associate agli elementi funzionali.

Selezionando un elemento della matrice si inibisce il funzionamento del “pulsante prodotto” corrispondente alla riga quando si simula un guasto all’elemento funzionale associato alla colonna.

È possibile modificare i nomi corrispondenti agli elementi funzionali.

- Controllo gettoniera (fig 16.15):
Disabilita il controllo della gettoniera da parte della centrale

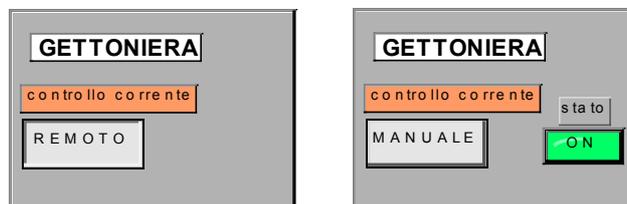


Figura 16.15 Controllo gettoniera

- Stringhe comunicazione (fig 16.16):
Modifica le stringhe usate come intestazione e come fine messaggio inviate quando si preme un pulsante di selezione prodotti.

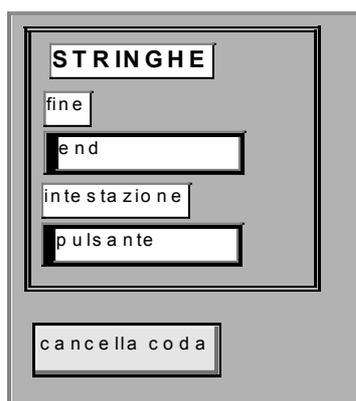


Figura 16.16 Stringhe di comunicazione

- Cancella coda
Elimina tutte le stringhe eventualmente presenti nel pannello di comunicazione con il modulo a microcontrollore.

16.3 IL DISPOSITIVO A MICROCONTROLLORE

16.3.1 Descrizione

Il “front panel” con cui si presenta il modulo VI che simula il funzionamento del dispositivo gestito da un microcontrollore è il seguente (fig 16.17):

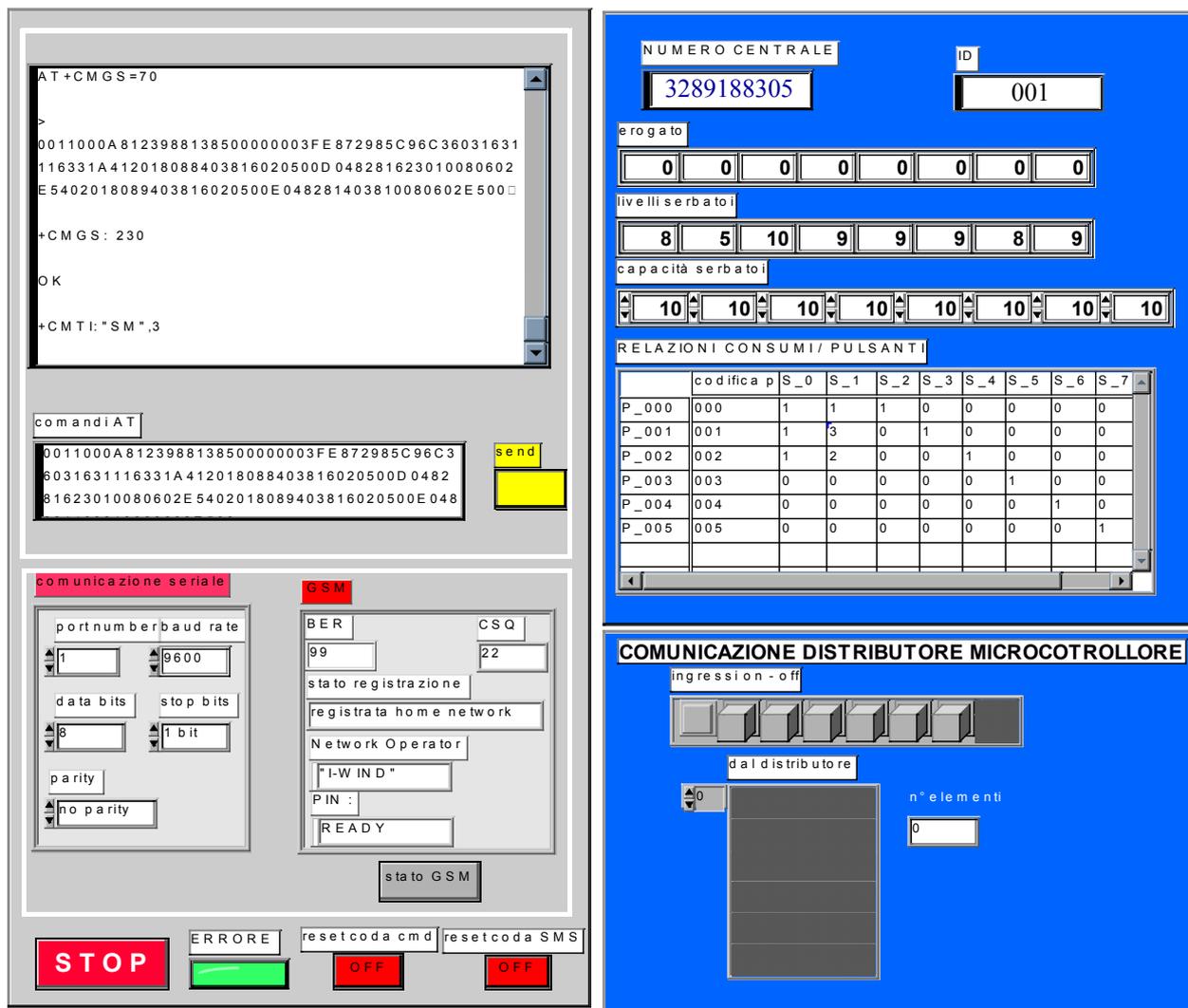


Figura 16.17 Front panel dispositivo a microcontrollore

Sono rappresentate le tre funzioni principali:

- Comunicazione distributore – dispositivo a microcontrollore;
- Aggiornamento dati;
- comunicazione dispositivo a microcontrollore - GM862.

Comunicazione distributore – dispositivo a microcontrollore

Si trova in basso a destra (fig 16.17). È il settore in cui il modulo a microcontrollore riceve i dati provenienti dal distributore. Le stringe di caratteri inviate dal distributore sono ricevute nella coda “dal distributore”. Gli interruttori on - off sono a loro volta attivati dal “VI” distributore e interpretati. Il modulo può variare solo l’interruttore corrispondente allo stato della gettoniera.

