

GSM (GPRS, EDGE)

Introdução

O GSM (Global System for Mobile Communications) está realmente se tornando um Sistema GLOBAL para Comunicações Móveis. Estava claro há muito tempo que o GSM seria usado em toda a Europa. Atualmente, muitos países em todo o mundo que estavam retardando a sua decisão escolheram o GSM. O GSM tornou-se o padrão pan-asiático e será usado em grande parte da América do Sul.

As Redes de Comunicações Pessoais (PCNs) surgiram no Reino Unido com o Mercury One-to-One e o Hutchison Microtel (Orange), oferecendo as duas primeiras redes para o uso do DCS1800. As PCNs têm tido um sucesso esmagador no Reino Unido, oferecendo tarifas competitivas para empresas e chamadas de baixo custo fora do horário de pico. A E-net da Alemanha seguiu as PCNs do Reino Unido. O DCS1800 está tornando-se mais disseminado, com sistemas na Tailândia, Malásia, França, Suíça e Austrália. Outros sistemas estão sendo planejados na Argentina, Brasil, Chile, França, Hungria, Polônia, Cingapura e Suécia.

Mesmo os EUA, que têm evitado a adoção do GSM900, estão prestes a usar o PCS1900, baseado no GSM, para o seu sistema de PCS. Nos EUA, o GSM irá compartilhar as bandas alocadas a outros sistemas baseados em CDMA, NAMPS e IS-136 TDMA. As licenças do PCS1900 já abrangem aproximadamente metade da população dos EUA, sendo que provavelmente veremos este número aumentar até quase a cobertura total, conforme as licenças restantes forem sendo outorgadas.

Qual a diferença entre o GSM900, o CT2 e o DECT?

O GSM900, DCS1800 e o PCS1900 são sistemas celulares. O DECT e o CT2 são sistemas sem fio. O GSM, como o AMPS e o TACS, permite que os usuários façam e recebam chamadas em uma ampla área geográfica. Este sistema usa um registrador para armazenar a posição de todas as unidades móveis, o que possibilita que as chamadas sejam roteadas à estação base correta.

O DECT e o CT2, assim como outros sistemas sem fio, não possuem este recurso de rastreamento. Estes sistemas operam de forma muito similar à dos telefones sem fios domésticos convencionais (CT0 ou CT1). É possível receber chamadas quando a unidade móvel estiver dentro do alcance de sua estação base local, mas não em outras localidades.

Qual é a diferença entre o GSM900, DCS1800 e PCS1900?

O GSM900 é o sistema GSM original. Este sistema utiliza frequências na banda de 900 MHz, tendo sido projetado para a operação celular em uma área ampla. Unidades móveis com valores de potência de saída de 1 a 8W são as mais comuns. O DCS1800 é uma adaptação do GSM900. O termo GSM pode ser usado coletivamente para descrever os padrões GSM900 e DCS1800. A criação do DCS1800 envolveu a ampliação das bandas reservadas ao GSM e a passagem destas a 1,8 GHz. O padrão DCS1800 foi criado para permitir a formação das PCN (Redes de Comunicações Pessoais), aumentando a concorrência no mercado de comunicações celulares.

Para evitar confusões, os números de canal (ARFCN) usados para DCS vão de 512 a 885. Os canais do GSM900 vão de 1 a 124. Com uma alocação de frequência mais ampla, o que levou a um maior número de canais, o DCS1800 pode trabalhar com maiores densidades de usuários. As unidades móveis DCS1800 são também projetadas para potências de saída menores (até 1W); portanto, os tamanhos das células devem ser menores, levando a densidades ainda maiores.

Em todos os outros aspectos, o GSM900 e o DCS1800 são iguais. As especificações do GSM fase II (uma norma revisada e reescrita) aproximam ainda mais os dois sistemas. O GSM900 oferece uma largura de banda maior e mais canais, denominados E-GSM (GSM de banda estendida) e menores níveis de controle de potência para as unidades móveis, permitindo a operação com microcélulas. Estas duas novas características permitem o uso de maiores densidades de usuários nos sistemas GSM. A Fase II também prevê a inclusão de novos serviços no GSM e DCS1800. A inclusão de serviços específicos, como dados, fax e operação em modo dual, está atualmente sendo definida na chamada Fase II+.

Nos EUA, foi liberada uma banda em torno de 2 GHz para um PCS (Sistema de Comunicações Pessoais). Diferentemente da Europa e Extremo Oriente, os detentores das licenças de PCS não serão forçados a usar uma determinada tecnologia rádio. Os três principais concorrentes são o GSM, CDMA e IS-136 TDMA, que provavelmente terão uma cobertura nacional.

A pronta disponibilidade do equipamento GSM e a especialização tornou o GSM a 1,9 GHz bastante atraente para muitas operadoras. As operadoras de PCS1900 uniram-se para formar o North American Interest Group e ajudaram a promover o desenvolvimento do GSM. As sete empresas são: American Personal Communications (APC), American Portable Telecom, Bell South Personal Communications, Intercel, Omnipoint, Pacific Bell Mobile Services e Western Wireless Co. Muitos dos grandes fabricantes de GSM estão também apoiando o PCS1900, incluindo a Nokia, Ericsson, Matra, AEG e Northern Telecom.

Em termos técnicos, o PCS1900 será idêntico ao DCS1800, exceto pela alocação de frequência e níveis de potência. O primeiro sistema PCS comercial foi lançado pela APC com o nome de Sprint Spectrum em 15 de novembro de 1995, baseado no PCS1900. A maior parte das licenças de PCS nos EUA será colocada em operação nos próximos dois anos. Outros sistemas estão também sendo experimentados nos EUA, inclusive o DECT.

Um pouco da história do GSM

Antes de passarmos para a operação propriamente dita do sistema GSM, vamos dar uma olhada no passado e ver como chegamos onde estamos hoje. Em 1981, o celular analógico foi lançado e, quase ao mesmo tempo, houve um estudo conjunto franco-alemão voltado à tecnologia celular digital e à possibilidade da criação de um sistema pan-europeu.

Em 1982, um comitê de trabalho especial, o Groupe Spécial Mobile (GSM) foi criado no CEPT para analisar e continuar o estudo franco-alemão. Em 1986, o comitê de trabalho deu um passo à frente com o estabelecimento de um núcleo permanente de pessoas designadas para a continuação do trabalho e a criação de normas para um sistema digital do futuro. Aproximadamente um ano depois, o

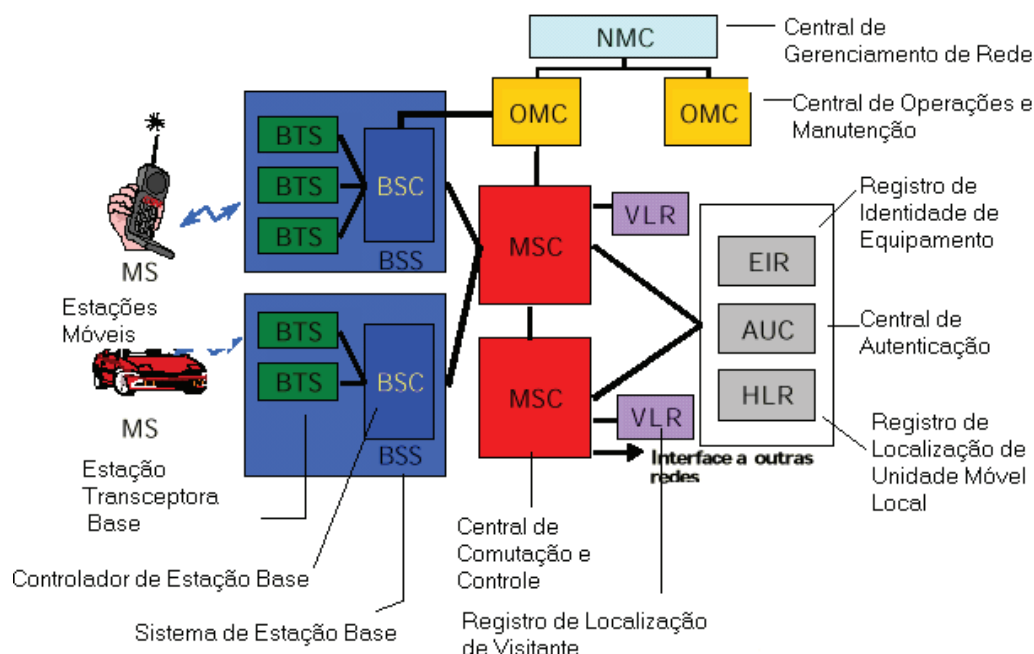
memorando de entendimento, ou MoU, como foi denominado, foi assinado por mais de 18 países. Este memorando declarava que os signatários participariam do sistema GSM e o colocariam em operação até 1991.

Em 1989, o GSM foi transferido para a organização ETSI (European Telecommunications Standards Institute, ou Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações). Uma vez sob o controle do ETSI, o sistema GSM teve o seu nome alterado para Global System for Mobile communications. Os comitês de trabalho do sistema tiveram o seu nome mudado de GSM para SMG (Special Mobile Group, ou Grupo Móvel Especial). Estas mudanças foram feitas para evitar confusão entre o nome do sistema (GSM) e o grupo de pessoas que trabalham nas especificações (SMG), e também para colocar os nomes no idioma de trabalho oficial do ETSI (inglês).

Em 1990, foi criado um novo ramo da especificação GSM - o DCS1800. As especificações originais do DCS1800 foram desenvolvidas simplesmente como versões editadas dos documentos do GSM900. O interesse no GSM espalhou-se rapidamente fora da Europa. A Austrália foi o primeiro país não europeu a juntar-se ao MoU, em 1992. Desde então, muitos outros países asiáticos adotaram o GSM. Atualmente, existe um MoU pan-asiático, que analisa os acordos de roaming internacionais.

As especificações da Fase II para o GSM já foram definidas, combinando os documentos do GSM900 e DCS1800; diversos recursos novos foram incluídos ao sistema, juntamente com muitos pequenos ajustes. A próxima etapa é a Fase II+, que definirá a inclusão de novos serviços específicos como dados e fax para o GSM e o DCS1800.

A interface aérea do sistema GSM



Este é um sistema GSM. As estações móveis (MS), sejam telefones celulares (e portáteis) e as tradicionais unidades móveis instaladas em automóveis, falam com o

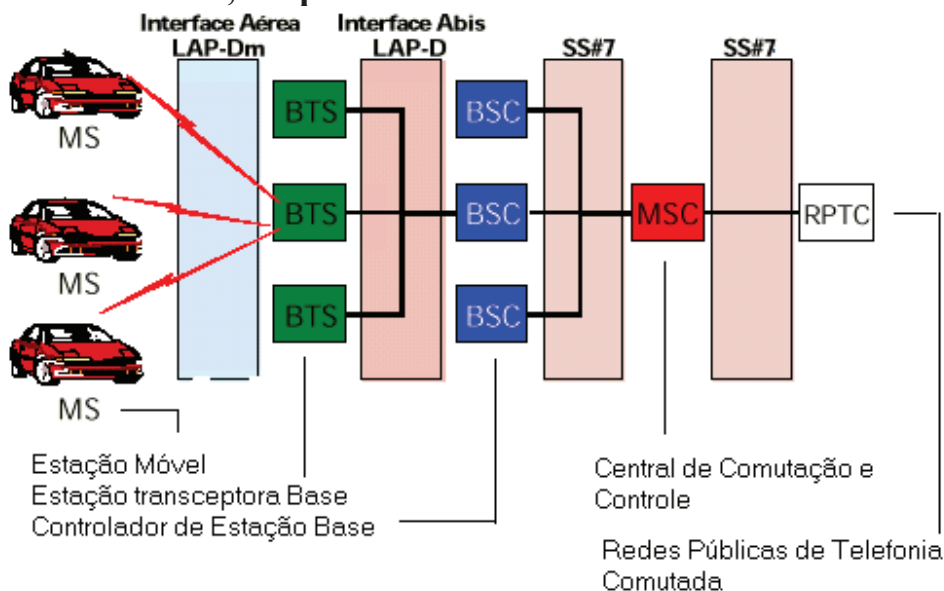
Sistema da Estação Base (BSS) pela interface aérea de RF. O Sistema de Estação Base (BSS) é formado por uma Estação Transceptora Base (BTS) e um Controlador de Estação Base (BSC).

É comum que diversas BTS estejam localizadas em um mesmo local, criando de 2 a 4 células setorizadas ao redor de uma torre de antena comum. As BSC são freqüentemente ligadas à BTS por links de microondas. O link do BSC à BTS é chamado de interface Abis. Tipicamente, de 20 a 30 BTS serão controladas por um BSC.

Por sua vez, diversas BSS são subordinadas a uma Central de Comutação e Controle (MSC), que controla o tráfego entre diversas células diferentes. Cada Central de Comutação e Controle (MSC) terá um Registro de Localização de Visitante (VLR), no qual as unidades móveis que estiverem fora das células de sua área local serão listadas, de forma que a rede saiba onde encontrá-las.

A MSC será também conectada ao Registro de Localização de Unidade Móvel Local (HLR), a Central de Autenticação (AUC) e ao Registro de Identidade do Equipamento (EIR), de forma que o sistema possa verificar se os usuários e equipamentos são assinantes em situação legal. Isto ajuda a evitar o uso de unidades móveis roubadas ou fraudadas. Há também instalações dentro do sistema para as organizações de Operações e Manutenção (OMC) e de Gerenciamento da Rede (NMC). A Central de Comutação e Controle (MSC) também possui uma interface para outras redes, como as Redes Privadas de Telefonia Móvel (PLMN), Redes Públicas de Telefonia Comutada (RPTC) e redes RDSI.

A mesma visão, simplificada:

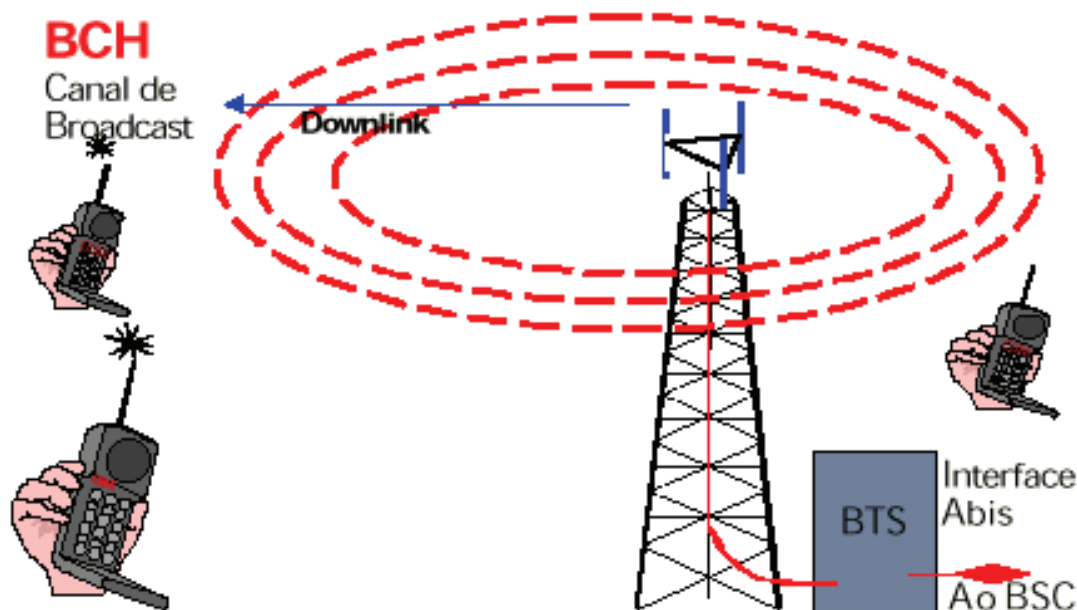


Obs: LAP-D (protocolo de Acesso ao link para dados (RDSI))
LAP-Dm (Protocolo de acesso ao link do canal Dm)
Dm - canal de controle (terminologia de RDSI aplicada ao serviço móvel)
Abis (Application binary interface) - trata-se de um link terrestre

Observando um quadro mais simples do sistema GSM, podemos ver a estação transceptora base, o controlador de estação base, a central de comutação e controle e a rede pública de telefonia comutada, ligadas por linhas grossas (links de fibras ópticas e microondas). O link entre as unidades móveis e a estação base é a interface aérea.

