Sistemas de Informação
Disciplina: Fundamentos de Redes de Computadores - 3º Período
Professor: José Maurício S. Pinheiro

AULA 7 - Telefonia Móvel

Telefonia Móvel é o nome que caracteriza as comunicações móveis através de sistemas celulares que tem interconexão com a rede de telefonia fixa. Os sistemas móveis foram denominados “sistemas celulares” por serem baseados em diversas áreas adjacentes chamadas de células. Cada célula é coberta por um sistema de radiocomunicação, com potência reduzida e área de cobertura limitada.
Os sistemas móveis foram idealizados no final da década de 1940 como sistemas de rádio para o atendimento de serviços de resgate, bombeiros, ambulâncias, etc., nos quais um centro de operação cobria uma região limitada e comunicava-se com os rádios instalados em veículos. Posteriormente, esses sistemas de radiocomunicação foram interligados ao sistema telefônico fixo, dando origem ao serviço conhecido como Trunking. Os atuais sistemas digitais de telefonia móvel evoluíram do sistema analógico AMPS (Advanced Móbile Phone System), desenvolvido na década de 1970.

Sistema	Ano	Países utilizadores
AMPS	1982	EUA, Canadá, Canadá, Austrália, Argentina, Brasil, Bangladesh, China, Hong Kong, Indonésia, Malásia, México, Nova Zelândia, Coreia do Sul, Taiwan, Tailandia
ETACS		Reino Unido, Emirados Árabes Unidos, Kuwait, Bahrain, Malta, Singapura
NMT-450	1981	Áustria, Bélgica, Republica Checa, Dinamarca, Finlândia, França, Hungria, Polónia, Espanha, Suécia, Rússia, Turquia e Ucrânia
C-NETZ	1985	Alemanha, Portugal e África do Sul
Radiocom2000	1986	França
NTT	1985	Japão
JTACS	1991	Japão

Figura 1 - Sistemas de Primeira Geração

1. Componentes Básicos

Um sistema móvel celular é constituído tipicamente por três componentes básicos:

1.1. **Central de Comutação e Controle (CCC)**

A função principal de uma CCC é a comutação das chamadas encaminhadas de/para os terminais móveis. Além da comutação, a CCC é responsável também por outras funções operacionais da rede celular (controle, tarifação e conexão com a rede fixa), executando o processamento das chamadas telefônicas ou o encaminhamento destas para outras Centrais de Comutação da rede celular ou da rede de telefonia fixa.
Uma CCC controla todas as ERB’s interligadas a ela por meio de enlaces de comunicação implementados por rádio ou fibra óptica, fazendo o

encaminhamento das chamadas e gerando ainda os relatórios com os dados referentes à cobrança pelo uso do sistema. Esse controle é feito a partir de um banco de dados que contém todas as informações sobre o sistema e sobre todos os assinantes de sua área de operação. Em uma mesma área de concessão do serviço móvel, existe uma CCC para cada prestadora de serviços de telecomunicações.

1.1.1. Sinalização

Em termos de sinalização entre CCC's ou entre CCC e STFC (Sistema de Telefonia Fixa Comutado), as redes celulares (TDMA, CDMA, GSM, etc) utilizam um esquema de sinalização por canal comum, fora da banda, chamado SS#7, que permite interligar a base de dados da rede celular, provendo um serviço de transporte para os protocolos de aplicações de comunicação entre os subsistemas envolvidos. Como o canal de sinalização é um canal de dados entre centrais, o SS#7 padroniza um protocolo de comunicação digital baseado no modelo OSI.
Para aproveitar a infraestrutura da rede de telefonia existente, o sistema SS#7 utiliza como padrão canais de sinalização de 64Kbps, de forma que esse canal possa ser um dos canais de um tronco E1 (2Mbps), transportando as informações de sinalização referente aos canais de áudio (mesmo dos canais que não façam parte do mesmo tronco digital), utilizando a comutação por pacotes.

1.2. Estação Rádio Base (ERB)

A ERB fornece a interface entre a CCC e os terminais móveis, estabelecendo o enlace de rádio com o terminal móvel dentro da área de cobertura de uma célula. As conexões entre ERB e CCC são feitas normalmente por troncos de linhas físicas metálicas ou de fibras ópticas, sendo também possíveis conexões via rádio.
Quando é feita uma chamada, a unidade móvel conecta-se a uma ERB e esta encaminha a chamada pela CCC ao seu destino, que pode ser uma outra unidade móvel ou um terminal da rede de telefonia fixa. A ERB é omnidirecional, o que significa dizer que efetua a comunicação para todos os lados. Apesar disso, ocorrem falhas na área de cobertura, chamados de obstáculos ou áreas de sombra. Para reduzir esse efeito, o formato da área de cobertura é estudado para um melhor aproveitamento.

1.3. Estação Móvel

É a unidade de controle do sistema, funcionando em conjunto com uma antena e um transceptor. Pode se apresentar na configuração veicular, transportável e portátil, sendo esta última a mais conhecida e utilizada.