Aggiornamento dati

Si trovano (fig16.18) i parametri necessari al funzionamento in automatico del dispositivo costituiti dal numero telefonico cui inviare gli SMS, l’identificativo ID del dispositivo remoto (sono modificabili dal VI della centrale).

Il modulo memorizza i dati fondamentali per la gestione del distributore: una copia della tabella relazione consumi / serbatoi, e le capacità dei serbatoi. (da inserire manualmente).

Autonomamente aggiorna i contatori e “erogato” e “livelli serbatoi”.

	NUMERO CENTRALE	ID							
	3358303269	001							
erogato	0	0	0	0	0	0	0	0	
livelli serbatoi	10	10	10	10	10	10	10	10	
capacità serbatoi	10	10	10	10	10	10	10	10	
RELAZIONI CONSUMI / PULSANTI									
	codifica p	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
P_000	000	1	1	1	0	0	0	0	0
P_001	001	1	3	0	1	0	0	0	0
P_002	002	1	2	0	0	1	0	0	0
P_003	003	0	0	0	0	0	1	0	0
P_004	004	0	0	0	0	0	0	1	0
P_005	005	0	0	0	0	0	0	0	1

Figura 16.18 Dati relativi al distributore

Comunicazione dispositivo a microcontrollore - GM862

Consente di visualizzare (fig 16.19) il comportamento del GM 862.

La finestra superiore riporta l’eco di quanto il modulo VI invia alla porta seriale del PC connessa con il GM862 e quanto viene letto da essa.

Nella finestra “comandi AT” è data la possibilità di gestire il modem in modo manuale inviando i comandi “AT”.

Nella parte inferiore si trovano gli indicatori per il controllo dello stato del GM 862 (registrazione con la "home network", livello del segnale radio, Pin) e le impostazioni per selezionare la porta seriale del PC e i pulsanti "reset" per il ripristino delle condizioni iniziali.

La spia "ERRORE" segnala se è stato impossibile inviare un SMS.

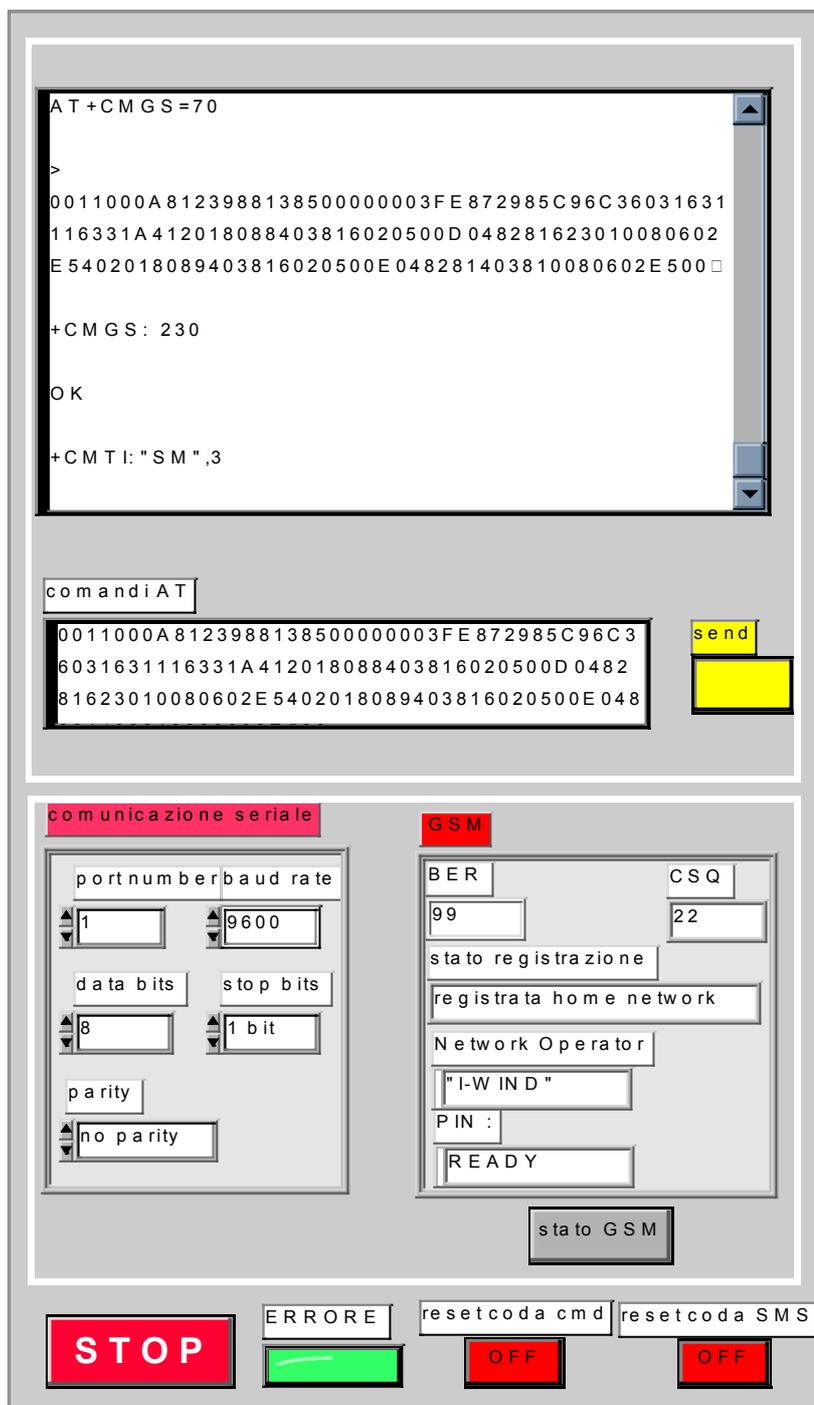


Figura 16.19 Comunicazione con il GM862

17 PROVE EFFETTUATE

17.1 SIMULAZIONE DELLA COMUNICAZIONE TRA CENTRALE E DISTRIBUTORE

Il funzionamento del sistema di telerilevamento è stato sperimentato supponendo di gestire un unico distributore automatico (fig. 17.1).

