

Sistema Móvel Celular – SMC

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) define o SMC como:

"Serviço móvel celular é o serviço de telecomunicações móvel terrestre, aberto à correspondência pública, que utiliza sistema de radio comunicações com técnica celular, interconectado à rede pública de telecomunicações, e acessado por meio de terminais portáteis, transportáveis ou veiculares, de uso individual".

No Brasil o SMC opera na faixa de frequências de 800 MHz (ou 0,8 GHz).
É o serviço celular que estamos utilizando hoje.

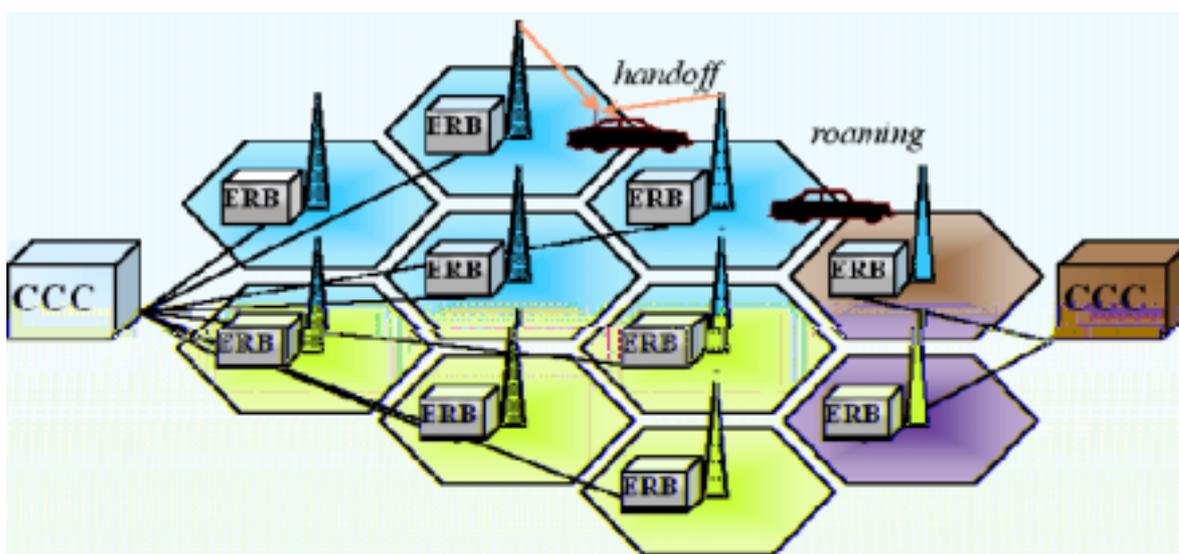


Fig. 1.1 – Ilustração com os componentes básicos de um sistema celular

A figura acima mostra os componentes básicos de um sistema celular. Digo básicos pois os serviços demandados pelo mercado tais como SHORT MESSAGES, CORREIO DE VOZ, APLICAÇÕES WAP, SERVIÇOS DE PRÉ-PAGO, exigem que um volume realmente grande de equipamentos sejam agregados às plantas originais das operadoras .

O Conceito Celular

O objetivo dos primeiros sistemas móveis era o de obter uma grande área de cobertura através do uso de um único transmissor de alta potência, com a antena situada em um local elevado. Embora essa abordagem gerasse uma cobertura muito boa, o número de usuários era limitado. Um determinado conjunto de frequências era utilizado por toda a região e cada frequência era alocada a um único usuário por vez, para evitar interferências. Como exemplo da baixa capacidade, pode-se citar o sistema móvel da Bell em Nova Iorque, em 1970: o sistema suportava um máximo de apenas doze chamadas simultâneas em uma área de mais de dois mil quinhentos e oitenta quilômetros quadrados . Dado o fato de que as agências de regulamentação dos governos não poderiam realizar alocações de espectro na mesma proporção do aumento da demanda de serviços móveis, ficou óbvia a necessidade de

reestruturação do sistema de telefonia por rádio para que se obtivesse maior capacidade com as limitações de espectro disponível e, ao mesmo tempo, provendo grandes áreas de cobertura.

O conceito celular foi uma grande descoberta na solução do problema de congestionamento espectral e limitação de capacidade de usuários que havia em sistemas de comunicações móveis até então. Esse conceito permite oferecer grande capacidade com limitações de espectro alocado, sem grandes mudanças tecnológicas. A FCC (*Federal Communication Commission* – órgão americano regulamentador de telecomunicações), em uma regulamentação de 22 de Junho de 1981 definiu o sistema celular como : “Um sistema móvel terrestre de alta capacidade no qual o espectro alocado é dividido em canais que são alocados, em grupos, a células que cobrem determinada área geográfica de serviço. Os canais podem ser reusados em células diferentes na área de serviço” .

A idéia do conceito celular constitui-se basicamente na substituição do transmissor único de alta potência (responsável pela cobertura de uma grande área) por vários transmissores de baixa potência, cada um provendo cobertura a uma pequena região (célula) da área total. A cada uma dessas estações base é alocada uma porção do número de canais disponíveis para todo o sistema. Às estações base são alocados diferentes grupos de canais, de forma que todos os canais disponíveis no sistema são alocados a um determinado número de estações vizinhas. A alocação de canais a estações base vizinhas é feita de forma que a interferência entre estações base (e entre usuários móveis) seja minimizada. Através do espaçamento sistemático das estações base bem como dos grupos de canais, os canais disponíveis serão distribuídos através da região geográfica e poderão ser reusados quantas vezes forem necessárias, desde que a interferência entre estações cocanal (estações que possuem grupos de canais em comum) seja mantida a níveis aceitáveis.

Essa idéia é antiga : a primeira proposta de sistema celular foi da Bell, feita à FCC, em 1971 . Mas o desenvolvimento da idéia é ainda anterior, não posta em prática pela complexidade do sistema de controle. Sua execução foi viabilizada pelo uso de microprocessadores nos terminais (móveis e fixos) e, em outubro de 1983, o primeiro sistema celular foi posto em operação, em Chicago, pela AT&T.

Um sistema celular básico é composto de :

- **CCC – Central de Comutação e Controle**

É o coração de um sistema celular, responsável pela validação dos assinantes, processamento de chamadas, interface com a rede fixa de telefonia, interface com outras CCC's sejam elas de outra operadora ou não, geração de bilhetes das chamadas, gerenciamento de hand-off (passagem do móvel de uma célula para outra), monitoração de alarmes das Estações Radio Base – ERBs ,entre muitas outras funções . O termo em inglês para CCC é MSC (Mobile Switch Center).

A quantidade de estações que uma CCC pode gerenciar e o número de assinantes máximo depende muito da filosofia de operação de cada empresa no que diz respeito à qualidade dos seus serviços .

O protocolo padrão para comunicação entre diferentes CCC's de diferentes empresas é o IS-41 .

A CCC pode ser descrita nos seguintes blocos:

- **Matriz de Comutação** – Esta parte da CCC é igual a uma central telefônica comum. Ela é responsável pela interconexão com a rede fixa e a comutação entre os terminais móveis;

- **BSC** (Base Station Controller) – É a parte da CCC responsável pelo gerenciamento das ERBs. Através do BSC a CCC tem o status de todas as ERBs do sistema como , por exemplo, alarmes e configurações . Pelo BSC, os técnicos da central podem efetuar a operação e manutenção da rede.
- **Gerenciador de Mobilidade** – Esta incluída dentro do BSC. É a parte responsável pelos handoffs dentro do sistema. O GM recebe continuamente dados de cada móvel (através do canal de sinalização) como nível de sinal recebido, taxa de erro de quadro, e decide para qual ERB o móvel deve efetuar o hand-off .
- **HLR** (Home Location Register) – É a base de dados dos assinantes da área de serviço de uma CCC. Em algumas arquiteturas podemos ter HLR contendo a base de dados de mais de uma CCC e sendo acessadas toda vez que uma chamada é requisitada.
- **VLR** (Visit Location Register) – Similar ao HLR, possui um cadastro dinâmico dos assinantes, tanto dos locais (Home) quanto dos visitantes (Roamers).
- **Transcoder** – Algumas centrais trabalham com canais de voz entre a CCC e a ERB de 16Kb/s. Como as inter conexões com as outras operadoras de telefonia fixa, longa distância e celular são feitas via canais PCM de 64 Kb/s, é necessário o transcoder para fazer a conversão entre estas taxas.
- **PTS** – Ponto de Transferência de Sinalização. É responsável pelo gerenciamento da sinalização entre a central celular e as outras centrais . Com o surgimento do protocolo de sinalização por canal comum #7 (SS7), os canais de voz e sinalização passaram a seguir caminhos independentes. Há uma rede nacional de nós PTS interligada para que as centrais possam estabelecer as rotas para se completar uma chamada enquanto o usuário está digitando os números do telefone desejado.

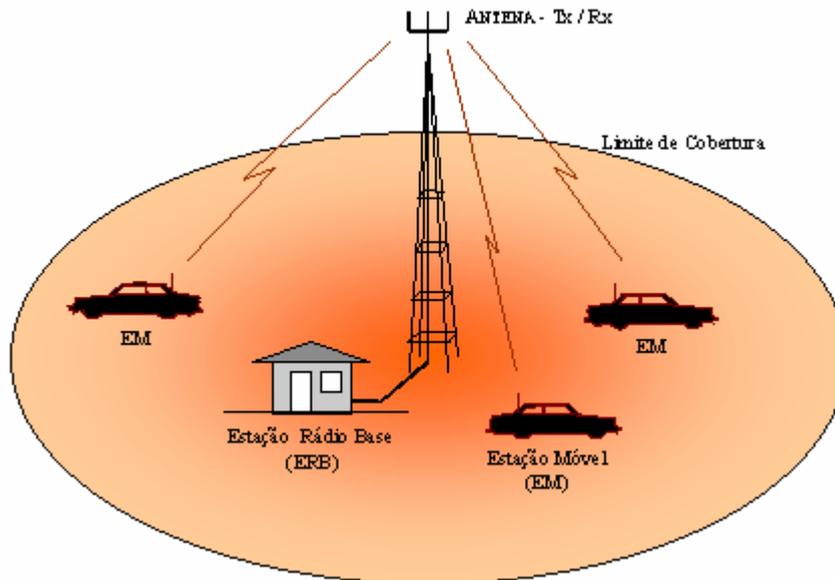
Dependendo dos serviços oferecidos por uma operadora, a CCC pode conter ainda outros equipamentos:

- Gateways para interface entre celulares WAP e aplicações internet (serviços de notícias, geo-localização, e-mails, m-commerce, etc.)
- Plataformas de gerenciamento de assinantes do serviço pré-pago.
- Plataformas de serviço de correio de voz (voice mail)

● ERB – Estação Rádio Base

Uma ERB corresponde a uma “célula”, no sistema .Daí temos o conceito de telefonia celular. Ao invés de termos uma só estação irradiando em alta potência por toda a cidade, temos várias antenas espalhadas numa área trabalhando com potências menores, e o melhor, otimizando a utilização do espectro de frequências disponíveis .