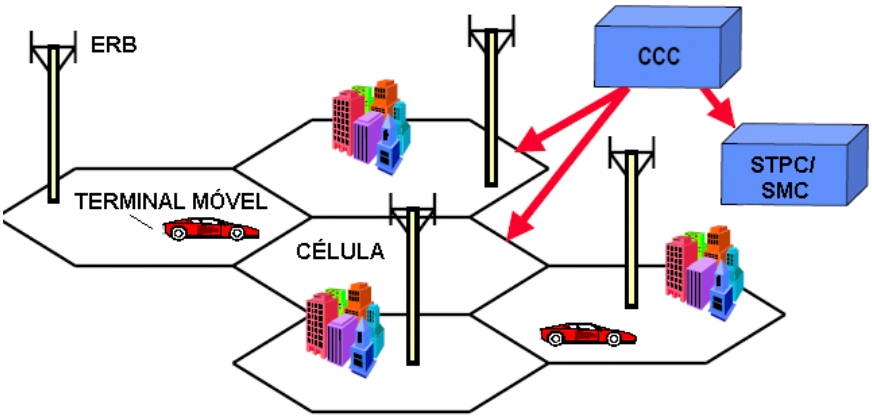


Figura 2 – Sistema celular básico

2. Encaminhamento de chamadas

Quando uma chamada de um terminal móvel celular, independente do seu destino, alcança uma ERB, esta é retransmitida para a CCC que controla aquela área e que por sua vez está interligada ao restante da rede de telefonia móvel e de telefonia fixa.

Para o estabelecimento de uma chamada entre um assinante do sistema de telefonia móvel e um assinante fixo, a transmissão é feita via rádio da estação móvel para a ERB mais próxima. Em seguida, essa informação é enviada para a CCC da área que encaminha a chamada para a Rede de Telefonia Pública Comutada na qual o assinante fixo está conectado. De maneira semelhante, um assinante fixo pode acessar uma estação móvel através de busca (paging) e comutação automática processadas entre as centrais de comutação do sistema fixo e do serviço móvel.

No caso de chamadas entre terminais móveis celulares, podemos ter duas situações distintas: terminais móveis pertencentes a área de serviço de uma mesma CCC e de CCC's diferentes. No primeiro caso, a CCC é origem e destino da chamada, funcionando de forma semelhante a uma central de comutação do STPC. Na outra situação, os terminais móveis encontram-se em áreas de CCC's diferentes, que podem ser da mesma operadora ou operadora distintas. Neste caso, as CCC's processam as informações de comutação entre si para permitir a comunicação entre os terminais móveis e também para efeito de tarifação e controle.

Convém ressaltar que nas conexões via rádio, realizadas entre estações móveis e ERB, cada unidade móvel utiliza apenas um canal por vez para seu enlace de comunicação e esse canal de comunicação não é fixo, podendo ser qualquer um dentro da faixa de frequência alocada para a área de serviço daquela ERB. Isto significa que cada ERB possui um conjunto de canais de rádio, alocando um canal para cada um dos sentidos da comunicação. Uma técnica utilizada para se conseguir um aumento do número de canais simultâneos é a diminuição da potência transmitida entre a ERB e o terminal móvel, possibilitando o reaproveitamento das freqüências disponíveis.

3.1. Handoff

Como os terminais são móveis, o deslocamento pode significar a saída da área de cobertura de uma célula para outra, ocasionando a transferência de controle de uma ERB para outra ou apenas a troca de canal na mesma ERB. Handoff é o processo de transferir um terminal móvel de uma estação rádio base para outra. A mudança de uma ERB para outra é controlada pela CCC da área, que nesse caso permanece a mesma. Quando ocorre apenas a transferência entre canais dentro da mesma ERB ou entre sistemas, temos o “handover”.
A mudança de canal devido ao handoff pode ocorrer através de um slot de tempo, de uma banda de frequência, de uma palavra código ou de uma combinação destes, dependendo da técnica de acesso utilizada.
Cada célula tem disponíveis para si diversos canais com o objetivo de prover diversas conexões simultâneas. Conforme o usuário do sistema se movimenta pelas diversas células, o sinal do aparelho móvel é automaticamente transferido de uma ERB para outra, sem causar interrupções em uma chamada em curso (soft handoff, no CDMA).

