

HISTÓRICO DA TELEFONIA CELULAR

Antes de qualquer coisa é preciso apresentar o conceito de telefone celular. Este conceito pode ser definido como um transmissor de baixa potência onde frequências podem ser reusadas dentro de áreas geográficas determinadas.

A telefonia celular passou por três gerações distintas com tecnologias diferentes. A primeira foi voz analógica, a segunda voz digital e a terceira voz digital e transferência de dados (Internet, correio eletrônico etc).

O primeiro sistema móvel foi criado nos EUA pela AT&T e regulamentado por todo o país pela FCC (FEDERAL COMMUNICATION COMMISSION). Como resultado, todo o território dos EUA tinha um único sistema de telefonia celular. Já na Europa, cada país criou o seu próprio sistema celular, isso não foi bom, pois um celular de Portugal não poderia falar na Espanha, por exemplo.

Quando surgiu a tecnologia digital, as estatais da Europa se uniram e formaram um único sistema digital, o GSM. Portanto, qualquer celular da Europa, passou a falar em qualquer país. Na época, os EUA, não quis seguir com esta padronização. Sendo assim, a padronização para este sistema GSM ficou a cargo do mercado.

Primeira Geração

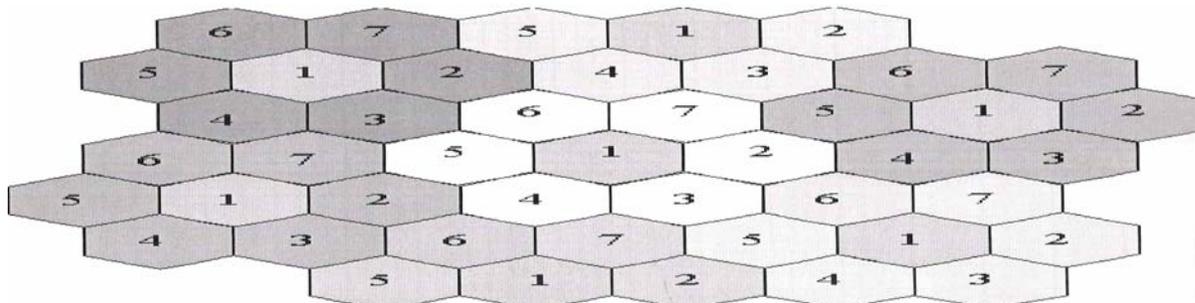
O sistema mais antigo que utilizava voz analógica foi os radiotelefonos móveis que eram utilizados esporadicamente pelos militares. Na década de 1950, foram instalados sistemas conhecidos como PUSH-TO-TALK nos carros de polícia, táxi e etc. Este sistema utilizava um único canal para transmissão e recepção de voz.

Na década de 1960 esta tecnologia foi melhorada com a criação do IMTS (IMPROVED MOBILE TELEPHONE SYSTEM). Este utilizava um transmissor de alta potência que ficava em cima das montanhas e utilizava 2 canais, um para transmissão e outro para recepção. Não foi muito eficaz porque havia poucos canais para atender aos usuários e estes canais não suportavam muitas comunicações simultâneas.

O sistema analógico AMPS (ADVANCED MOBILE PHONE SYSTEM) foi inventado pelo Bell Labs e que foi instalado primeiramente nos EUA em 1982. Depois ele foi utilizado na Inglaterra e no Japão. Os sistemas mais avançados que o AMPS, herdou muitas características deste sistema.

Em todos os sistemas de telefonia celular, uma área geográfica, na qual umas operadoras dispõem os seus serviços, é dividida em células. No AMPS, as células possuem um alcance que varia entre 10 e 20 km. Cada célula utiliza um conjunto de frequência não utilizado por qualquer célula vizinha e é capaz de estabelecer de 5 a 10 chamadas por frequência, em células amplamente separadas.

A idéia de reutilização de frequência é ilustrado na figura abaixo. Todas as células possuem o mesmo tamanho. As células são agrupadas em unidade de sete células. Cada número indica um grupo de frequência. Observe que em cada grupo existe uma separação de pelo menos 2 células com frequências distintas. Isso é feito para proporcionar uma boa separação e pouca interferência das frequências.