A Interface Aérea do GSM

Uma célula GSM



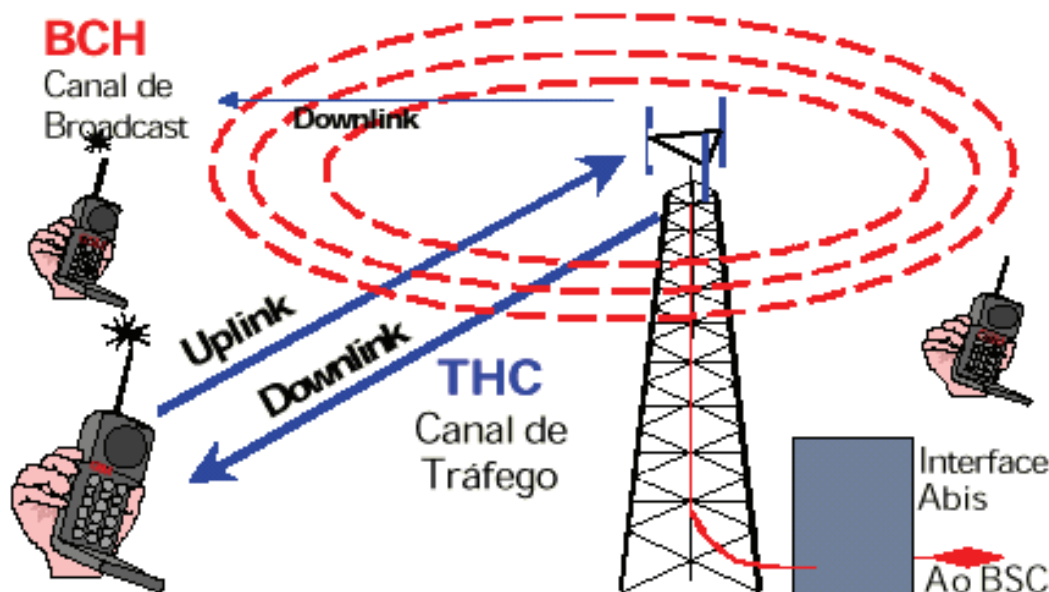
Esta é uma visão detalhada de uma célula GSM típica. As células podem ter um raio de até 35 km no GSM900 e 2 km no DCS1800 (devido à menor potência das unidades móveis do DCS1800). A parte mais óbvia da célula GSM é a estação base e a sua torre de antena. É comum ter diversas células setorizadas ao redor de apenas uma torre de antena. A torre terá diversas antenas direcionais, cada uma destas cobrindo uma área em particular. Esta co-alocação de diversas BTS é às vezes denominada estação radiobase, ou simplesmente uma estação base.

As BTSs são conectadas aos seus BSC pela interface Abis, por cabo ou fibras ópticas. As redes DCS1800 muitas vezes usam um link de microondas para a interface Abis. Cada BTS possuirá um certo número de pares Tx/Rx ou módulos transceptores. Este número determinará o número de canais de frequência que poderão ser usados na célula, o que dependerá do número esperado de usuários.

Todas as BTSs produzem um BCH (Canal de Broadcast). O BCH é como um farol ou sinal luminoso. Ele está ligado todo o tempo e permite que as unidades móveis encontrem a rede GSM. A intensidade do sinal BCH é também usada pela rede em diversas funções relacionadas ao usuário, sendo um meio útil para dizer qual é a BTS mais próxima da unidade móvel.

Este sinal também carrega informações codificadas, como a identidade da rede (por exemplo, Mannesmann, Detecon ou Optus), mensagens de paging para as unidades móveis que devam aceitar uma chamada telefônica e diversas outras informações. O BCH é recebido por todas as unidades móveis "acampadas" na célula, estejam estas no meio de uma chamada ou não.

Bandas separadas para o uplink e o downlink



O canal de frequência usado pelo BCH é diferente em cada célula. Os canais podem ser reutilizados por células distantes, nas quais o risco de interferência é baixo. As unidades móveis em chamada usam um TCH (Canal de Tráfego). O TCH é um canal bidirecional usado para a troca de informações de conversação entre a unidade móvel e a estação base.

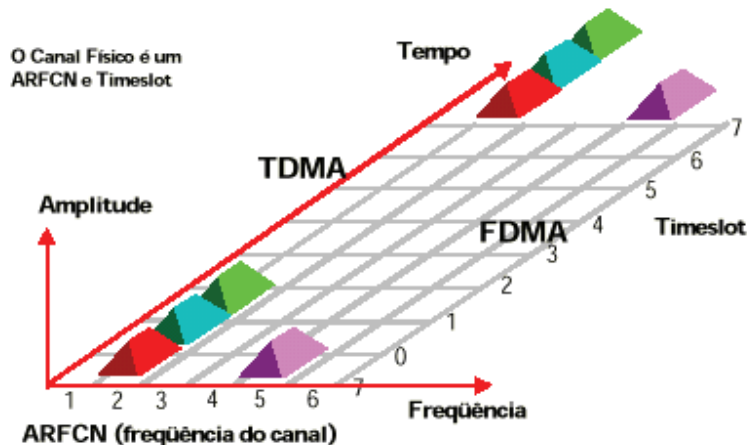
As informações são divididas em uplink e downlink, dependendo da direção do fluxo. O GSM separa o uplink e o downlink em bandas de frequência distintas. Dentro de cada banda, o esquema de numeração de canais usado é o mesmo. Na verdade, um canal do GSM é formado por um uplink e um downlink.

É interessante observar que, enquanto que o TCH usa um canal de frequência no uplink e no downlink, o BCH somente ocupa um canal no downlink. O canal correspondente no uplink é, na verdade, deixado desocupado. Este canal pode ser usado pela unidade móvel para canais não programados ou canais de acesso aleatório (RACH). Quando a unidade móvel quiser chamar a atenção da estação base (para fazer uma chamada, por exemplo), ela poderá fazê-lo usando este canal de frequência desocupado para enviar um RACH.

Como mais de uma unidade móvel pode querer chamar a atenção da estação ao mesmo tempo, é possível que haja uma colisão de canais RACH, e talvez seja necessário que as unidades móveis façam diversas tentativas para serem ouvidas. Abaixo, apresentamos alguns outros detalhes sobre a interface aérea.

	Fase 1 GSM900	Fase 2 GSM900	Fase 1 DCS1800	Fase 2 DCS1800	PCS1900
Uplink	890 a 915MHz	880 a 915MHz	1710 a 1785MHz	1710 a 1785MHz	1850 a 1910MHz
Downlink	935 a 960MHz	925 a 960MHz	1805 a 1880MHz	1805 a 1880MHz	1930 a 1990MHz
Faixa de ARFCN	1 a 124	0 a 124 e 975 a 1023	512 a 885	512 a 885	512 a 810
Espaçamento de TX/RX (Freq.)	45MHz	45MHz	95MHz	95MHz	80MHz
Espaçamento de TX/RX (Tempo)	3 Timeslots	3 Timeslots	3 Timeslots	3 Timeslots	3 Timeslots
Taxa de dados de modulação	270,833 kbit/s	270,833 kbit/s	270,833 kbit/s	270,833 kbit/s	270,833 kbit/s
Período do quadro	4,615ms	4,615ms	4,615ms	4,615ms	4,615ms
Período do Timeslot	576,9µs	576,9µs	576,9µs	576,9µs	576,9µs
Período do Bit	3,692µs	3,692µs	3,692µs	3,692µs	3,692µs

O Canal do GSM (sistema misto TDMA e FDMA)



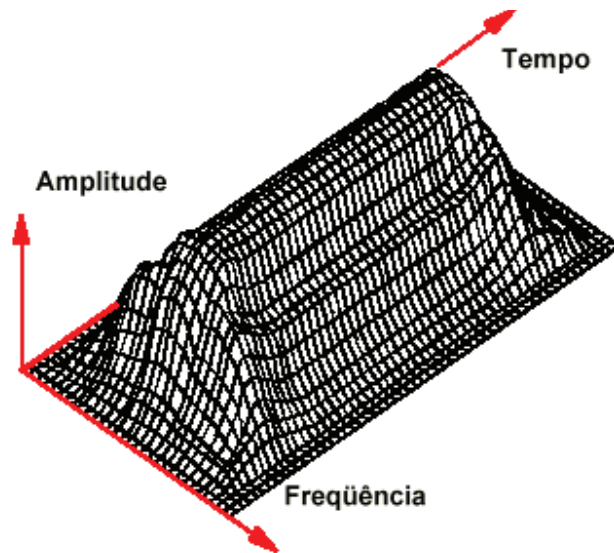
O GSM usa o TDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo) e o FDMA (Acesso Múltiplo por Divisão da Frequência). As frequências disponíveis são divididas em duas bandas. O uplink é utilizado para a transmissão da unidade móvel e o downlink é usado para a transmissão da estação base.

Este slide mostra parte de uma destas bandas. Cada banda é dividida em slots de 200 kHz, denominados ARFCN (Número Absoluto de Canal de Radiofrequência). Além de dividir em fatias a frequência, nós também dividimos o tempo. Cada ARFCN é compartilhado por 8 unidades móveis, sendo usado por uma delas por vez. Cada unidade móvel usa o ARFCN por um TS (timeslot) e, em seguida, aguarda a sua vez de usá-lo novamente. As unidades móveis usam o ARFCN uma vez por quadro do TDMA.

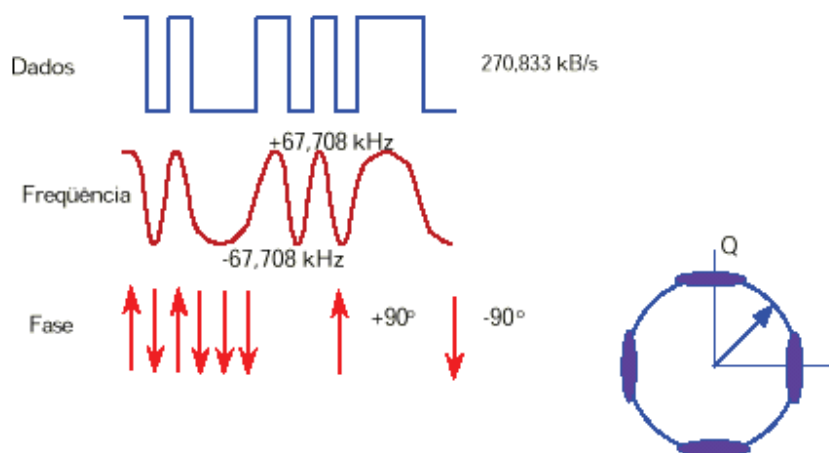
Este slide mostra 4 TCHs (Canais de Tráfego). Cada TCH usa um determinado ARFCN e um timeslot. Três dos TCH estão no mesmo ARFCN, usando timeslots diferentes. O quarto TCH está em um ARFCN diferente. O conjunto formado pelo número do TS e o ARFCN é denominado canal físico. Não há muito espaço entre os timeslots e os ARFCNs.

É importante que a unidade móvel ou estação base transmitam seus bursts TDMA exatamente no momento certo e exatamente com a frequência e amplitude corretas. Estando muito adiantado ou muito atrasado, um burst poderá colidir com um burst adjacente. A falta de controle no espectro ou espúrios de modulação pode provocar interferência no ARFCN adjacente. No jargão de comunicações de dados, burst é uma sequência de sinais, ruídos ou interferência, contados como uma unidade segundo algum critério ou medida.

O "burst" do GSM TDMA/CDMA



Modulação 0.3 GMSK



O GSM usa um formato de modulação digital denominado 0.3 GMSK (Chaveamento por Deslocamento Mínimo Gaussiano). O 0.3 indica a relação da largura de banda do filtro gaussiano com a taxa de bit. O GMSK é um tipo especial de modulação digital FM. Os "1s" e "0s" são representados pelo deslocamento da portadora de RF em mais ou menos 67,708 kHz.

As técnicas de modulação que usam duas frequências para representar o "1" e o "0" são denominadas FSK (Chaveamento por Deslocamento de Frequência).

No caso do GSM a taxa de dados de 270,833 kbit/s foi escolhida por ser exatamente quatro vezes o deslocamento de frequência de RF. Isto tem o efeito de minimizar o espectro de modulação e aumentar a eficiência do canal. A modulação FSK na qual a taxa de bit é exatamente quatro vezes o deslocamento de frequência é chamada MSK (Chaveamento por Deslocamento Mínimo).

O espectro de modulação é ainda mais reduzido com o uso de um filtro gaussiano de pré-modulação. Este filtro reduz a velocidade das rápidas transições de frequência que, caso contrário, espalhariam a energia pelos canais adjacentes.

0.3GMSK não é uma modulação em fase. As informações não são transportadas por estados de fase absolutos, como no QPSK, por exemplo. É o deslocamento em frequência, ou alteração do estado de fase, que transporta as informações.

Às vezes, entretanto, é útil tentar visualizar o GMSK em um diagrama I/Q. Sem o filtro gaussiano, se um feixe constante de "1s" estiver sendo transmitido, o MSK permanecerá efetivamente 67,708 kHz acima da frequência central da portadora. Se a frequência central da portadora for tomada como uma referência de fase estacionária, o sinal de +67,708 kHz causará um aumento estável de fase. A fase irá girar +360 graus a uma taxa de 67.708 revoluções por segundo.

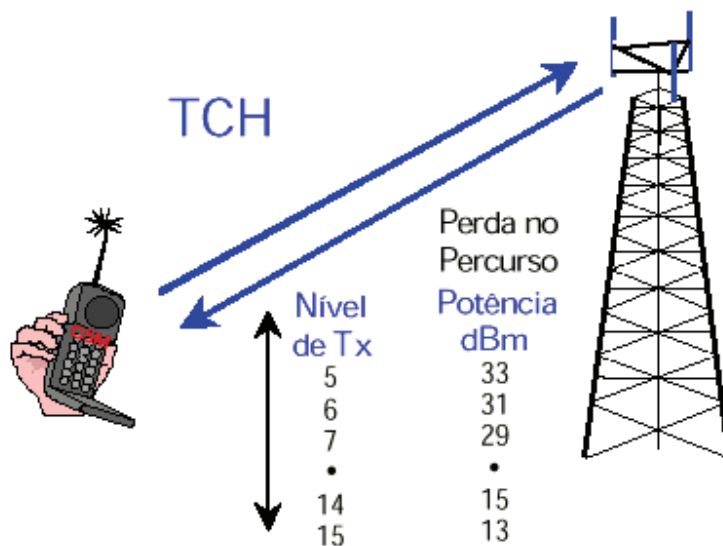
No período de um bit ($1/270,833$ kHz) a fase será deslocada em um quarto de círculo no diagrama I/Q, ou 90 graus. Os "1s" são vistos como um aumento de fase de 90 graus. Dois "1s" causam um aumento de fase de 180 graus, três "1s", de 270 graus, e assim por diante. Os "0s" causam a mesma mudança de fase, na direção oposta.

A inclusão do filtro gaussiano não afeta esta transição média de 90 graus para "0s" e "1s". Como a taxa de bit e o deslocamento em frequência estão relacionados por um fator de 4, a filtragem não afeta as relações de fase médias. Esta filtragem não reduz a taxa de mudança de velocidade de fase (a aceleração da fase). Quando a filtragem gaussiana é aplicada, a fase muda de direção mais lentamente, mas pode atingir velocidades de pico maiores para alcançar a fase.

Sem a filtragem gaussiana, a fase muda de direção instantaneamente, mas se desloca a uma velocidade constante. A trajetória exata da fase é controlada com bastante rigor.

Os rádios GSM precisam usar filtros digitais e moduladores I/Q ou FM digitais para gerar com precisão a trajetória correta. A especificação GSM permite não mais de 5 graus rms e 20 graus de desvio de pico da trajetória ideal.

Níveis de transmissão

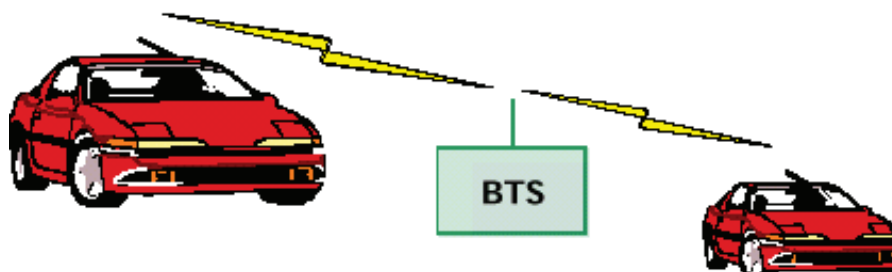


Conforme a unidade móvel se desloca ao redor da célula, torna-se necessário variar a potência de seu transmissor. Quando ela estiver próxima à estação base, os níveis de potência usados deverão ser baixos para reduzir a interferência em outros usuários. Quando a unidade móvel estiver mais longe da estação base, será necessário elevar os seus níveis de potência, para superar a maior perda no percurso.

Todas as unidades móveis GSM podem controlar a sua potência de saída em incrementos de 2 dB. A estação base envia um comando à unidade móvel para que esta use um determinado Nível de Tx de MS (nível de potência). A unidade móvel do GSM900 tem uma potência máxima de 8W (a especificação permite uma potência de 20W, mas até o momento não existem unidades móveis de 20W). As unidades móveis do DCS1800 têm uma potência máxima de 1W. Conseqüentemente, é necessário que as células do DCS1800 sejam menores.

Timing variável

O método TDMA requer que os sinais cheguem à BTS no momento certo. Não deve haver sobreposição de sinais.



Raio da célula < 35 km
Tempo de deslocamento do sinal: 117 μ s

O Avanço de Timing é necessário no GSM porque este usa o TDMA em células de até 35 km de raio. Como um sinal de rádio leva um intervalo de tempo finito para viajar da unidade móvel até a estação base, precisamos ter alguma maneira para garantir que o sinal chegará à estação base no momento correto.

Sem o avanço de timing, o burst transmitido de um usuário na fronteira de uma célula chegaria tarde e seria sobreposto (e corromperia) o sinal proveniente de um usuário bem próximo à estação base (a menos que fosse usado um tempo de guarda entre os timeslots maior do que o maior tempo de viagem do sinal).