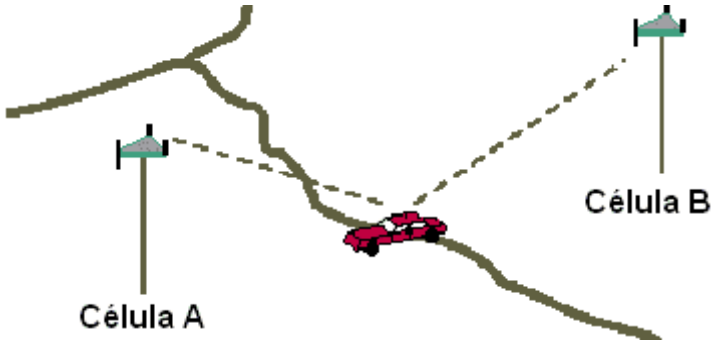


Figura 3 – Handoff

3.2. Roaming

O termo roaming indica o deslocamento de um terminal móvel entre áreas de controle de CCC’s diferentes. Ocorre quando o terminal está fora de sua área de mobilidade, ou seja, ele é um assinante visitante no sistema celular daquela região. Esta condição é sinalizada no visor do terminal celular.
Na prática podemos ter mais de uma operadora de serviços móveis atuando em uma mesma área geográfica, fato que torna necessária a interligação entre elas, no sentido de que o assinante de uma operadora possa utilizar os serviços de outra como visitante. O roaming sempre será executado quando um terminal móvel se deslocar da área de serviço de uma CCC para a de outra CCC durante a duração de uma chamada. Por esse motivo o roaming pode ocorrer, inclusive, na área de prestação de serviços de uma mesma operadora de telefonia móvel.
Ainda temos o caso em que uma chamada em roaming pode transformar-se em uma chamada de longa distância. Isto ocorre quando a CCC visitada se encontra conectada na rede de uma operadora de telefonia fixa em outro estado ou país. Nesse caso, o processo de encaminhamento da chamada

envolve outras operadoras locais e de longa distância e a tarifação da chamada se dará através de modo diferenciado.

3. Antenas

Uma ERB usa as antenas para prover a cobertura por todo tipo de área geográfica. O nível de potência variável irradiado pela antena da ERB permite que seja ajustado o tamanho das células de acordo com a densidade de usuários simultâneos em cada região particular. Assim, as antenas podem prover cobertura de vários modos. Podem permitir a cobertura em um padrão circular uniforme (omnidirecionais) ou podem possibilitar a cobertura em uma direção específica, com um ou mais elementos irradiantes (direcionais).
As antenas direcionais são mais utilizadas em áreas onde os sinais precisam estar focados em uma direção específica. Permitem ainda que os aparelhos celulares operem com níveis mais baixos de potência, porque o sinal está mais concentrado. Antenas direcionais setorizadas irradiam potências variáveis em diferentes setores e possuem dois ou mais canais de controle. Neste caso, cada seção emite um sinal, com níveis diferentes de cobertura. Já as antenas omnidirecionais irradiam potência por igual em todas as direções, possuindo apenas um canal de controle.

Figura 4 – Exemplos de antenas omnidirecional e setorial

Existem antenas “inteligentes” que usam técnicas de setorização que dividem a área de cobertura em faixas únicas de sinal. A potência do sinal dos aparelhos celulares é monitorada, apresentando um nível de recepção que será usado para a conexão da chamada. Esse sistema utiliza a tecnologia de enlace comutado que permite ao controlador da antena trocar o enlace de irradiação, proporcionando as mesmas funções de uma antena direcional no aspecto de concentração de potência, mas com a cobertura proporcionada por uma antena omnidirecional.
Para áreas de cobertura utilizando pequenas células (áreas urbanas), é utilizada uma tecnologia chamada Antena Drover Remota (RAD) e Antena de Processo de Sinalização Remota (ARPS). Essas antenas também podem ser utilizadas pelas prestadoras de serviços de TV a cabo que pretendem operar serviços de comunicação sem fio a partir da infraestrutura existente.

4. Cluster e Reuso de Freqüências

Cluster é o nome dado ao conjunto de células vizinhas que utiliza todo o espectro de freqüências disponível. Por exemplo, as células podem ser

divididas em setores gerando um padrão de plano de distribuição de freqüências. Uma configuração muito utilizada é a de cluster de sete células, com três setores e 21 faixas de freqüências como mostrado na figura seguinte:

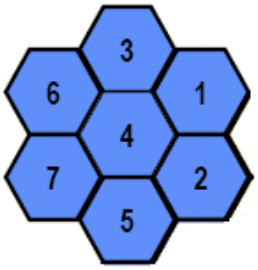


Figura 5 - Cluster de 7 células

Com a limitação do alcance de cobertura, não há interferência significativa entre as células, permitindo que as freqüências disponíveis sejam reutilizadas. A reutilização das freqüências é feita de modo que as mesmas portadoras do sinal sejam utilizadas em células diferentes, não adjacentes, de forma a não haver interferências.
Na figura seguinte temos um arranjo de 4 clusters de 7 células cada, onde está representado o conceito do reuso de frequência. As células com o mesmo número utilizam os mesmos grupos de canais e D representa a distância de reuso do canal que separa duas células pertencentes a clusters adjacentes que utilizam o mesmo conjunto de freqüências.

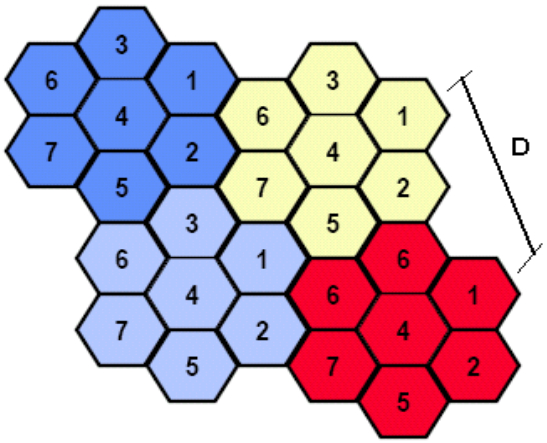


Figura 6 - Reuso de freqüências

O plano de reuso de freqüências é sobreposto a um mapa geográfico para mostrar onde serão usados diferentes grupos de canais. A forma hexagonal das células é conceitual, sendo apenas um modelo da cobertura de cada ERB. A cobertura real de uma célula é conhecida como “planta” e é determinada por medições ou estimada por modelos de propagação. A planta real de cobertura é irregular por natureza, porém um formato regular de célula é necessário para o planejamento sistemático. Embora pareça natural a escolha de um círculo para representar a área de cobertura de uma estação base, a superposição de círculos adjacentes sobre um mapa gera áreas descobertas (gaps) ou regiões de sobreposição.

