

# Redes sem Fio

Tecnologia em Redes de Computadores  
Prof. Macêdo Firmino

Introdução a Rede de Telefonia (2)

## Início...

Nos início da telefonia móvel utilizava-se apenas a comunicação analógica de voz. Normalmente, utilizavam poucos canais e muitas vezes os usuários tinham de esperar muito tempo antes de conseguirem uma possível conexão.

Não era baseado em células. Devido à alta potência do transmissor, os sistemas adjacentes tinham de estar a diversos quilômetros de distância uns dos outros para evitar interferência.

Devido a esses problemas, foram as primeiras tecnologia de comunicação móvel (1G). Dentre elas, se destacaram:

- AMPS (Advanced Mobile Phone System): América do Norte e Austrália;
- TACS (Total Access Communication System): Reino Unido;
- NMT (Nordic Mobile Telecommunications System): países nórdicos, Suíça, Holanda, Europa Oriental e Rússia;
- NTT (Nippon Telephone & Telegraph): Japão.

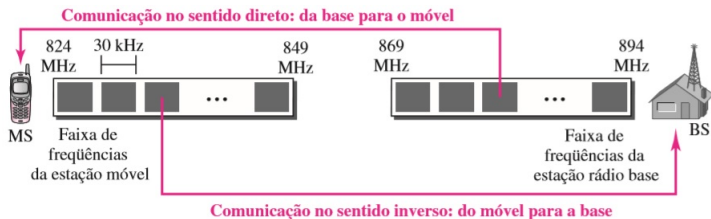
Entretanto, nenhuma tecnologia se tornou dominante.

Desenvolvido pelo Bell Labs nos Estados Unidos (1979) entrou em operação naquele país em 1983. Ele foi padronizado para a frequência de 800 MHz alocada nos Estados Unidos para sistemas celulares.

AMPS é um sistema de telefonia celular analógico que usa o FDMA com modulação FM e FSK. Ele trouxe o conceito de utilização de células para reutilização de frequências.

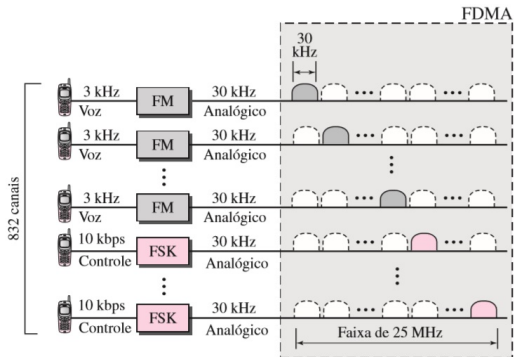
# AMPS

O AMPS utiliza o múltiplo acesso por divisão de frequência (FDMA). Para o atendimento a uma mesma ligação telefônica na modalidade full-duplex foi utilizada uma banda de 30 kHz para um sentido (transmissão da radiobase para o móvel) e outra banda de 30 kHz no outro sentido (transmissão do móvel para a radiobase). A faixa entre 824 e 840 MHz é responsável pela comunicação no sentido inverso; a faixa de frequências entre 869 e 894 MHz é responsável pela comunicação no sentido direto.



# AMPS

Cada faixa de frequências (transmissão e recepção) era dividida em 832 canais. Entretanto, dois provedores podem compartilhar a mesma área, o que significa 416 canais para cada provedor. Desses 416 canais, 21 são usados para controle, restando 395 canais para voz.



# AMPS

O AMPS utilizava a o conceito de células com um fator de reutilização de frequências igual a 7.

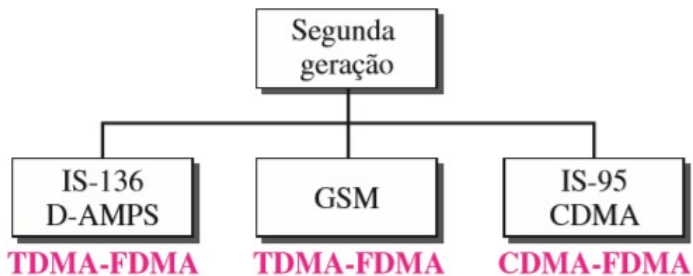
O AMPS usa FM e FSK para modulação. Os canais de voz são modulados usando-se FM e os canais de controle utilizam FSK para criar sinais analógicos de 30 kHz.

No AMPS, um canal de voz é alocado e permanece dedicado a uma chamada durante toda a sua duração.