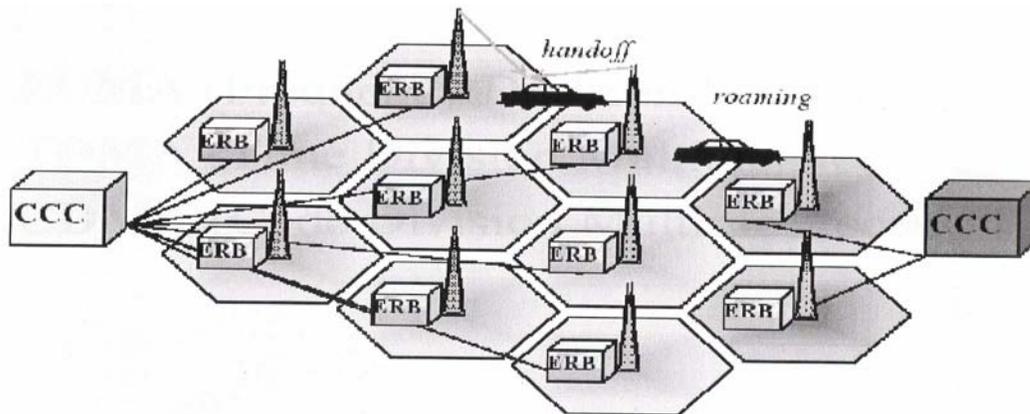


Quando um local possui muitos usuários de uma determinada célula, pode acontecer da célula ficar sobrecarregada, sendo assim, a célula pode ser subdividida em microcélulas, para permitir uma melhor reutilização de frequência nas células.

No centro de cada célula, há uma estação-base que recebe as transmissões de todos os telefones presentes na célula. Esta estação consiste de um computador e um transmissor / receptor conectados a uma antena. Em um sistema de pequeno porte, todas as estações-base estão conectadas a um único dispositivo chamado MSC (MOBILE SWITCHING CENTER – centro de comutação móvel). Em um sistema maior, podem ser necessárias mais MSC, todas ficam conectadas umas com as outras. As MSC ficam conectadas a uma estação final de um sistema telefônico.

A todo momento um telefone celular ocupa uma determinada célula que esta sendo coberta por uma determinada ERB. Quando um telefone esta se deslocando para uma outra célula, ele começa a sentir que o sinal, que esta recebendo da ERB esta se enfraquecendo, sendo assim ele faz uma nova requisição de sinal para algumas das células vizinhas. Sendo assim a ERB faz a transferência do sinal para uma outra ERB que esta recebendo o sinal mais forte daquele aparelho celular. Este processo é conhecido como **HANDOFF** e leva cerca de 300 ms para se concretizar.

Existem dois tipos de handoff: o **soft handoff**, o sinal do celular é adquirido pela nova estação-base antes da anterior se desconectar. Deste modo não existe nenhuma perda de continuidade. A desvantagem é que o aparelho tem que ter a capacidade de sintonizar duas frequências ao mesmo tempo. Nem os aparelhos de primeira nem de segunda geração são capazes de fazer isso. E o **hard handoff**, a estação-base libera o sinal do aparelho antes que ele seja detectado por outra estação. Se a nova não conseguir captar o sinal a ligação será finalizada.



O sistema AMPS utiliza 832 canais full - duplex, cada um consistindo em um par de canais simplex. Existem 832 canais de transmissão simplex de 824 a 849 MHz, e 832 canais de recepção simplex de 869 a 894 MHz. Cada um desses canais simplex tem 30 KHz de largura. Por isso que o AMPS utiliza FDM (FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING) para separar os canais.

Na faixa de 800 MHz, as ondas de rádio tem cerca de 40 cm de comprimento e trafegam em linha reta. Elas são absorvidas por arvores e plantas, e ricocheteiam no chão e nos prédios. É possível que o sinal enviado alcance o sinal da rádio-base pelo caminho direto, mas também pode chegar um pouco mais tarde, depois de ricochetear no chão ou em um prédio. Isso pode causar um eco ou distorção do sinal.