É a ERB quem se comunica com o assinante através da interface aérea escolhida (CDMA, TDMA, GSM, etc.), e com a CCC através de canais PCM de voz e sinalização . Podemos dizer que a ERB é um prolongamento da CCC. A disposição das ERBs em uma determinada área depende profundamente do tipo de interface aérea. A área de cobertura de uma ERB no sistema FDMA (AMPS), por exemplo, é menor do que no sistema CDMA, isto porque no sistema AMPS há o problema da interferência entre os canais de ERBs vizinhas com o reuso de frequências, o que já não é tão crítico num sistema CDMA onde todas as ERBs operam com a mesma frequência .

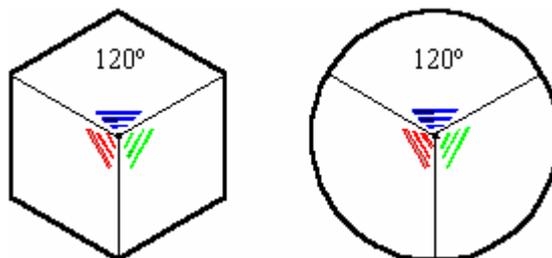


A ERB recebe canais de voz PCM da CCC através de um meio de transmissão qualquer (microondas, fibra óptica, cabo, modem) e os modula em sinais de microondas em frequências de 800, 900, 1800, 1900 MHz dependendo do sistema, para irradiá-los para os telefones móveis . Na ERB não acontece nenhum processamento, tarifação ou controle de chamadas.

Uma ERB é composta basicamente de antenas de transmissão e recepção (que podem estar numa única antena, omnidirecional) , filtros, duplexadores, acopladores, transmissores e receptores, equipamentos de transmissão, torre, fonte e infra-estrutura (sistemas de proteção de transientes, combate à incêndio, alarmes, pára-raios, prédio, etc.).

A ERB transmite numa frequência 45 MHz acima da frequência de recepção .

Como vimos anteriormente, uma ERB pode ser OMNIDIRECIONAL ,onde temos uma única antena, tanto para transmissão quanto para recepção, irradiando num ângulo de 360 graus em torno da ERB. Esta configuração é mais indicada quando temos ERBs isoladas em pequenas cidades ou áreas rurais onde podemos trabalhar com potências maiores de transmissão sem risco de interferir em outras estações. A configuração mais usada é a SETORIZADA, onde temos grupos de antenas de transmissão (TX) e recepção (RX), cada grupo tem um ângulo de cobertura, que pode ser de 120 graus (3 setores) ou 60 graus (6



setores) .

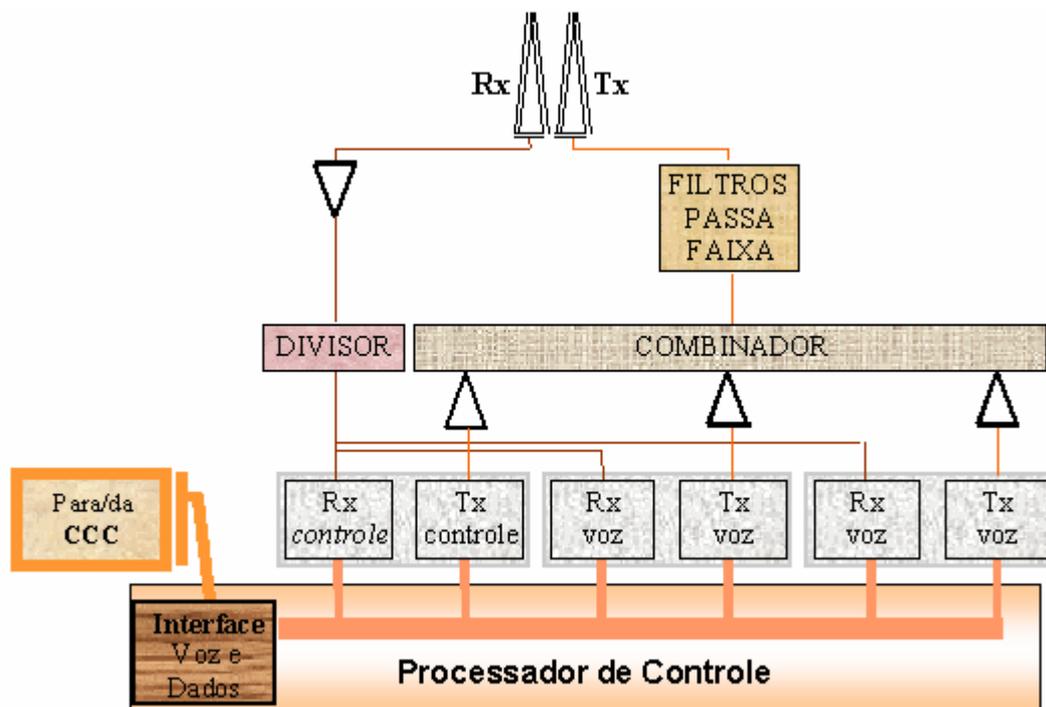
Durante a instalação dos sistemas celulares são feitos ajustes nos ângulos horizontal e vertical das antenas para melhorar a sua cobertura e evitar interferências entre elas. Este processo é chamado de OTIMIZAÇÃO do sistema . Equipes percorrem as áreas de cobertura planejadas verificando o nível (potência) e a qualidade do sinal (taxas de erro, fading, etc.) afim

de se obter subsídios para novos ajustes . Como as redes celulares estão em constante crescimento, este processo ocorre quase que ininterruptamente .

Podemos ter ERBs com alta capacidade de canais, instaladas em containers ou pequenos prédios específicos, ou com menor capacidade, que podem ser instaladas em topos de prédios ou pequenas salas, ocupando espaços reduzidos .

Cobertura da célula

A cobertura provida por uma célula depende de parâmetros pré-definidos como, potência de transmissão, altura, ganho e localização de antena. Vários outros fatores como, presença de montanhas, túneis, vegetação e prédios afetam de forma considerável a cobertura RF de uma base. Esses últimos fatores, obviamente, não são definidos pelo projetista de sistema e variam de uma região para outra.



- **Telefone móvel**

Sua função é transformar um sinal de voz humana, entre 300 e 3400 Hz, codificá-lo e modulá-lo em uma frequência de microondas para ser transmitido para a ERB, e vice-versa. A potência máxima de transmissão de um celular é de 600 miliWatts (0,6 Watts).

O móvel mantém comunicação constante com a ERB através dos canais de sinalização e controle, mesmo quando não há uma chamada em andamento . É através destes canais de sinalização que o móvel recebe informações da ERB como controle de potência de transmissão, identificação da ERB, sincronismo com o sistema, gerenciamento de hand-off, e envia requisições de chamadas e a identidade do móvel . Opera em modo *full-duplex*, possuindo um caminho de ida e um de retorno em relação à estação base, que são os *links* reverso (móvel para base) e direto (base para móvel).

Alguns exemplos de mensagens de controle trocadas entre móvel e base são:

- pedido do móvel para acessar um canal e efetuar uma chamada;
- registro do móvel na área de serviço atual (outra CCC);
- mensagem de alocação de canal para o móvel, oriunda da estação base;

mensagem de *handoff* oriunda da estação base, para que o móvel sintonize outro canal.

Ressalta-se nesse ponto que o que está sendo chamado de "canal" constitui-se na dupla *link* direto e reverso.

As bandas A e B

As bandas A e B são diferentes faixas de frequência de ondas de rádio. Estas frequências são canais de transmissão de sinais. Os telefones celulares operam através de ondas de rádio em uma destas frequências, com tecnologia analógica ou digital.

Frequencias

Banda A: 869 – 880 MHz e 890-891,5 MHz

Banda B: 880 – 890 MHz e 891,5 – 894 MHz

Arquitetura do sistema

Um sistema rádio móvel pode ser elaborado segundo uma arquitetura centralizada ou descentralizada. Em uma arquitetura centralizada, a Central de Comutação Móvel em geral controla uma grande quantidade de estações base, tanto de células próximas como distantes. Em um sistema descentralizado, as CCC's têm uma região menor de abrangência, controlando menos estações base quando comparado à outra arquitetura.

Sistemas pequenos tendem a ser centralizados, enquanto que sistemas maiores seguem a abordagem descentralizada. Há diferentes níveis de descentralização, onde pode ou não haver interconexão entre as CCC's. No primeiro caso (há conexão entre CCC's), uma chamada de um móvel passará pela rede fixa apenas quando o usuário chamado for fixo. Por outro lado, no segundo caso (não há conexão entre CCC's), mesmo que o usuário chamado seja móvel, mas pertencente a uma outra área de serviço (outra CCC, portanto), a chamada terá que passar pela PSTN , pois é ela que proverá o contato entre as duas CCC's.

A Rede Brasileira

As operadoras brasileiras utilizam duas tecnologias digitais diferentes:

- TDMA - Time Division Multiple Access e
- CDMA - Code Division Multiple Access.

Eis uma relação das áreas, das operadoras, dos grupos ou bandas e das tecnologias (agrupadas de diversas maneiras) e o número de celulares em cada uma , em 23 Nov 2000:

Área 1: Grande S.Paulo (3.971.905)

Telesp Celular (A - CDMA)
BCP (B - TDMA)

Área 2: Est. São Paulo (2.208.160)

Telesp Celular (A - CDMA)
Ceterp Celular (A - CDMA) CTBC Celular (A - TDMA)
Tess Celular (B - TDMA)

Área 3: Rio de Janeiro e Espírito Santo (3.789.098)

Telefônica Celular (A - CDMA)
ATL Algar (B - TDMA)

Área 4 : Minas Gerais (1.674.140)

Telemig Celular (A - TDMA)
CTBC Celular (A - TDMA) Maxitel (B - TDMA)

Área 5: Paraná e Sta. Catarina (1.667.891)

Tele Celular Sul (A - TDMA)
Sercomtel Celular (Londrina) (A - TDMA)
Global Telecom (B - CDMA)

Área 6: Rio Grande do Sul (1.791.875)

Tele Celular Sul (A - TDMA)
Celular CRT (A - TDMA)
Telet (B - TDMA)

Área 7: AC, RO, MT, MS, TO, DF e GO (1.616.541)

Tele Centro-Oeste Celular (A - TDMA)
CTBC Celular (A - TDMA)
Americel (B - TDMA)

Área 8: AM, PA, MA, RR e AP (792.190)

Tele Norte Celular (A - TDMA)
Norte Brasil Telecom (B - TDMA)

Área 9: BA, SE e AL (1.058.256)

Tele Leste Celular (A - CDMA)
MAXITEL (B - TDMA)

Área 10 : CE, PI, RN, PB, PE e AL (2.295.778)

Tele Nordeste Celular (A - TDMA)
BSE (B - TDMA)

Operadoras da banda A:

Tele Nordeste Celular (TDMA); Tele Leste Celular (CDMA); Tele Norte Celular (TDMA); Tele Centro-Oeste Celular (TDMA); Tele Celular Sul (TDMA); Sercomtel (TDMA); CTBC Celular (TDMA); Telemig Celular (TDMA); Telefonica Celular (CDMA); Telesp Celular (CDMA); Celular CRT (TDMA); CETERP (CDMA).