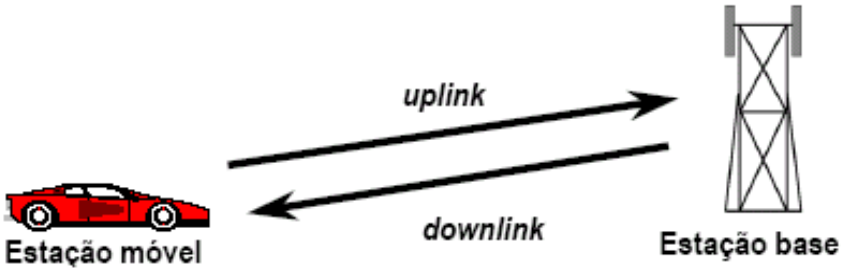
No esquema de reutilização das freqüências, o número pelo qual se consegue dividir a banda é conhecido como fator de reaproveitamento e desse número é extraído o número de células diferentes que podem ser adjacentes sem interferências que inviabilizem o sistema. Usando N para designar o número de células diferentes para compor um cluster de células a serem arranjadas de modo a cobrir toda uma área e com reuso de freqüências, teremos:

- Para N = 7, com 416 canais de 30KHz na banda A, teremos 416/7 = 60 freqüências disponíveis, que formam cada sub-canal de 30KHz. Os clusters são distribuídos na área de cobertura, distanciando as células de mesmo tipo e com as mesmas freqüências, evitando a interferência mútua.

Deve-se observar que um valor grande de N indica que a razão entre a distância entre células adjacentes e o raio das células é grande. Por outro lado, um pequeno valor de tamanho de cluster indica que as células de canais adjacentes estão localizadas muito mais próximas entre si. O diâmetro médio das células gira na faixa de 500 metros até 10Km. Como há um número limitado de canais de rádio disponíveis em cada célula, o sistema suporta um número limitado de chamadas simultâneas. Com a redução da área de cobertura (micro células) e as freqüências disponíveis na banda divididas entre essas células menores, mais chamadas são suportadas com o reaproveitamento das mesmas freqüências em células diferentes e distantes entre si.

4.1. Alocação de Bandas

Originalmente, a telefonia celular tem reservados 50MHz na banda de 800MHZ. Essa faixa é dividida em duas bandas denominadas respectivamente bandas A e B com o objetivo de permitir que duas operadoras diferentes de serviços celulares pudessem operar na mesma área de cobertura usando a mesma banda do sistema AMPS. Como os aparelhos celulares podem operar em toda a faixa do sistema AMPS, não há problemas em operar na banda A ou B.
Com a digitalização das redes celulares, surgiram novos sistemas como o TDMA, o CDMA e o GSM, que são incompatíveis entre si. Para compatibilizar esses sistemas são utilizados os canais da faixa AMPS, comum aos sistemas TDMA e CDMA, de forma analógica, como meio de roaming entre os sistemas.
A banda completa do sistema AMPS pode suportar até 416 circuitos de voz, divididos em duas bandas. Na banda de 824MHz a 849MHz, existem 416 canais de voz de 30MHz, para a comunicação entre terminais móveis e ERB. O canal de voz no sentido do terminal móvel para ERB é denominado RVC (Reverse Voice Channel) ou canal de uplink. Existe uma banda de guarda de 20MHz e então começa a faixa de 869MHz até 894MHz onde estão outros 416 canais de voz de 30MHz, para a comunicação entre ERB e os terminais móveis. O canal de voz no sentido entre ERB e terminal móvel é chamado FVC (Forward Voice Channnel) ou canal de downlink.



Banda	*uplink* (MHz)	*downlink* (MHz)
A	824 - 835	869 - 880
	845 - 846,5	890 - 891,5
B	835 - 845	880 - 890
	846,5 - 849	891,5 - 894

Figura 7 - Alocação das bandas A e B

5. Tecnologias Móveis

Diferentes tipos de sistemas celulares empregam diversos métodos de acesso múltiplo. O sistema celular analógico, assim como os baseados em AMPS (Advanced Mobile Phone Service) e TACS (Total Access Communications System standards), utilizam o acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA). Os principais padrões de tecnologia para sistemas celulares de primeira geração (1G) são apresentados a seguir.

5.1. AMPS - Advanced Mobile Phone Service

O AMPS foi o padrão dominante para os sistemas celulares analógicos de primeira geração. Foi desenvolvido pelos Laboratórios Bell da AT&T e os primeiros sistemas entraram em operação em 1983 nos Estados Unidos sendo adotado pelo Brasil e vários outros países. A comunicação entre terminal móvel e ERB é feita na faixa de 800MHz através de sinais analógicos em canais de 30KHz.