Os sistemas de segunda geração de telefonia móvel celular foram introduzidos no início da década de 1990. Os sistemas 2G agora foram projetados para trabalhar com voz digitalizada, visando maior qualidade em sistemas móveis (sujeito a menos ruídos).

Os sistemas 2G utilizam modulações digitais e técnicas de múltiplo acesso TDMA (Time Division Multiple Access) e CDMA (Code Division Multiple Access).





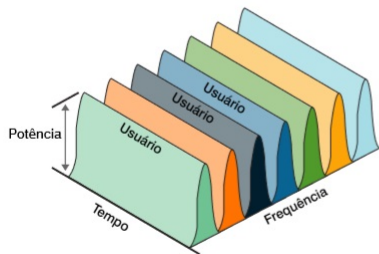
o D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System) foi uma evolução do sistema AMPS analógico para um sistema digital. O D-AMPS foi desenvolvido para ser compatível com o sistema AMPS anterior. Isso significa que, em uma célula, um telefone pode usar AMPS e outro, o D-AMPS. Sendo assim, o D-AMPS opera na mesma faixa de frequência de 800 MHz do sistema anterior.

## D-AMPS

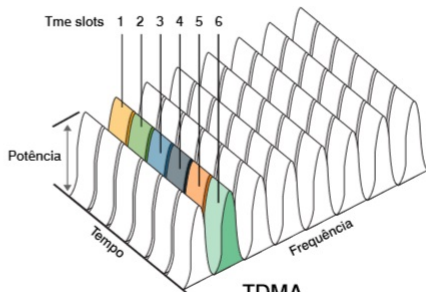
Cada canal de voz é digitalizado utilizando-se uma técnica de compressão e PCM.

Assim como no AMPS, o D-AMPS compartilha de uma largura de faixa de 25 MHz. Esta largura de faixa é dividida em canais de 30 KHz, através da técnica de múltiplo acesso na frequência FDMA. Nestes canais de 30 KHz será alocado um quadro (ou frame) formado por 6 time slots. A formação deste quadro se dá através da técnica de múltiplo acesso no tempo (TDMA).

## D-AMPS - Múltiplo Acesso



FDMA

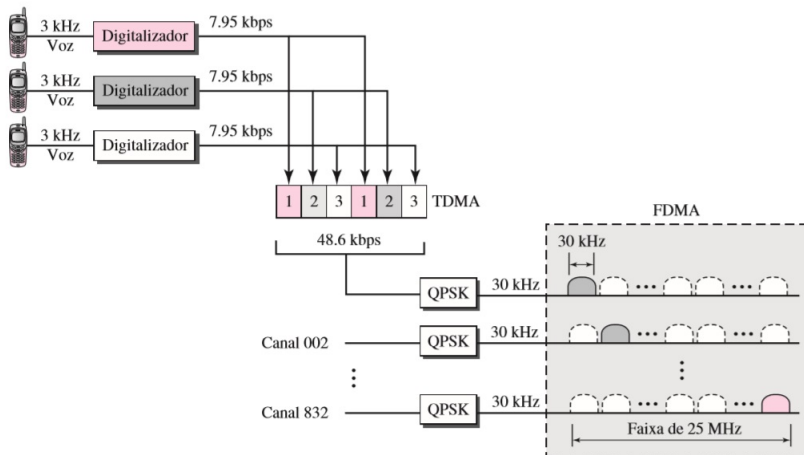


TDMA

No quadro composto por 6 time slots, pode-se alocar até três usuários, pois cada usuário ocupará um par de frequências. Modulando este sinal digital em QPSK.

Um canal de voz é digitalizado para 7,95 kbps. Três canais de voz digital de 7,95 kbps são combinados usando-se TDMA.

# 2G - D-AMPS



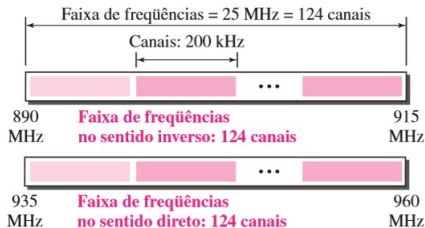
## 2G - GSM

O GSM (Global System for Mobile Communication) é um padrão europeu que foi desenvolvido para oferecer a tecnologia de segunda geração de telefonia móvel celular para toda a Europa. O objetivo era o de substituir uma série de tecnologias de primeira geração incompatíveis entre si.

O sistema foi desenvolvido para trabalhar na banda dos 900 MHz.