O gerenciamento das chamadas no AMPS funciona da seguinte maneira. Cada telefone tem um número de série de 32 bits e um número de telefone com 10 dígitos em sua PROM. O número do telefone é representado como um código de área de 2 dígitos e 8 dígitos para o número do assinante em 24 bits. Quando o telefone é contactado, ele varre uma lista pré-programada de 21 canais de controle até encontrar o sinal mais forte.

Em seguida, o telefone transmite seu número de serie de 32 bits e o número de telefone de 34 bits. Esse pacote é enviado várias vezes em formato digital e com um código de correção de erros, apesar dos próprios canais de voz serem analógicos.

Quando ouve a mensagem, a estação-base avisa ao MSC, que registra a existência de seu novo cliente e também informa a localização atual do cliente em sua MSC inicial. Durante a operação normal, o telefone móvel repete o registro uma vez a cada 15 minutos, em média.

Para fazer uma chamada, um usuário móvel liga o aparelho digita o número que deseja contactar e pressiona a tecla SEND. Em seguida, o telefone transmite o número a ser chamado no canal de acesso. Ao receber a solicitação, a estação-base informa a MSC para saber se o usuário é cliente da operadora dona da MSC. Se for cliente a ligação é completada, esperando apenas que a parte contactada atenda a chamada.

As chamadas recebidas funcionam um pouco diferente. Todos os telefones inativos ouvem continuamente o canal de localização para detectar mensagens destinadas a eles. Quando é feita uma chamada para um telefone móvel, um pacote é enviado ao MSC local do telefone chamado, para que o ele seja localizado. Em seguida, é enviado um pacote à estação-base em sua célula atual, que envia um pacote de difusão no canal de localização procurando saber se o aparelho celular chamado esta disponível ou não. Se estiver, ele se conecta no canal que foi disponibilizado a chamada e começa a emitir sinais sonoros até que seja atendido.

SEGUNDA GERAÇÃO

Assim como não houve padrão na primeira geração, na segunda geração, que é a era da telefonia digital, também não existiu padrão. Por consequência, atualmente existem vários sistema de telefonia móvel com tecnologia digital. Estes sistemas são GSM (Sistema global de comunicação móvel), TDMA ou D-AMPS(Acesso múltiplo por divisão de tempo), CDMA (Acesso múltiplo por divisão de código), PDC (Celular digital pessoal) e PSC 1900 (Serviço de comunicação pessoal).

Como o foco deste trabalho é falar sobre a tecnologia GSM, vamos nos preocupar apenas em fazer a descrição da tecnologia GSM.

GSM – Global system for mobile communication é um padrão de comunicação digital para telefonia celular. Este sistema recebeu este nome por representar um grupo criado na Europa em 1982, que formulou um padrão de comunicação celular operando numa frequência de 900 MHz. Hoje em dia existem muitos países no mundo que seguem este padrão.

Existe uma enorme aproximação entre a tecnologia TDMA e a GSM. Pode –se dizer inclusive que o GSM é uma versão melhorada do TDMA. Os dois sistemas utilizam a multiplexação por divisão de frequência, com cada unidade móvel transmitindo em uma seqüência e recebendo em uma seqüência mais alta. Também em ambos os sistemas, um único par de frequências é dividido pela multiplexação por divisão de tempo em slots (período) de tempo compartilhado por várias unidades móveis.

Atualmente existem 3 tipos de frequência que atendem ao padrão GSM: 900, 1800, 1900.

A frequência original é a GSM 900. A maioria das redes GSM operam nesta frequência. Em 1990, por causa da competição do mercado, foi criado no Reino Unido o GSM 1800 MHz. Nos EUA, foi criado o GSM 1900.