5.2. FDMA (Frequency Division Multiple Access)

No FDMA (Frequency Division Multiple Access - Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência), a faixa de transmissão é dividida em canais, que são atribuídos aos usuários através de um processo de consignação por demanda, ou seja, em uma ERB o usuário pode utilizar qualquer um dos canais que esteja desocupado no instante considerado. Os canais de voz em cada um dos sentidos de transmissão são ocupados por sinais modulados em frequência (FM). Essa técnica somente se aplica aos sistemas analógicos.
Neste sistema, o espectro total de freqüências é subdividido em canais de 30KHz de largura, cada qual com um canal de comunicação em um único sentido. Comparativamente, no sistema de telefonia fixa, cada canal analógico ocupa uma faixa de 4KHz em cada um dos sentidos de comunicação.

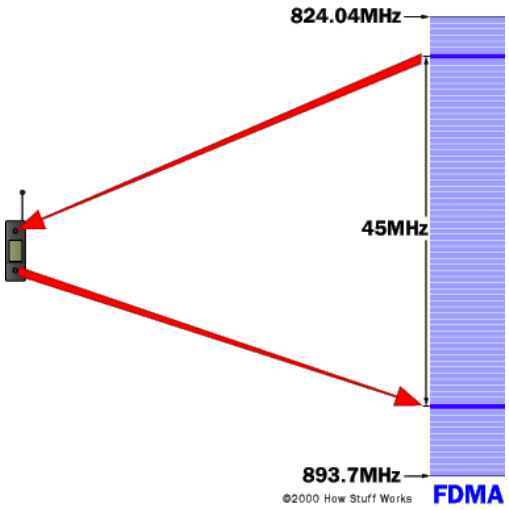


Figura 8 - Sistema FDMA

5.3. Sistemas Digitais de Segunda Geração (2G)

Os sistemas celulares digitais de segunda geração (2G) permitem o compartilhamento das freqüências por diversos usuários simultaneamente. As tecnologias digitais mais utilizadas atualmente são a CDMA, TDMA e GSM.

5.3.1. CDMA (Code Division Multiple Access)

O CDMA (Acesso múltiplo por Divisão de Código), padronizado pelo IS 95, é um termo genérico que descreve uma interface baseada no acesso múltiplo por divisão de código. Utiliza uma técnica de acesso múltiplo por espalhamento espectral (spread spectrum) conhecida como Sequência Direta - DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access).
No lugar de dividir a banda disponível em canais que seguem um padrão de reuso de freqüências, o CDMA consegue atingir uma grande capacidade de usuários pela utilização da técnica de Spread Spectrum onde cada comunicação utiliza um código de espalhamento espectral de sinal diferente. Nesse caso, o número de usuários em uma célula é limitado pelo nível de interferência presente que é administrado através do controle de potência e outras técnicas. O objetivo é diminuir a interferência em células adjacentes que utilizam a mesma banda de freqüências, mas de códigos diferentes.

5.3.1.1. Spread Spectrum

Essa técnica se refere à tecnologia de espalhamento do sinal modulado no espectro de freqüências que consiste em combinar o sinal de informação com um código que possui uma taxa bem superior. O resultado é o espalhamento da informação em uma banda de freqüências bem maior.
No CDMA, uma sequência de código distinta é atribuída a cada usuário e todos os usuários utilizam a mesma faixa de frequência. São enviadas várias transmissões sobre uma mesma faixa de freqüências sem multiplexação no tempo. Em vez disso, um código digital único é gerado a partir de cada canal de voz a ser transmitido.

A largura de faixa ocupada por um sinal digital é função direta de sua taxa de bits, ou seja, quanto maior a taxa, maior largura de banda será necessária, desde que se mantenha o tipo de modulação. O CDMA propaga as transmissões na faixa de frequência disponível que por sua vez, é dividida em bandas de 1,23MHz de largura e cada uma dessas bandas suporta, teoricamente, até 64 canais para sinalização e voz.

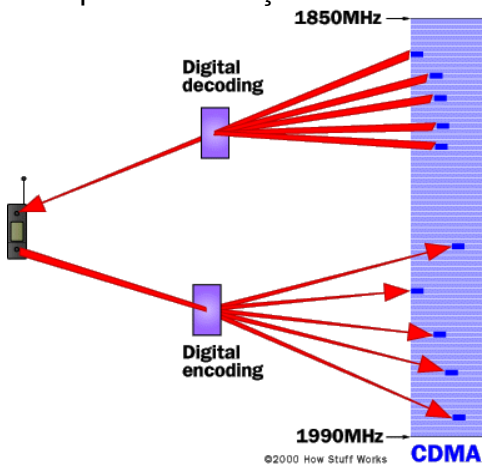


Figura 9 – CDMA

5.3.2. TDMA (Time Division Multiple Access)

O TDMA (Acesso múltiplo por Divisão de Tempo), padronizado pelo IS 54 e, posteriormente, aperfeiçoado pelo IS 136, é um padrão desenvolvido para aumentar a capacidade de sistemas AMPS pelo aumento do número de usuários compartilhando o canal de 30 kHz. A utilização de canais digitais de comunicação entre terminal móvel e ERB permite que até 3 usuários compartilhem um mesmo canal pela utilização de diferentes slots de tempo. No TDMA cada usuário dispõe de toda a faixa de frequência durante um determinado período de tempo denominado slot (janela). A faixa de frequência disponível é dividida em bandas de 30KHz de largura.