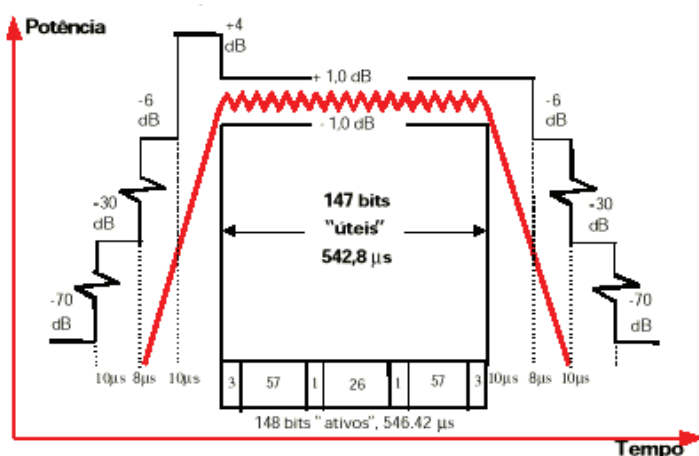
Antecipando o timing das unidades móveis, a transmissão destas chega à estação base no momento correto. Conforme a unidade móvel (MS) se desloca, a Estação Base (BTS) envia um sinal à MS para que esta reduza o seu avanço de timing conforme se aproxima do centro da célula e aumente o seu avanço de timing conforme se afasta do centro da célula.

As unidades móveis no modo Idle (que não estão em chamada, mas que ainda estão "acampadas" na rede) recebem e decodificam o BCH (Canal de Broadcast) da estação base. Um elemento do BCH, o SCH (Canal de Sincronização) permite que a unidade móvel ajuste o seu timing interno. Quando a unidade móvel estiver recebendo o SCH, ela não saberá qual a sua distância até a estação base.

Uma distância de 30 km fará com que a unidade móvel ajuste um retardo de 100 **ms** em seu timing interno com relação à estação base. Quando a unidade móvel enviar o seu primeiro burst de RACH, este partirá com um retardo de 100 **ms**, após um retardo de trânsito de 100 **ms**, e chegará 200 **ms** mais tarde, colidindo com os bursts das unidades móveis mais próximas da estação base. Por este motivo, o RACH e os outros tipos de bursts de acesso são mais curtos do que o normal.

A unidade móvel somente envia bursts de comprimento normal uma vez que tenham recebido a informação de avanço de timing da estação base. A unidade móvel de nosso exemplo precisaria avançar o seu timing em 200 **ms**. Veremos posteriormente como a estação base manda a unidade móvel alterar o seu avanço de timing e potência de transmissão usando o SACCH (Canal Lento de Controle Associado).

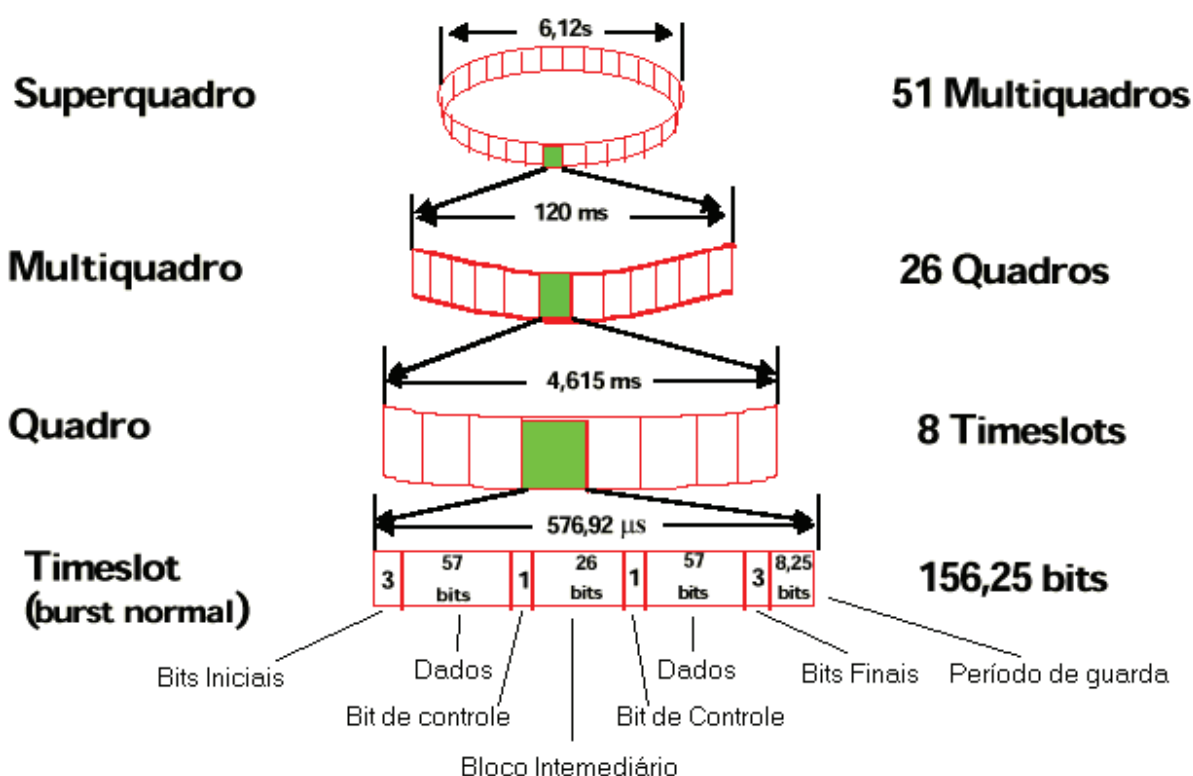
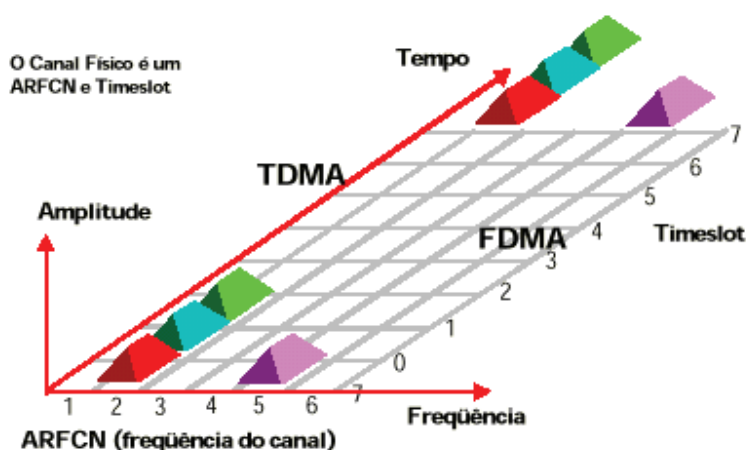
Burst de potência TDMA no GSM



Como o GSM é um sistema TDMA e há 8 usuários em um par de frequências, o transmissor de cada usuário somente deve ser ativado no momento permitido, sendo desativado no momento apropriado, de forma que este não interfira com os outros usuários nos timeslots adjacentes. Devido a esta necessidade, o GSM especificou um envelope de amplitude para o burst de RF dos timeslots.

Há também uma especificação rigorosa de planicidade para a parte ativa dos bits úteis no timeslot. O envelope de amplitude tem uma faixa dinâmica acima de 70 dB mas ainda precisa ter uma planicidade menor que ± 1 dB por toda a parte ativa do timeslot. Tudo isto acontece em um período de 577ms de um timeslot.

Quadros e Multiquadros



O sistema GSM é um sistema de multiplexação por divisão de tempo. A menor unidade deste sistema é o bit de dados. O período de cada bit de dados é 3,69 ms.

Um timeslot, o intervalo de tempo no qual cada unidade móvel deve transmitir ou receber informações, tem um período equivalente a 156,25 destes bits de dados. Como há 8 usuários em cada frequência, há 8 timeslots por quadro. Este padrão é repetido, dando aos usuários outros timeslots nos outros quadros.

O intervalo do quadro é 4,615 ms. Os quadros são agrupados em estruturas maiores, denominadas multiquadros. Há dois tamanhos de multiquadros, os multiquadros de 26 quadros e os multiquadros de 51 quadros.

O TCH usa multiquadros de 26 quadros, enquanto que o BCH usa pares de multiquadros de 51 quadros, um colocado após o outro para formar uma sequência de 102 quadros.

Um superquadro é formado por 51 ou 26 multiquadros e um hiperquadro é formado por superquadros. Estas estruturas de multiquadros são necessárias para permitir a partição dos canais físicos (um ARFCN e um timeslot) em canais lógicos. Um canal lógico é simplesmente um conduíte ponto-a-ponto para as informações.

Nos slides seguintes, veremos como o TCH é usado principalmente para transportar dados de conversação. A cada multiquadro, um dos timeslots de canais físicos TCH é usado para transportar informações de controle. Este canal de controle lógico, que compartilha o mesmo canal físico que o TCH, é denominado SACCH.

Há também padrões longos repetidos no BCH. Os intervalos de tempo são reservados para que diferentes tipos de canais lógicos possam coexistir em um mesmo canal físico.

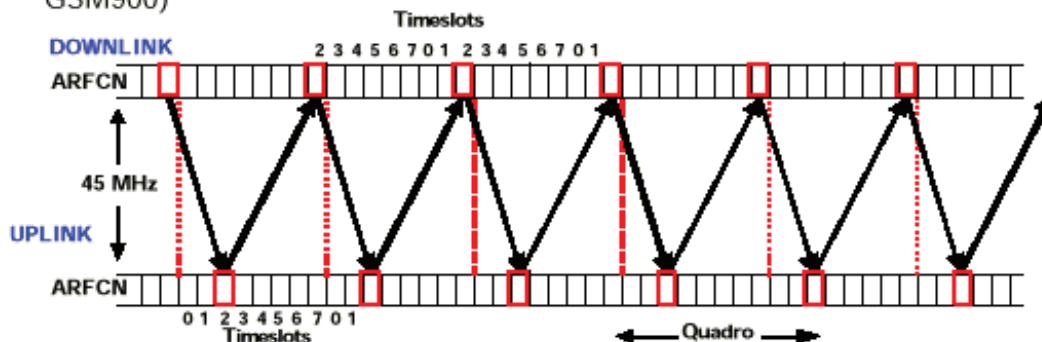
O bloco intermediário (midamble) ou sequência de preparação (training), localizado no centro do burst, é um padrão conhecido. Este bloco permite que o equalizador na unidade móvel ou estação base analise as características do percurso de RF antes de decodificar outros dados úteis. Os blocos intermediários somente podem carregar alguns poucos padrões, ou códigos "de cores". Do outro lado do bloco intermediário, há bits de controle, denominados stealing flags.

Às vezes, é necessário interromper o TCH com informações urgentes de controle em um FACCH (Canal Rápido de Controle Associado). O FACCH é usado para mandar a MS modificar o ARFCN ou TS, por exemplo, resultando em alguma perda de dados do TCH. Os stealing flags permitem que saibamos quando o canal é TCH ou FACCH.

O restante do burst transporta dados (conversação, por exemplo) e bits iniciais/finais/guarda para preencher os espaços vazios entre os bursts. É fácil se confundir quanto ao número de bits em um timeslot. Há 148 ou 147 bits em um timeslot? Há 148 bits ATIVOS em um timeslot, compreendendo um bloco intermediário, os bits de controle, os dados e os bits iniciais e finais. Há 147 bits ÚTEIS da metade do primeiro bit até a metade do último bit. Na verdade, é perdida a metade de um bit em cada ponta do burst.

Downlink e Uplink

- O uplink é atrasado em 3 timeslots com relação ao downlink
- O uplink e o downlink usam um mesmo número de timeslot
- O uplink e o downlink usam um mesmo Número de Canal (ARFCN)
- O uplink e o downlink usam bandas diferentes (espaçamento de 45 MHz no GSM900)

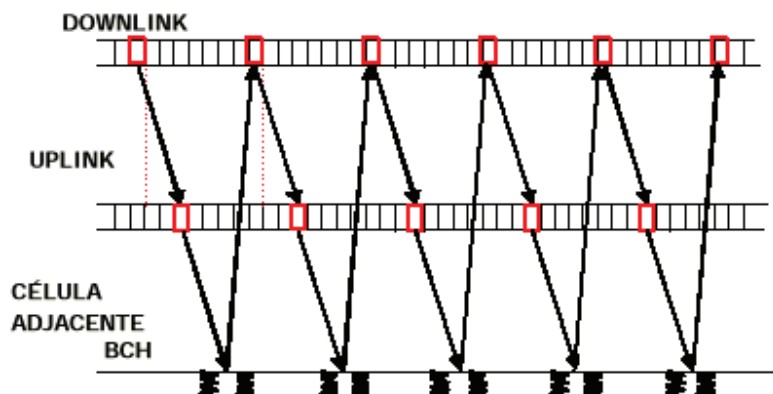


Obs: **ARFCN** (Número Absoluto de Canal de Radiofrequência).

Para entender como as informações são transmitidas, vejamos um exemplo. Nós designamos o timeslot 2 e estamos no modo de tráfego, recebendo e transmitindo informações à estação base. O downlink, no qual recebemos informações, está na faixa de frequência de 935 a 960 MHz. O uplink, a frequência na qual a unidade móvel transmite informações à estação base, está na faixa de frequência de 890 a 915 MHz. O uplink e o downlink formam um par de frequências que, no GSM900, estarão sempre separadas por 45 MHz.

Podemos ver que há um deslocamento de 3 timeslots entre o downlink e o uplink. Recebendo informações no timeslot 2 no downlink, haverá dois timeslots para que a unidade móvel passe para a frequência de uplink e esteja pronta para transmitir informações. Em seguida, a unidade precisará estar pronta para receber o próximo timeslot de informações, no próximo quadro.

Medição da potência do BCH da célula adjacente



Além de receber e transmitir informações, a unidade móvel deverá trocar de frequência e ficar pronta para receber e medir o nível dos canais de broadcast da célula adjacente.

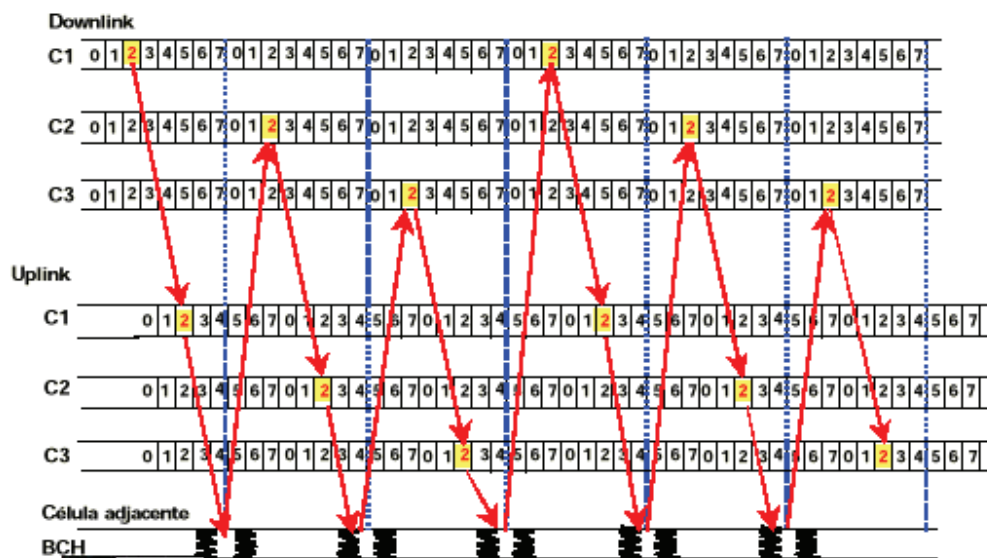
Em seguida, a unidade transmitirá estas informações (RXLev) à sua própria estação base para determinar o momento em que será apropriado fazer um handover entre células. Novamente, estas informações são recebidas no timeslot 2. Deslocamos 45 MHz para transmitir informações e então precisamos voltar 45 MHz mais ou menos alguns MHz para monitorar e medir o nível dos canais de broadcast da célula adjacente.

Estas informações serão transmitidas de volta à estação base a intervalos de pelo menos 30 segundos, de forma que a estação base possa determinar o momento apropriado para fazer um handoff. As informações de RxLev são transmitidas de volta à estação base no uplink do SACCH (Canal Lento de Controle Associado).

A unidade móvel usa uma lista de ARFCN na tabela BA (Alocação da Base) para saber quais as frequências do BCH a serem usadas e medidas. A tabela BA é codificada no BCH e também o SACCH do downlink.

Este é o modo primário (ou, sem hopping) de operação do sistema GSM. Se houver uma área com problemas de multipath, como áreas urbanas com muitas reflexões nos edifícios, será necessário configurar esta célula como uma célula com hopping.

Canal de tráfego com hopping



Todas as unidades móveis têm capacidade de hopping. Entretanto, nem todas as células serão células com hopping. Somente as células que têm problemas de multipath serão configuradas como células com hopping. Neste exemplo, há três pares de frequência usados no hopping. A unidade móvel ainda precisa localizar e medir o canal de broadcast (BCH) das células adjacentes.