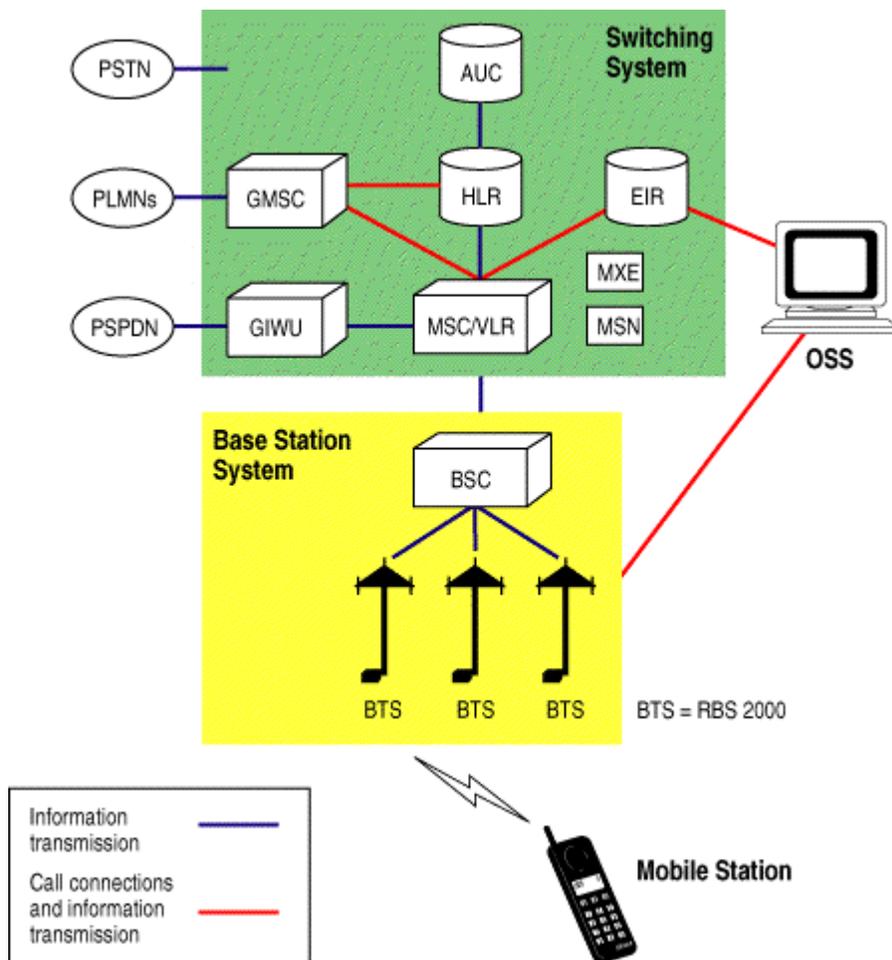
A grande novidade que chegou com a tecnologia GSM foi o GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICES), que é justamente a capacidade de se fazer transmissão de dados por pacote. Como na comunicação por pacote há compartilhamento do canal, ao contrário da comutação por circuito onde cada comunicação ocupa um canal, há uma grande economia de espectro.

Alem disso, o sistema GSM trouxe outra facilidade que seria o roaming internacional, que além de ser automático, trouxe a novidade do SIM card. O Subscriber Identity Module é um cartão de memória, onde ficam instalados todos os dados do usuário, como seu número, agenda, facilidade, plano

de serviço, entre outros itens. Desta forma, quem viajar para qualquer país que possua a tecnologia GSM, basta levar o SIM card e instalá-lo em algum aparelho daquela região.

INTRODUÇÃO A ARQUITETURA GSM

A rede GSM é uma plataforma independente. A especificação do GSM explica o funcionamento da rede e das interfaces em detalhe. Isto contribui para a criatividade dos desenvolvedores para especificar como eles podem preparar o funcionamento atual, além disso, isto faz com que seja possível operadoras comprar equipamentos de diferentes fornecedores. O GSM é subdividido em três grandes sistemas: o SS (*switching system*), o BSS (*base station system*) e OSS (*operation and support system*). Os elementos básicos para se formar uma rede GSM é mostrado na figura abaixo:



The Switching System (SS)

Este sistema é responsável por executar as chamadas e realizar funções específicas. As funções são listadas abaixo:

Home Location Register (HLR) – O HLR é um banco de dados usado para armazenar e gerenciar os assinantes de uma determinada operadora. É considerado o banco mais importante pois armazena informações do perfil do cliente ou assinante. Sempre que um cliente novo entra na base de uma determinada operadora ele é cadastrado no HLR desta operadora.