Operadoras da banda B:

BSE (TDMA); BCP (TDMA); Norte Brasil Telecom (TDMA); Americel (TDMA); Telet (TDMA); Global Telecom (CDMA); Maxitel (TDMA); ATL (TDMA); Tess (TDMA).

Operadoras de tecnologia CDMA:

Tele Leste Celular (A); Telefonica Celular (A) ;Telesp Celular (A) ;CETERP (A); Global Telecom (A)

Operadoras de tecnologia TDMA:

Tele Nordeste Celular (A) ;Tele Norte Celular (A); Tele Centro-Oeste Celular (A); Tele Celular Sul (A); Sercomtel (A); CTBC Celular (A); Telemig Celular (A); Celular CRT (A); BSE (B); BCP (B); Norte Brasil Telecom (B); Americel (B) ;Telet (B); Maxitel (B); ATL (B); Tess(B).

Processamento de Chamadas

Canais diretos e reversos

Os canais de comunicação entre o móvel e a ERB podem ser classificados como diretos (da ERB para o móvel) ou reversos (do móvel para a ERB).

Vamos utilizar o exemplo do CDMA

Canais Diretos

1. Canal Piloto

- O móvel faz uma busca lógica do canal piloto para saber se está em uma área de cobertura com sinal CDMA.
- Sinal não modulado.
- Serve como referência de fase para que o móvel possa decodificar os outros canais.
- Serve também para que o móvel determine a sua distância até a ERB, através de uma medida da potência do canal piloto.
- É pelo canal piloto que o móvel identifica a ERB . Identificadas as ERBs e suas potências recebidas naquele instante, a central tem a localização aproximada do móvel e pode então orientar o correto handoff .

2. Canal de Sincronismo

- É usado pelo móvel para se sincronizar com o sistema (base de tempo).

3. Canal de Paging (busca)

- É usado para transmitir informações enquanto o móvel está vago ou em transição para um canal de voz.

- Envia mensagens de registro, handoff vago, designação de canais, mensagens de busca, parâmetros do sistema, parâmetros de acesso, lista de pilotos vizinhos, lista de portadoras CDMA ativas.
- É o canal paging quem se comunica com o canal de acesso (canal reverso).

4. Canal de Tráfego (voz)

- É por onde ocorre a conversação.

Canais Reversos

1. Canal de Acesso

- É usado para responder a solicitações da ERB enquanto o móvel está vago.
- Envia mensagens de registro e resposta à busca .

2. Canal de Tráfego (voz)

- É por onde ocorre a conversação.

Processamento de uma chamada de um móvel para um telefone fixo

1. O móvel envia mensagem de origem e os dígitos discados no canal de acesso. O Gerenciador de Mobilidade (GM) da central recebe estes dados e pede que a central designe um circuito terrestre para esta chamada.
2. É designado um circuito (CCC-ERB) e um elemento de canal (MCC) para esta chamada.
3. Toque de retorno e conversação

Processamento de uma chamada de um telefone fixo para um móvel

1. A central recebe uma chamada da rede fixa e determina se o móvel chamado é válido.
2. Através do seu último registro, ou seja a última ERB de onde o móvel enviou sinalização, a CCC inicia uma busca, através do canal de paging.
3. Ocorre a validação a designação de um circuito para esta chamada.
4. Conexão.

Alocação de canal

Para um uso eficiente do espectro rádio disponível, é requerido um esquema de reuso de frequências que seja consistente com os objetivos de aumento de capacidade e redução de interferência. Com o intuito de aumentar a eficiência na utilização do espectro, uma variedade de estratégias de alocação de canais foi então desenvolvida. Tais estratégias podem ser

classificadas como *fixas* ou *dinâmicas*. A escolha da estratégia impacta no desempenho do sistema, particularmente em como uma chamada é gerenciada quando um móvel desloca-se de uma célula para outra.

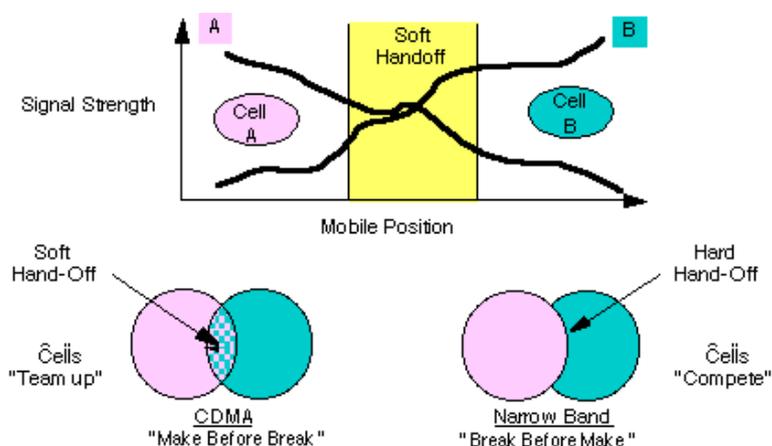
Numa estratégia de alocação fixa de canais, é alocado um determinado conjunto de canais de voz a cada célula. Qualquer tentativa de chamada dentro da célula só poderá ser servida pelos canais desocupados pertencentes àquela célula. Há algumas variantes da estratégia de alocação fixa de canais. Em uma delas, chamada de estratégia de *empréstimo* (*borrowing strategy*), uma célula pode pedir canais emprestados de uma célula vizinha se todos os seus canais estiverem ocupados. A Central de Comutação Móvel supervisiona os procedimentos de empréstimo e garante que o empréstimo do canal não interfere em nenhuma chamada que esteja em progresso na célula de origem do canal.

Na estratégia de alocação dinâmica de canais, os canais de voz não são alocados às células permanentemente. Ao invés disso, cada vez que há uma tentativa de chamada, a estação base requisita canal para a MSC. A Central então aloca um canal para a célula que o requisitou.

A MSC apenas aloca uma determinada frequência se essa frequência não está em uso na célula nem em nenhuma outra célula que esteja a uma distância menor que a distância de reuso, para evitar interferência. A alocação dinâmica de canais diminui a probabilidade de bloqueio de chamadas, aumentando a capacidade de troncalização do sistema, pois todos os canais disponíveis estão acessíveis a todas as células. Esse tipo de estratégia requer que a MSC colete dados em tempo real de ocupação de canais, distribuição de tráfego, e de indicações de intensidade de sinal de rádio (RSSI- *Radio Signal Strength Indications*) de todos os canais, continuamente. Isso sobrecarrega o sistema em termos de capacidade de armazenamento de informações e carga computacional, mas provê vantagem de aumento de utilização dos canais e diminuição da probabilidade de bloqueio.

Handoff

Quando um móvel desloca-se entre células enquanto uma conversação está em andamento, a MSC automaticamente transfere a chamada para um novo canal pertencente à nova estação base. Esse procedimento de *handoff* não apenas envolve a identificação de uma nova estação base, mas também requer que os sinais de voz e de controle sejam transferidos para canais associados à nova célula.



O processamento de *handoffs* é uma tarefa muito importante em qualquer sistema celular. Muitas estratégias de *handoff* priorizam os pedidos de *handoff* em relação a pedidos de inicialização de novas chamadas, quando da alocação de canais livres em uma célula. *Handoffs* devem ser realizados com sucesso (e o menor número de vezes possível) e deveriam ser imperceptíveis aos usuários. Projetistas de sistemas devem especificar um nível ótimo de sinal que iniciará o processo de *handoff*. Uma vez que um nível particular de potência de sinal tenha sido estabelecido como sendo o nível que oferece a qualidade de voz mínima aceitável no receptor da estação base (normalmente entre -90 dBm e -100 dBm) , um nível de sinal ligeiramente superior é usado como limiar no qual o *handoff* é feito.

Para se decidir se um *handoff* é necessário ou não, é importante garantir que a queda no nível do sinal medido não é devida a um desvanecimento momentâneo e que o móvel está realmente afastando-se da estação base que o serve. Para se certificar disso, a estação base monitora o nível de sinal por um certo tempo antes do *handoff* ser iniciado. Esse procedimento deve ser otimizado de forma que *handoffs* desnecessários não ocorram e que *handoffs* necessários sejam realizados antes da chamada ser interrompida.

Em sistemas celulares analógicos de primeira geração, a medição dos níveis de sinal é feita pelas estações base e supervisionada pela MSC. Cada estação base constantemente monitora a intensidade de sinal de todos os seus *links* de voz reversos (móvel para base) para determinar a posição relativa de todos os usuários em relação à torre da base. Além de medir a RSSI de chamadas em progresso dentro da célula, um receptor adicional em cada estação base, chamado de *locator receiver*, é usado para determinar o nível de sinal de usuários que estão em células vizinhas. Esse receptor é comandado pela MSC e é usado para monitorar a intensidade de sinal de usuários em células vizinhas que possam ser candidatos a *handoff* e reportar os valores de RSSI medidos à MSC. Baseada na informação de nível de sinal fornecida pelo *locator receiver* de cada estação base, a MSC decide se o *handoff* é necessário ou não e, caso seja, para que célula ele deverá ser feito.

Em sistemas celulares de segunda geração que utilizam tecnologia TDMA (*Time Division Multiple Access*), as decisões de *handoff* são *assistidas* pelo móvel. No *handoff assistido pelo móvel* (MAHO), cada estação móvel monitora o nível de sinal recebido de estações vizinhas e continuamente reporta essas medições para a estação base que a serve no momento. Um *handoff* é iniciado quando a potência recebida de uma estação base vizinha começa a exceder a potência recebida da estação base que serve o móvel de um determinado valor ou por um certo período de tempo. Esse método permite que a chamada seja transferida entre estações base muito mais rapidamente do que o método da primeira geração permite, já que as medições são feitas por cada móvel e a MSC não precisa mais da constante monitoração de níveis de sinal. O esquema MAHO é particularmente bem adaptado a ambientes de microcélulas, onde *handoffs* são mais frequentes.

Sistemas diferentes possuem diferentes políticas e métodos para gerenciar os pedidos de *handoff*. Alguns sistemas tratam pedidos de *handoff* da mesma forma que os pedidos de inicialização de novas chamadas. Nesses sistemas, a probabilidade de que um pedido de *handoff* não seja atendido por uma nova estação base é igual à probabilidade de bloqueio de novas chamadas. Entretanto, do ponto de vista do usuário, ter sua chamada abruptamente interrompida no decorrer da ligação parece ser muito mais incômodo do que ser bloqueado eventualmente na tentativa de fazer uma nova chamada. Para melhorar a qualidade dos serviços sob esse aspecto, vários métodos foram desenvolvidos para priorizar os pedidos de

handoff sobre os pedidos de inicialização de novas chamadas quando da alocação de canais de voz.