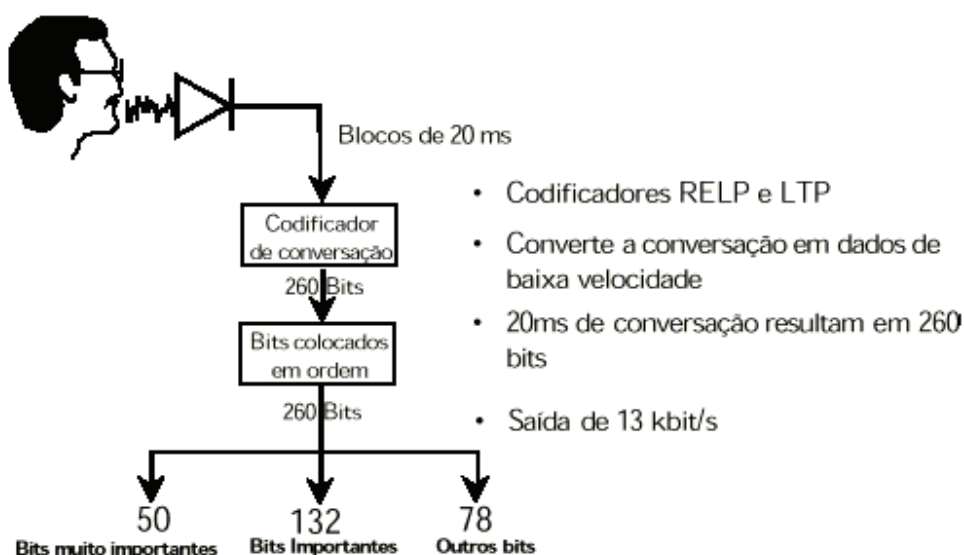
No primeiro quadro, a unidade móvel recebe informações no downlink do canal 1, passa para o uplink do canal 1 (a 45 MHz), transmite as suas informações e, finalmente, monitora uma das células adjacentes para medir o nível desta.

A unidade móvel deve passar para o downlink do canal 2 e receber informações no timeslot 2, deslocar-se por 45 MHz e transmitir no uplink do canal 2. Em seguida, monitora o canal de broadcast de outra célula e mede o nível deste canal.

Este processo é executado repetidamente por toda a seqüência de freqüências atribuídas à célula. A seqüência destes saltos é definida pelas tabelas CA (Alocação da Célula) e MA (Alocação de Unidade Móvel). A tabela CA é a lista mestra de todas as freqüências de hopping disponíveis em uma determinada célula. Esta tabela é enviada à unidade móvel no BCH e também ao SACCH do downlink.

A tabela MA é um índice na tabela CA, que fornece uma seqüência de hopping para uma determinada unidade móvel. A tabela MA é enviada à unidade móvel como parte do handover ou de um processo de designação de canais.

Codificador de conversação



A maior parte dos sistemas modernos de comunicações digitais usa algum tipo de compressão de voz. O GSM não é exceção. Este sistema usa um codificador de voz para definir um modelo de geração de tons e ruídos na garganta humana e a filtragem acústica feita pela boca e língua. Estas características são usadas para produzir coeficientes, que são enviados pelo TCH.

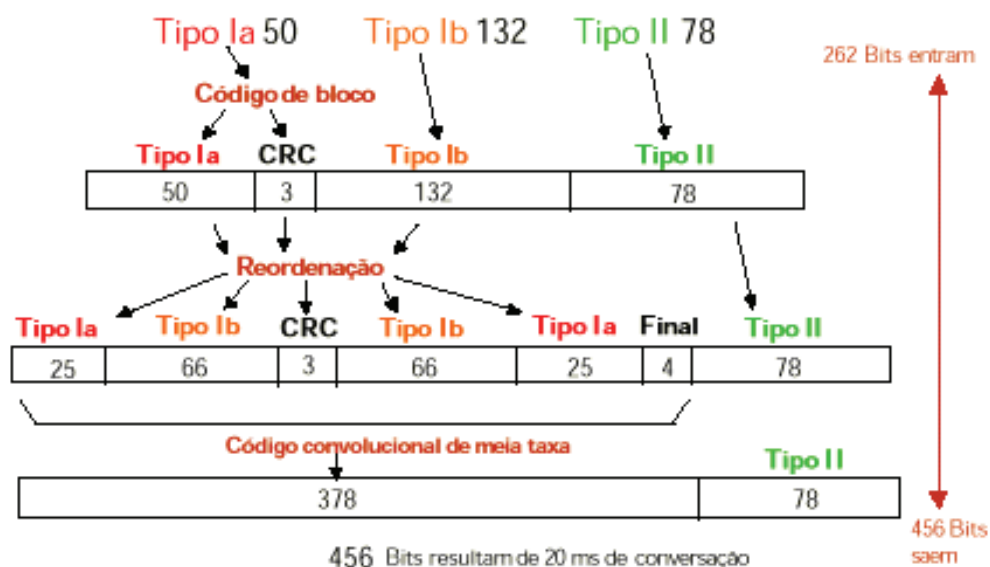
O codificador de conversação é baseado em um codificador preditivo linear com excitação residual (RELP); este codificador é aperfeiçoado com a inclusão de um dispositivo preditivo de longo prazo (LTP). O LTP melhora a qualidade da conversação removendo a estrutura dos sons das vogais antes de codificar os dados residuais.

A saída do codificador fornece 260 bits para cada bloco de conversação de 20 ms. Isto resulta em uma taxa de 13 kbit por segundo. Os bits da saída são ordenados,

conforme a sua importância, em grupos de 182 e 78 bits. Os 182 bits mais importantes são subdivididos, com a separação dos 50 bits muito importantes.

A taxa de dados de 13 kbit/s é consideravelmente menor que a digitalização direta da conversação, como a feita no PCM. No futuro, codificadores de voz mais avançados reduzirão esta taxa a até 6,5 kbit/s (codificação em meia taxa).

Correção de erros



A natureza da interface aérea GSM resulta na introdução de alguns erros de bit. Os bits são manipulados de forma que haja uma maior probabilidade de que os erros ocorram onde prejudiquem menos. A qualidade do som é mais afetada pelos bits de coeficientes mais significativos do que pelos bits menos significativos.

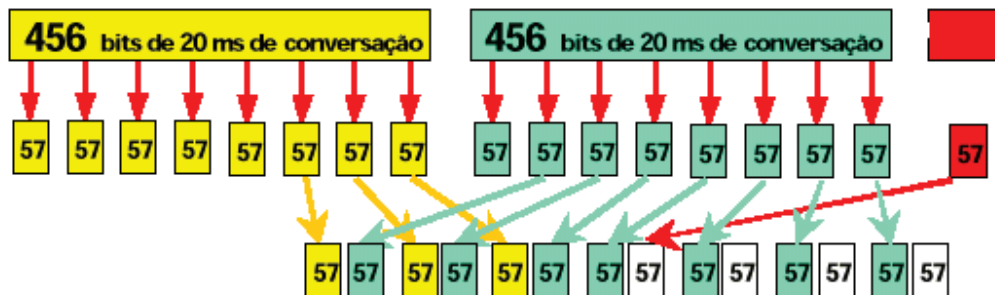
Os bits de menor importância, ou bits de tipo II, não têm correção ou detecção de erros. Os bits mais importantes, de tipo Ia, têm detecção de erro, com a inclusão de bits de CRC. No tipo Ia e no tipo de importância média Ib, há a inclusão de bits de correção de erro convolucional.

Às vezes, é interessante pensar nos bits do GSM como passageiros de uma aeronave! Há três classes, Ia, Ib e II. Os bits mais importantes têm tratamento de primeira classe; eles estão rodeados por muita correção de erro e, no caso dos bits Ia, também pela detecção de erros. Estes bits extra ocupam espaço nos bursts do TCH.

A segunda classe, os bits de tipo II, ocupam o menor espaço no TCH, assim como os passageiros de primeira e segunda classes na aeronave.

Veremos no próximo slide como os 456 bits finais são enviados pelo TCH. Para minimizar os efeitos de uma perda de todo um quadro, os bits são reordenados antes da codificação convolucional de correção de erros.

Intercalação diagonal



TCH

Os bursts do Canal de Tráfego (TCH) transportam dois blocos de 57 bits (**114**) cada

120 ms de conversação = $456 \times 6 = 2736$ bits

$2736/114 = 24$ bursts, ou seja, **24** quadros (a unidade móvel transmite uma vez por quadro)

O multiquadro tem **26** quadros em **120 ms**

Há **2** quadros reserva Um **SACCH**, um **Vago**

Obs: **SACCH** (Canal Lento de Controle Associado)

Assim como acontece com grupos importantes de indivíduos, como os diretores de uma empresa, que geralmente não viajam juntos (no caso de um avião cair e eliminar toda a equipe de gerência); os bits do GSM são espalhados por vários bursts de TCH. Se um burst for perdido devido a uma interferência, chegarão bits suficientes para possibilitar o trabalho dos algoritmos de correção de erros, mantendo uma qualidade de conversação razoável.

Os 456 bits de dados de conversação são divididos em 8 blocos de 57 bits. Cada quadro TCH transporta dois blocos de 57 bits de dados provenientes de dois segmentos diferentes de 20 ms de conversação com 456 bits.

Fazendo as contas no slide, observe que no período ocupado por 1 quadro (120 ms), o codificador de conversação processa seis blocos de 20 ms de conversação. Cada um destes blocos tem 456 bits. Um segmento de conversação de 120 ms resultará em 2736 bits.

Cada burst do TCH possui um par de 57 seções de bits de dados em cada lado do bloco intermediário. Na verdade, cada burst de TCH transporta 114 bits. Para transportar 2736 bits de 120 ms de conversação, são necessários 24 destes bursts do TCH.

Em um slide anterior, vimos como as estruturas de quadro TCH possuem 26 quadros em um multiquadro, restando 120 ms.

Como a unidade móvel ou estação base transmite um burst por quadro, há dois bursts disponíveis em 120 ms além do necessário para transmitir os dados de voz. Um destes bursts vagos é usado para um SACCH, o outro é um burst desocupado.

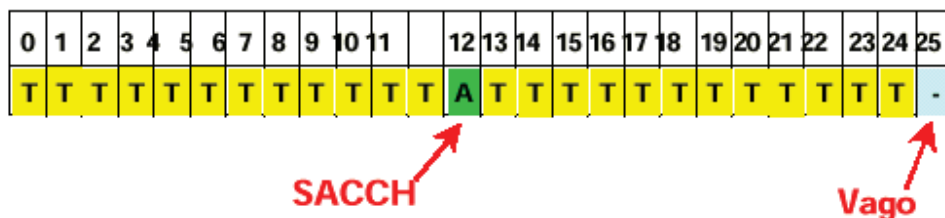
Transmissão da conversação

- Os bursts do Canal de Tráfego (TCH) transportam dois blocos de 57 bits [114 bits]
- Cada 120 ms de conversação equivale a 456 bits [por 20 ms] x 6 = 2736 bits
- $2736 \text{ bits} / 114 \text{ [por burst]} = 24 \text{ bursts}$, ou seja, 24 quadros (a unidade móvel transmite um burst por quadro)
- O multiquadro tem 26 quadros em 120ms
- Há dois quadros livres ...Um SACCH, um desocupado

Multiquadro TCH

26 quadros - 120 ms

24 transportam conversação, 1 vago, 1 SACCH

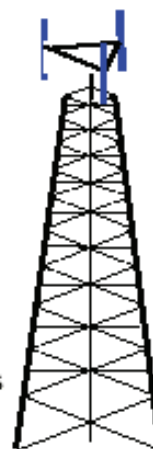


Obs: **SACCH** (Canal Lento de Controle Associado)

Esta é a maneira pela qual os bursts do SACCH e vago são colocados com os outros quadros do TCH. O burst vago é usado pela unidade móvel para executar medições detalhadas no BCH da célula adjacente. Este burst permanece sintonizado no ARFCN do BCH adjacente o tempo suficiente para decodificar o bloco intermediário. O código "de cores" codificado no bloco intermediário permite que a unidade móvel obtenha uma identificação positiva do sinal que está sendo medido.

BCH - Canal de Broadcast

- Um ARFCN, ativo por todo o tempo, em cada uma das células
- As informações de BCH são transportadas no timeslot 0
 - ou outros timeslots podem ser usados para TCH
- Permite que as unidades móveis se sincronizem
- Identifica a rede
- Transporta paging, mensagens e outras informações de controle



O conceito de BCH é bastante simples, mas os detalhes podem se tornar um pouco complicados. Em termos simples, o BCH atua como um sinal luminoso ou farol. Está ativo por todo o tempo e é a primeira coisa que a unidade móvel procura quando está tentando encontrar o serviço.

O ARFCN do BCH deve estar ativo em todos os timeslots para permitir que as unidades móveis sincronizadas em outras células meçam a sua potência. As informações úteis do BCH são sempre transportadas no timeslot 0. Os outros timeslots são preenchidos com bursts "simulados", ou estão disponíveis para o TCH. Há diversas partes interessantes para o BCH.

- O FCH (Canal de Correção de Frequência) usa um burst especial que é repetido no BCH e tem uma sequência de bits fixa especial, para permitir que a unidade móvel sintonize a sua referência de frequência interna quando for ligada pela primeira vez.
- O SCH (Canal de Sincronização) tem um burst com um bloco intermediário estendido. Este canal é usado pela unidade móvel após o FCH, para ajustar o seu timing interno e ficar sincronizada com a sequência de multiquadro.
- O BCCH (Canal de Controle de Broadcast) contém informações codificadas, que identificam a rede. Este canal também transporta listas dos canais em uso na célula (tabelas BA e CA)
- O CCCH (Canal de Controle Comum) é como um quadro de avisos. Assim como o FCH, SCH e BCCH, este canal pode ser recebido por qualquer unidade móvel. Subcanais como o PCH (Canal de Paging) são colocados no CCCH. Quando a unidade móvel vê o seu número no PCH, ela reconhece que deve responder com uma solicitação de serviço, enviando um RACH.
- Outro subcanal do CCCH é o AGCH (Canal de Concessão de Acesso). Assim que a unidade móvel tiver enviado um RACH, a estação base responderá colocando um AGCH no CCCH, transportando o número aleatório de unidades móveis (lido do RACH). O AGCH instrui a unidade móvel a ir a um SDCCH ou TCH.

Há diversas configurações diferentes para todos estes canais no BCH. A seleção depende do número de usuários esperado na célula. Se for esperado um grande número de usuários, será necessário ter uma grande capacidade de CCCH, que quando somada ao SCH, FCH e BCCH, preencherá completamente o BCH. Em outras situações, a capacidade livre no BCH poderá ser usada para um SDCCH (Canal de Controle Dedicado Independente).

RACH - Canal de Acesso Aleatório

Quando a unidade móvel estiver sincronizada com a frequência e timing do quadro da célula e tiver lido as outras informações no BCH, ela estará pronta para fazer e receber chamadas. Uma vez que a unidade móvel estiver neste estado, ela estará "acampada" na estação base.

Se a unidade móvel estiver próxima à estação base, o sincronismo delas estará alinhado com uma diferença muito pequena. Se a unidade móvel estiver na fronteira da célula, talvez a 30 km da estação base, o SCH terá um retardo de 100 ms na

propagação. O timing da unidade móvel terá um erro de 100 **ms**. Quando a unidade móvel enviar um RACH, para iniciar a chamada, o RACH será transmitido com um atraso de 100 **ms**, com mais 100 **ms** de tempo de trânsito até a estação base, chegando com um atraso de 200 **ms**. Para evitar colisões com os bursts de um TS adjacente, os bursts de RACH são mais curtos do que o normal.

O RACH não é o único tipo de burst curto de acesso. Quando a unidade móvel for transferida a outra célula, haverá um breve intervalo de tempo antes que ela receba da célula nova a informação de avanço de sincronismo no SACCH do downlink. Durante este intervalo, haverá o risco de que os bursts da unidade móvel colidam com os bursts existentes na célula nova. Até receber a informação de avanço de timing da célula nova, a unidade envia bursts curtos de acesso.

SDCCH - Canal de Controle Dedicado Independente

O SDCCH pode ser configurado como um canal lógico no BCH ou, outras vezes, em seu próprio canal físico. O SDCCH tem uma estrutura de multiquadro diferente do TCH. Os bursts do SDCCH são repetidos com uma frequência menor que uma vez por quadro. Por este motivo, mais de 8 SDCCH podem compartilhar um mesmo canal físico. Conseqüentemente, a taxa de dados no SDCCH é menor do que no TCH.

O SDCCH é usado como uma ponte. Durante o processo de estabelecimento de chamada, pode haver um intervalo muito grande de tempo entre o envio do RACH pela unidade móvel e a obtenção do serviço até o início da conversação. Há um intervalo de tempo enquanto o telefone está tocando e aguardando ser atendido. Durante este intervalo, é preciso trocar informações de controle entre a unidade móvel e a estação base. São enviadas mensagens de alerta e a autenticação é executada, mas não há necessidade de se enviar informações de conversação.

O SDCCH, usando uma menor quantidade de recursos dos canais físicos da célula, aumenta a eficiência e oferece um útil canal de espera até que haja a necessidade da troca de dados de conversação. Assim como o TCH, o SDCCH possui um SACCH associado.

FACCH - Canal Rápido de Controle Associado

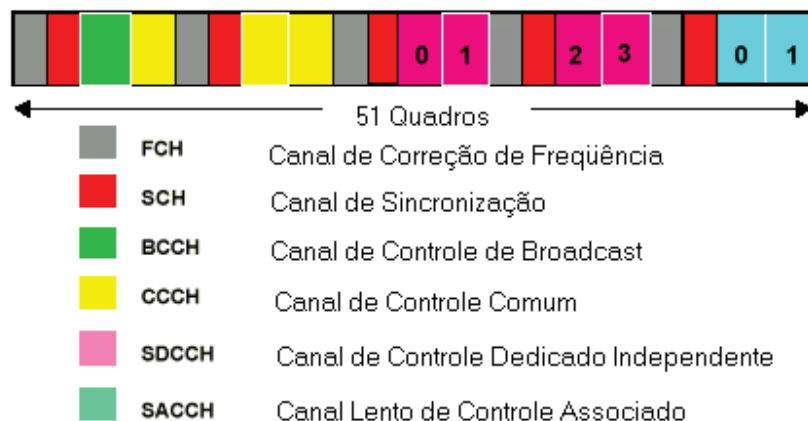
Quando as informações do SACCH enviadas à estação base indicarem que outra célula ofereceria uma melhor qualidade de sinal à unidade móvel, será necessário executar um handover. O SACCH simplesmente não tem a largura de banda necessária para transferir todas as informações associadas a um handover (como o novo ARFCN e timeslot ou a tabela MA). Por um curto período de tempo, o TCH será substituído por um FACCH.