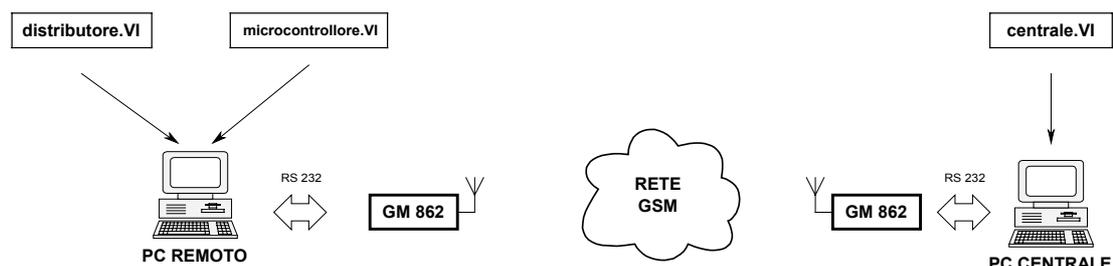


Figura 17.1 Simulazione della comunicazione tra centrale e distributore

Sono state testate le seguenti funzionalità:

- Dal lato della centrale di controllo:
 - o Aggiornamento in modalità automatica e manuale;
 - o Protocollo multipunto;
 - o Blocco/sblocco della gettoniera;
 - o Modifica da remoto dell'ID;
 - o Modifica da remoto del numero di telefono cui le periferiche devono inviare gli SMS di report.

- Dal lato del distributore automatico:
 - o Erogazioni dei prodotti;
 - o Guasti;

Come documentazione si riportano le informazioni scambiate in ordine cronologico tra il sottosistema centrale e il sottosistema remoto, e il file di log che archivia i report d'attività inviati dal distributore.

Le informazioni scambiate tra il sottosistema centrale e remoto sono state ottenute come segue: poiché la comunicazione tra i due sottosistemi avviene mediante SMS, ed in entrambi i sottosistemi qualsiasi messaggio da inviare viene prima inserito nella coda SMS DA INVIARE insieme al numero di telefono del destinatario, si è modificato il programma in modo che contemporaneamente all'inserimento del messaggio nelle rispettive code, esso venga scritto anche in un file, insieme all'ora (quella del PC) in cui avviene l'inserimento.

In modo analogo in MICROCONTROLLORE.VI, si è utilizzata la coda SMS RICEVUTI per avere la cronologia e il testo degli SMS ricevuti, mentre dal lato centrale questa funzionalità è prevista dal file di log, almeno per quanto riguarda gli SMS propri del sistema.

In questo modo è possibile avere la cronologia e il testo degli SMS scambiati.

Nei test effettuati si deve tener presente che l'ora d'inserimento o prelievo dei messaggi dalle code corrisponde a quella impostata nel PC, che potrebbe non coincidere con quella inserita dal sistema GSM nell'SMS. Inoltre l'inserimento del messaggio nella coda SMS DA INVIARE è immediatamente precedente al momento in cui l'SMS sarà poi realmente inviato, viceversa per il prelievo della stringa dalla coda SMS RICEVUTI.

Nel modulo CENTRALE.VI si è impostata una frequenza di 4 minuti per l'aggiornamento in automatico e per testare il protocollo multipunto si sono introdotte due ulteriori periferiche fittizie costituite da telefoni cellulari che si limitano a ricevere gli SMS di comando inviati dalla centrale.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

CENTRALE

Aggiornamento automatico (invio SMS di comando a tre periferiche)

18/03/2002 20.22.56 headerRICH;3280113321
18/03/2002 20.22.56 headerRICH;3357755016
18/03/2002 20.22.56 headerRICH;3687690145

Dove:

- 18/03/2002 20.22.56: data e ora del PC nella quale le stringhe sono inserite nella coda SMS DA INVIARE
- headerRICH;3280113321: Stringa inserita in coda SMS DA INVIARE dove:
 - o headerRICH: messaggio (SMS di comando) dato da intestazione (header) e parola di comando (RICH);
 - o 3280113321: numero di telefono del destinatario.

MICROCONTROLLORE

Ricevimento SMS richiesta aggiornamento automatico

18/03/2002 20.23.30 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:18:49
headerRICH

Dove:

- 18/03/2002: data e ora del PC remoto nella quale la stringa è inserita nella coda SMS RICEVUTI;

- +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:18:49 headerRICH: stringa decodificata da GESTIONE GM 862 e inserita nella coda SMS RICEVUTI
 - o +39335475640F numero di telefono del mittente (in questo caso l'F finale è un carattere di riempimento poiché il numero di telefono utilizzato è di 6 cifre e non 7);
 - o 18 03 2002, Ore 20:18:49: data e ora inserita dal sistema GSM nell'SMS e opportunamente decodificata da GESTIONE GM862;
 - o headerRICH messaggio ricevuto.

Invio SMS REPORT

18/03/2002 20.23.30 header003FE00FF 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10;335475640

Dove:

- 18/03/2002 20.23.30 data e ora del PC remoto nella quale la stringa è inserita nella coda SMS DA INVIARE;
- header003FE00FF 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10;335475640 report d'attività inviato dal dispositivo a microcontrollore;
 - o header: intestazione;
 - o 003: identificativo ID;
 - o FE: valori del campo flag;
 - o 00FF: valori del campo ingressi on off (FF per usi futuri, 00 utilizzato)
 - o 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10: erogato e residuo, serbatoio per serbatoio;
 - o ; separatore;
 - o 335475640: numero di telefono del destinatario.

CENTRALE report d'attività (è il file di log)

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.23.42

dati mittente:	
numero telefonico:	+393357755016
data invio:	18 03 2002,
ora invio:	20:19:06
ID trasmesso:	003
messaggio	dovuto a: Richiesta da centrale
valori memorizzati in centrale	
telefono:	3357755016
matricola:	XX123 DZX
indirizzo:	via Padova 190
stato gettoniera:	gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	10	0	10	0
Serbatoio_1	zucchero	10	0	10	0
Serbatoio_2	caffè	10	0	10	0
Serbatoio_3	the	10	0	10	0
Serbatoio_4	cioccola	10	0	10	0
Serbatoio_5	acqua	10	0	10	0
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	10	0	10	0

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	OK
I_1	caldaia	OK
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	OK
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