Os sistemas baseados em TDMA normalmente iniciam com uma fatia do espectro, chamada de portadora, e cada portadora é então dividida em intervalos de tempo (time slots). Um time slot particular é designado a um assinante em uma portadora, o qual somente pode enviar ou receber informação no respectivo intervalo, independente dos outros “time slots” estarem ou não sendo usados. O fluxo de informação não é contínuo para qualquer usuário, e sim enviado ou recebido através de rajadas (burst). Os bursts são remontados no receptor e aparentam continuidade devido à velocidade do processo.

A tecnologia de acesso compartilhado TDMA é usada como interface nas comunicações digitais para dividir cada canal celular em três ou mais intervalos de tempo. O TDMA é usado pelos sistemas D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System), GSM (Global System for Móbile Communication) e pelo PDC (Personal Digital Celular).

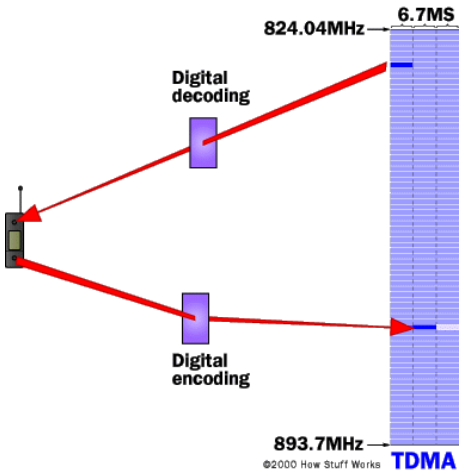


Figura 10 – TDMA

5.4. Sistemas digitais 2,5G

A tecnologia móvel 2.5G serviu de transição entre os sistemas de segunda geração (2G) e os sistemas de terceira geração (3G). Nos sistemas 2.5G foram introduzidos alguns serviços, que são hoje bastante populares, como por exemplo o SMS, GPRS, EDGE ou High Speed Circuit Switched Data.

5.4.1. GSM - Global System for Mobile Communication

O GSM, originalmente conhecido como Groupe Special Mobile, é um padrão digital desenvolvido na Europa para substituir os diferentes padrões analógicos utilizados pelos países europeus nas faixas de 800 e 450MHz.
O sistema GSM iniciou sua operação em 1992, inicialmente na faixa de freqüências de 935-960MHz para recepção e 890-915MHz para transmissão. Posteriormente surgiu uma versão para as faixas de 1800MHz e 1900MHz. A arquitetura GSM suporta uma estrutura de células de áreas reduzidas e baixa potência.
A principal diferença entre as redes celulares baseadas no padrão GSM e as demais redes celulares está na arquitetura funcional. Enquanto o padrão convencional utiliza três níveis (Estação Móvel, ERB e CCC), o padrão GSM subdivide a ERB, que nesse caso recebe o nome de Sistema de Estação Base (BSS), em Estação Base Transceptora (BTS), Estação Base Controladora (BSC), mais a Central de Comutação e Controle (MSC) e o Terminal Móvel (MS), totalizando quatro níveis.

- **Terminal Móvel -** O terminal móvel GSM (Mobile System – MS) é representado por um cartão inteligente designado por SIM Card (Subscriber Identify Module). O cartão SIM possui um código de identificação único mundial (IMSI), assim como o próprio terminal móvel (IMEI). Estes códigos são independentes permitindo uma maior mobilidade e uma segurança pessoal contra o uso não autorizado.

- **Sistema de Estação Base -** Este sistema encarrega-se do controle de ligação rádio com a estação móvel. É dividido em duas partes: a Estação Base Transceptora (BTS) e a Estação Base Controladora (BSC). A comunicação entre estas duas estações permite a operação entre componentes realizada por diferentes fornecedores. A BTS aloja os receptores / transmissores de rádio que definem a célula e suportam os protocolos de ligação rádio com a estação móvel.

- **Estação Base controladora -** A BSC gerencia os recursos para uma ou mais BTS's, tais como, configuração dos canais rádio, saltos de frequência e transição entre células (handoff). A BSC realiza a conexão entre as estações móveis (celulares) e o centro de serviço de comutação móvel (MSC).

- **Subsistema Rede -** O seu principal componente é o MSC (equivalente a CCC), que se encarrega de fazer a comutação de chamadas entre estações móveis ou entre uma estação móvel e um terminal fixo. Comporta-se como um nó de comutação e adicionalmente providencia toda a funcionalidade necessária para o tratamento de um assinante móvel, realizando o registro, autenticação, atualização da localização, transição entre células e gerenciamento de assinante em roaming. Estes serviços são providenciados em conjunto com várias entidades funcionais que juntas formam o subsistema rede: HLR, VLR, EIR, AUC e GMSC. O HLR, o VLR e o MSC, em conjunto, providenciam as capacidades de roaming do GSM.