O FACCH usa bursts consecutivos e, portanto, tem uma taxa de dados muito maior que o SACCH, que usa somente um burst em 26. O flag stealing do quadro (os bits de controle em cada um dos lados do bloco intermediário) são ativados para indicar que os dados enviados são de um FACCH e não de um TCH. Em outros aspectos, o FACCH tem a mesma aparência do TCH. Eles usam o mesmo canal físico (ARFCN e timeslot). Quando o FACCH toma os bursts do TCH, há uma perda de dados de conversação. Muitas vezes, é possível ouvir uma pequena interrupção na conversação quando ocorre um handover.

SACCH - Canal Lento de Controle Associado

Um dos dois quadros vagos a cada 12 quadros do TCH é usado para o SACCH (Canal Lento de Controle Associado). No downlink, o SACCH é usado para enviar lenta, mas regularmente, informações de controle à unidade móvel. Por exemplo, a unidade móvel pode ser instruída a alterar a potência de seu transmissor (MS TX Lev) e avanço de timing (para compensar o tempo no percurso de RF) conforme se desloca pela célula.

Este canal também transporta as tabelas BA e CA. O SACCH do uplink transporta informações sobre a intensidade (RXLev) e qualidade (RXQual) do sinal recebido do TCH e os resultados da medição do BCH da célula adjacente (também RXLev).



A estação base gera o BCH, sempre no timeslot zero. O canal de broadcast pode assumir diferentes formatos; a figura acima mostra os primeiros 51 quadros do downlink de BCCH + CCCH + 4 SDCCH/4

Canais lógicos e canais físicos

Qual é a diferença entre canais lógicos e físicos? Os canais físicos podem ser descritos em termos de domínio de frequência e domínio do tempo. Estas informações são as frequências e/ou o timeslot no qual a MS ou BS está transmitindo ou recebendo. Os canais lógicos são mapeados nestes canais físicos. Em qualquer instante em particular, uma frequência/timeslot pode ser um canal de tráfego, algum canal de controle ou sinalização. Um canal lógico mostra a função que um canal físico está assumindo em um determinado momento.

Resumo:

Canais físicos podem ser descritos nos domínios de frequência e do tempo

- Frequência
- Time Slot

Canais lógicos são mapeados nos canais físicos

- Canais de tráfego
- Controle e sinalização

SIM - Módulo de Identificação de Assinante

O cartão SIM pode ser fornecido em dois tamanhos: padrão (tamanho de cartão de crédito) e micro (tamanho de selo postal). Os SIMs (Módulos de Identificação do Assinante) são encaixados na unidade móvel GSM. O SIM contém todas as informações relacionadas a um assinante. Por exemplo:

- Seu número exclusivo de assinante ou IMSI (Identificação Internacional de Assinante Móvel)
- As redes e países em que o assinante pode receber o serviço (MCC e MNC)
- Quaisquer outras informações específicas do usuário, como números de discagem rápida e memórias.

Sem ter um SIM instalado, todas as unidades móveis GSM são idênticas. É o cartão SIM que dá à unidade móvel a sua identidade. Se um usuário (Fred) levar a sua SIM em uma viagem de negócios e encaixá-la em uma unidade móvel instalada em seu automóvel alugado, o telefone do automóvel usará a identidade presente no SIM. Os direitos de acesso à rede de Fred, suas memórias de discagem rápida e quaisquer outras características armazenadas, serão transferidas ao telefone do automóvel alugado.

A característica realmente interessante dos SIMs é que eles também transportam o seu número telefônico. Se o escritório de Fred quiser lhe telefonar, eles simplesmente discarão o seu número móvel normal. A rede sabe a localização do telefone que está com a SIM de Fred e desta forma, roteia a chamada diretamente ao automóvel alugado. Há Test-SIMs especiais para testes. As SIMs de teste permitem que as unidades móveis entrem em um modo especial de loopback para o teste de BER do receptor.

Fazendo uma chamada telefônica

Ativação da Unidade Móvel

Quando uma unidade móvel for ligada pela primeira vez, ela procura por sinais em todos os 124 canais do downlink. Em seguida, a unidade ordena os canais por intensidade do sinal recebido e verifica se o canal é um BCH (Canal de Broadcast).

Quando a MS encontrar um BCH, ela ajustará a sua frequência e timing internos a partir do FCH e SCH e então verificará se o BCH é de sua PLMN (Rede Pública Fixa de Telefonia Móvel). Isto envolve uma comparação da rede permitida e dos códigos nacionais armazenados no cartão SIM com as informações codificadas no BCCH. A unidade móvel repete este ciclo até encontrar um canal de broadcast apropriado.

Se a unidade móvel perceber que está em uma célula diferente da que estava na última vez em que foi usada, ela precisará dizer à rede onde está. A rede deve saber onde está cada unidade móvel, para poder rotear as chamadas à célula correta para qualquer unidade móvel individual. Este processo de dizer à rede "onde estou" é denominado atualização de localização.

A unidade envia um RACH, é designada a um SDCCH, troca informações de controle e então finaliza a chamada. Geralmente, o usuário não percebe que este processo está acontecendo. Algumas redes têm a inclusão do IMSI habilitada. Isto

força a unidade móvel a fazer uma atualização de localização cada vez que for ativada, mesmo se não estiver em um local diferente.

"Originação" de uma chamada móvel

Uma vez que a unidade móvel estiver sincronizada com o BCH, tiver determinado que pode usar a rede (PLMN) e, se necessário, tiver feito uma atualização de localização, ela estará "acampada". Uma vez "acampada", a unidade móvel estará pronta para enviar ou receber chamadas.

Quando um usuário disca um número e pressiona o botão "send" na unidade móvel, é feita uma originação de chamada. A unidade móvel transmite um burst curto de RACH no uplink, usando o mesmo ARFCN usado pelo BCH no downlink. A estação base responde ao RACH colocando um AGCH (Canal de Concessão de Acesso) no CCCH. Estes são canais lógicos transportados pelo canal físico BCH.

A unidade móvel recebe o AGCH no BCH, quando receberá e decodificará as instruções, fará uma nova sintonia a outro ARFCN e/ou timeslot e começará um diálogo bidirecional com a estação base em um SDCCH. Uma das primeiras coisas que a unidade móvel receberá é o SACCH associado ao SDCCH.

Assim que receber o SACCH, a unidade receberá da estação base as informações de avanço de timing e potência transmitida. A estação base terá calculado o avanço de timing apropriado a partir do tempo de chegada do RACH. Uma vez que a unidade móvel obtiver as informações de avanço de timing, ela poderá enviar bursts de comprimento normal.

O SDCCH é usado para enviar mensagens nos dois sentidos, cuidando dos alertas (fazendo a unidade móvel tocar) e a autenticação (verificando se esta unidade móvel tem a permissão de usar a rede). Após um intervalo curto de tempo (1 a 2 segundos), a unidade móvel receberá um comando pelo SDCCH para se sintonizar novamente no TCH. Uma vez no TCH, os dados de conversação são transportados pelo uplink e downlink.

O processo para as chamadas originadas pela estação base é bastante similar. A estação base coloca um PCH (Canal de Paging) na parte CCCH do BCH. Quando a unidade móvel receber o PCH, responderá enviando um RACH. O restante do processo será idêntico ao caso de originação pela unidade móvel.

Se você conseguir traduzir os bursts do GSM em tons de áudio (demodulação AM), será interessante ouvir a diferença entre os tipos de canais usados conforme a chamada é estabelecida.

Uma boa maneira de se fazer isto é usar um telefone GSM próximo a um televisor antigo ou telefone com fio convencional. A interferência gerada nestes dispositivos equivale à demodulação AM. O burst RACH pode ser ouvido como um único som de "Tic". Este é rapidamente seguido pelo SDCCH "'Tat, Tat-tat-tat, tat-tat-tat ...". Após alguns poucos segundos, o TCH é conectado: "Bzzzzzzzzzz".

como qualquer assunto técnico, o GSM pode parecer complicado na primeira vez. Você pode precisar ler completamente este texto por várias vezes para compreender o sistema.

DTX - Transmissão Descontinuada e DRX - Recepção Descontinuada

Recepção Descontínua, ou DRx, e Transmissão Descontínua, ou DTx, são os modos usados pela unidade móvel para economizar energia da bateria. As unidades móveis são divididas em grupos de paging (dependendo de seus números de identidade de assinante). Como os grupos de paging somente são procurados ou chamados em momentos predefinidos, a unidade móvel somente precisa verificar se há mensagens ou chamadas para ela na rede nestes momentos. No DRx, a unidade móvel "fica dormindo" (conservando energia da bateria) e "acorda" quando deve receber o paging. (dependendo de seu grupo de paging) e, em seguida, volta novamente a "dormir".

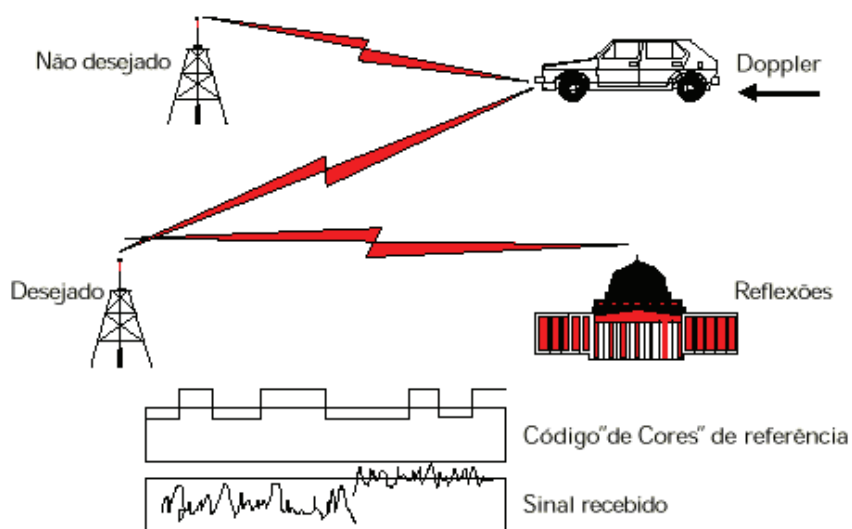
A Transmissão Descontínua ocorre se o usuário estiver somente ouvindo, e não falando. Para conservar a economia da bateria, o rádio não transmitirá bursts (a transmissão representa o maior consumo de energia) até que haja informações a serem enviadas. Quando ocorre o DTx, o sistema insere um "ruído de conforto", para que a pessoa do outro lado da chamada saiba que o enlace ainda está estabelecido.

CRIPTOGRAFIA

Um dos principais recursos do sistema GSM é a segurança. Isto acontece devido ao uso da criptografia ou cifragem. A estação base controla se a cifragem está ativada ou desativada. A criptografia dos dados ocorre após os dados terem sido intercalados e arranjados em oito blocos de dados (antes que os bursts finais sejam montados).

Os algoritmos de criptografia são controlados com bastante rigor. Estes algoritmos são bastante similares às técnicas usadas por muitos dos principais órgãos de inteligência em todo o mundo. A segurança destes algoritmos é aumentada pelo fato do sistema trocar de algoritmo de criptografia a cada chamada (mesmo se um algoritmo for decifrado em uma chamada, a criptografia usada na próxima chamada será diferente).

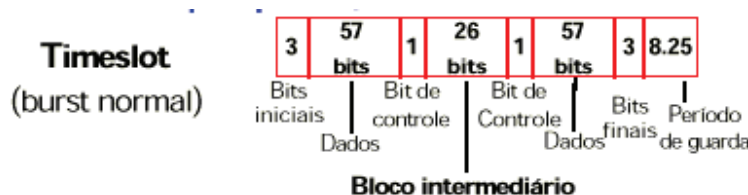
MULTIPERCURSOS E EQUALIZAÇÃO



Este é um exemplo simples, formado por uma estação base, uma unidade móvel, um percurso de transmissão direto, uma grande reflexão em uma montanha ou edifício e um pequeno deslocamento de frequência provocado pelo movimento da unidade móvel.

A unidade móvel sabe que deveria estar recebendo um determinado código "de cores" da estação base. Calculando as características do percurso de RF a partir do distúrbio que este causou no bloco intermediário, o equalizador da unidade móvel pode reconstruir com maior eficácia as outras partes do burst, reduzindo a probabilidade de que um seja detectado um bit incorreto.

Bloco intermediário (Midamble) ou Bits de preparação



- 8 padrões de blocos intermediários (códigos "de cores") de 26 bits
- O RACH e o SCH têm os blocos intermediários mais longos, de 41 e 64 bits (RACH - Canal de acesso Aleatório SCH - Canal de Sincronização)
- O equalizador estima a resposta do canal aos impulsos com base no bloco intermediário
- Filtro inverso construído matematicamente
- Usa a função inversa para decodificar os bits de dados

Nas estruturas de timeslots que vimos, havia 26 bits indicados como bloco intermediário ou sequência de preparação (training). Em um burst normal, este bloco intermediário é formado por 8 códigos "de cores" da estação base, numerados de 0 a 7. Estes códigos têm 26 bits. Outro bloco intermediário, ou sequência de preparação, é usado no canal de acesso aleatório (RACH), tendo um comprimento de 41 bits. Há também uma sequência de 64 bits que é usada no SCH, ou canal de sincronização.

Os blocos intermediários são colocados no centro do burst, para minimizar a sua distância no tempo com os bits do burst. Os blocos intermediários têm vários usos diferentes; o mais importante deles é a equalização para reduzir a taxa de erro de bit.

A unidade móvel sabe qual o bloco intermediário que deveria estar recebendo (parte das informações obtidas pela MS quando esta é designada à BS). Esta é uma sequência predeterminada de 26 bits, no caso de um canal de tráfego.

A unidade móvel recebe o bloco intermediário e compara o bit com o bit esperado. A partir desta diferença, ela pode estimar a resposta ao impulso do percurso de transmissão neste momento. Uma vez conhecendo a resposta ao impulso, é possível calcular matematicamente um filtro inverso, que pode ser aplicado aos bits de dados em cada lado do bloco intermediário para corrigi-los, reduzindo a probabilidade de detecção de um bit incorreto. Isto é conhecido como equalização ou equalizador dentro do rádio.

Os mecanismos de equalização são uma característica de projeto cuidadosamente protegida na maior parte das unidades móveis. Esta é uma das principais áreas de concorrência entre os fabricantes de unidades móveis.

Camadas de Sinalização 1, 2, 3

Camada 1:	Funções necessárias para transferir os feixes de bits pelos canais físicos do TDMA/FDMA • Cifragem • Definição do avanço de timing e potência de TX • Codificação do canal • Mapeamento dos canais lógicos no canal físico Exemplo - HPIB - A camada 1 contém os bits propriamente ditos
Camada 2:	Oferece um link de sinalização confiável entre a MS e a rede. O protocolo é baseado na LAPD da RDSI (LAPDm). Exemplo - HPIB - A camada 2 contém o handshaking
Camada 3:	Cuida do controle principal dos procedimentos de rede da MS. Dividido em 3 subcamadas: • Gerenciamento dos recursos de rádio • Gerenciamento da mobilidade • Gerenciamento das conexões Exemplo - HPIB - A camada 3 contém os mnemônicos

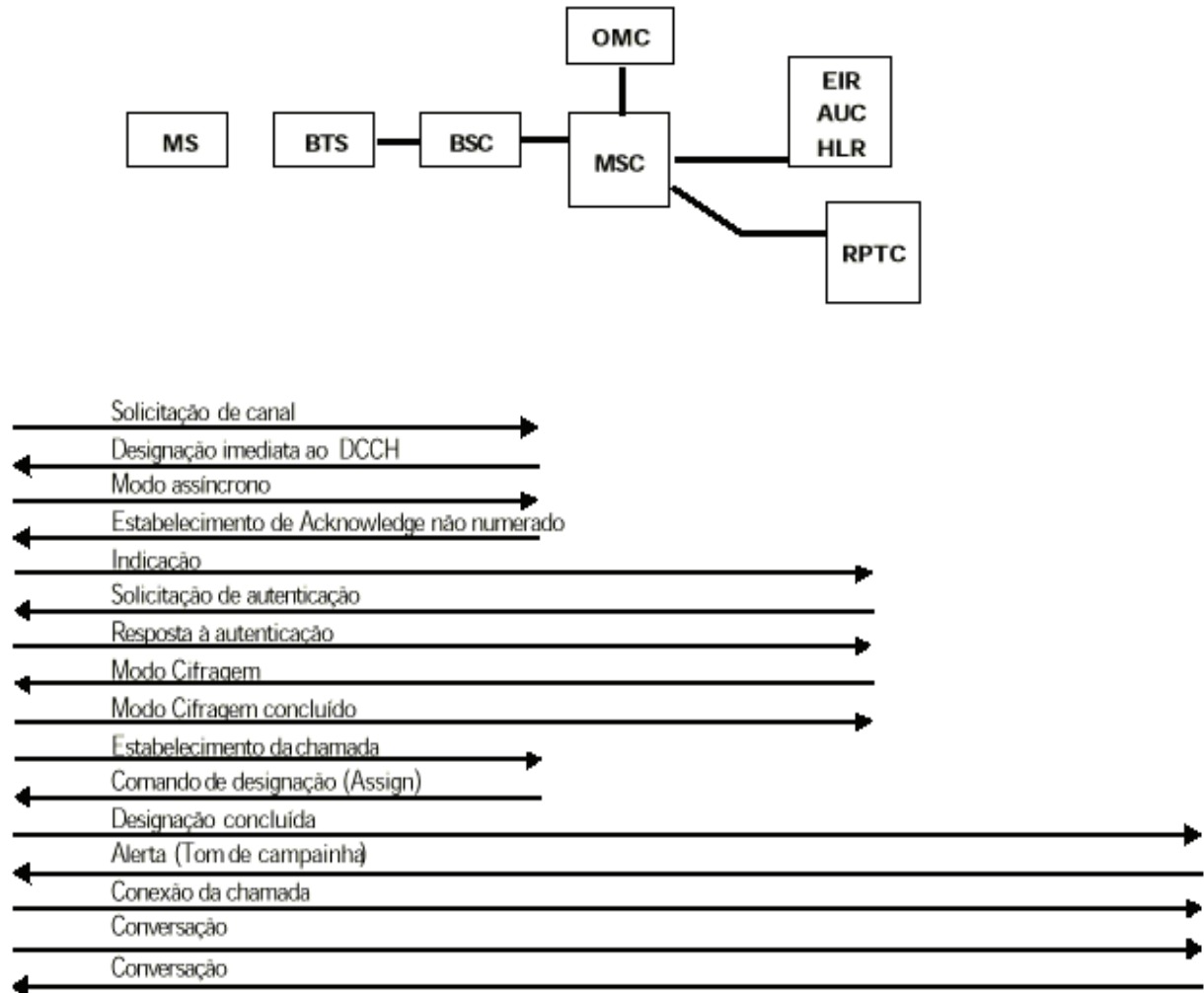
Alguns outros termos que você ouvirá bastante no mundo GSM são as diferentes camadas de sinalização (camada 1, camada 2 e camada 3). Estas camadas foram trazidas do modelo de sete camadas da OSI (Interconexão de Sistemas Abertos).