CENTRALE *aggiornamento manuale*
18/03/2002 20.24.56 headerRICH;3357755016

MICROCONTROLLORE

- *Ricevimento SMS richiesta aggiornamento manuale*
18/03/2002 20.25.30 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:20:49
headerRICH
- *Invio SMS REPORT*
18/03/2002 20.25.30 header003FE00FF 2 8 4 6 1 9 1 9 0 10 1 9 0 10
0 10;335475640

CENTRALE *report d'attività*

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.25.42

dati mittente:
 numero telefonico: +393357755016
 data invio: 18 03 2002,
 ora invio: 20:21:09
 ID trasmesso: 003
 messaggio dovuto a: Richiesta da centrale
 valori memorizzati in centrale
 telefono: 3357755016
 matricola: XX123 DZX
 indirizzo: via Padova 190
 stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	8	2	10	2
Serbatoio_1	zucchero	6	4	10	4
Serbatoio_2	caffè	9	1	10	1
Serbatoio_3	the	9	1	10	1
Serbatoio_4	cioccola	10	0	10	0
Serbatoio_5	acqua	9	1	10	1
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	10	0	10	0

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	OK
I_1	caldaia	OK
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	OK
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

CENTRALE aggiornamento automatico

18/03/2002 20.26.56 headerRICH;3280113321

18/03/2002 20.26.56 headerRICH;3357755016

18/03/2002 20.26.56 headerRICH;3687690145

MICROCONTROLLORE

- *Ricevimento SMS richiesta aggiornamento automatico*

18/03/2002 20.29.23 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:24:42
headerRICH

- *Invio SMS REPORT*

18/03/2002 20.29.23 header003FE00FF 3 5 10 0 1 9 1 9 3 7 1 9 8 2
3 7;335475640

CENTRALE aggiornamento automatico

18/03/2002 20.30.56 headerRICH;3280113321

18/03/2002 20.30.56 headerRICH;3357755016

18/03/2002 20.30.56 headerRICH;3687690145

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.30.58

dati mittente:

numero telefonico: +393357755016

data invio: 18 03 2002,

ora invio: 20:26:24

ID trasmesso: 003

messaggio dovuto a: Richiesta da centrale

valori memorizzati in centrale

telefono: 3357755016
 matricola: XX123 DZX
 indirizzo: via Padova 190
 stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	5	3	10	5
Serbatoio_1	zucchero	0	10	10	10
Serbatoio_2	caffè	9	1	10	1
Serbatoio_3	the	9	1	10	1
Serbatoio_4	cioccola	7	3	10	3
Serbatoio_5	acqua	9	1	10	1
Serbatoio_6	snack	2	8	10	8
Serbatoio_7	gelato	7	3	10	3

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	OK
I_1	caldaia	OK
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	OK
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

MICROCONTROLLORE

- *Ricevimento SMS richiesta aggiornamento automatico*
 18/03/2002 20.31.35 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:26:54
 headerRICH
- *Invio SMS REPORT*
 18/03/2002 20.31.35 header003FE00FF 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0
 10 0 10;335475640

CENTRALE comando blocco gettoniera
 18/03/2002 20.31.45 headerGETTBLK;3357755016

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.31.46

dati mittente:
 numero telefonico: +393357755016
 data invio: 18 03 2002,
 ora invio: 20:27:12
 ID trasmesso: 003
 messaggio dovuto a: Richiesta da centrale
 valori memorizzati in centrale
 telefono: 3357755016
 matricola: XX123 DZX

indirizzo: via Padova 190
stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	10	0	10	0
Serbatoio_1	zucchero	10	0	10	0
Serbatoio_2	caffè	10	0	10	0
Serbatoio_3	the	10	0	10	0
Serbatoio_4	cioccola	10	0	10	0
Serbatoio_5	acqua	10	0	10	0
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	10	0	10	0

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	OK
I_1	caldaia	OK
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	OK
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

MICROCONTROLLORE

- *Riceve comando blocco gettoniera*
18/03/2002 20.32.08 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:27:28
headerGETTBLK
- *Invio SMS risposta al blocco*
18/03/2002 20.32.08 header003FF40FF 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0
10 0 10;335475640

CENTRALE comando sblocco gettoniera
18/03/2002 20.33.28 headerGETTSBL;3357755016

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.33.52

dati mittente:
numero telefonico: +393357755016
data invio: 18 03 2002,
ora invio: 20:29:08
ID trasmesso: 003
messaggio dovuto a: Richiesta da centrale
valori memorizzati in centrale
telefono: 3357755016
matricola: XX123 DZX
indirizzo: via Padova 190
stato gettoniera: gettoniera bloccata

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	10	0	10	0
Serbatoio_1	zucchero	10	0	10	0
Serbatoio_2	caffè	10	0	10	0
Serbatoio_3	the	10	0	10	0
Serbatoio_4	cioccola	10	0	10	0
Serbatoio_5	acqua	10	0	10	0
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	10	0	10	0

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	OK
I_1	caldaia	OK
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	OK
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

MICROCONTROLLORE

- *Riceve comando sblocco gettoniera*
18/03/2002 20.34.04 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:29:23
headerGETTSBL

CENTRALE aggiornamento automatico
18/03/2002 20.34.56 headerRICH;3280113321
18/03/2002 20.34.56 headerRICH;3357755016
18/03/2002 20.34.56 headerRICH;3687690145

MICROCONTROLLORE

- *Riceve SMS richiesta aggiornamento automatico*
18/03/2002 20.35.32 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:30:51
headerRICH
- *Invio SMS REPORT*
18/03/2002 20.35.32 header003FE00FF 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 0
10 0 10;335475640

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.37.50

dati mittente:

numero telefonico: +393357755016

data invio: 18 03 2002,

ora invio: 20:32:27

ID trasmesso: 003
 messaggio dovuto a: Richiesta da centrale
 valori memorizzati in centrale
 telefono: 3357755016
 matricola: XX123 DZX
 indirizzo: via Padova 190
 stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	10	0	10	0
Serbatoio_1	zucchero	10	0	10	0
Serbatoio_2	caffè	10	0	10	0
Serbatoio_3	the	10	0	10	0
Serbatoio_4	cioccola	10	0	10	0
Serbatoio_5	acqua	10	0	10	0
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	10	0	10	0

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	OK
I_1	caldaia	OK
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	OK
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

CENTRALE modifica ID
 18/03/2002 20.38.15 headerNEWID004;3357755016

MICROCONTROLLORE

- *Riceve nuovo ID*
 18/03/2002 20.38.36 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:33:55 headerNEWID004