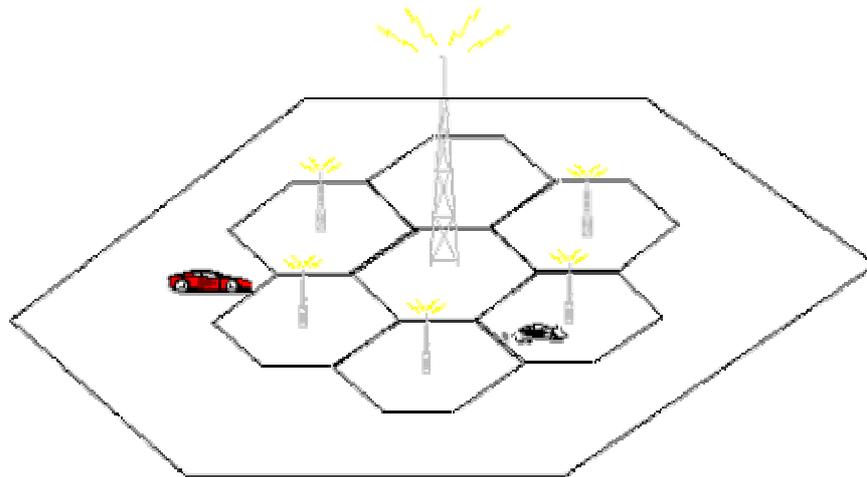
Priorizando *handoffs*

Um método para dar prioridade a *handoffs* é descrito pelo conceito de *reserva de canal (guard channel)*, onde uma fração dos canais da célula é reservada exclusivamente para pedidos de *handoff* oriundos de células vizinhas. Esse método possui a desvantagem de reduzir o tráfego total permitido a chamadas originadas na própria célula. Entretanto, esse método pode oferecer um uso eficiente do espectro se for utilizado em conjunto com uma estratégia de alocação dinâmica de canais, que minimizará o número de canais reservados requeridos através de uma alocação por demanda eficiente. [1]

Considerações práticas sobre *handoff*

Na prática, problemas podem surgir pelo fato dos móveis trafegarem nas mais diferentes velocidades. Veículos a altas velocidades passam pela região de cobertura em questão de segundos enquanto que pedestres podem não precisar de nenhum *handoff* no decorrer de uma chamada. Particularmente, com a adição de microcélulas (células de algumas centenas de metros de raio) para prover capacidade, a MSC pode rapidamente ficar sobrecarregada se usuários a altas velocidades estão constantemente sendo transferidos entre células muito pequenas. Muitos esquemas foram e estão sendo desenvolvidos para lidar com o tráfego simultâneo de móveis a altas e baixas velocidades, ao mesmo tempo em que minimizam a intervenção da MSC para o *handoff*.

Embora o conceito celular ofereça claramente um aumento de capacidade através da adição de células, na prática é difícil para provedores de serviços celulares encontrar novas localidades para instalar estações base, especialmente em áreas urbanas. Devido às dificuldades encontradas, fica mais atraente para os provedores instalar canais adicionais e novas estações base na mesma localidade de uma célula já existente, ao invés de procurar novas localidades. Através do uso de diferentes alturas de antenas (frequentemente no mesmo prédio ou torre) e de diferentes níveis de potência, é possível se prover células maiores e menores localizadas numa mesma região. Essa abordagem é conhecida como *célula guarda-chuva (umbrella cell approach)* e é usada para prover grandes áreas de cobertura a usuários em alta velocidade e pequenas áreas de cobertura para usuários a mais baixas velocidades. Essa abordagem garante que o número de *handoffs* será minimizado para usuários a altas velocidades. A velocidade de cada móvel pode ser estimada pela estação base ou pela MSC através, por exemplo, da medição de quão rapidamente a intensidade média em pequena escala (*short-term*) do sinal varia no tempo. Se um móvel, deslocando-se a grande velocidade na célula maior está aproximando-se da estação base e sua velocidade está decrescendo rapidamente, a estação base poderá decidir transferir o móvel para uma célula menor, sem intervenção da MSC.



Conceito de célula "guarda-chuva"

Roaming

Numa situação prática, pode haver mais de um operador de serviços celulares em uma mesma cidade e, certamente, dentro de um mesmo país/continente. Porém, o usuário é assinante de uma operadora apenas. Dessa forma, é necessário que haja interligações entre as diversas operadoras, no sentido de que o assinante de uma operadora possa utilizar os serviços de outra, como visitante (*roamer*).

Durante o curso de uma chamada, se o móvel desloca-se da área de serviço de uma MSC para a de outra, é necessário um *roaming*. Portanto, o *roaming* pode inclusive ocorrer na área de prestação de serviço de uma mesma operadora. Há vários aspectos a serem considerados na implementação do *roaming*. Por exemplo, uma chamada local pode transformar-se numa chamada a longa distância quando a MSC visitada está em outro estado. Da mesma forma, deve ser dada atenção à compatibilidade de sistemas entre as MSC's envolvidas.

Técnicas de Acesso

O compartilhamento de recursos é uma forma muito eficiente de se obter alta capacidade em uma rede de comunicações. No que diz respeito a comunicações móveis, os recursos são os canais disponíveis ou, de forma mais ampla, a banda de frequências. O mecanismo de acesso deve permitir que qualquer terminal **acesse o sistema**, provendo um sistema de acesso troncalizado. Se canais são designados a usuários por demanda, o esquema é chamado de Acesso Múltiplo com Alocação por Demanda (DAMA, *Demand-Assigned Multiple Access*), ou simplesmente Múltiplo Acesso.

De acordo com a forma com que o espectro é disponibilizado aos usuários, tem-se a classificação geral de sistemas em *faixa estreita* e *faixa larga*. Em um sistema faixa estreita, a faixa de frequências é subdividida em várias faixas menores, os canais, que são alocadas sob demanda aos usuários. Em sistemas faixa larga, toda ou grande parte da banda de frequências é disponibilizada aos usuários, como um único bloco.

Há três formas básicas de se realizar múltiplo acesso, nomeadas de acordo com o mecanismo chave usado para implementá-las:

Múltiplo Acesso por Divisão de Freqüência (FDMA);

Múltiplo Acesso por Divisão de Tempo (TDMA);

Múltiplo Acesso por Divisão de Código (CDMA).

Enquanto o FDMA e o CDMA são, respectivamente, técnicas faixa estreita e faixa larga por natureza, o TDMA permite ambas as formas de implementação.

O exemplo da sala

Para melhor entendermos as diferenças entre FDMA, TDMA e CDMA podemos imaginar o exemplo da sala. Imaginemos os telefones móveis como duas pessoas tentando conversar.

No sistema FDMA, a sala seria dividida em várias salas menores, cada uma com duas pessoas conversando durante todo o tempo. As duplas estariam isoladas umas das outras, não havendo, portanto, risco de que pudessem ouvir a conversa de outra dupla.

Caso estivessem em um sistema TDMA, haveriam três duplas se revezando em cada sala, cada uma com um tempo pré-determinado para conversar e então dar lugar a uma nova dupla. Após o fim do tempo da terceira dupla, a primeira volta à sala para continuar a conversação.

No CDMA todos os pares estão na mesma sala, mas falando línguas diferentes. Cada um entende somente o seu parceiro, apesar de estar ouvindo as conversas paralelas na sala. Caso uma dupla comece a falar mais alto, todos terão que elevar o volume da sua voz, e assim sucessivamente até que todos estejam gritando e ninguém mais se entenda. Por isto é tão importante o controle de potência dos móveis, uma vez que todos estão “espalhados” na mesma freqüência, numa banda de 1,23 MHz.

Para a implementação de comunicação bidirecional *full-duplex*, pode-se utilizar divisão no tempo (TDD - *Time Division Duplex*) ou na freqüência (FDD - *Frequency Division Duplex*). No TDD, as duas direções de comunicação utilizam uma mesma faixa de freqüências comum, mas instantes de tempo distintos. Por outro lado, no FDD, cada sentido utiliza faixas distintas de freqüências, separadas convenientemente para evitar interferências, permitindo um *full duplex* real, pois a informação pode trafegar nos dois sentidos simultaneamente. O TDD requer sincronização e tempo de guarda entre *slots* de ambos os sentidos, também para evitar interferência. Observa-se que o TDD, por utilizar a mesma faixa de freqüências, permite que a comunicação mantenha a mesma qualidade em ambos os sentidos.

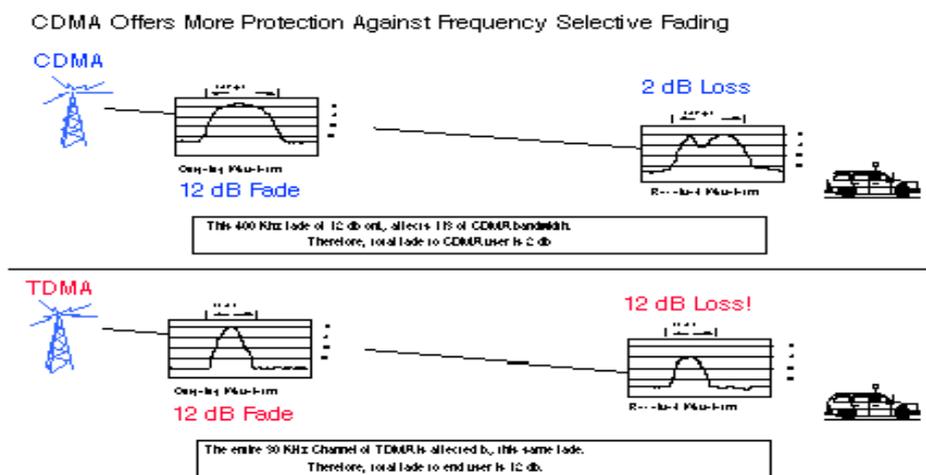
Arquitetura faixa estreita

Em geral, a arquitetura faixa estreita está associada a sistemas com alta capacidade – o número de canais em que a banda é dividida dá uma dimensão da capacidade do sistema quanto ao número de usuários – mas, muitas vezes, baixa qualidade de transmissão – muitos canais significa banda pequena para cada canal. Nesse sentido, há um esforço para que se utilize técnicas de modulação que permitam qualidade de voz aceitável sem que se aumente a banda ocupada pelos canais, ou até, que se reduza a banda ocupada. Outro aspecto é a necessidade de se utilizar filtros estreitos para minimizar a interferência de canal adjacente, o que contribui para o aumento no custo de equipamento. E ainda, em sistemas faixa estreita, o

sinal propagante sofre o chamado desvanecimento não seletivo (ver figura abaixo) em frequência, ou seja, quando ocorre um desvanecimento toda a informação contida no canal é afetada, pois o canal é, em geral, muito estreito.