## 2G - GSM

O GSM usa duas faixas de frequência para comunicação dúplex. Cada faixa tem largura de 25 MHz. O canal no GSM possui uma largura de faixa de 200 KHz (contra 30 KHz do D-AMPS). Verifica-se então, que com este aumento na largura do canal obtêm-se 124 canais de voz para o sistema mediante acesso múltiplo na frequência (FDMA).



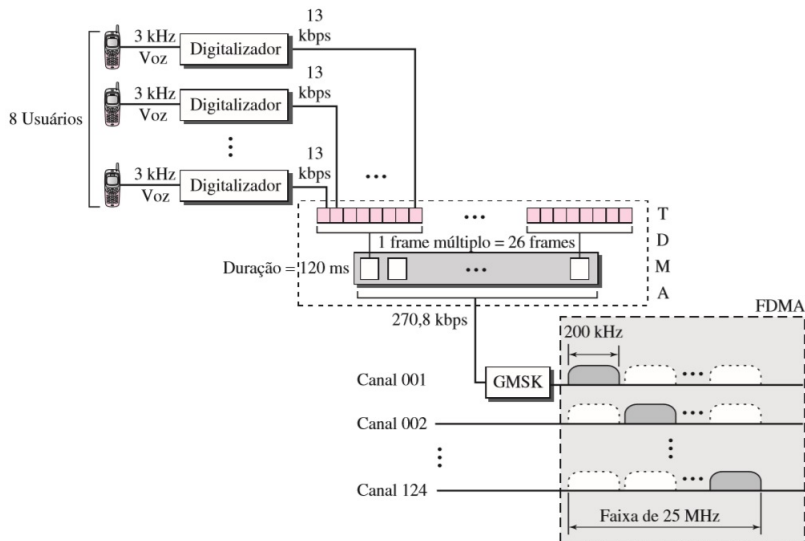


## 2G - GSM

Cada canal de voz é digitalizado e comprimido em um sinal digital de 13 kbps. Cada canal deste aloca, utilizando TDMA, um "super quadro" composto por 26 frames, de 8 time slots cada um.

Cada canal digital de 270,8 Kbps modula uma portadora mediante uma modulação GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), uma modificação do FSK.

# 2G - GSM



## 2G - IS-95 (CDMAOne)

Outro padrão utilizado no 2G foi o IS-95 que utiliza a técnica de múltiplo acesso CDMA (*Code Division Multiple Access*) com DSSS e FDMA. No CDMA a alocação dos usuários é realizada por código. Nela é possível extrair o sinal desejado e rejeitar todos os outros como ruído aleatório, mesmo estando na mesma faixa de frequência.

As frequências de operação foram padronizadas para utilização nos Estados Unidos, onde contemplam as faixas de 800 MHz, 1,8 GHz e 1,9 GHz. No Brasil tem sido utilizada a faixa de 800 MHz.

Pergunta???

Qual a diferença entre CDMA, TDMA e FDMA?

## 2G - IS-95 (CDMAOne)

Para compreender a diferença entre esta CDMA, TDMA e FDMA:  
“Considere um saguão de um aeroporto com muitos pares de pessoas conversando. Com o **TDMA**, todas as pessoas estariam no meio do saguão, mas conversariam por turnos, um par de pessoas de cada vez. Com o **FDMA**, as pessoas formariam grupos bem separados, cada grupo mantendo sua própria conversação ao mesmo tempo, mas ainda independente dos outros grupos. Com o **CDMA**, todas as pessoas estariam no meio do saguão falando ao mesmo tempo, mas cada par de pessoas conversaria em um idioma diferente.”

## 2G - IS-95 (CDMAOne)

O CDMA (Code-Division Multiple Access) cada canal ocupa a largura de banda inteira do enlace e todas as estações podem enviar dados simultaneamente, não há compartilhamento de tempo. Ele codifica os dados com um código especial (chamado de Walsh) associado com cada canal.

Isso possibilita um aumento da capacidade no sistema celular, pois no CDMA é possível obter um padrão de reuso de 1, ou seja, é possível reutilizar a mesma frequência de portadora em todas as células em função do acesso ao canal ser no código.

## 2G - IS-95 (CDMAOne)

As faixas podem ser divididas em 20 canais de 1,228 MHz. São alocados dez canais a cada provedor de serviços. Cada canal IS-95 equivale a 41 canais AMPS ( $41 \times 30 \text{ kHz} = 1,23 \text{ MHz}$ ). Todos os canais-base precisam ser sincronizados para uso do CDMA.