MóBILE SERVICES SWITCHING CENTER (MSC) – Este sistema é quem executa as chamadas telefônicas. Ele controla as ligações de origem até o destino, duração das chamadas, faz a tarifação, etc. Este sistema é instalado de maneira integrada com o VLR.

Visitor Location Register (VLR) – O VLR é um banco de dados que contém informações sobre onde o assinante está localizado atualmente numa determinada área de serviço (MSC). Ele pode ser considerado como um HLR distribuído, pois contém uma cópia das informações armazenadas de um determinado assinante.

Quando um assinante está em uma área de roaming, o VLR envia um requerimento de nova informação do assinante no HLR. O HLR então envia esta informação e atualiza dentro do VLR.

Authentication Center (AUC) – Esta unidade prover autenticação e codificação dos parâmetros que verificam a identidade do usuário e garante a confidencialidade de cada chamada. O AUC protege a rede das operadoras de diferentes tipos de fraude encontrado no mundo atual.

Equipment Identity Register (EIR) – O EIR é um banco de dados que contém informações sobre o aparelho. Ele ajuda a bloquear as chamadas se o celular for roubado.

The Base Station System (Sistema de rádio)

Todas as funções que se referem a ondas de rádio são executadas neste sistema. Este sistema é subdividido em BSCs (Base Station Controller) e BTS (Base transceiver station).

O BSC controla todas as funções referentes ao link entre o MSC e o BTS. Tem uma grande capacidade de MS handover, configuração de células e controle de rádio frequência.

O BTS manipula a interface com a móbil station. O BTS é um equipamento necessário para prover um serviço em cada célula numa rede. Um grupo de BTS é controlado pelo BSC.

The Operation and Support System (Sistema de gerência e suporte à operações)

O OSS é como se fosse o gerente de todos os elementos do sistema que integram a rede GSM. Ele que faz a conexão entre o SS e o BSS. Pode ser usado para controlar todos os elementos da rede em vários tipos de plataformas. A plataforma em que é baseada este sistema é a UNIX.

Os outros elementos adicionais são:

Message Center (MXE) – O mxe é um nó que provê integração de voz, fax, e envio de mensagens. É este sistema que manipula o SMS (short message), caixa de mensagem de voz, fax, e-mail e notificação de mensagem.

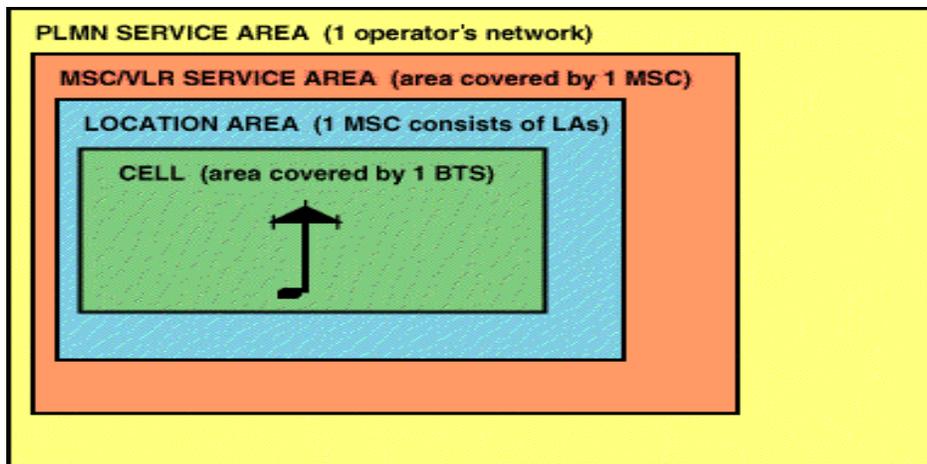
MóBILE SERVICE NODE (MSN) – O MSN é um nó que manipula o serviço de rede inteligente nos celulares.