CENTRALE aggiornamento automatico
 18/03/2002 20.38.56 headerRICH;3280113321
 18/03/2002 20.38.56 headerRICH;3357755016
 18/03/2002 20.38.56 headerRICH;3687690145

MICROCONTROLLORE

- *Riceve SMS richiesta aggiornamento automatico*
 18/03/2002 20.39.34 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:34:51
 headerRICH
- *Invio SMS REPORT*
 18/03/2002 20.39.34 header004FE00FF 0 10 0 10 0 10 0 10 0
 10 0 10 0 10 0 10;335475640

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.39.45 (*)

dati mittente:

numero telefonico: +393357755016
data invio: 18 03 2002,
ora invio: 20:35:12
ID trasmesso: 004
messaggio dovuto a: Richiesta da centrale
valori memorizzati in centrale
telefono:
matricola:
indirizzo:
stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0		10	0		
Serbatoio_1		10	0		
Serbatoio_2		10	0		
Serbatoio_3		10	0		
Serbatoio_4		10	0		
Serbatoio_5		10	0		
Serbatoio_6		10	0		
Serbatoio_7		10	0		

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0		OK
I_1		OK
I_2		OK
I_3		OK
I_4		OK
I_5		OK

(*) poiché si è modificato l'ID si hanno i valori del residuo ed erogato, ma poiché in centrale non sono memorizzati valori relativamente alle capacità, nomi dei serbatoi e nomi degli elementi funzionali gli altri campi rimangono vuoti.

CENTRALE modifica ID

18/03/2002 20.41.33 headerNEWID003;3357755016

CENTRALE aggiornamento automatico

18/03/2002 20.42.56 headerRICH;3280113321
18/03/2002 20.42.56 headerRICH;3357755016
18/03/2002 20.42.56 headerRICH;3687690145

MICROCONTROLLORE

- *Riceve il nuovo ID*
18/03/2002 20.43.34 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:37:29
headerNEWID003
- *Riceve SMS richiesta aggiornamento automatico*
18/03/2002 20.44.05 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:39:24
headerRICH
- *Invio SMS REPORT*
18/03/2002 20.44.05 header003FE00FF 4 6 9 1 1 9 2 8 1 9 6
4 0 10 1 9;335475640

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.44.19

dati mittente:

numero telefonico: +393357755016
data invio: 18 03 2002,
ora invio: 20:39:46
ID trasmesso: 003
messaggio dovuto a: Richiesta da centrale
valori memorizzati in centrale
telefono: 3357755016
matricola: XX123 DZX
indirizzo: via Padova 190
stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	6	4	10	4
Serbatoio_1	zucchero	1	9	10	9
Serbatoio_2	caffè	9	1	10	1
Serbatoio_3	the	8	2	10	2
Serbatoio_4	cioccola	9	1	10	1
Serbatoio_5	acqua	4	6	10	6
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	9	1	10	1

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	OK
I_1	caldaia	OK
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	OK
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

MICROCONTROLLORE guasto frigo

Invio SMS

18/03/2002 20.45.53 header003FF01FF 0 6 0 1 0 9 0 8 0 9 0 4 0 10

0 9;335475640

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.46.01

dati mittente:

numero telefonico: +393357755016

data invio: 18 03 2002,

ora invio: 20:41:27

ID trasmesso: 003

messaggio dovuto a: Esaurimento o Guasto

valori memorizzati in centrale

telefono: 3357755016

matricola: XX123 DZX

indirizzo: via Padova 190

stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	6	0	10	4
Serbatoio_1	zucchero	1	0	10	9
Serbatoio_2	caffè	9	0	10	1
Serbatoio_3	the	8	0	10	2
Serbatoio_4	cioccola	9	0	10	1
Serbatoio_5	acqua	4	0	10	6
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	9	0	10	1

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	FAIL
I_1	caldaia	OK
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	OK
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

MICROCONTROLLORE guasto caldaia

Invio SMS

18/03/2002 20.46.04 header003FF03FF 0 6 0 1 0 9 0 8 0 9 0 4 0 10

0 9;335475640

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.46.11

dati mittente:
numero telefonico: +393357755016
data invio: 18 03 2002,
ora invio: 20:41:38
ID trasmesso: 003
messaggio dovuto a: Esaurimento o Guasto
valori memorizzati in centrale
telefono: 3357755016
matricola: XX123 DZX
indirizzo: via Padova 190
stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	6	0	10	4
Serbatoio_1	zucchero	1	0	10	9
Serbatoio_2	caffè	9	0	10	1
Serbatoio_3	the	8	0	10	2
Serbatoio_4	cioccola	9	0	10	1
Serbatoio_5	acqua	4	0	10	6
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	9	0	10	1

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	FAIL
I_1	caldaia	FAIL
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	OK
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

MICROCONTROLLORE guasto rifiuti liquidi

Invio SMS

18/03/2002 20.46.24 header003FF0BFF 0 6 0 1 0 9 0 8 0 9 0 4 0 10
0 9;335475640

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.46.30

dati mittente:
numero telefonico: +393357755016
data invio: 18 03 2002,
ora invio: 20:41:58
ID trasmesso: 003
messaggio dovuto a: Esaurimento o Guasto
valori memorizzati in centrale

telefono: 3357755016
 matricola: XX123 DZX
 indirizzo: via Padova 190
 stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	6	0	10	4
Serbatoio_1	zucchero	1	0	10	9
Serbatoio_2	caffè	9	0	10	1
Serbatoio_3	the	8	0	10	2
Serbatoio_4	cioccola	9	0	10	1
Serbatoio_5	acqua	4	0	10	6
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	9	0	10	1

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	FAIL
I_1	caldaia	FAIL
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	FAIL
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	OK

MICROCONTROLLORE guasto porta

Invio SMS

18/03/2002 20.46.35 header003FF2BFF 0 6 0 1 0 9 0 8 0 9 0 4 0 10
 0 9;335475640

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.46.43

dati mittente:

numero telefonico: +393357755016
 data invio: 18 03 2002,
 ora invio: 20:42:10
 ID trasmesso: 003
 messaggio dovuto a: Esaurimento o Guasto

valori memorizzati in centrale

telefono: 3357755016
 matricola: XX123 DZX
 indirizzo: via Padova 190
 stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	6	0	10	4
Serbatoio_1	zucchero	1	0	10	9
Serbatoio_2	caffè	9	0	10	1
Serbatoio_3	the	8	0	10	2