Arquitetura faixa larga

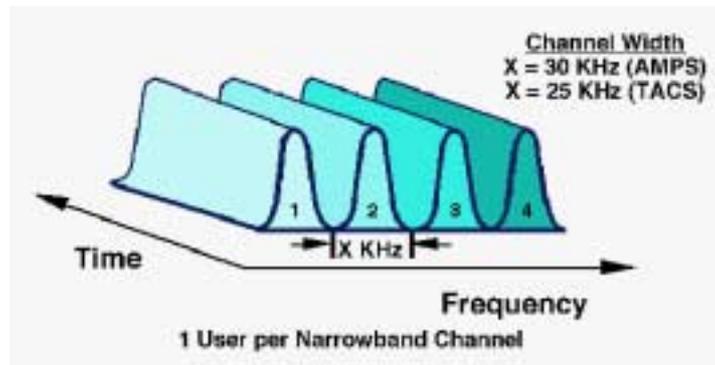
As técnicas de acesso que se utilizam dessa arquitetura são o TDMA faixa larga e o CDMA, sendo que este último frequentemente usa toda a faixa disponível. Como grande vantagem dessa abordagem, pode-se citar o fato de que a banda utilizada é maior que a banda dentro da qual ocorre desvanecimento não seletivo – ver figura abaixo (banda de coerência). Ou seja, o sinal faixa larga experimenta desvanecimento seletivo em frequência e, então, apenas uma fração das frequências que o compõem é afetada pelo desvanecimento. Da mesma forma, interferências também podem ser minimizadas com o uso dessa arquitetura.



FDMA

A maneira usual de se realizar um esquema FDMA é através da associação de um canal a cada portadora. Esse esquema é conhecido por Canal Único por Portadora (SCPC – *Single Channel per Carrier*). Os canais possuem bandas de guarda nas suas extremidades, que são pequenas faixas de frequências destinadas a minimizar o efeito causado por filtros e osciladores imperfeitos, ou seja, minimizar a interferência de canal adjacente gerada pela invasão de um canal na faixa ocupada pelos seus canais adjacentes. Usualmente, o que se chama de "canal" são as duas bandas associadas ao par de portadoras, direta (base para móvel) e reversa (móvel para base).

Sistemas FDMA são sempre FDD e usualmente implementados segundo a arquitetura faixa estreita. Tanto sistemas analógicos como digitais podem ser implementados com a técnica FDMA.



Principais características do FDMA

implementação usual baseada em SCPC;

transmissão contínua – uma vez alocados, os canais são usados continuamente pela base e pelo móvel até o fim da comunicação;

banda estreita – como cada porção de frequência é utilizada por um único usuário, a banda necessária é relativamente pequena, variando de **25-30 KHz** em sistemas analógicos. Em sistemas digitais, o uso de codificação de voz a baixa taxa pode diminuir ainda mais a banda necessária;

baixa sobrecarga de informações de controle (*overhead*) – os canais de voz carregam também mensagens de controle, como *handoff* por exemplo. Pelo fato dos canais alocados serem usados continuamente, pouco espaço é necessário para controle se comparando ao TDMA, por exemplo;

uso de duplexador – como a transmissão é *full-duplex* e usa-se apenas uma antena para transmissão e recepção, deve-se usar um duplexador para fazer a filtragem entre recepção e transmissão e, assim, evitar interferências entre ambas;

alto custo de estações base – a arquitetura SCPC requer que um transmissor, um receptor, dois codecs (codificador / decodificador) e dois modems (modulador / demodulador) sejam usados para cada canal numa estação base. A alocação de mais usuários em uma mesma portadora, tornaria o sistema mais econômico nesse aspecto;

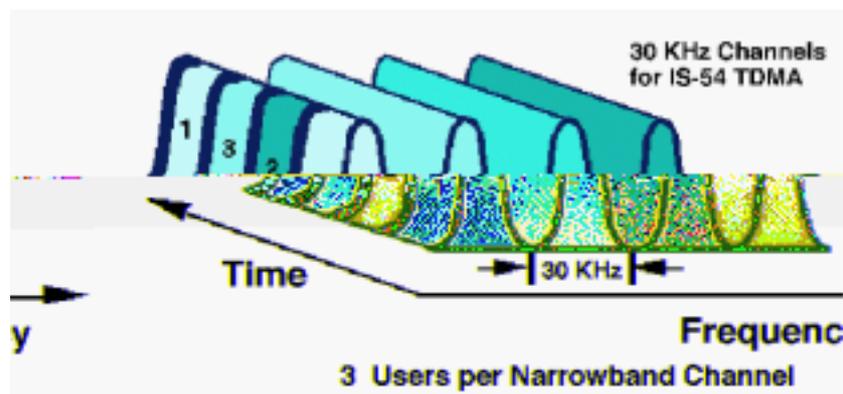
handoff perceptível – pelo fato da transmissão ser contínua, a comutação entre frequências no processo de *handoff* é perceptível (audível) ao usuário.

TDMA

Como dito, o TDMA permite implementação em faixa estreita e faixa larga. No TDMA faixa larga, toda ou grande parte da banda disponível é alocada a cada usuário por determinado intervalo de tempo, denominado *slot*. Em cada *slot* de tempo apenas um usuário terá acesso a toda (ou grande parte) da banda. No TDMA faixa estreita, o usuário tem acesso a uma pequena porção da banda por determinado intervalo de tempo (*slot*). A figura a seguir, ilustra o conceito TDMA faixa estreita. No TDMA faixa larga não haveria as subdivisões faixa 1, faixa 2, ... faixa M, ou elas seriam em número muito reduzido comparado ao faixa estreita.

O canal TDMA é definido pelas duas combinações [porção da banda (faixa), *slot*] alocadas ao usuário, para o *link* direto e reverso. O TDMA permite utilização tanto de FDD como de TDD.

Como visto, uma única portadora é compartilhada em vários *slots* de tempo, ou seja, é compartilhada por vários usuários, cada qual em seu instante determinado. Esse mecanismo diferencia o TDMA do FDMA pois, no último, o esquema SCPC fazia com que cada portadora fosse alocada a apenas um usuário até o fim de sua comunicação.



A transmissão entre móvel e base é feita de forma não contínua. A transmissão entre móvel-base é feita em rajadas, ocorrendo apenas no instante de tempo (*slot*) reservado para que o móvel transmita e/ou receba. Nos demais instantes de tempo, outros usuários poderão ter acesso à mesma portadora sem, portanto, que as comunicações interfiram entre si.

Pelas características apresentadas, a tecnologia digital é a única adequada para o tipo de transmissão envolvido, de forma que sistemas TDMA são sempre digitais.

Principais características do TDMA

vários canais por portadora – como dito, uma portadora é utilizada em vários instantes de tempo distintos, cada qual correspondendo a um canal (usuário). No sistema Americano IS-54, usa-se três *slots* por portadora, enquanto que no sistema Europeu GSM cada portadora atende a oito *slots*;

transmissão em rajadas (*bursts*)– como cada portadora é compartilhada no tempo, cada usuário transmite ou recebe sua informação numa rajada dentro dos respectivos *slots*. Essa forma de transmissão também leva a uma maior economia de bateria se comparado ao FDMA;

faixa larga ou faixa estreita – a banda de cada canal depende de vários fatores, como o esquema de modulação. Dependendo do sistema os canais variam de dezenas a centenas de kHz. Como exemplo, o GSM usa canais de 200 KHz, enquanto que no IS-54 os canais são de 30 kHz;

alta sobrecarga de informações de controle (*overhead*) – a característica de transmissão em rajadas requer um tratamento mais minucioso no que diz respeito à sincronização. Os bits requeridos nesse tratamento em conjunto com o fato de haver tempos de guarda entre *slots* (equivalente à banda de guarda, na frequência), gera um alto *overhead*;

eletrônica complexa – por usar tecnologia digital, muitos recursos podem ser agregados na unidade móvel, aumentando sua complexidade;

não requer o uso de dupplexador – como transmissão e recepção acontecem em *slots* distintos, é desnecessário o uso de dupplexador. O que há é um *switch* que liga / desliga o transmissor / receptor quando este não está em uso. O uso de dupplexador é dispensável mesmo no TDMA/FDD pois, nesse caso, o que se faz usualmente é acrescentar intencionalmente alguns intervalos de tempo entre os *slots* de transmissão e recepção para que a comunicação nos dois sentidos não ocorra exatamente no mesmo instante ^[1];

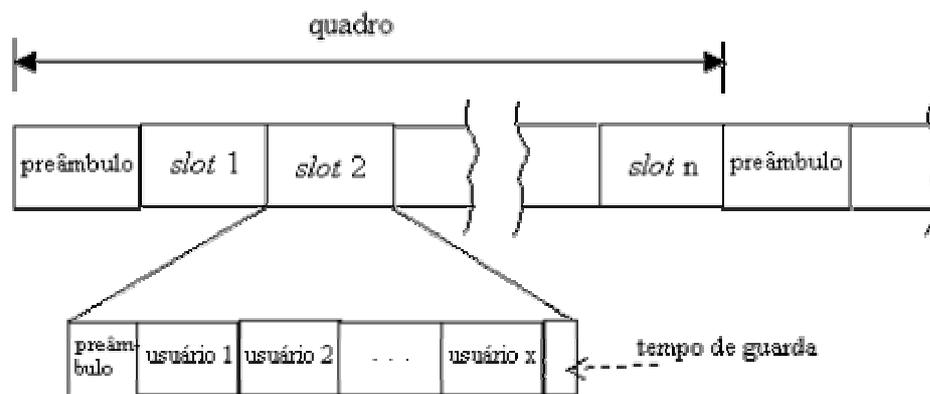
baixo custo de estações base – como são usados múltiplos canais por portadora, o custo pode ser reduzido proporcionalmente;

handoff eficiente – o *handoff* pode ser realizado nos instantes em que o transmissor do móvel é desligado, tornando-se imperceptível ao usuário;

uso eficiente da potência, por permitir que o amplificador de saída seja operado na região de saturação;

vantagens inerentes a sistemas digitais, como capacidade de monitoração da comunicação quadro a quadro, por exemplo.

A Figura abaixo ilustra um quadro (*frame*) de informação usado em sistemas TDMA. Cada *slot* é composto de um preâmbulo e bits de informação associados a cada usuário (exemplo de quadro da base para usuários). O preâmbulo tem como função prover identificação, controle e sincronização na recepção. Tempos de guarda são utilizados para minimizar a interferência entre canais (*cross talk*). Ainda na Figura , cada usuário de um mesmo *slot* ocupa a sua respectiva faixa de frequências. Uma vantagem do TDMA é que pode-se alocar diferentes números de *slots* por quadro para cada usuário, provendo uma forma de banda por demanda, de acordo com as necessidades de comunicação (de dados, no caso) de cada usuário.



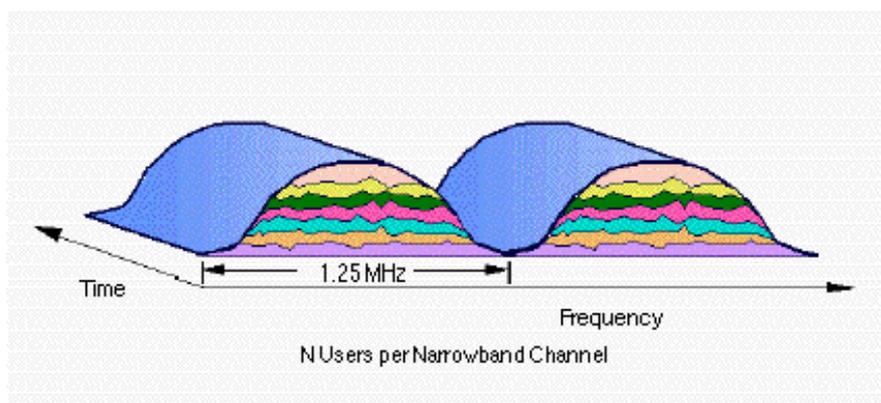
Quadro (*frame*) do TDMA

CDMA

A técnica CDMA possui as seguintes características básicas : todos os usuários podem transmitir simultaneamente, nas mesmas frequências e utilizando toda a banda disponível.