Gateway MóBILE SERVICES SWITCHING CENTER (GMSC) – O Gateway é uma porta é usado para conectar duas redes. Este gateway é implementado no MSC. O MSC é então referenciado como GMSC.

GSM interworking Unit (GIWU) – O GIWU são dois hardware e software que prover a interface de comunicação de dados numa rede. Através deste, o usuário pode falar e transmitir dados na mesma chamada. Este sistema é localizado fisicamente no MSC/VLR.

AREAS DA REDE GSM

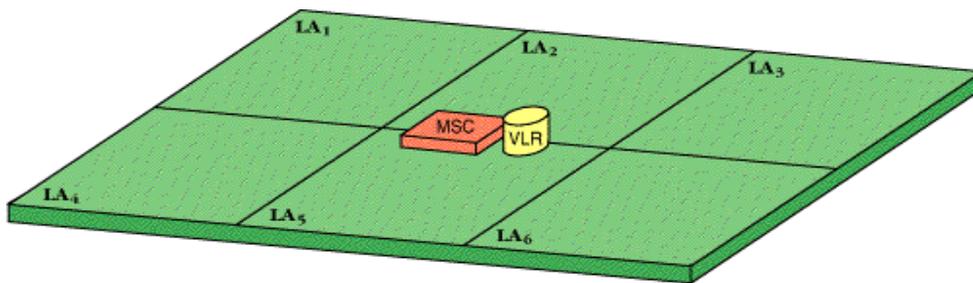
O Serviço de uma rede GSM coberto por uma determinada área geográfica. Esta área tem crescido bastante ultimamente, pois muitas operadoras tem feito acordo de cobertura. Como é mostrada na figura abaixo, esta área incluem células, área de cobertura, (LA – *location areas*), áreas de serviço MSC/VLR e área pública de rede celular PLMN (*public land móBILE network*).



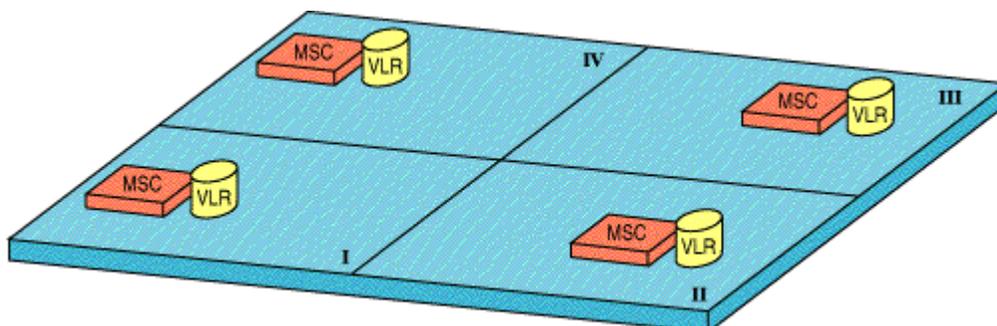
Uma célula é a unidade básica do sistema celular e é definida como a área de cobertura dada por um sistema de antena (BS). Cada célula é identificada por um número chamado Cell Global Identity (CGI). Existem dois tipos principais de células:

- **Célula Omnidirecional** – é servida por uma antena que transmite igualmente em todas as direções 360°. São usadas para ganhar em cobertura.
- **Célula Setorizada** - é servida por um conjunto de antenas que transmite em uma determinada direção, por exemplo, setorização de 120°, 60°, e outros. São usadas para ganhar em capacidade. Geralmente em estradas.

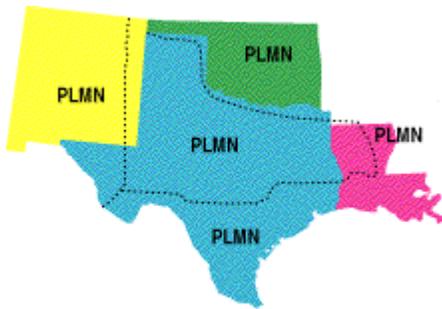
Uma área de localização GSM (LA) é definida como um grupo de células. Um assinante é identificado pela área de localização em que ele está atualmente. Esta identificação é armazenada no VLR.