O sistema GSM usa as primeiras 3 camadas do modelo OSI. A camada 1 pode ser vista como o conjunto de funções necessárias para transferir os feixes de bits pelos canais físicos TDMA e FDMA. Isto inclui coisas como a cifragem, a definição do avanço de timing, potência de transmissão, codificação de canal e o mapeamento dos canais lógicos nos canais físicos. Um exemplo: No HP-IB, camada 1, estão os bits propriamente ditos ou níveis de tensão no bus.

A camada 2 oferece um link de sinalização confiável (protocolo) entre a estação móvel e a rede. Este protocolo é baseado no LAP-D do RDSI ou LAP-Dm. Um exemplo para a camada 2 (no exemplo do HP-IB) é o handshaking entre o listener e o talker.

A camada 3 cuida do controle principal da MS - procedimentos de rede e, na verdade, é dividida em 3 subcamadas. Estas camadas possuem o gerenciamento de recursos de rádio, o gerenciamento da mobilidade e o gerenciamento da conexão. Em nosso exemplo HP-IB de camada 3 estão os mnemônicos, ou o controle de maior nível que temos sobre o bus.

"Originação" de chamada da Unidade Móvel

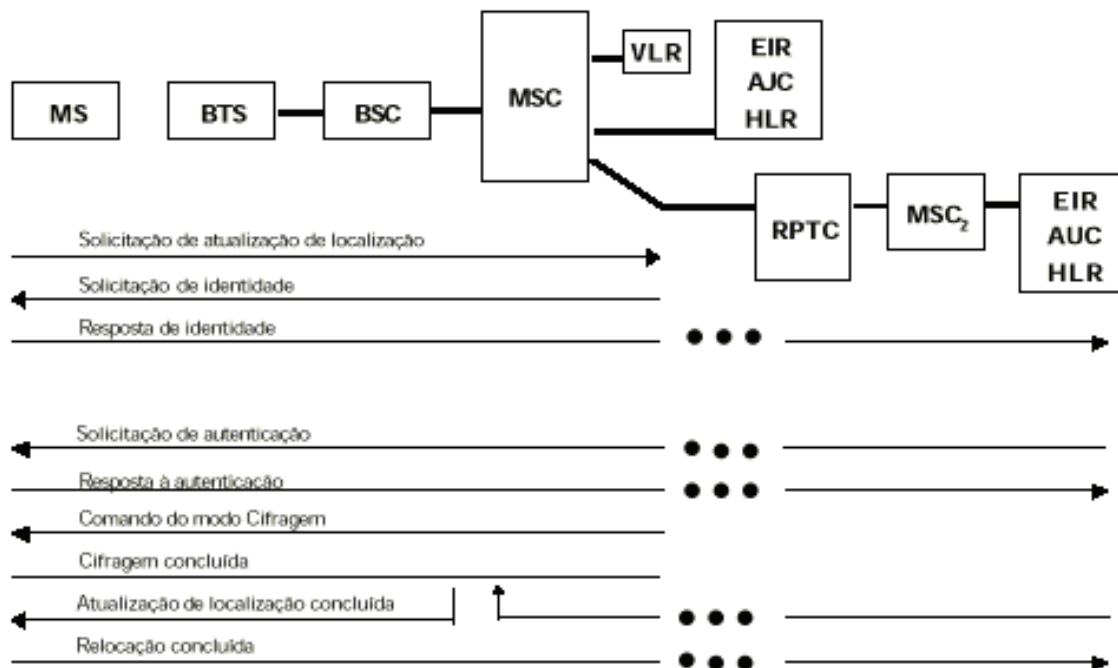


Para originar uma chamada, a unidade móvel envia uma solicitação de canal à estação base. A unidade móvel é imediatamente designada a um SDCCH (Canal de Controle Dedicado Independente ou, às vezes, somente DCCH) e responde à solicitação de autenticação para garantir que é uma unidade em situação legal.

Novamente, o modo Cifragem (Cipher) desativará ou ativará a cifragem e, quando concluído, a MS fará o estabelecimento da chamada. O sistema irá designar uma frequência e um timeslot à MS.

Assim que a conexão estiver feita, a MS entrará no modo de tráfego e as informações serão trocadas em ambas as direções, como visto anteriormente (recepção, transmissão, medição do BCH adjacente e então a repetição no próximo quadro).

Atualização de Localização



O processo é iniciado quando a unidade móvel envia uma solicitação de atualização de localização ao sistema. O processo pede a identidade e o Registro de Localização de Unidade Móvel Local (HLR) da unidade móvel, e então autentica a unidade móvel, certificando que esta é uma unidade móvel em situação legal.

A BS irá então ativar ou desativar a cifragem. A nova MSC inclui a unidade móvel em sua lista de Registro de Localização de Visitante (VLR) e avisa o HLR da MS que a MS está em um local novo e que será atendida pela nova MSC.

Um pouco sobre GPRS e EDGE

GPRS: O que é?

A Rede GSM é uma rede otimizada para voz que é a sua principal aplicação. Inicialmente suas especificações procuraram reproduzir na rede móvel os serviços de dados que estariam disponíveis na rede fixa através da ISDN (Rede Digital de Serviços Integrados) padronizada pela UIT.

A estrutura flexível dos canais físicos do GSM bem como a utilização do protocolo SS7 facilitaram a introdução de serviços como SMS (Serviço de Mensagens Curtas), FAX e transporte de dados com taxas de 2400 a 9600 bit/s.

O crescimento das aplicações de dados como acesso a internet, email, entretenimento, levou a necessidade de desenvolver soluções que permitissem o transporte de dados a taxas maiores.

No GSM, cada canal de RF ocupa uma banda de 200 kHz e transmite um sinal digital com taxa de 270,833 kbit/s com uma estrutura de quadro (frame) com 8 intervalos de tempo (time slots). Nenhum canal ou slots físico está designado a priori para uma tarefa em particular. Os canais lógicos, de voz, dados ou sinalização de controle são mapeados nestes slots de tempo. No GSM padrão, ao se estabelecer uma conexão, é utilizado um slot de tempo para voz ou para dados com taxas de até 9,6 kbit/s.

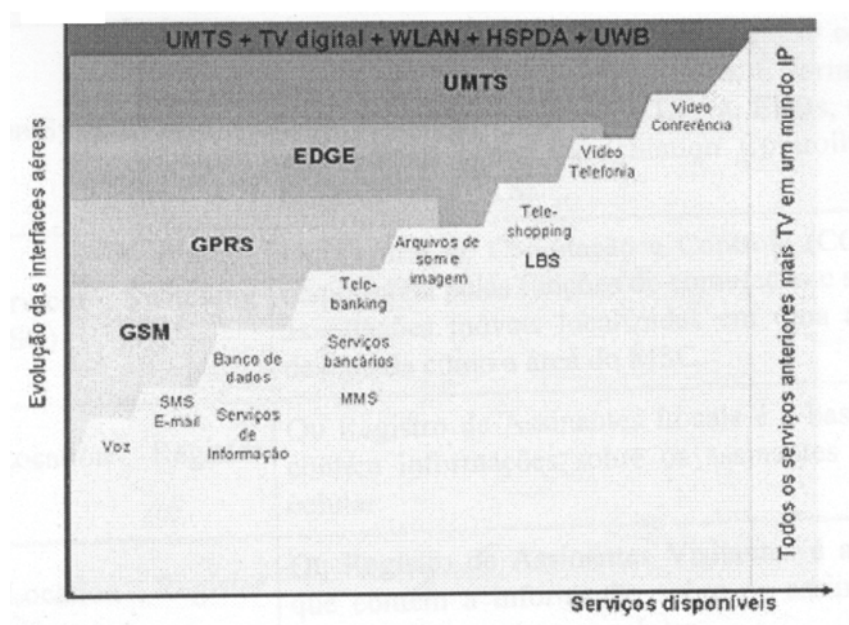
Slots de tempo no quadro de um canal de RF GSM

0	1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

A solução mais simples para aumentar a taxa de transporte de dados em uma rede GSM é a utilização de mais de um slot de tempo do quadro de de um canal de RF em uma conexão de dados.

Esta foi a técnica adotada pelo High-Speed Circuit-Switched Data (HSCSD), cujos primeiros sistemas apareceram em 2000. Dependendo do número de slots utilizado a taxa de transporte de dados pode ser então multiplicada por 3 (28,8 kbit/s) ou mais vezes. A desvantagem do HSCSD é que ele consome uma grande quantidade de recursos da rede, uma vez que os slots ficam reservados para o transporte de dados enquanto durar a conexão.

O grande elemento motivador dos desenvolvimentos em redes móveis é a evolução dos serviços, como pode ser visto na figura abaixo. O objetivo é chegar à comunicação multimídia oferecida a todos os usuários de forma maciça, feito este, previsto para os sistemas móveis de terceira geração (IMT-2000/UMTS).



GPRS

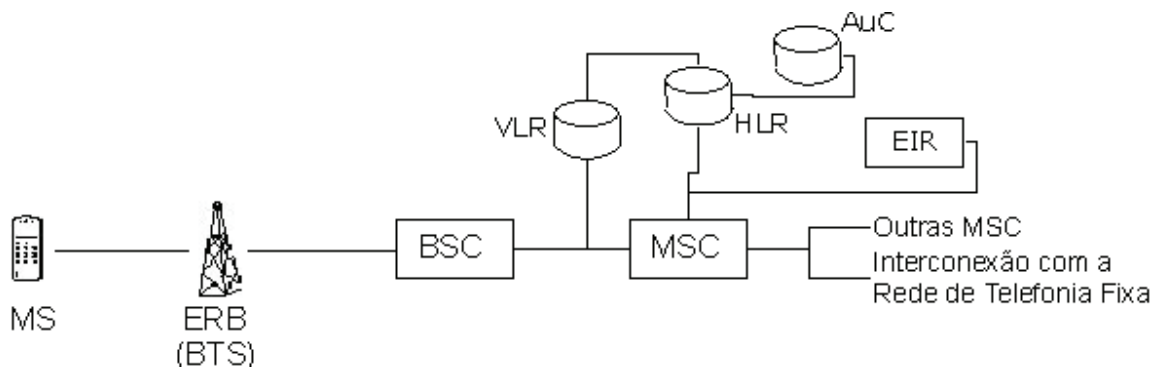
No GPRS (General Packet Radio Service) os pacotes de dados também são enviados através de múltiplos slots de tempo, mas não existe reserva. Os slots são alocados conforme a demanda dos pacotes enviados ou recebidos. Consegue-se desta forma um serviço de dados com conexão permanente (always on) sem a necessidade de reservar permanentemente slots de tempo para o transporte de dados.

As principais características do GPRS são:

- Taxa de transporte de dados máxima de 26 a 40 kbit/s, podendo chegar na teoria a 171,2kbit/s.
- Conexão de dados sem necessidade de se estabelecer um circuito telefônico, o que permite a cobrança por utilização e não por tempo de conexão e faz com que o serviço esteja sempre disponível para o usuário (always on).
- Implantação implica em pequenas modificações na infra-estrutura instalada, o que facilita a sua adoção pelos operadores de GSM.
- Padronizado para transporte de dados definidos pelos protocolos IP e X.25.

GPRS: Arquitetura

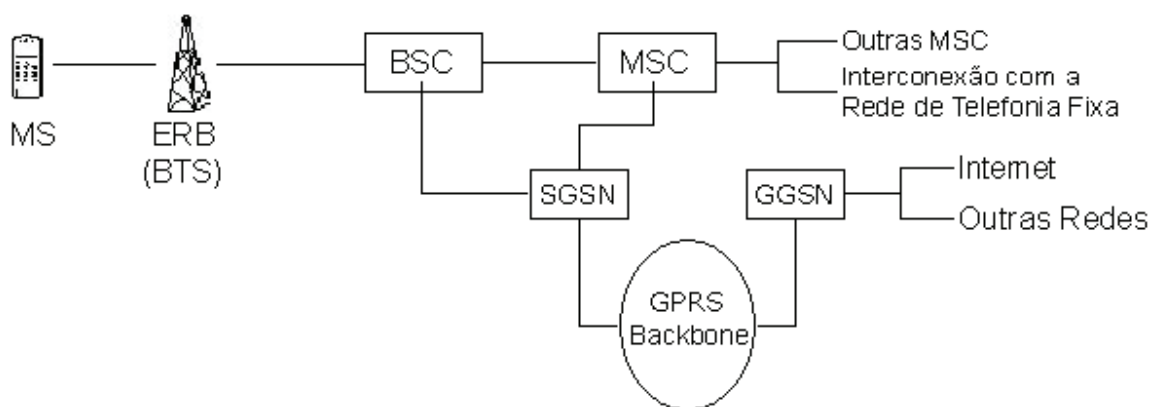
A figura a seguir apresenta a arquitetura de uma rede GSM.



- *Mobile Station (MS)* - Ou Estação Móvel é o terminal utilizado pelo assinante quando carregado com um cartão inteligente conhecido como SIM Card ou Módulo de Identidade do Assinante (Subscriber Identity Module).
- *Base Station System (BSS)* - É o sistema encarregado da comunicação com as estações móveis em uma determinada área. É formado por várias Base Transceiver Station (BTS) ou ERBs, que constituem uma célula, e um Base Station Controller (BSC), que controla estas BTSs.
- *Mobile-Services Switching Centre (MSC)* - Ou Central de Comutação e Controle (CCC) é a central responsável pelas funções de comutação e sinalização para as estações móveis localizadas em uma área geográfica designada como a área do MSC.

- *Home Location Register (HLR)* - Ou Registro de Assinantes Locais é a base de dados que contém informações sobre os assinantes de um sistema celular.
- *Visitor Location Register (VLR)* - Ou Registro de Assinantes Visitantes é a base de dados que contém a informação sobre os assinantes em visita (roaming) a um sistema celular.
- *Authentication Center (AUC)* - Ou Centro de Autenticação é responsável pela autenticação dos assinantes no uso do sistema.
- *Equipment Identity Register (EIR)* - Ou Registro de Identidade do Equipamento é a base de dados que armazena a Identidade Internacional do Equipamento Móvel (IMEI) dos terminais móveis de um sistema GSM.

A implantação do GPRS em uma rede GSM apresenta a arquitetura apresentada na figura a seguir.



As principais modificações em uma rede GSM de forma a suportar o GPRS são:

Estação Móvel - Serão necessárias estações novas.

BTS - Atualização de software, possível aumento de capacidade pela ativação de mais canais para suportar um aumento do tráfego na célula.

BSC - Atualização de software e introdução de um novo hardware o Packet Control Unit (PCU) responsável por separar o tráfego comutado a circuito proveniente da Estação móvel do tráfego de dados comutado a pacotes do GPRS.

As atualizações dos demais elementos da Rede GSM ocorrem a nível de software.