Serbatoio_4	cioccola	9	0	10	1
Serbatoio_5	acqua	4	0	10	6
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	9	0	10	1

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	FAIL
I_1	caldaia	FAIL
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	FAIL
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	FAIL

MICROCONTROLLORE esaurimento serbatoi

Esaurimento zucchero *Invio SMS*

18/03/2002 20.46.49 header003FF2BFF 5 1 1 0 5 4 0 8 0 9 0 4 0 10 0
9;335475640

Esaurimento bicchieri *Invio SMS*

18/03/2002 20.46.52 header003FF2BFF 1 0 0 0 1 4 0 8 0 9 0 4 0 10 0
9;335475640

CENTRALE *aggiornamento automatico*

18/03/2002 20.46.56 headerRICH;3280113321
18/03/2002 20.46.56 headerRICH;3357755016
18/03/2002 20.46.56 headerRICH;3687690145

CENTRALE *report d'attività in seguito ad esaurimento zucchero*

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.47.24

dati mittente:

numero telefonico: +393357755016

data invio: 18 03 2002,

ora invio: 20:42:38

ID trasmesso: 003

messaggio dovuto a: Esaurimento o Guasto

valori memorizzati in centrale

telefono: 3357755016

matricola: XX123 DZX

indirizzo: via Padova 190

stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	1	5	10	9
Serbatoio_1	zucchero	0	1	10	10

Serbatoio_2	caffè	4	5	10	6
Serbatoio_3	the	8	0	10	2
Serbatoio_4	cioccola	9	0	10	1
Serbatoio_5	acqua	4	0	10	6
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	9	0	10	1

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	FAIL
I_1	caldaia	FAIL
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	FAIL
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	FAIL

CENTRALE report d'attività in seguito ad esaurimento bicchieri

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.47.43

dati mittente:

numero telefonico: +393357755016
data invio: 18 03 2002,
ora invio: 20:43:11
ID trasmesso: 003
messaggio dovuto a: Esaurimento o Guasto
valori memorizzati in centrale
telefono: 3357755016
matricola: XX123 DZX
indirizzo: via Padova 190
stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	0	1	10	10
Serbatoio_1	zucchero	0	0	10	10
Serbatoio_2	caffè	4	1	10	6
Serbatoio_3	the	8	0	10	2
Serbatoio_4	cioccola	9	0	10	1
Serbatoio_5	acqua	4	0	10	6
Serbatoio_6	snack	10	0	10	0
Serbatoio_7	gelato	9	0	10	1

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	FAIL
I_1	caldaia	FAIL
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	FAIL
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	FAIL

MICROCONTROLLORE

- *Riceve SMS richiesta aggiornamento automatico*
18/03/2002 20.47.49 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:42:54
headerRICH
- *Invio SMS REPORT*
18/03/2002 20.47.49 header003FE2BFF 0 0 0 0 1 3 0 8 0 9 0 4 2 8
0 9;335475640

CENTRALE report d'attività

SMS RICEVUTO IL 18/03/2002 ALLE ORE 20.48.20

dati mittente:

numero telefonico: +393357755016
data invio: 18 03 2002,
ora invio: 20:43:44
ID trasmesso: 003
messaggio dovuto a: Richiesta da centrale
valori memorizzati in centrale
telefono: 3357755016
matricola: XX123 DZX
indirizzo: via Padova 190
stato gettoniera: gettoniera libera

	NOMI	RESIDUO	EROGATO	CAPACITA'	RIPRISTINO
Serbatoio_0	bicchier	0	0	10	10
Serbatoio_1	zucchero	0	0	10	10
Serbatoio_2	caffè	3	1	10	7
Serbatoio_3	the	8	0	10	2
Serbatoio_4	cioccola	9	0	10	1
Serbatoio_5	acqua	4	0	10	6
Serbatoio_6	snack	8	2	10	2
Serbatoio_7	gelato	9	0	10	1

INGRESSO	NOME ELEMENTO	STATO
I_0	frigo	FAIL
I_1	caldaia	FAIL
I_2	acqua	OK
I_3	rifiuti liquidi	FAIL
I_4	gruppo caffè	OK
I_5	porta	FAIL

CENTRALE modifica numero telefono memorizzato in remoto

18/03/2002 20.48.51 headerNEWNUMBER328011321;3357755016

MICROCONTROLLORE

- *Riceve SMS con nuovo numero*
18/03/2002 20.49.49 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:44:57
headerNEWNUMBER3280113321

CENTRALE *aggiornamento manuale*
18/03/2002 20.50.03 headerRICH;3280113321

MICROCONTROLLORE

- *Riceve SMS richiesta aggiornamento*
18/03/2002 20.50.49 +39335475640F 18 03 2002, Ore 20:45:44
headerRICH
- *Invio SMS REPORT*
18/03/2002 20.50.49 header003FE2BFF 0 0 0 0 0 3 0 8 0 9 0 4 0 8
0 9;3280113321 (*)

(*) l'SMS viene inviato verso un altro recapito: 3280113321

17.2 INVIO SMS

Si sono registrate le stringhe scambiate attraverso la porta seriale tra il modulo GM862 e il PC mentre il modulo CENTRALE.VI tenta l'invio di un SMS generico.

Invio SMS generico riuscito dopo 1 verifica registrazione regolare

```
05/01/02 12.19.41 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.19.41 +CSQ: 8,99
05/01/02 12.19.41 +CREG: 0,1
05/01/02 12.19.41 +COPS: 0,0,"I-WIND"
05/01/02 12.19.41 OK
05/01/02 12.19.41 AT+CMGS=19
05/01/02 12.19.41 >
05/01/02 12.19.41 0011000A81332330474300000005C82293F904□
05/01/02 12.19.44 +CMGS: 52
05/01/02 12.19.44 OK
```

Invio SMS generico riuscito dopo "errore 41"

```
05/01/02 12.19.51 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.19.51 +CSQ: 7,99
05/01/02 12.19.51 +CREG: 0,2
```

```

05/01/02 12.20.01 +COPS: 0
05/01/02 12.20.01 OK
05/01/02 12.20.01 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.20.01 +CSQ: 6,99
05/01/02 12.20.01 +CREG: 0,1
05/01/02 12.20.01 +COPS: 0,0,"I-WIND"
05/01/02 12.20.01 OK
05/01/02 12.20.01 AT+CMGS=19
05/01/02 12.20.01 >
05/01/02 12.20.02 0011000A81332330474300000005C82293F904□
05/01/02 12.20.05 +CMS ERROR: 41
05/01/02 12.20.09 AT+CMGS=19
05/01/02 12.20.09 >
05/01/02 12.20.10 0011000A81332330474300000005C82293F904□
05/01/02 12.20.13 +CMGS: 54
05/01/02 12.20.13 54
05/01/02 12.20.13 OK