Uma área de serviço MSC é constituída de várias LA's e representa parte da área geográfica de uma rede controlada por uma MSC.



Uma área de serviço PLMN é um conjunto de células servidas por uma rede de uma determinada operadora. É definido como uma área geográfica que uma operadora oferece seus serviços.



GPRS (3º geração)

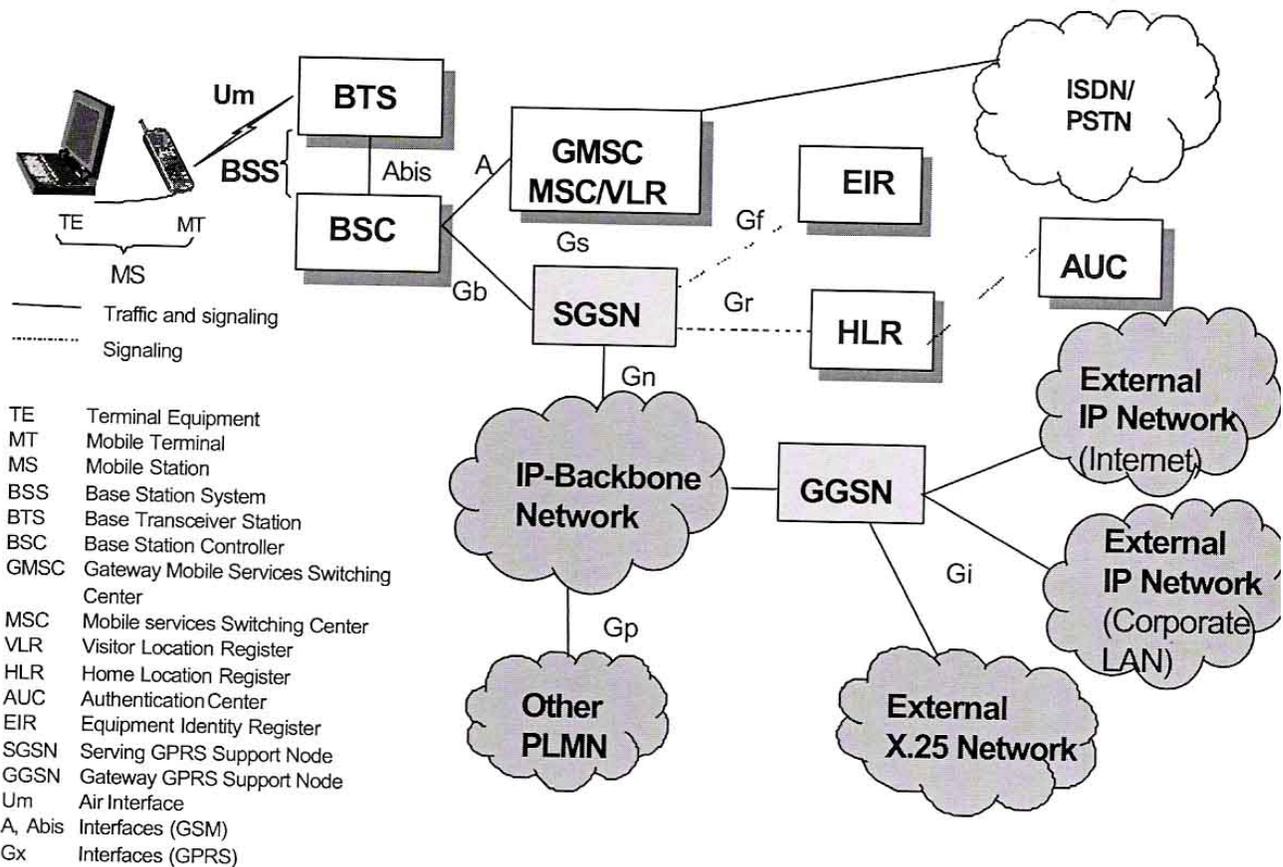
O GPRS é um serviço de dados comutados por pacotes para o GSM que possibilita o acesso do celular a Internet. Os sistemas GPRS provêm uma solução básica para a comunicação por Internet Protocol – IP entre MS (MOBILE STATION) e ISP (Internet SERVICE PROVIDER) ou uma LAN corporativa. O GPRS estabelece uma conexão fim-a-fim do via IP do MS ao ISP.