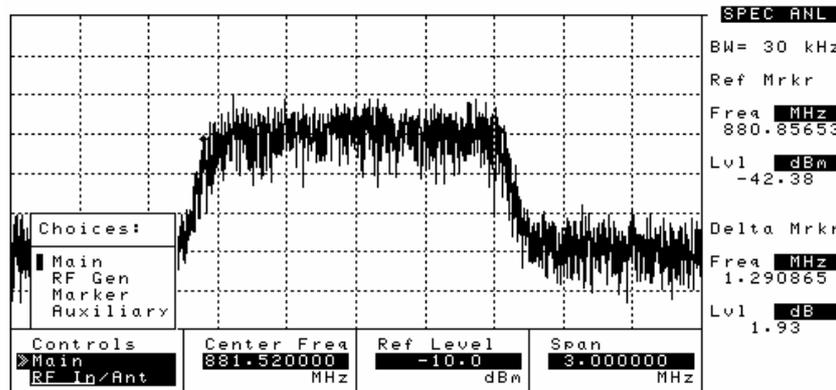
Ao invés de se fazer a separação entre usuários através de frequência ou frequência / tempo, a cada usuário é designado um código, de forma que sua transmissão possa ser identificada. Os códigos usados têm baixa correlação cruzada (idealmente zero), ou seja, são ortogonais, fazendo com que as informações contidas nas várias transmissões não se confundam. No outro extremo da comunicação, o receptor tem conhecimento do código usado, tornando possível a decodificação apenas da informação de seu interlocutor.

O CDMA baseia-se em um conceito denominado Espalhamento Espectral (*Spread Spectrum*), que será resumidamente descrito.



Espalhamento Espectral

Através dessa técnica, o sinal original que se deseja transmitir é espalhado por uma banda muito maior que a necessária a sua transmissão. Esse efeito é obtido, no caso do CDMA, pela multiplicação do sinal por um código com taxa de transmissão muito superior, de forma que o sinal resultante ocupa uma faixa muito larga. A energia total é mantida, sendo distribuída uniformemente por toda a banda, assemelhando-se ao espectro de ruído branco. Todos os sinais oriundos dos diversos usuários / estações base e o próprio ruído agregado à transmissão são superpostos no espectro. Através do código apropriado, a informação do usuário desejado é extraída em meio ao "ruído".



Portadora CDMA de 1,23 MHz

Nessa breve descrição, já é possível observar a alta imunidade intrínseca do espalhamento espectral a ruído e interferência, uma vez que sinais de outros usuários bem como ruído / interferência são tratados da mesma forma e seus danos à informação de determinado usuário são eliminados, teórica e idealmente, quando da aplicação do código de recuperação.

Há duas formas principais de se realizar o espalhamento espectral: Salto em Frequência – *Frequency Hopping* (FH) e Seqüência Direta – *Direct Sequency* (DS). O que se chama comumente de CDMA é, na verdade, a técnica de múltiplo acesso por seqüência direta.

Salto em Frequência (FH)

Nessa técnica, a portadora “salta” entre as várias freqüências do espectro alocado. A faixa original do sinal é mantida, porém, como a portadora percorre rapidamente uma faixa muito grande de freqüências, o efeito final é de espalhamento espectral. Um sistema FH pode ser pensado como um sistema FDMA com diversidade de freqüência.

Esta técnica provê um alto nível de segurança, uma vez que um receptor que queira interceptar a comunicação e que não saiba a seqüência pseudo-aleatória usada para gerar a seqüência de “saltos”, necessitará buscar por freqüências de forma muito rápida e acertar a freqüência em uso em cada instante (e no *slot* de tempo exato). Pode apresentar problemas de colisão entre usuários e é crítico quanto à necessidade de sincronização entre transmissor e receptor.

Seqüência Direta – CDMA

Como dito, a técnica baseia-se em associar códigos ortogonais aos usuários, de forma que suas comunicações não interferem entre si mesmo compartilhando o mesmo espectro e tempo. Para determinado usuário, todos os outros são vistos como sendo ruído.

Controle de potência do móvel

No CDMA, a potência de todos os usuários, com exceção do usuário desejado, é o nível mínimo de ruído no receptor quando do momento da descorrelação (retirada da informação desejada através da aplicação do código apropriado). Se a potência de cada usuário não é controlada, de forma que elas não apareçam com a mesma intensidade no receptor da base, ocorre o problema perto-distante (*near-far*). Se isso ocorre, sinais mais fortes elevarão o nível mínimo de ruído na recuperação dos sinais mais fracos e tenderão a mascará-los, de forma que se reduz a chance de que os sinais mais fracos sejam recuperados. Para combater o problema, é necessário que se adote no CDMA um rígido esquema de controle de potência, através do qual a estação base monitora os terminais de maneira que a potência que chega à base oriunda de cada terminal tenha, idealmente, o mesmo nível. Isso evita que um móvel afastado da base não consiga comunicação pelo fato de um móvel próximo à base estar despejando muita potência.

Algumas características do CDMA

usuários comunicam-se usando as mesmas frequências, simultaneamente, por divisão de código;

ao contrário do FDMA e do TDMA, o CDMA não tem um limite de capacidade bem definido, e sim o que se chama de limite *soft*. Ao aumentar o número de usuários, o nível mínimo de ruído é aumentado linearmente, de forma que há um decréscimo gradual de desempenho do sistema, percebido por todos os usuários;

efeitos do canal nocivos e seletivos em frequência podem ser minimizados pelo fato do sinal original estar espalhado por uma banda muito grande. E ainda, o receptor utilizado – RAKE - permite que se faça um especial tratamento nos sinais recebidos por multipercurso, de maneira que o sinal recebido tenha a melhor qualidade possível;

no caso de *handoff* entre células cocanal (todo o espectro é utilizado pelas células – possível no CDMA), o processo pode ser suave. Mais de uma estação base monitora o nível do móvel e a central de controle pode escolher a melhor versão do sinal, sem necessitar comutar frequências;

problema perto-distante, caso não haja controle de potência eficiente.

Comparação entre FDMA, TDMA e CDMA

Uma vantagem básica do CDMA é sua capacidade muito maior de tolerar sinais interferentes, se comparado a FDMA e a TDMA. Como resultado dessa qualidade, problemas de alocação da banda e interferência entre células adjacentes são simplificados, enquanto que sistemas FDMA e TDMA precisam de cauteloso estudo de alocação de frequência e *slots* para evitar interferência, exigindo filtros sofisticados e tempos de guarda entre *slots*. Aumento de capacidade no CDMA pode ser conseguido através do fator de atividade de voz, utilizando-se os instantes de tempo nos quais não é detectada voz para prover aumento de usuários atendidos.

Em termos de capacidade, teoricamente o CDMA possui uma vantagem sobre sistemas analógicos por um fator de 20 . Por outro lado, toda a vantagem teórica do CDMA exige que uma série de requisitos como, controle de potência eficiente, ortogonalidade entre códigos e necessidade de sincronismo perfeito (bases são sincronizadas por GPS – Sistema de Posicionamento Global, e passam o sincronismo aos móveis), entre outros, sejam atendidos. Na prática, dada a dificuldade de se implementar todos os requisitos, sistemas

CDMA em geral não exploram toda a capacidade teórica prevista para essa técnica, embora os avanços tecnológicos os levem cada vez mais próximo a esse ideal.

O que vem por aí

Serviço Móvel Pessoal (SMP)

Trata-se de um novo serviço criado pela Anatel , em junho de 2000, para comunicações móveis. Lembrando que o "antigo" SMC opera na faixa de frequência de 800 MHz ou 0.8 GHz, o "novo" SMP vai operar numa nova faixa de frequência, a de 1,8 GHz.

Os dois serviços SMC e SMP vão conviver por um bom período mas a ANATEL pretende que haja uma migração gradativa para o novo serviço. Esta nova faixa de 1,8 GHz foi batizada inicialmente como Banda C. Em outros termos, estava sendo criado mais um grupo de empresas, as empresas do grupo C ou da banda C para operar na faixa de 1,8 GHz. Para este novo serviço SMP, o mapa do Brasil foi dividido em apenas três áreas, idênticas àquelas em que operam as empresas de telefonia FIXA (Telemar, Telefônica e Brasil Telecom) e que são as seguintes:

Área 1: AM, PA, RR, AP, MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA, MG, RJ e ES

Área 2: SP

Área 3: AC, RO, TO, DF, GO, MT, MS, PR, SC e RS

Posteriormente, a ANATEL achou por bem alterar o conceito (não a faixa genérica de frequência de operação) deste grupo ou banda C. Neste novo conceito, em cada uma das três áreas poderão operar até três empresas. As concessões passam a chamar-se "autorizações de serviço" e serão concedidas gradativamente. As primeiras autorizações de funcionamento a serem concedidas em cada área vão caracterizar as empresas do grupo C ou da banda C. Numa segunda data, serão concedidas novas autorizações configurando as empresas do grupo D ou banda D; e posteriormente, as do grupo E ou banda E. Concluído o processo teremos três operadoras em cada uma das três novas áreas, num total de 9 operadoras da nova faixa de frequência de 1,8 GHz.

Parece evidente que o objetivo da ANATEL é compatibilizar as novas regras com aquelas do modelo adotado para a telefonia fixa. Está sendo adotado o mesmo conceito geográfico presente no Plano Geral de Outorgas. Esta "geografia" poderá ser um facilitador para as empresas em um futuro bem próximo.

As empresas de celulares que atuam no País terão limitações, caso ganhem uma licença para o SMP na região onde já prestam o serviço. Se vencerem, terão de abandonar a atual licença em até seis meses. As empresas que optarem por isso ganharão uma faixa adicional na frequência de 1,9 gigahertz (GHz) e poderão concorrer com as bandas C, D e E, ofertando serviços de melhor qualidade .

Para garantir uma certa "isonomia" e equilibrar a competição, as operadoras das bandas A e B que migrarem para o novo serviço receberão mais 5 MHz (para uplink e downlink) na faixa de 1.9 GHz.

Em termos de faixa de frequência ficarão com um total de 17,5 MHz (12,5 MHz que utilizam hoje mais o “brinde” de 5Mhz).As novas operadoras terão 15 MHz na faixa de 1.8 GHz para cada licença. Na realidade o espectro completo destas frequências vai de 1,710 GHz a 2,301 GHz e já está reservado pela ANATEL. Espera-se que a ANATEL vá intermediar as negociações entre as empresas e entidades envolvidas num “pequeno” complicador: parte destas frequências já estão ocupadas, até mesmo pelas Forças Armadas. As negociações devem incluir indenizações e ofertas de alternativas como sistemas via satélite ou via fibra ótica.