O CDMA permite suportar maior quantidade de usuários (até dez vezes mais que redes AMPS), uma vez que os canais são melhor aproveitados.

# 2G - IS-95 (CDMAOne)

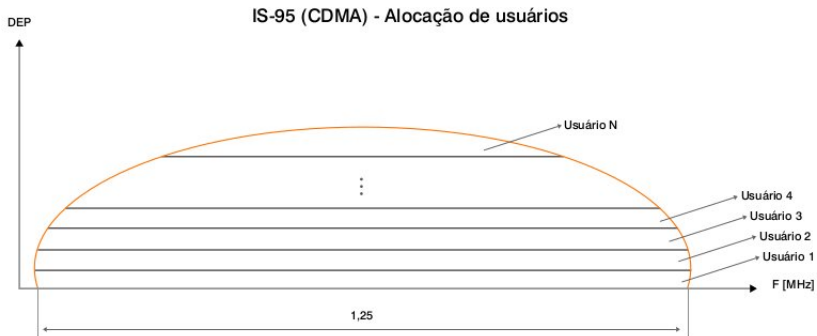


Figura 21 – Alocação de usuários no IS-95 (CDMA).

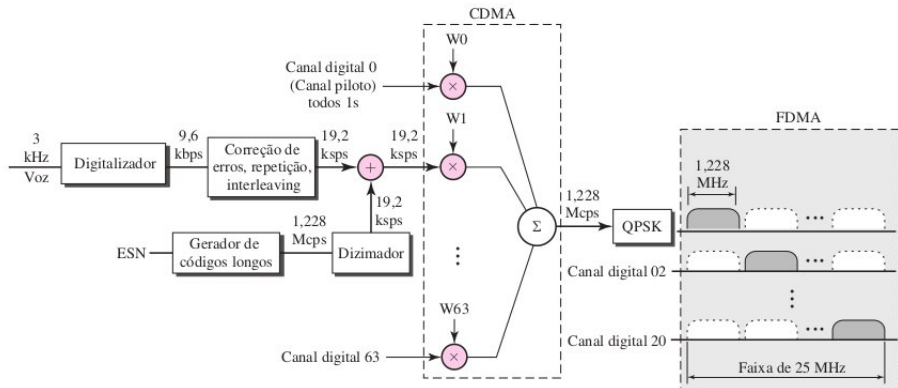


## 2G - IS-95 (CDMAOne)

O CDMA divide a comunicação em:

- Direta: comunicação ocorre da estação rádio base para a estação móvel.
- Inversa: da estação móvel para a estação rádio base.

# 2G - IS-95 (CDMAOne) - Comunicação Direta



## 2G - IS-95 (CDMAOne) - Comunicação Direta

A comunicação é sincronizada, a base envia dados de sincronização para todas as móveis. Cada canal de voz é digitalizado, produzindo dados a uma velocidade básica de 9,6 kbps. No sinal de voz é acrescentado correção de erros e repetição de bits.

São produzidos códigos que utiliza o ESN (número de série eletrônico) da estação móvel e gera  $2^{42}$  chips pseudoaleatórios, em que cada chip tem 42 bits.

## 2G - IS-95 (CDMAOne) - Comunicação Direta

A saída do gerador de códigos é alimentada em um dizimador que escolhe 1 código entre os disponíveis. A saída do dizimador é usada para codificação. A codificação é utilizada para criar privacidade dos dados.

O resultado desse conjunto de dados é combinado com os demais canais do mesmo usuários usando-se CDMA. Para cada canal de tráfego é selecionado um chip Walsh (matriz de  $64 \times 64$  linhas).

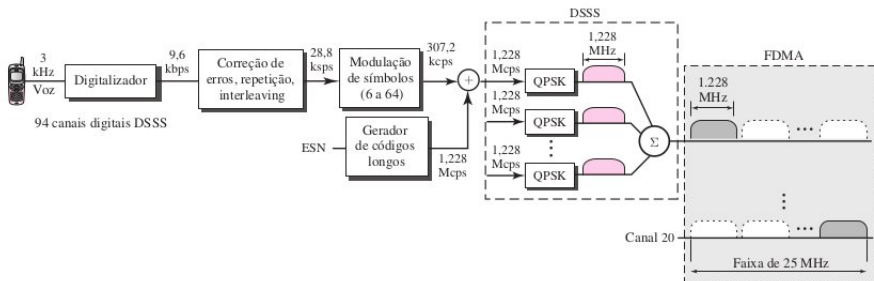
Um canal analógico cria 64 canais digitais, dos quais 55 são canais de tráfego (transportando voz digitalizada). São utilizados nove canais para controle e sincronização.