O sistema GPRS possui várias funcionalidades. Os usuários de uma rede GSM / GPRS podem permanecer on-line sem ocupar continuamente um canal específico de rádio. Os enlaces de transmissão entre a BTS e BSC são reutilizados, e isto reduz o custo da rede GPRS. Além disso, o GPRS também reutiliza outros elementos de rede como, o HLR e o MSC / VLR. Pode ser utilizado para acesso a IP móvel. Possibilita a tarifação por volume de dados, permite aplicações orientadas a conexão como não orientadas a conexão. Possibilidade de 2 modos de transmissão: transmissão ponto-a-ponto e multiponto.

O GPRS introduz novos elementos de rede. O SGSN e GGSN. Estes dois novos elementos, também podem ser chamados de nó de suporte e formam o backbone do GPRS.

O SGSN – Serving GPRS Support Node – Responsável por tratar o tráfego comutado por pacotes em uma área geográfica. As funções deste sistema estão listadas a seguir: Cifragem de autenticação, Gerenciamento de sessão, Saída de dados de tarifação, conexão ao HLR, MSC, GGSN e outros nós. O SGSN é o servidor para todos MS GPRS que estão localizados fisicamente dentro da área de serviço geográfica do SGSN.

O GGSN – Gateway GPRS Support Node – Conecta as redes de dados que estão localizadas do lado de fora. As funções deste sistema é converter o formato dos pacotes transmitidos entre redes GPRS e redes externas, realiza as funções de interfuncionamento com as redes externas de comutação de pacotes, envia os pacotes terminado em MS de redes externas para o SGSN correto, envia os pacotes originados de MS para a rede externa correta, coleta de dados estatísticos de tráfego e coleta de dados para tarifação. A arquitetura do GPRS é mostrada na figura abaixo:



Para que o SGSN e o GGSN se comuniquem é preciso que haja um protocolo de comunicação entre estes dois módulos. O protocolo é o GTP – GPRS Tunneling Protocol. Este protocolo é operado no topo da camada OSI – TCP/IP e encapsula os pacotes IP ou X25 a serem encaminhados entre os dois módulos.

Terminal Equipment (TE) é o computador que o usuário final trabalha. Este componente é usado para transmissão e recebimento de pacotes de dados. Este computador pode ser um laptop, por exemplo. O GPRS prover a conectividade entre TE, ISP e LAN. Do ponto de vista do TE, o aparelho móvel é um modem que conecta o TE para o sistema GPRS.

MóBILE Terminal (MT) se comunica com o TE pelas ondas de rádio do BTS. O MT é o telefone celular, e deve ser equipado com um software que tenha a funcionalidade de comunicação via GPRS. O MT é associado a um assinante no sistema GSM. A reSeleção de canal é provida no link de radio entre MT e SGSN.

MóBILE Station (MS) é a combinação do TE com o MT incorporado no MS. O GPRS MS pode operar de três classes diferentes:

- Classe A permite que o MS tenha um circuito de comutação e conexão ao mesmo tempo;
- Classe B permite o MS se conectar a um circuito de comutação ou GPRS, mas não pode usar os dois serviços ao mesmo tempo. O serviço de comutação tem prioridade sobre o GPRS;
- Classe C permite o MS se conectar em apenas um serviço ao mesmo tempo;

Os benefícios para os usuários com este tipo de serviço é tempo de acesso rápido, alta velocidade, acesso global, conveniência etc. Já para a operadora os benefícios são uso eficiente dos recursos de rádio, baixo custo de investimento e atrai vários segmentos de mercado.

Uma das grandes inovações que o GPRS pode proporcionar para os usuários é a capacidade de se enviar mensagens multimídia pelo celular.