- **HLR e VLR -** O HLR (Home Location Registrer) é o registro de localização da unidade móvel local e contém toda a informação administrativa de todo o assinante registrado na correspondente rede de GSM, juntamente com a localização da estação móvel. A localização da estação móvel está geralmente na forma do endereçamento do VLR (Visitior Locantion Registrer). As informações fornecidas pelo Registro de Localização de Visitante são necessárias para controlar a chamada e providenciar os serviços de cada assinante, situada dentro de uma determinada área de controle. Outros dois registros são usados para segurança e autenticação.

- **EIR e AUC -** O EIR é o registro de identidade dos equipamentos GSM, sendo formado por uma base de dados que contém listagens de todos os equipamentos móveis válidos na rede, onde todas as estações móveis são identificadas pelo IMEI. Um terminal IMEI é considerado como inválido se declarado como roubado ou incompatível com a rede. O AUC é a central de autenticação do sistema, formado por uma base de dados protegida que guarda uma cópia do código de cada SIM, usado para autenticar e encriptar através do canal de rádio.

- **GMSC -** O GMSC é o gateway de comutação e controle para os serviços móveis que permite a conexão de chamada entre o sistema GSM e outras redes como, por exemplo, a rede de telefonia fixa.

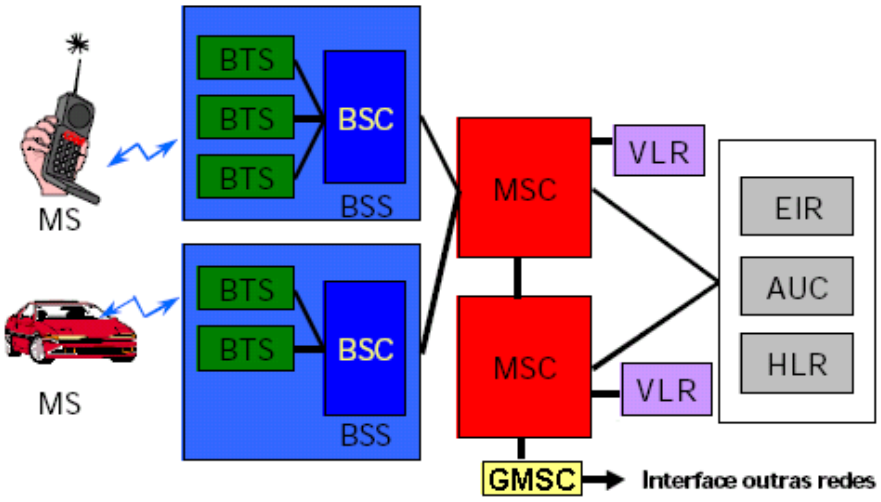


Figura 11 – Estrutura básica do sistema GSM

5.5. Sistemas Celulares Digitais (3G)

Os sistemas de comunicações móveis mais recentes são conhecidos como de terceira geração, ou simplesmente 3G. Tais sistemas têm como objetivo a evolução em direção aos Sistemas de Telecomunicações Móveis Universais – UMTS (Universal Móbile Telecommunications System) para prover um padrão universal de comunicações pessoais. As entidades de padronização dos novos sistemas 3G são a ITU-R (International Telecommunications Union – Radiocommunications Sector) e o ETSI (European Telecommunications Standard Institute).

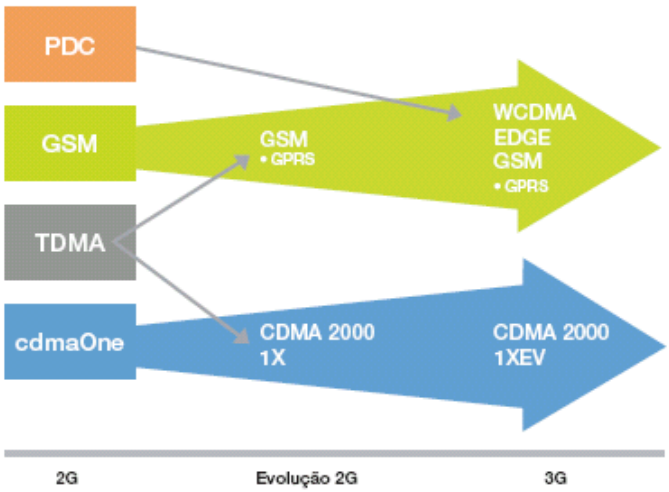


Figura 12 - Evolução para tecnologias 3G

A ITU-R não define a 3G em termos de largura mínima do canal ou alocação do espectro de freqüências, mas de acordo com a taxa mínima de dados. De acordo com a ITU-R, as interfaces da tecnologia 3G devem ser capazes de aceitar taxas de dados iguais ou superiores a 144Kbps.

5.5.1. CDMA2000

A tecnologia CDMA2000 é a tecnologia de terceira geração que oferece, em relação às tecnologias existentes, o dobro da capacidade de voz e proporciona velocidades de dados de até 307Kbps.

5.5.2. WCDMA

O WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access – Acesso Múltiplo por Divisão de Código de Banda Larga) é uma tecnologia de alta eficiência para o tráfego de comutação de pacotes e de circuitos. Provê maior capacidade e velocidades de dados mais altas para os serviços existentes de voz e dados, bem como para os novos serviços avançados da Internet Móvel.