Os novos elementos a serem introduzidos de modo a formar a rede GPRS são os seguintes Nós de Suporte:

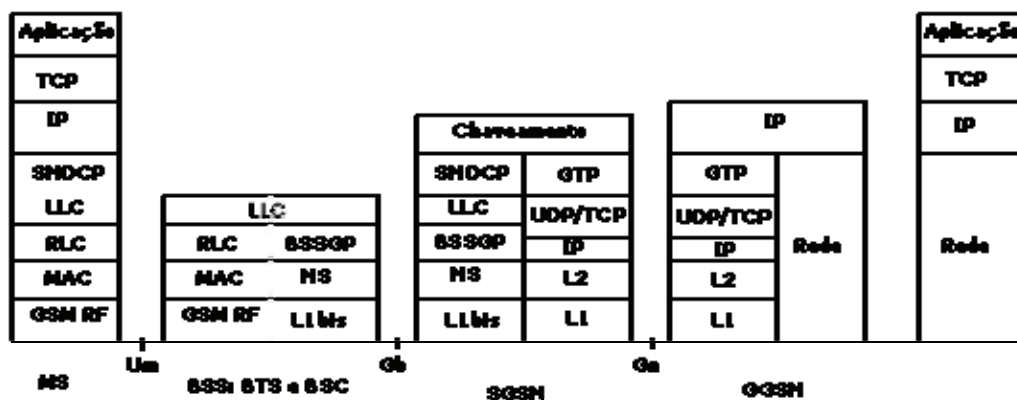
- *Serving GPRS Support Node (SGSN)*, cuja principal responsabilidade é manter a conexão lógica dos usuários móveis quando eles passam da área de cobertura de uma célula para outra (handover).
- *Gateway GPRS Support Node (GGSN)* que a permite a conexão com a internet e outras redes de dados.

Estes nós estão conectados a um backbone GPRS do qual fazem parte outros SGSNs e GGSNs e um gateway para o Sistema de Billing.

GPRS: Protocolos

Apresenta-se a seguir os protocolos utilizados na transferência de informação do usuário através da rede GPRS. Esta estrutura de protocolos é denominada pelas especificações do GPRS de Plano de Transmissão.

As especificações do GPRS padronizaram o plano de transmissão para suportar serviços de dados IP e X.25. A figura a seguir apresenta o plano de transmissão para o TCP/IP.



- *SNDCP* - Subnetwork Dependent Convergence Protocol (SNDCP) - Esta camada faz o mapeamento de características a nível da rede em características das camadas inferiores da rede entre a Estação Móvel e o SGSN. Ela está especificada em GSM 04.65.
- *LLC* - Logical Link Control (LLC): Esta camada prove um link lógico altamente confiável e criptografado. Ele é especificado em GSM 04.64.
- *BSSGP* - Base Station System GPRS Protocol (BSSGP): Esta camada é responsável pelo roteamento e informação relativa a QoS entre o BSS e o SGSN. Ela não faz correção de erro. BSSGP esta especificada em GSM 08.18.
- *Network Service (NS)* - Esta camada transporta pacotes de dados do BSSGP . Ela é baseada no protocolo Frame relay e especificada em GSM 08.16.
- *RLC/MAC* - Esta camada tem duas funções: O Radio Link Control fornece um radio-solution-dependent reliable link. A função de controle de acesso ao meio

(MAC) controla a sinalização de acesso ao canal de radio, e o mapeamento dos frames LLC nos canais físicos RF gsm. RLC/MAC é definido em GSM 4.60.

- *GTP* - GPRS Tunnelling Protocol. Este protocolo provê um túnel para dados do usuário e sinalização entre os Nós de suporte do GPRS no backbone GPRS. GTP é especificado em GSM 09.60.
- *L2* - Camada 2 do modelo OSI
- *L1* - Camada 1 do Modelo OSI

Vamos analisar a conexão de dados entre uma aplicação no terminal móvel e um servidor para esta aplicação em uma rede IP externa. Esta aplicação pode ser o acesso a serviços de email, acesso a internet ou a um servidor WAP.

É gerado um pacote de dados TCP/IP que é mapeado na camada LLC pelo SNDCP. A camada LLC garante um serviço confiável no enlace entre a estação móvel e o SGSN. Para chegar ao SGSN este pacote utiliza camadas de protocolo específicas das interfaces Um (RLC/MAC e interface rádio) e Gb (BSSGP e NS baseado em Frame Relay). O chaveamento entre as camadas RLC e BSSGP no BSS é feito na camada LLC.

No SGSN os pacotes são chaveados para o Backbone GPRS (interface GN) onde são transportados através de um protocolo de tunelamento de dados (GTP) em uma rede IP utilizando TCP ou UDP como camada de transporte. Note que os dados trafegando no backbone GPRS acabam tendo o IP em dois níveis. Este procedimento não é o mais eficiente, mas torna a solução segura e fácil de implementar.

Finalmente no Gateway o pacote de dados é roteado através de uma rede IP externa até o servidor de aplicação

De modo análogo as especificações do GPRS/GSM definem planos de sinalização para conexões entre os vários nós envolvidos na prestação do serviço GPRS. Estes protocolos são baseados no protocolo de sinalização SS7.

GPRS: Terminais

Para ter acesso ao GPRS é necessário ter um terminal que suporte este serviço. A conexão de um terminal a uma rede GPRS é feita através dos seguintes passos:

- Um terminal GPRS, ao ser energizado, será reconhecido pela rede de forma semelhante ao que ocorre com um terminal GSM para Voz. É então criado um enlace lógico entre o terminal e o SGSN. O Terminal é dito "attach" , o que significa que ele está registrado e autenticado na rede.
- O próximo passo é conseguir um endereço IP estabelecendo uma conexão em GPRS, através da ativação do contexto do Packet Data Protocol. Este endereço IP é normalmente dinâmico sendo fornecido pelo operador móvel ou outro operador dependendo de como está configurada a rede.
- O Terminal GPRS está então pronto para enviar e receber pacotes. Ele pode então assumir os seguintes estados de forma a economizar energia: Idle (ocioso), Ready (pronto) em que ele pode enviar e receber pacotes instantaneamente ou stand-by.

Apresenta-se a seguir as características principais dos terminais GPRS.

Classes de Terminais

As especificações definem três classes de terminais:

Classe A - Terminais que podem tratar voz e dados ao mesmo tempo.

Classe B - Terminais que podem tratar voz e dados, mas não ao mesmo tempo.

Classe C - Terminais que podem tratar apenas dados, como cartões GPRS PCM/CIA para computadores portáteis.

Devido ao alto custo dos terminais Classe A a maior parte dos terminais lançados comercialmente é de classe B.

Interface R

O terminal GPRS pode ser utilizado diretamente para acesso de dados ou internet utilizando o WAP ou pode ser conectado a um outro equipamento, como por exemplo um microcomputador. Um exemplo de conexão que pode ser utilizada neste caso é o Bluetooth.

As especificações do GSM definiram uma interface de referência (R) entre o terminal móvel e o equipamento terminal, quando estes estão fisicamente separados. Foram definidos comandos de atenção (AT), de acordo com a recomendação ITU V.25ter (Serial asynchronous dialing and control).

A especificação GSM 07.07 descreve o conjunto de comandos AT para terminais GSM. Para informações sobre como acessar os comandos de terminais individuais, consulte os Software Development Kits (SDKs) que o fabricante dos terminais disponibiliza em seus web sites.

APN

A conexão entre o operador e uma rede IP externa é feita através de um APN (access point name). O operador estabelece APNs para as várias redes, sendo um tipicamente definido para a rede pública WAP.

O número de APNs suportado por um terminal varia com o modelo e fabricante.

Classe de Multislot dos terminais

As especificações do GSM definem 29 classes para os terminais conforme o número de slots utilizados na Recepção ou transmissão. Assim um terminal classe 8 ou 4 + 1 é aquele que pode receber dados em 4 slots e enviar em 1.

A classe varia com o modelo do terminal sendo os mais comuns os que suportam até as 12 primeiras classes apresentadas na tabela a seguir.

Classe de Multislot	Número máximo de slots		
	Rx	Tx	Soma
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5

- Rx: Número máximo de time slots que o terminal móvel pode receber em um frame.
- Tx: Número máximo de time slots que o terminal móvel pode transmitir em um frame.
- Soma: O total máximo de slots utilizados em Rx e Tx. Por exemplo um terminal classe 6 pode utilizar 3+1 ou 2+2.

GPRS: Taxa de Dados

A questão que permeia as vantagens do GPRS e a possível migração para outros sistemas como o EDGE ou WCDMA no futuro é a taxa de dados em uma conexão GPRS. Esta taxa de dados depende do:

- Esquema de codificação utilizado no canal.
- Número de slots de tempo que o terminal suporta.
- Número de outros usuários de voz e dados na célula.

Os esquemas de codificação são utilizados na interface ar de modo a permitir a detecção e correção de erros em caso de perda devido às condições adversas do enlace. Foram definidos 4 esquemas de codificação para o GPRS como mostrado na tabela seguir:

Codificação	Taxa máxima de dados (kbit/s) (Camada LLC)	Taxa máxima de dados (kbit/s) Canais físicos	C/I (dB)
CS-1	8	9,05	-6
CS-2	12	13,4	-9
CS-3	14	15,6	-12
CS-4	20	21,4	-17

É mandatório para as estações móveis suportar os quatro esquemas de modulação e para as operadoras o CS-1. A utilização de esquemas de codificação menos robustos como o CS-4, que não tem correção de erro, tem um impacto na cobertura da célula GPRS.

A Tabela a seguir apresenta a taxa de dados máxima (kbit/s) em função do esquema de codificação e número de slots.

Slots	CS1	CS2	CS3	CS4
1	9,05	13,4	15,6	21,4
2	18,1	26,8	31,2	42,8
3	27,15	40,2	46,8	64,2
4	36,2	53,6	62,4	85,6
5	45,25	67,0	78,0	107,0
6	54,3	80,4	93,6	128,4
7	63,35	93,8	109,2	149,8
8	72,4	107,2	124,8	171,2

Ou seja, a máxima taxa teórica utilizando-se 8 slots é 171,2 kbit/s.

O número de slots utilizado depende da classe do terminal e de como o operador configura a sua rede. A rede GPRS pode ser configurada pelo operador reservando uma capacidade dedicada ao GPRS, ou priorizando o tráfego de voz, de modo que os pacotes de dados ocupam apenas os slots que estão livres. Desta forma, a taxa de dados passa a depender do número de usuários de voz e dados em uma célula.

O que se encontra na prática são redes com codificação CS2 utilizando 2 ou 3 slots o que implica em uma taxa máxima de 26 a 40 kbit/s. A taxa real passa então a depender do congestionamento na célula que serve o terminal, ou da existência de slots livres para serem alocados. Os terminais móveis da Nokia, por exemplo, são normalmente de classe 6 (3+1 ou 2+2) e ela aponta 20-35 kbit/s como velocidades típicas conseguidas nas redes existentes.

GPRS: Considerações finais

Foram apresentados os conceitos básico do GPRS, serviço de comunicação de dados por pacotes fornecido por redes GSM.

O GPRS pode ser inicialmente implantado com pequenas modificações de uma rede GSM de voz, mas exige terminais que tenham suporte a este serviço.

O aumento do tráfego com o GPRS pode exigir um aumento da capacidade da rede GSM de modo a não comprometer a taxa de dados do serviço.

O fato dos pacotes de dados GPRS estarem disputando slots de tempo com a comunicação de voz justifica uma cobrança do serviço por taxa de transferência de dados.

EDGE

Introdução

O EDGE representa uma fácil evolução do padrão GSM / GPRS rumo à terceira geração, possibilitando à operadora oferecer maiores taxas de dados, usando a mesma portadora de 200KHz. Criando um ambiente para operadora atender a demanda por serviços mais sofisticados, melhorando a receita média por usuário, sem a necessidade de investimentos adicionais em novas faixas de frequências.

As alterações na rede são mínimas, com foco nas características de modulação e na implementação de nova codificação e decodificação do sinal, associadas com adaptações do sinal e envio de redundância de informação que aumentam a eficiência da utilização do espectro.

A introdução do EDGE na rede pode ser feita de forma gradual e econômica, onde no primeiro momento será interessante apenas cobrir às áreas com maiores demandas de dados e serviços. Demais áreas podem manter sua cobertura com sinal GSM/GPRS, pois os celulares EDGE poderão também usar esse sinal para a transmissão de voz e dados com menores taxas.

A evolução até o EDGE

A baixa capacidade de tráfego oferecida pelos sistemas analógicos de primeira geração levou ao esgotamento das redes móveis nos grandes centros urbanos. Para resolver essas limitações, surgiram os sistemas de segunda geração, digitais, ainda com o objetivo de prover o serviço básico de telefonia, ou seja, voz. Por esta razão, esses sistemas não se preocuparam muito com a transmissão de dados e seus protocolos de transmissão contemplaram pequenas adaptações do canal de voz para a passagem de dados utilizando-se de CSD (comutação por circuito), resultando em taxas de transmissão na ordem de 9,6Kbps, insuficientes para a implementação de serviços de dados mais avançados.

Dentre os sistemas de segunda geração, o "Global System for Mobile Communications" (GSM), teve suas premissas básicas de serviços delineadas por operadoras, órgãos reguladores e fabricantes, que buscavam um sistema robusto,

eficiente, seguro, de baixo custo e que oferecesse novos serviços que atendessem às demandas dos usuários.

A responsabilidade pelo desenvolvimento das especificações técnicas do novo padrão ficou sob responsabilidade do "European Telecommunications Standards Institute" (ETSI), que gerou um padrão aberto "multivendor", permitindo que uma rede GSM possa ser implementada utilizando-se componentes de diversos fabricantes distintos, fato este que promove a independência das operadoras em relação aos fabricantes, bem como a maior competição entre estes, resultando em preços mais baixos.

Após a digitalização apresentada acima, surgiram necessidades de transmissão de dados para serviços mais simples, porém, com preços menores que as apresentadas pela comutação por circuito. Portanto, o GPRS passou a ocupar as redes ao redor do mundo com sua comutação por pacotes.

A evolução dos serviços e suas crescentes demandas por maiores taxas de dados impulsionam a implementação de redes EDGE e UMTS, sendo que a primeira vai requerer pequenas alterações nas redes e terminais, criando um ambiente favorável para expansão a partir de 2004.

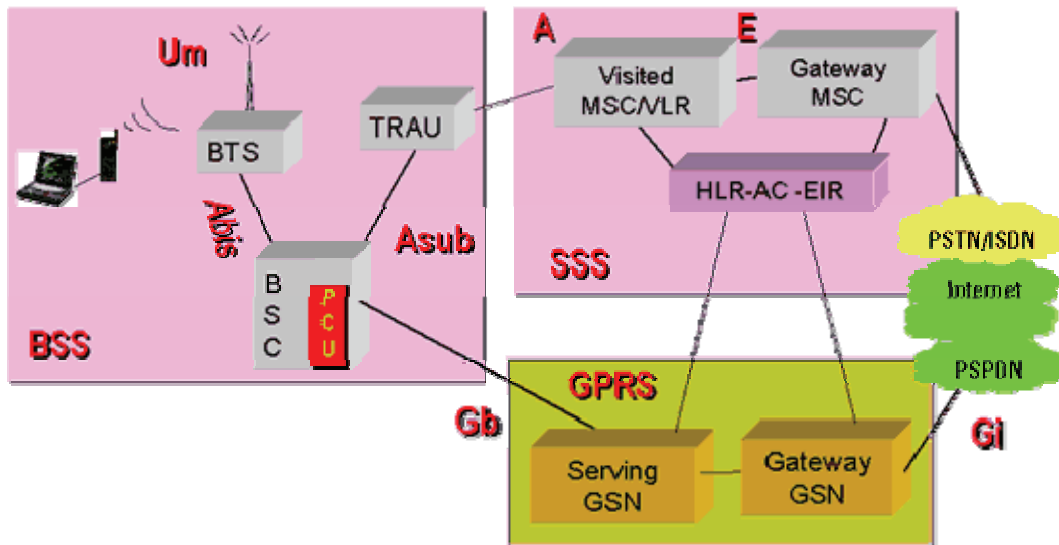
A busca por robustez e simplicidade do sistema, bem como a demanda então existente, centrada em serviços de voz, levou ao emprego da modulação "Gaussian Minimum Shift Keying" (GMSK), minimizando-se problemas de interferências, ruídos e consumo de energia.

As redes GSM precisavam inserir um passo a mais na transmissão de dados, pois, apesar do "High Speed Circuit Switched Data" (HSCD) ter aumentado a taxa de transmissão de dados, saindo dos iniciais 9,6Kbps para 171,2Kbps com utilização de 8 "Timeslots". As redes continuavam trabalhando com comutação por circuito, reduzindo a eficiência da "Mobile Switching Center" (MSC), dificultando um modelo de cobrança adequado para o usuário, que acabava pagando por tempo de conexão, tornando os serviços avançados de dados caríssimos.

O aparecimento do GPRS transformou a transmissão de dados no GSM, possibilitando a comutação por pacotes, transmissão ponto a ponto ou ponto-multiponto e a tarifação por volume de dados. Desta forma, passamos a observar uma forma inteligente de utilização dos recursos da rede para aplicações com taxas de dados que podem chegar até 171,2Kbps.

Na figura abaixo, pode-se observar a inserção de dois novos componentes na rede GSM, o "Serving GPRS Support Node" (SGSN) e o "Gateway GPRS Support Node" (GGSN), sendo os responsáveis diretos pela comutação por pacotes. Algumas outras pequenas alterações na BTS e na BSC também são realizadas, principalmente no software das unidades além da inserção de uma nova placa na BSC denominada PCU.

A interface Um continua operando com a modulação GMSK e o canal de rádio frequência mantido com 200KHz.