```

Invio SMS generico fallito

(Si è tentato l'invio dell'SMS con il modulo GM862 privo di antenna per vedere se il programma si ferma automaticamente.)

```

05/01/02 12.11.58 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.11.58 +CSQ: 2,99
05/01/02 12.11.58 +CREG: 0,2
05/01/02 12.12.08 +COPS: 0
05/01/02 12.12.08 OK
05/01/02 12.12.08 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.12.08 +CSQ: 2,99
05/01/02 12.12.08 +CREG: 0,3
05/01/02 12.12.18 +COPS: 0
05/01/02 12.12.18 OK
05/01/02 12.12.19 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.12.19 +CSQ: 6,99
05/01/02 12.12.19 +CREG: 0,3
05/01/02 12.12.29 +COPS: 0
05/01/02 12.12.29 OK
05/01/02 12.12.29 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.12.29 +CSQ: 2,99
05/01/02 12.12.29 +CREG: 0,2
05/01/02 12.12.39 +COPS: 0
05/01/02 12.12.39 OK
05/01/02 12.12.39 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.12.39 +CSQ: 2,99
05/01/02 12.12.39 +CREG: 0,3
05/01/02 12.12.49 +COPS: 0

```

05/01/02 12.12.49 OK
05/01/02 12.12.49 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.12.49 +CSQ: 2,99
05/01/02 12.12.49 +CREG: 0,3
05/01/02 12.12.59 +COPS: 0
05/01/02 12.12.59 OK
05/01/02 12.12.59 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.12.59 +CSQ: 2,99
05/01/02 12.12.59 +CREG: 0,3
05/01/02 12.13.09 +COPS: 0
05/01/02 12.13.09 OK
05/01/02 12.13.09 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.13.09 +CSQ: 2,99
05/01/02 12.13.09 +CREG: 0,2
05/01/02 12.13.19 +COPS: 0
05/01/02 12.13.19 OK
05/01/02 12.13.19 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.13.19 +CSQ: 4,99
05/01/02 12.13.20 +CREG: 0,3
05/01/02 12.13.30 +COPS: 0
05/01/02 12.13.30 OK
05/01/02 12.13.30 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.13.30 +CSQ: 4,99
05/01/02 12.13.30 +CREG: 0,2
05/01/02 12.13.40 +COPS: 0
05/01/02 12.13.40 OK
05/01/02 12.13.40 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.13.40 +CSQ: 6,99
05/01/02 12.13.40 +CREG: 0,3
05/01/02 12.13.50 +COPS: 0
05/01/02 12.13.50 OK
05/01/02 12.13.50 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.13.50 +CSQ: 4,99
05/01/02 12.13.50 +CREG: 0,3
05/01/02 12.14.00 +COPS: 0
05/01/02 12.14.00 OK
05/01/02 12.14.00 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.14.00 +CSQ: 4,99
05/01/02 12.14.00 +CREG: 0,2
05/01/02 12.14.10 +COPS: 0
05/01/02 12.14.10 OK
05/01/02 12.14.10 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.14.10 +CSQ: 8,99
05/01/02 12.14.10 +CREG: 0,3
05/01/02 12.14.20 +COPS: 0
05/01/02 12.14.20 OK
05/01/02 12.14.20 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.14.21 +CSQ: 2,99

05/01/02 12.14.21 +CREG: 0,3
05/01/02 12.14.31 +COPS: 0
05/01/02 12.14.31 OK
05/01/02 12.14.31 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.14.31 +CSQ: 9,99
05/01/02 12.14.31 +CREG: 0,3
05/01/02 12.14.41 +COPS: 0
05/01/02 12.14.41 OK
05/01/02 12.14.41 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.14.41 +CSQ: 4,99
05/01/02 12.14.41 +CREG: 0,3
05/01/02 12.14.51 +COPS: 0
05/01/02 12.14.51 OK
05/01/02 12.14.51 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.14.51 +CSQ: 12,99
05/01/02 12.14.51 +CREG: 0,3
05/01/02 12.15.01 +COPS: 0
05/01/02 12.15.01 OK
05/01/02 12.15.01 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.15.01 +CSQ: 12,99
05/01/02 12.15.01 +CREG: 0,3
05/01/02 12.15.11 +COPS: 0
05/01/02 12.15.11 OK
05/01/02 12.15.11 at+csq;+creg;+cops;
05/01/02 12.15.11 +CSQ: 11,99
05/01/02 12.15.11 +CREG: 0,3

*** PROGRAMMA FERMATO AUTOMATICAMENTE ***

CONCLUSIONI

La diffusione del sistema GSM, offre lo spunto per lo sviluppo di applicazioni diverse dalla comunicazione mobile. Grazie alla capacità di trasmettere dati e alla copertura completa del territorio, il sistema GSM mette a disposizione una rete di telecomunicazione quasi ovunque rendendo così possibile lo sviluppo di applicazioni prima impossibili a causa della difficoltà di effettuare un collegamento a costi accettabili. Il lavoro svolto, utilizzando la tecnologia GSM ha reso possibile la realizzazione di un modello che fornisce la visione d'insieme di un sistema di telerilevamento dati applicato ad una rete di distributori automatici, permettendone il controllo a distanza.

La modalità di comunicazione utilizzata, costituita dagli SMS si è dimostrata adatta per applicazioni in cui è richiesta una risposta tempestiva, ma non in “tempo reale”, da parte del sistema di controllo ed in cui il volume di dati da trasferire è limitato. La trasmissione tramite SMS non richiede la precedente instaurazione di una connessione con il terminale ricevente, e quindi la realizzazione di un opportuno protocollo, portando così allo sviluppo di un software di gestione della comunicazione più semplice con conseguente diminuzione dei costi complessivi.

La realizzazione di una simulazione, divisa nelle varie parti che rappresentano le entità coinvolte nel sistema complessivo finale, comprendente anche componenti fisicamente esistenti e realmente utilizzabili come il modem GSM, porta ad un modello da proporre come “idea di prodotto” che ne consente una valutazione pratica da parte dell'utente finale cui il sistema è rivolto.