5.5.3. EDGE

O EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution - Velocidades de Dados Melhoradas para a Evolução Global) é um conjunto normalizado de melhorias à interface de rádio GSM que provê o mesmo tipo de serviços 3G que provê WCDMA, mas com menores velocidades de transferência de dados.
O EDGE oferece maiores velocidades de dados e um aumento da eficiência espectral em relação ao GPRS. Por exemplo, em lugar de usar GPRS, uma operadora pode aumentar em cerca de três vezes o número de assinantes ou triplicar a velocidade de dados utilizando o EDGE.

5.5.4. GPRS

O GPRS (General Packet Radio Service - Serviço geral de Pacotes por Rádio) é uma tecnologia que permite o envio e recepção de informações através de uma rede de telefonia móvel. Também conhecido por GSM-IP, situa-se no topo da arquitetura da rede GSM, oferecendo velocidades entre 56Kbps e 170Kbps.
O GPRS não possui nenhum componente de voz, mas oferece suporte para o transporte de informações através da rede móvel. A tarifação é feita apenas sobre tempo de utilização e não pelo tempo da conexão. As taxas de transferência oferecidas pelo GPRS tornam possível aos usuários aplicações de streaming de vídeo, recursos de multimídia e WAP etc., utilizando para esse fim dispositivos móveis compatíveis.
A tecnologia GPRS permite às redes celulares uma maior velocidade e largura de banda sobre GSM, melhorando as capacidades de acesso móvel à Internet. Porém, é importante salientar que a tecnologia GPRS não é projetada exclusivamente para utilização em redes móveis, baseadas no padrão GSM. O padrão IS-136 TDMA também suporta GPRS.

5.6. Sistemas 4G

Devido à crescente necessidade de haver possibilidade de obter um grande volume de informação rapidamente, as redes são obrigadas a evoluir. É devido a este motivo que se dá esta constante procura de novas tecnologias, de

maneira a conseguir obter informação em qualquer lugar, a qualquer hora, rapidamente.
A sigla LTE significa Long Term Evolution, evolução a longo prazo, e é uma tecnologia móvel também conhecida como a 4ª Geração ou 4G. A rede LTE foi criada após as redes GSM, UMTS sendo assim baseada nestas. O LTE é uma tecnologia que foi criada com base no GSM e WCDMA. A tecnologia prioriza o tráfego de dados em vez do tráfego de voz, como acontecia em gerações anteriores. Isso proporciona uma rede de dados mais rápida e estável.
A rede LTE foi testada publicamente pela primeira vez em 2009 pela empresa Telia Sonera na Suécia e naFinlândia e após este primeiro teste foi também implementada nos Estados Unidos, em 2010, pela empresa Verizon Wireless e na Índia, em 2012, pela empresa Airtel.
A tecnologia LTE veio abrir o leque e aperfeiçoar os atributos das redes usadas anteriormente:

- A velocidade de download e upload das redes móveis atingindo picos de velocidade extremamente altos (velocidades na ordem dos 300 Mbps de download e 75 Mbps de upload);
- A diminuição do tempo de latência;
- Suporta todas as bandas, independentemente da sua frequência, o que significa que pode trabalhar em conjunto com outras redes;
- Capacidade de *multitasking* enquanto mantém um grau de segurança elevado.

<table>
<tr><td>Mobile standards</td><td colspan="2">3GPP</td><td>Qualcomm</td><td>China</td><td>IEEE</td></tr>
<tr><td>Carriers using:</td><td colspan="2">AT&T and T-Mobile US, majority of global carriers</td><td>Sprint, Verizon Wireless</td><td>China Mobile</td><td>Sprint</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2G:
digital + data services</td><td colspan="2">GSM: 2G</td><td rowspan="3">CDMAOne</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">GPRS: 2.5G</td></tr>
<tr><td colspan="2">EDGE: 2.75G</td></tr>
<tr><td rowspan="6">3G:
at least 200 kbps

iPhone 4 currently delivers up to 7.2Mbps down, 5.8Mbps up</td><td>Release 4</td><td>UMTS 3G</td><td>CDMA2000 EVDO rev 0</td><td rowspan="5">TD-SCDMA (up to 2Mbps)</td></tr>
<tr><td>Release 5</td><td>HSDPA 3.5G (to 21Mbps down)</td><td>CDMA2000 EVDO rev A (up to 3.1Mbps down, 1.8 up)</td></tr>
<tr><td>Release 6</td><td>HSUPA 3.5G (to 5.8Mbps up)</td><td rowspan="4">EVDO Rev C / Ultra Mobile Broadband Canceled:

Sprint moving to WiMAX, Verizon moving to 3GPP LTE</td><td rowspan="3">Mobile WiMAX 3.9G (4 Mbps cap on EVO "4G")</td></tr>
<tr><td>Release 7</td><td>HSPA+ 3.5G</td></tr>
<tr><td>Release 8/9</td><td>LTE 3.9G</td></tr>
<tr><td>4G:
at least 100 Mbps, IP-based</td><td>Release 10</td><td>LTE Advanced</td><td>TD-LTE</td><td>WiMAX 4G</td></tr>
</table>

Figura 13 - Evolução dos padrões de telefonia móvel