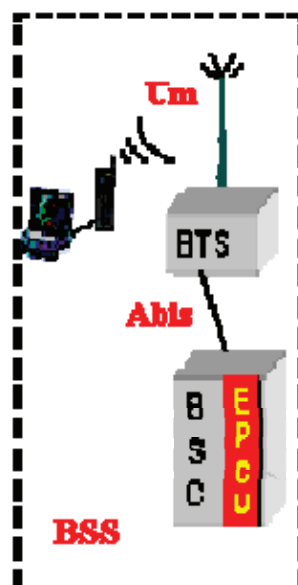


Introdução do GPRS na rede GSM

EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

O EDGE está relacionado ao aumento da capacidade de transmissão da interface aérea no corrente padrão GSM. A principal idéia é adicionar novas características na rede GSM mantendo compatibilidade com os telefones celulares GSM /GPRS e com os equipamentos da rede (BSS, BSC, TRAU, MSC, SGSN e GGSN).

Todos os blocos da rede GSM/ GPRS continuam operando, sendo necessário atualizar os softwares das BTS para possibilitar o funcionamento das modulações GMSK e 8PSK, além da troca da placa PCU por uma placa EPCU na BSC que também sofre atualização de software.



Área de alterações do sistema GSM / GPRS para introduzir o EDGE

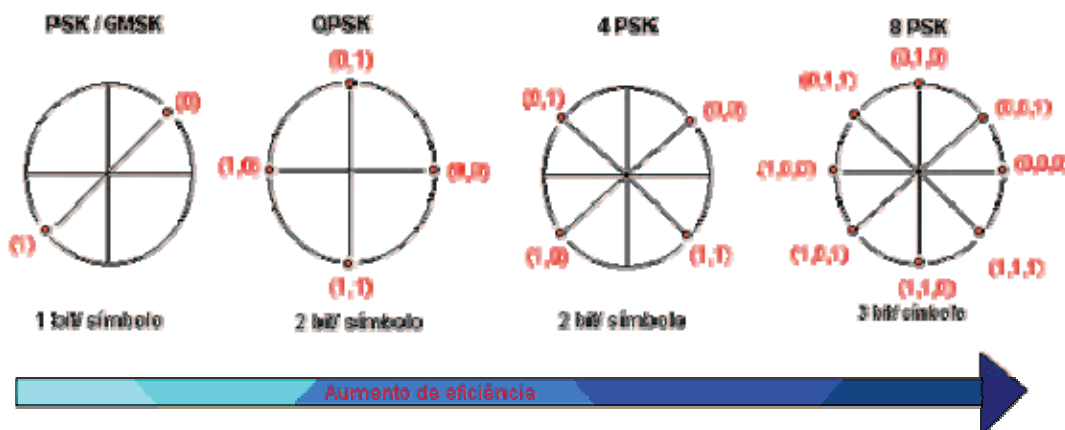
O EDGE inclui tanto comutação por circuitos (ECSD - "Enhanced Circuit Switched Data") como comutação por pacotes (EGPRS - "Enhanced General Packet Radio Service").

$$\text{EDGE} = \text{EGPRS} + \text{ECSD}.$$

Na realidade a comutação por circuito passou a ser visualizada como um recurso desnecessário em uma rede que apresenta comutação por pacotes, pois além de utilizar os recursos da rede destinados para voz, a comutação por circuitos, apresenta tarifação por tempo, reduzindo sua aplicação para pequenos serviços que não necessitam um grande tempo de conexão. Logo, podemos perceber um esquecimento forçado pelo mercado da parte ECSD, sendo somente representado o aumento da capacidade do GPRS, ou seja, EGPRS.

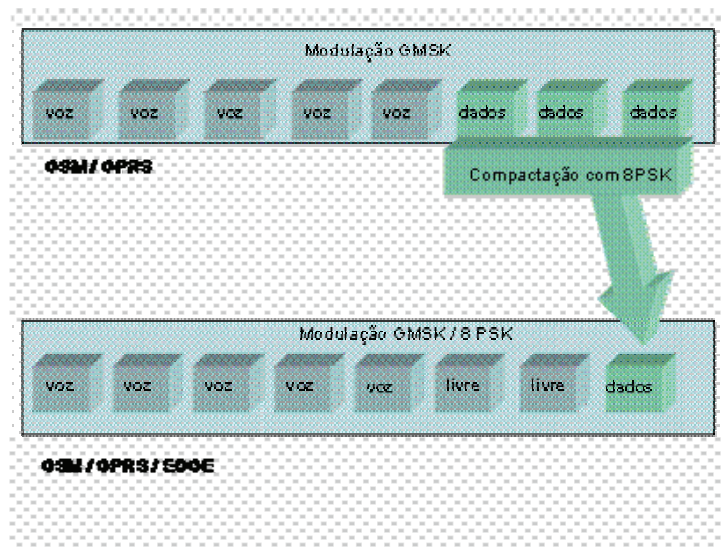
Evolução da modulação e aumento da eficiência

A primeira alteração que deve ser destacada é a modulação do sistema, pois como vimos nos itens anteriores o sistema GSM era baseado na modulação GMSK (1 bit / símbolo) e no EDGE vamos observar a utilização do 8PSK (3 bit / símbolo), possibilitando triplicar a taxa de transmissão de dados .



Esquemas de modulações das comunicações móveis

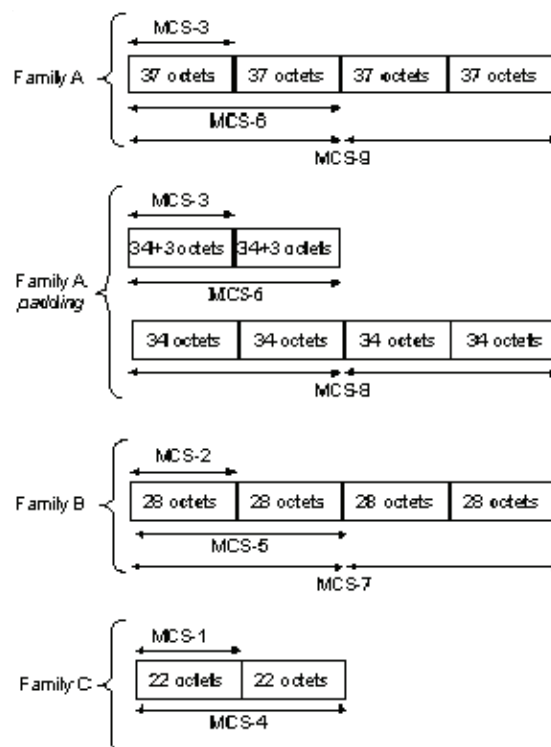
Com o aumento da quantidade de bits por símbolo, disponibilizada pela modulação 8PSK, foi possível colocar três vezes mais informações no mesmo canal de rádio frequência (200KHz) usado pelo sistema GSM / GPRS, ou seja, para cada três "timeslots" usados anteriormente passamos a compactar a informação em apenas um "timeslot".



Aumento da eficiência com EDGE na rede

Codificações e Modulações

Nove esquemas de codificação e duas modulações, são definidos para os "packet data traffic channels - PDTCH". Os MCS ("Modulation Code Schemes") são divididos nas famílias A, B e C, sendo cada uma representada por uma unidade de "payload".



Famílias para os MCS

Codificação	Família	Taxa de dados por "timeslot" (Kbps)	Modulação	Taxa máxima 8 x "timeslots" (Kbps)
MCS-9	A	59.2	8 PSK	473.6
MCS-8	A	54.4		435.2
MCS-7	B	44.8		358.4
MCS-6	A	29.6 / 27.2		236.8 / 217.6
MCS-5	B	22.4		179.2
MCS-4	C	17.6	GMSK	140.8
MCS-3	A	14.8 / 13.6		118.4 / 108.8
MCS-2	B	11.2		89.6
MCS-1	C	8.8		70.4

Modulações e esquemas de codificação no EGPRS

Observação: A tabela acima apresenta taxas até 473.6 Kbps, mas esse valor é teórico e só poderia ser alcançado com condições favoráveis de rádio propagação. Portanto, na prática os valores máximos alcançados pelas redes EDGE giram em torno de 384Kbps.

Codificações e modulações usadas no ECSD

O ECSD (Enhanced CS-D) é a evolução do HSCSD. ECSD também usa a modulação 8PSK possibilitando transmitir até 64 kbps combinando somente dois "timeslots" ao invés de quatro "timeslots" de 14.4kbps do HSCSD.

O ECSD possui três "Transport Channels - TCH", cada um com sua específica codificação de canal e taxa de transmissão como podemos ver na tabela abaixo.

Tipo do canal	Taxa de dados por "timeslot" (Kb/s)	Taxa máxima de dados 2 x "timeslots" (Kb/s)
E-TCH / F43.2	43.2	86.4 (não utilizado)
E-TCH / F32.0	32.0	64.0
E-TCH / F28.8	28.8	57.6

Codificação dos canais para ECSD

Observação: Na prática observamos a utilização do E-TCH/F32 (32Kbps) para serviços transparentes e E-TCH/F28,8 (28,8 Kbps) para serviços não-transparente.

Estratégia de alocação na Abis

Com o aumento das taxas de transmissão da interface Um, foi necessário criar melhorias no transporte da informação na interface Abis, dessa forma pode-se observar duas técnicas possíveis para alocação de "timeslots" nesta interface.

- Abis estática - Associações dos "timeslots" de rádio e os "timeslots" da Abis são feitos durante os procedimentos de armazenamento da O&M na BSC, não sendo possíveis alterações da alocação dos "timeslots" da Abis durante o funcionamento do sistema.
- Abis flexível - Define um "pool" de recursos da Abis que é alocado para uma BTS na utilização de comutação por circuitos e comutação por pacotes com um número suficiente de "timeslots" para os serviços. Por exemplo: 16Kbps até 80Kbps, é dinamicamente designado para um canal de interface aérea.

Associações entre "timeslots" rádio e "timeslots" da Abis são feitos por procedimentos de sinalização, via "ACTIVATE/MODIFY ABIS CHANNEL" durante o funcionamento do sistema. Os recursos da Abis são definidos como um "pool" para todas as BTS's alcançando assim um ganho de capacidade estatístico. Não existe um mapeamento fixo um para um (1 x 16Kbps) ou um para dois (2 x 16Kbps) no banco de dados da BSC, pois na ativação do canal um número apropriado de recursos da Abis é designado para o canal. Assim, Abis flexível consegue um grande aumento estatístico de capacidade na interface entre BSC e BTS comparado com a Abis estática.

Terminais

Para que o EDGE possa entrar de forma gradual na rede é necessário que os terminais possuam compatibilidade com a rede já existente, e as BTS devem oferecer tanto GMSK como o 8PSK na interface aérea. Portanto, verificaremos o aparecimento de duas classes:

- Classe A - As duas modulações podem ser usadas no "downlink", enquanto somente GMSK é usada no "uplink". O resultado será um terminal com altas taxas de dados somente no "downlink", serviços assimétricos e alterações importantes na recepção.
- Classe B - As duas modulações podem ser usadas tanto no "uplink" como no "downlink". O resultado será um terminal com altas taxas de dados no "uplink" e no "downlink" com alterações importantes tanto na transmissão como na recepção.



Terminais na tecnologia EDGE

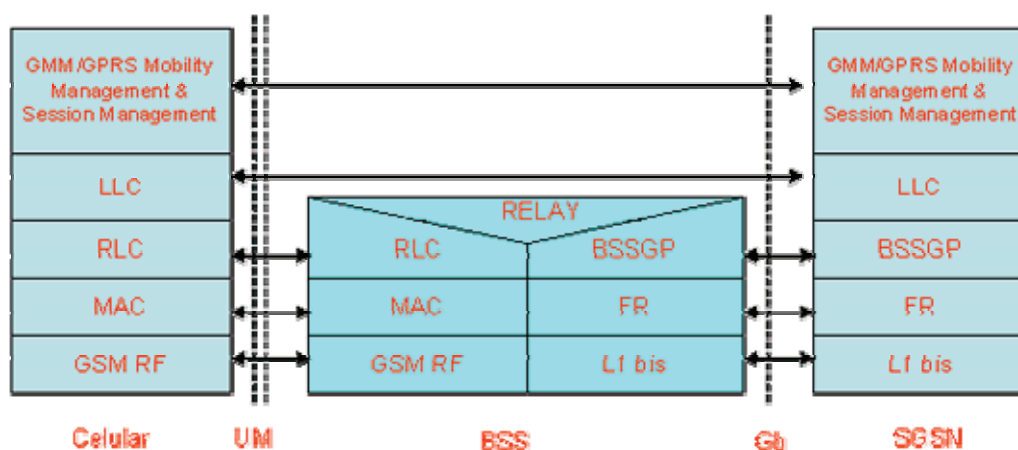
Os terminais EDGE vão estar sempre buscando a modulação 8PSK no sentido que solicitar maior taxa de dados e modulação GMSK no sentido que solicitar pequena taxa de dados, pois a modulação 8PSK vai aumentar a taxa de transmissão e a modulação GMSK vai minimizar o consumo de energia do aparelho.

Classes de potência	Potência nominal (dBm)	Tolerância normal (Db)	Tolerância extrema (dB)
E1	30	+ / - 2	+ / - 2.5
E2	26	+ 3 / -4	+ 4 / - 4.5
E3	22	+ / -3	+ / - 4

Classes de potência para terminais EDGE

Protocolos

A "Media Access Control - MAC" e "Radio Link Control - RLC" fornecem serviços de multiplexação e codificação de canal para GPRS / EGPRS. Estas camadas também vão estar associadas com "Link adaptation" tanto para GPRS como para EGPRS e "Incremental Redundancy" sendo usado somente em redes EGPRS.



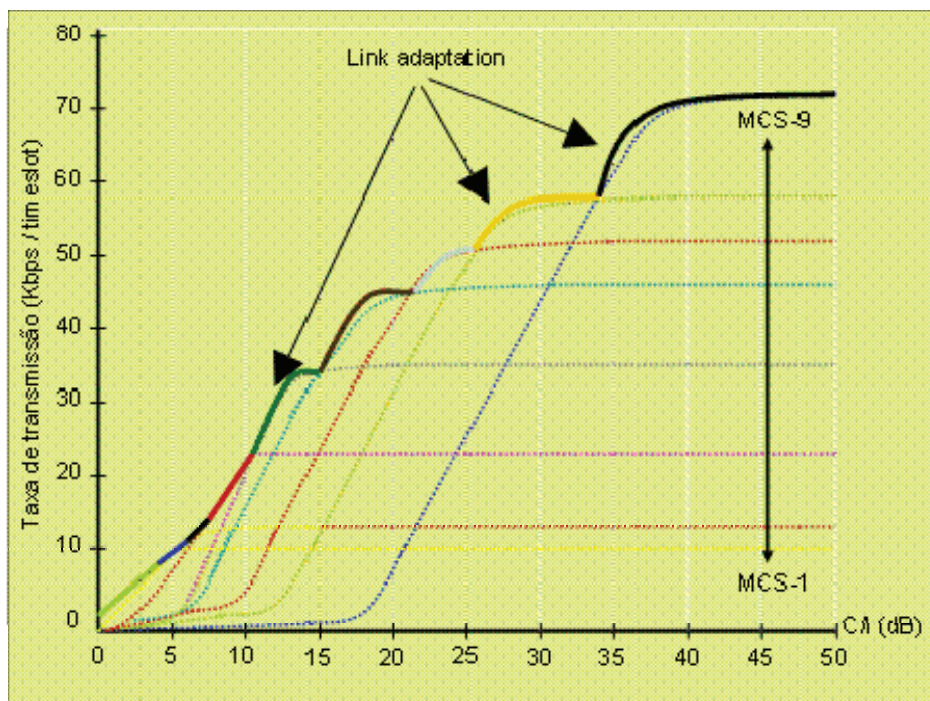
Plano de sinalização no GPRS / EGPRS

Link adaptation

Como a transmissão de dados depende das condições de C/I é benéfico adaptar o MCS de acordo com a situação de interferência. Isso é feito com uma regular estimativa da qualidade do "link" e conseqüente seleção do mais apropriado MCS. O algoritmo analisa a performance do MCS usado no momento e como seria a performance para todos os outros. Baseado nessa análise é selecionado aquele com a melhor performance esperada.

Quando dados são transmitidos no "downlink", medidas de qualidade são reportadas do terminal para rede em intervalos regulares.

Observação: A função "Link adaptation" também é usada na tecnologia GPRS.



Efeito do "Link Adaptation" na taxa de transmissão.

Incremental Redundancy

Só existe no EDGE o modo de transmissão com "Incremental Redundancy". Nesse esquema de redundância incremental, a informação é primeiramente enviada com pouca codificação produzindo uma alta taxa de transmissão, mas se existir falhas na decodificação da informação transmitida, bits adicionais de codificação (redundância) são enviados até que a decodificação obtenha sucesso. Essa codificação a mais que foi enviada diminui o resultado da taxa de dados com informação do usuário, entretanto, garante a performance do sistema.

Suportar redundância incremental é obrigatório para terminais que vão operar com EGPRS, sendo utilizadas memórias extras para que essa funcionalidade seja possível.

Considerações finais

Foram apresentados os conceitos básicos do EDGE, que expande a capacidade de transmissão por dados das redes GSM / GPRS, podendo em média triplicá-la.

O EDGE implica em pequenas alterações das redes GSM / GPRS atualmente implantadas no mundo, mas exige terminais que tenham suporte a essa tecnologia.

O EDGE pode ser inserido de forma gradual na rede de uma operadora, focando áreas com maiores demandas por dados e por serviços avançados.