Os investidores estrangeiros poderão ampliar sua presença, pois não haverá limites para o capital internacional na formação de consórcios ou empresas.

A imprensa já começa a mencionar as etapas de evolução da tecnologia celular usando siglas como 2,5G, 3G e até mesmo 4G para as novas gerações.

É oportuno lembrar que este novo serviço chamado SMP que vai operar nas bandas C, D e E de 1.8 GHz ainda está enquadrado, em termos de tecnologia, na segunda geração (2G) da telefonia celular (a primeira geração é a dos celulares analógicos).

Ao decidir utilizar esta faixa de frequência, a ANATEL atendeu à recomendação da UIT de deixar disponível a faixa de frequência de 1.9 GHz para os serviços da terceira geração (3G) que deverão ser oferecidos a partir de 2003.

O SMP de 1.8 GHz de segunda geração vai utilizar a tecnologia GSM (Global System for Mobile Communication), de origem européia. O termo “GSM” não aparece explicitamente nas Propostas de Diretrizes mas está bem registrado o seguinte: “as redes e as plataformas do SMP devem fazer uso de tecnologias e sistemas cuja estrutura de sincronismo, sinalização, numeração, comutação e encaminhamento, entre outros, possa prover convergência com as redes do STFC (Serviço Telefônico Fixo Comutado).”

Da imprensa recente coletamos estas informações:

A Siemens anunciou investimentos de U\$ 50 mi para fabricar aqui terminais, centrais digitais e estações rádio-base GSM.

A Motorola prevê investir U\$ 20 mi em sua fábrica de Jaguariuna-SP para fabricar equipamentos GSM.

A Huawei que detém 18% do mercado chinês, a maior rede GSM do mundo, com 43 milhões de assinantes anunciou investimentos de U\$ 30 mi para construir uma fábrica no país.

Deverão concorrer na licitação da banda C algumas das atuais operadoras de celular e novas empresas estrangeiras (como a Vodafone, British Telecom, a alemã Deutsche Telekom, a mexicana Telmex , a Nextel, a Hutchison, de Hong Kong, a ATT, a Verison, a BellSouth e Sprint; as portuguesas Portugal Telecom e Sonae, a Bell Canada e a Global Village Telecom.).

As previsões

Vão ocorrer muitas fusões e aquisições entre as atuais operadoras de celular.

No final, deverão estar no mercado no máximo 6 operadoras.

Os usuários das atuais banda A e banda B que usam seus celulares apenas para conversação não serão incomodados com as novas regras.

A licitação (leilão) para a banda C está prevista para 30 de janeiro de 2001.

As empresas Telefonica, Telemar, Brasil Telecom e Embratel não estão autorizadas a concorrer na licitação da banda C mas deverão/poderão concorrer nas bandas D e E.

Uma mesma empresa (que não esteja atuando no atual SMC) poderá concorrer na licitação das três áreas geográficas da banda C, e se vencer nas três, levará tudo.

As empresas das bandas D e E que começam a operar dentro de dois anos, deverão já estar adotando tecnologias da geração 2,5.

Nesta mesma época, a ANATEL deverá estar licitando a utilização da nova frequência de 1.9 GHz para operação já nas tecnologias de 3G, o que poderá gerar uma polêmica técnica na ocasião.

Em princípio, um usuário da nova banda C (com seu celular GSM) poderá falar com usuários das bandas A e B (com seus celulares CDMA e TDMA) - estando cada usuário na sua área de atuação - pois suas transmissões sempre utilizarão a infra-estrutura da rede fixa que serve como um "adaptadora de incompatibilidades".

O roaming de um celular GSM em áreas de banda A e B não será possível (e vice-versa).

Estarão disponíveis celulares "dual mode" que poderão operar como GSM/CDMA e GSM/TDMA minimizando o problema do roaming, mas a um preço maior dos aparelhos.

Indústria corre para ganhar o mercado SMP

Autora: Neide Lamanna (Cortesia da Revista Nacional de Telecomunicações)

Fabricantes que defenderam o padrão GSM para a banda C e os que o combateram mudaram a disputa para outra arena. O que importa, agora, é vender sistemas para as empresas que começam a operar no ano que vem.

Desde a escolha da Anatel pela frequência de 1,8 GHz para abrigar as bandas C, D e E do Serviço Móvel Pessoal (SMP) no Brasil, conhecido internacionalmente como PCS, a indústria, antes dividida na disputa entre 1,8 GHz e 1,9 GHz, passa a falar a mesma linguagem, correndo contra o tempo para capacitar-se na tecnologia digital GSM (Global System for Mobile Communication), a única possível nessas novas bandas.

Assim, quando as operadoras da banda C começarem a investir no projeto e instalação de suas redes GSM, os grandes provedores de infra-estrutura e terminais para a telefonia móvel estarão prontos para fornecer a maioria dos produtos, a partir de suas unidades industriais instaladas no Brasil. Enquanto não se realiza o leilão, previsto para janeiro de 2001, as empresas investem no treinamento de técnicos no exterior e preparam suas linhas de produção para atender à demanda prevista para esse novo serviço. Segundo estimativa do Paste, o SMP vai representar 20% dos 58 milhões de assinantes móveis até 2005.

Considerada a tecnologia mais usada no mundo, o GSM está presente em 153 países, com um total de 387 operadoras e 331,5 milhões de assinantes, de acordo com os dados da Associação de GSM divulgados em junho. A decisão da Anatel vai permitir a disputa desse mercado por empresas que, antes, não tinham tradição em prover equipamentos para a telefonia móvel no Brasil. É o caso da Siemens, que pretende investir, nos próximos três anos, US\$ 700 milhões, dos quais US\$ 500 milhões aplicados em desenvolvimento de projetos GSM, US\$ 150 milhões no desenvolvimento de componentes locais e US\$ 50 milhões em marketing. "A idéia é gerar mil novos empregos", diz Hans-Joachim Kohlsdorf, diretor do Grupo Information and Communication Mobile (ICM) da empresa.

Com mais de 145 redes em 70 países, a Siemens ocupa o segundo lugar no mercado de comutação móvel mundial, com participação de 20%, e o primeiro em redes inteligentes ou soluções pré-pagas, que hoje no Brasil

já respondem por 45% dos usuários. "De cada três chamadas GSM, uma é feita com equipamentos da empresa", informa Kohlsdorf.

Entusiasmado com o potencial de negócios na América Latina, onde apenas 12% dos 500 milhões de pessoas utilizam serviços móveis, Rudi Lamprecht, presidente mundial do Grupo ICM, com base no índice de 45% da Europa, prevê que o mercado latino-americano chegará a US\$ 40 bilhões até 2004. "Nesse continente, a Siemens quer tornar-se um dos três maiores fornecedores de soluções móveis e o principal provedor de GSM no Brasil, alcançando participação de 25% na área de infra-estrutura e 15% na de terminais", estima Lamprecht. Para Hermann Wever, presidente da Siemens no Brasil, isso significaria faturamento de R\$ 1 bilhão no exercício de 2001/2002.

Wever informa, ainda, que a empresa tem planos de produção nacional e vai utilizar sua unidade em Curitiba para desenvolver sistemas de infra-estrutura; os terminais deverão ser produzidos em sua fábrica de Manaus, que já faz aparelhos fixos. A Siemens vai fabricar no país sistemas e terminais móveis no padrão GSM, como as centrais de comutação e controle com tecnologia EWSD, estações radio-base AirXpress, estações controladoras (BCS) e redes inteligentes.

Para atuar nesse mercado, a empresa criou, em abril, nova unidade de negócios, subdividida em duas áreas: a ICM CA (Communications on Air), responsável pela infra-estrutura de GSM e redes inteligentes, e a ICM CD (Communications Device), que responde pelo desenvolvimento, vendas, fabricação e marketing de terminais. Esta área vendeu, em 1999, 12 milhões de aparelhos celulares e a previsão para este ano é de 20 milhões, com expectativa de dobrar esse número em 2001. Seus handsets são utilizados por mais de 30 milhões de pessoas no mundo e estarão disponíveis no Brasil em meados de 2001 – entre eles, um modelo de tecnologia GPRS (General Packet Radio Service), que permite conexão ininterrupta, facilitando o acesso à Internet, telemetria e outros serviços.

A empresa espera introduzir também no mercado nacional os aparelhos dual mode e tri band (frequências TDMA 800 MHz e GSM 900 MHz/1.800 MHz). "Esses terminais já estão sendo desenvolvidos em San Diego, para a AT&T Wireless, maior operadora de TDMA, que contratou a Siemens, recentemente, para viabilizar o roaming internacional entre os usuários das duas tecnologias", explica Yuri Sanches, diretor da ICM CA. Segundo ele, a empresa pretende ainda tornar disponíveis futuramente os terminais GSM/CDMA.

"A produção desses aparelhos no Brasil é apenas uma questão de volume", avalia Sanches, lembrando que a central de comutação e controle da Siemens, produzida no país, já faz naturalmente essa conversão de sinal. O que muda é o software, que está sendo adaptado para a rede brasileira pela equipe de profissionais de Curitiba.

Desde a decisão da Anatel, a Siemens tomou quatro medidas: estabeleceu um sistema de referência em Curitiba, deu início aos trabalhos com a tecnologia GSM, começou a desenvolver software no país e passou a analisar o mercado brasileiro.

Fornecedores tradicionais entram na disputa

Com mais de 40% de participação mundial em sistemas GSM, presentes na Ásia, Europa, Estados Unidos e América Latina, a Ericsson promete investir US\$ 70 milhões nos próximos três anos para viabilizar a introdução dos seus produtos GSM no Brasil. Segundo o presidente da subsidiária brasileira, Gerhard Weise, a empresa está trazendo para o país toda a tecnologia dos equipamentos de infra-estrutura, como estações rádio-base, comutadores, controladores de rádio, e terminais, para que a produção esteja consolidada quando o serviço começar.

Esses investimentos destinam-se principalmente à preparação da fábrica de São José dos Campos (SP), à ampliação do centro de treinamento e ao desenvolvimento de software. A Ericsson tem pressa em sair na frente e quer iniciar produção ainda em 2000. Como o início das operações da banda C está previsto somente para o próximo ano, a iniciativa da empresa visa também atender às exportações, explica o gerente de marketing, Aldo Moino.

Mundialmente, a Ericsson produz 70 modelos de terminais GSM, mas, no Brasil, pretende produzir, inicialmente, apenas três: o T36 e o R520 (ambos nas frequências de 900 MHz, 1.800 MHz e 1.900 MHz), terminais com protocolo WAP compatíveis com a tecnologia GPRS, e o A2618 (em 900 MHz e 800 MHz), mais econômico.