Il “simulatore”, il cui funzionamento può essere direttamente testato dal cliente, permette di definire od ottimizzare quei dettagli propri del sua attività che al progettista del sistema possono sfuggire o sembrare meno importanti di quanto siano in realtà.

Una delle applicazioni per le quali il lavoro svolto può essere direttamente impiegato, consiste nel suo utilizzo come strumento di test per lo sviluppo di applicazioni reali. Infatti la simulazione è composta da due moduli ben distinti, quello relativo alla centrale di controllo e quello relativo al distributore automatico, comunicanti tramite la rete GSM, canale di comunicazione utilizzabile nella realtà. È possibile allora usare la parte relativa alla simulazione della centrale di controllo per testare e sviluppare il dispositivo reale a microcontrollore che dovrà poi essere installato nel distributore, o viceversa utilizzare la simulazione del distributore e del dispositivo a microcontrollore per completare lo sviluppo della centrale di controllo proposta dal modello, oppure per realizzare una centrale con diverse caratteristiche o implementata in altri ambienti di sviluppo.

Lo studio effettuato anche se impostato nella distribuzione automatica, lascia spazi di sviluppo per adattarsi a campi diversi, come ad esempio quello della raccolta

differenziata dei rifiuti riciclabili (plastica, carta): un modulo GSM applicato ad ogni contenitore permetterebbe di organizzare le operazioni di raccolta evitando di far viaggiare i mezzi di trasporto a mezzo carico, o al contrario far “straripare” i contenitori.

BIBLIOGRAFIA

- [1] La Repubblica articolo: “Euro, sono in ritardo i distributori automatici” –
Lonardi G. Visionato il 14/01/2002
<http://www.repubblica.it/online/economia/eurogiornale/du/du.html>
- [2] CONFIDA - Confederazione Italiana della Distribuzione Automatica
<http://www.confida.com/>
- [3] European Vending Association
<http://www.eva.be>
- [4] Atti del convegno: “PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE una via unica
verso il futuro” Genova 6 maggio 2000
<http://www.venditalia.com/it/2000/index.htm>
- [5] Camussone P.F.
Il sistema informativo aziendale
ETASLIBRI Milano 1998
- [6] Gai S. Montessoro P. L. Nicoletti P.
RETI LOCALI Dal cablaggio all'internetworking
Scuola Superiore G. Reiss Romoli - L'Aquila 1995
- [7] Halsall F.
SISTEMI DI COMUNICAZIONE E RETI DI COMPUTER
MASSON ITALIA EDITORI S.p.a.- Milano 1987
- [8] Kostopoulos A.
TELECOMUNICAZIONI 2
Petrini editore - Torino 1999
- [9] Kessler G. C. Southwick P. V.
ISDN
McGraw-Hill 1997

- [10] Bertazioli O. Favalli L.
GSM Il sistema europeo di comunicazione mobile: tecniche, architettura e procedure
Hoepli – Milano 1996
- [11] Kostopoulos A.
TELECOMUNICAZIONI 1
Petrini editore - Torino 1999
- [12] Cancellieri G.
TELECOMUNICAZIONI Servizi – Sistemi – Segnali
Pitagora Editrice - Bologna 2000
- [13] Tanenbaum A.
RETI DI COMPUTER
UTET Libreria Srl - Torino 1998
- [14] Tartara G.
Introduzione ai sistemi di comunicazione
ETASLIBRI 1995
- [15] Università di Parma – Appunti Corso di Telematica
Lazzari A., Giugno 2000
<http://www.cedi.unipr.it/links/Corsi/telematica/Materiale/dispense/Telefonia/Mobile.pdf>
- [16] Sito gsmbox.com
Articolo “Comparazione tra sistema radiomobile analogico e digitale”
visionato il 24/07/01
<http://it.gsmbox.com/gsm/tecnologia/compar.gsmbox>
- [17] Sito gsmbox.com
Articolo “Cosa sono gli SMS” visionato il 24/07/01
<http://it.gsmbox.com/gsm/sms/info-descrizione.gsmbox>
- [18] Sito gsmbox.com
Articolo “Informazioni tecniche sugli SMS” visionato il 24/07/01
<http://it.gsmbox.com/gsm/sms/info-tecno.gsmbox>

- [19] Sito gsmbox.com
Articolo “Nuove funzioni del Servizio SMS” visionato il 24/07/01
<http://it.gsmbox.com/gsm/sms/info-new.gsmbox>
- [20] GM 862 Manuale utente
Telital Automotive
- [21] Articolo 8 maggio 2001 “Tecnologia HSCSD più semplice del GPRS ma destinata a morire”
<http://www.cellulari.it/html/arcmagazinedet.asp?IDsez=6&IDarticolo=2096>
- [22] Articolo 11 giugno 2001 “Definitivo tramonto per l’HSCSD con l’arrivo del GPRS?”
<http://www.telefonino.net/cgi-bin/news.asp?n=3958>
- [23] Articolo 10 settembre 1999 “GPRS o HSCSD: ore decisive per il GSM”
http://it.gsmbox.com/news/mobile_news/all/4591.gsmbox
- [24] Department of Electronic Engineering - Università di Firenze
Telematic Lab
<http://telemat.det.unifi.it/book/2001/gprs/>
- [25] Prof. Pauletto D, Nenna C.
General Packet Radio System – GPRS
<http://guidagprs.supereva.it/>
- [26] The International Engineering Consortium
<http://www.iec.org>
- [27] Sito GSM world.it
Introduzione all’UMTS
<http://www.gsmworld.it/umts.htm>
- [28] Sito UMTS-Forum.org
http://www.umts-forum.org/what_is_umts.html

- [29] European Vending Association – standards EVA-DTS
<http://www.eva.be/standards/standards.html>
- [30] LabVIEW User Manual
Instruments Corporation Edizione 2000
- [31] Sito gsmbox.com
Articolo “Il Centro Messaggi (SMSC)” visionato il 24/07/01
<http://it.gsmbox.com/gsm/sms/info-smsc.gsmbox>

APPENDICE I PROGRAMMI

In allegato alla Tesi è presente un CD-ROM contenente i programmi di quanto precedentemente esposto.

Per il loro funzionamento è necessario aver installato una versione di LabVIEW 5 (o superiore).