A produção tem como prioridade atender ao mercado nacional, depois à América Latina e à Europa, afirma Mário Consentino, diretor da área de wireless da Ericsson. Segundo ele, a meta é superar o market share mundial no mercado brasileiro. Para isso, a empresa aposta no diferencial tecnológico de sua plataforma GSM, "consolidada internacionalmente e que se destaca por alta performance e facilidade de manuseio e operação do sistema", diz Consentino. A Ericsson, que já possui PPB para infra-estrutura, possui quatro fábricas: na Suécia, Estados Unidos, Ásia e Brasil. Sua participação no mercado brasileiro é de 40% em equipamentos para operação de

telefonia móvel e, na banda B, detém mais de 54%. A fábrica brasileira produz, em média, 4,5 milhões de terminais TDMA por ano.

Presente em 94 operadoras de 43 países com redes GSM, a Nokia também fornece infra-estrutura e terminais nessa tecnologia e, segundo Yolande Pineda, gerente de marketing para a América Latina, detém a liderança mundial em aparelhos GSM, está presente em todas as redes e sua posição em infra-estrutura oscila entre o primeiro e o segundo lugar, dependendo do país.

Satisfeita com a decisão da Anatel, Yolande acredita que há, no país, potencial muito grande para a nova tecnologia, que deverá atrair todos os operadores internacionais. "O Brasil é um mercado muito representativo para a Nokia; no ano passado, ele foi o sétimo entre os dez mercados mais importantes."

O GSM, como negócio, tem participação no faturamento da empresa muito maior do que os produtos TDMA e CDMA. Por isso, a Nokia, que já possui fábrica de terminais no Brasil, estuda, no momento, a possibilidade de produzir infra-estrutura. A decisão depende da demanda do mercado. "Trata-se de uma tecnologia padronizada, que admite produtos de diferentes provedores na mesma rede, pois as interfaces entre os equipamentos estão definidas. Com isso, há um ganho de escala muito grande e maior economia para as operadoras", informa Yolande.

Outra vantagem que a gerente da Nokia faz questão de destacar é o SIM (Subscriber Identity Module) Card, um cartão inteligente, embutido no aparelho, mas destacável, no qual a operadora grava todas as informações do assinante. Não há, portanto, fidelização ao fabricante do aparelho, pois não é mais o telefone que contém as informações, e sim o chip. Com o SIM Card, o usuário pode trocar de aparelho com muita facilidade, mantendo sempre o mesmo número, sem necessidade de novas habilitações.

O roaming é outra característica importante no GSM, pois permite acessar os serviços contratados mesmo em outros países. Para Yolande, isso é fundamental: os aparelhos não realizam somente ligações, mas acessam a Internet pelo Wap e contam com os recursos avançados da rede GPRS (General Packet Radio Service) para transmissão de dados em alta velocidade (144,4 kbps), o que permite transmitir imagem não animada. Yolande destaca que, mundialmente, a Nokia é a empresa que mais vendeu GPRS, tecnologia digital que representa um passo intermediário para a terceira geração do celular.

Outra empresa de grande atuação na telefonia móvel celular, a Nortel Networks especializou-se em produtos para infra-estrutura em todas as tecnologias. No padrão GSM, informa Fioravante Mangone Júnior, gerente de marketing para a área de wireless, a empresa está presente em todos os continentes, com mais de 60 redes em 32 países, as quais operam em diferentes faixas de frequência (800 MHz, 1.800 MHz e 1.900 MHz). "Sua maior participação está nos Estados Unidos, em grandes operadoras como BellSouth, VoiceStream, PacBell Wireless/SBC, Nextel, PCS One, NPI Wireless, Pocket e Conestoga. Além de líder nos Estados Unidos e Canadá, a empresa está muito bem posicionada no mercado europeu."

Mangone conta que a Nortel já realizou estudos para a implantação da linha de produtos GSM 1.800 MHz em sua fábrica de Campinas (SP), analisou as três regiões estabelecidas pela Anatel e está capacitada a oferecer consultoria aos principais interessados em obter licenças de SMP no Brasil.

Otimista quanto às expectativas de mercado, a Nortel possui ampla linha de produtos GSM, entre eles a família de centrais DMS, Piconode, sem similar, que comportam até 5 mil linhas; Micronode e Integrated Node, para demandas de 20 mil a 90 mil linhas; e DMS Supernode, para até 130 mil linhas. As aplicações de suas estações radiobase cobrem desde ambientes rurais até locais densamente povoados. Os modelos mais recentes são o e-cell, para aplicações indoor, preparado para evoluir para a tecnologia EDGE (Enhanced Data for GSM Evolutions), e o e-mobility, que agrega na mesma plataforma as tecnologias GSM, EDGE, IS-95, 3X-RTT e UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

Mangone explica que o GSM é uma tecnologia madura e apresenta custos competitivos em função dos ganhos de escala. "Essa maturidade permite oferecer uma variedade de serviços, que podem ser divididos em quatro categorias: básicos (voz, fax, short message etc.), suplementares (identificação de chamada, espera, conferência, transferência etc.), proprietários (desenvolvidos especificamente para uma operadora) e avançados (redes privadas virtuais, pré-pago, serviços de dados e GPRS, entre outros).

Mundialmente, segundo Mangoni, a Nortel possui diversas redes GPRS instaladas ou em teste. Por esse motivo, ele acredita que o Brasil vai adotar essa tecnologia ou, no mínimo, permitir sua utilização num futuro próximo com a realização de upgrade. "A vantagem do GPRS está em permitir acesso aos dados em velocidades muito superiores às disponíveis nas tecnologias sem fio."

Transmissão de dados, o grade filão

A Lucent, também especializada em infra-estrutura, atua em GSM desde 1992. Luiz Cláudio Rosa, diretor de tecnologia, informa que a empresa vem crescendo bastante nesse mercado e hoje possui redes em Portugal, Arábia Saudita e Alemanha, entre outros países. Atualmente, está implantando para a operadora alemã T-Mobil uma rede que prevê GPRS sobre a estrutura de GSM e para a qual já atualizou 8 mil estações radiobase. Hardware e software foram adaptados em três semanas, sem interrupção do serviço. Essa aceitação deve-se, segundo Luiz Cláudio, a um produto da Lucent que converte texto de e-mail em voz no terminal, permitindo selecionar e ouvir a informação em diversos timbres de voz.

Devido ao seu crescimento, a Lucent decidiu fabricar também no Brasil os produtos GSM, na mesma unidade de Campinas onde já produz equipamentos para infra-estrutura TDMA e CDMA. "Além de sermos a única empresa que tem suporte e redes móveis em operação nas duas tecnologias digitais que o Brasil usa (TDMA e CDMA), vamos capacitar-nos em GSM. Técnicos treinados na Europa e no Brasil passam as informações para nossa equipe de manufatura. Estamos trazendo os equipamentos adicionais para adaptar a fábrica e produzir GSM, mantendo a mesma arquitetura do nosso produto básico, adequado para as três tecnologias. Estimamos que a primeira estação radiobase GSM saia da fábrica em dezembro", estima Luiz Cláudio, lembrando que o processo de PPB está em andamento e que a Lucent vai preparar-se também para fornecer GPRS no próximo ano.

Ele defende o GPRS como um elemento de diferenciação para a operadora. Se não houver condições de prover dados em alta velocidade, suportados por uma rede de pacotes, será muito difícil oferecer diversas categorias de serviços. E no GSM isso só é possível com o GPRS. "Não estamos mais falando de comunicação móvel somente entre pessoas, mas também de dispositivos conectados à rede móvel, promovendo a comunicação entre eles", argumenta. Para Luiz Cláudio, há empresas que ainda não perceberam que a real revolução não virá com a terceira geração do celular, mas quando for possível ter pacote nas redes.

No mundo, o GPRS vem sendo implantado com muita intensidade. A Motorola, uma das três maiores fornecedoras de redes GSM, foi a primeira empresa a lançar uma solução completa na Grã-Bretanha, envolvendo infra-estrutura e terminais, segundo Maurício Gomes, diretor comercial de infra-estrutura. Ele considera a posição da Motorola em GSM bastante confortável, com sistemas em cerca de 75 operadoras em 53 países, totalizando mais de 100 contratos em todo o mundo.

Todos os equipamentos GSM a serem fornecidos no Brasil serão produzidos localmente, assegura Gomes. A fábrica em Jaguariúna (SP) está praticamente preparada, prevendo-se o início da produção de GSM em dezembro, dependendo do mercado. Segundo o diretor da Motorola, são necessários apenas mais US\$ 2 milhões para adaptação ao GSM, compreendendo principalmente equipamentos de testes, que não requerem altos investimentos. A empresa informa que, até o momento, investiu cerca de US\$ 210 milhões na construção da fábrica brasileira.

A produção de terminais deve começar no fim do primeiro trimestre do próximo ano, para alinhar-se com o início da demanda na banda C, informa Hilton Mendes, diretor de produção da área de PCS da Motorola. A documentação para o PPB está em fase de conclusão, mas a empresa ainda não definiu os modelos que serão produzidos no Brasil; no momento, realiza pesquisa com os consumidores brasileiros. Mundialmente, a Motorola produz 20 tipos de aparelho em sua linha, dos básicos aos mais sofisticados, com display de alta resolução sobre o qual se pode escrever. Sua linhas inclui terminais dual band e tri band (duas ou três frequências).

A Motorola desenvolveu conceitos próprios em infra-estrutura de GSM, como as microcélulas e picocélulas (áreas ainda menores) para cobertura focalizada, e o sistema de PABX sem fio cujos terminais podem ser usados na rua como telefone celular.

Ausente do mercado mundial e sem tradição em GSM, a coreana LG Information & Communications também pretende disputar o mercado brasileiro, iniciando a produção de terminais em novembro, segundo Ricardo Amaral, gerente de vendas da empresa no Brasil. A LG tem fábricas também no México e na Coreia, mas a unidade brasileira é forte candidata para abrigar a produção de GSM, pois poderia suprir gradativamente o mercado latino-americano. Especializada em terminais celulares CDMA, a empresa iniciou produção no Brasil em 1999, em Taubaté (SP), e faturou US\$ 100 milhões no ano passado, alcançado participação de 15% no mercado brasileiro.

(Este artigo foi publicado originalmente na edição de outubro/2000 da RNT - Revista Nacional de Telecomunicações . A reprodução foi gentilmente autorizada pela RNT)

Serviço Móvel Celular

Componentes de um Sistema Móvel Celular

O conceito celular

CCC

- Matriz de Comutação

- BSC

- Gerenciador de Mobilidade

- HLR

- VLR

- Transcoder

- PTS

ERB

- Cobertura

Móvel

As bandas A e B

Frequências

Arquitetura do sistema

A rede brasileira

Processamento de Chamadas

- Canais diretos e reversos

- Alocação de canal

- Handoff

 - Priorizando handoffs

 - Considerações práticas sobre handoffs

- Roaming

Técnicas de acesso

O exemplo da sala

Arquitetura faixa estreita

Arquitetura faixa larga

FDMA

- Principais características do FDMA

TDMA

- Principais características do TDMA

CDMA

- Espalhamento espectral

- Salto em frequência

- Seqüência direta

- Controle de potência

- Algumas características do CDMA

- Comparação entre FDMA, TDMA e CDMA

O que vem por aí

- SMP

- As previsões

Artigos da imprensa



Serviço Móvel Celular (SMC)

Marcelo dos Santos