## 2G - IS-95 (CDMAOne) - Comunicação Direta

O sinal resultante dos 64 canais é alimentado em um modulador QPSK. A largura de banda resultante é deslocada apropriadamente, usando-se o FDMA.

A eficiência de utilização do espectro, ou capacidade de um sistema CDMA (IS-95), é maior que os demais sistemas existentes AMPS, TDMA (IS-136) e GSM.

# 2G - IS-95 (CDMAOne) - Comunicação Inversa



## 2G - IS-95 (CDMAOne) - Comunicação Inversa

Em vez do CDMA, os canais inversos usam DSSS (espalhamento espectral de sequências diretas).

Cada canal de voz é digitalizado e acrescentado de bits de repetição e de correção de erros. A saída passa por um modulador de símbolos 6/64. Os símbolos são divididos em seis blocos de símbolos e cada bloco é interpretado como um número binário (de 0 a 63). O número binário é usado como índice para a matriz de Walsh ( $64 \times 64$ ) para a seleção de uma linha de chips.

Note que esse procedimento não é CDMA, cada bit não é multiplicado pelos chips em uma linha. Cada bloco é substituído por um código de 64 chips. Isso é feito para diferenciar os fluxos dos chips das diferentes estações móveis.

## 2G - IS-95 (CDMAOne) - Comunicação Inversa

Espalhamento é a próxima etapa; cada chip é desmembrado em 4. Outra vez o ESN da estação móvel cria um código de 42 bits. Após o espalhamento, cada sinal é modulado usando-se QPSK.

A largura de banda resultante é deslocada apropriadamente, usando-se o FDMA.



## Geração 2,5G

Os padrões 2G foram desenvolvidos antes da massificação da Internet, ou seja, foram padrões pensados exclusivamente para o serviço de voz digital. As redes 2G só admitem taxa de dados para um único usuário na ordem de 10 Kbps, o que é inviável para a maioria das aplicação na Internet.

Dessa forma, surgiram projetos para desenvolver padrões que conseguissem oferecer serviços de dados para tecnologias 2G.

## Geração 2,5G

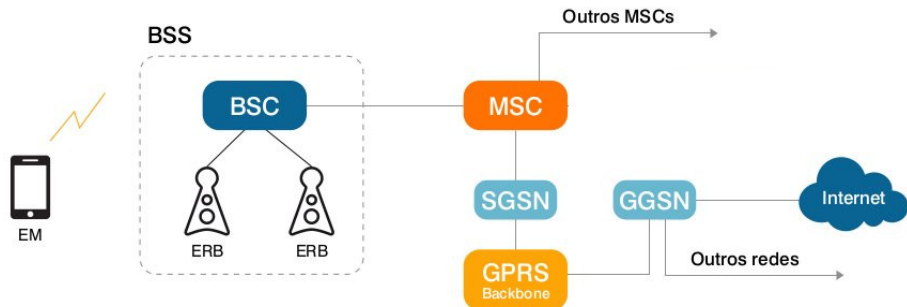
Dois padrões foram então desenvolvidos como uma evolução para o serviço de voz digital do GSM. Conseguiu-se aumentar a taxa de bits do sistema, podendo assim oferecer o serviço de dados em cima da tecnologia GSM de segunda geração. Estes padrões são o **GPRS** (*General Packet Radio Service*) e o **EDGE** (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*)

## 2,5G - GPRS

O serviço GPRS utiliza os recursos já existentes na rede GSM, porém acrescenta uma infra-estrutura para suportar a comunicação de dados que posteriormente será usada na terceira geração.

A implantação do GPRS em uma rede GSM realiza pequenas modificações na arquitetura apresentada nas antigas redes de telefonia celular.

# 2,5G - GPRS



## 2,5G - GPRS

A atualização de softwares no sistema se faz necessário, assim como a inclusão de roteadores e gateways na ERB, além de dois novos elementos na rede, que são:

- SGSN (*Serving GPRS Support Node*): mantém a conexão lógica dos usuários móveis quando estes realizam handover;
- GGSN (*Gateway GPRS Support Node*): permite a conexão com a Internet e outros tipos de redes que suportam serviços de dados.

## 2,5G - GPRS

O GPRS oferece uma rede de pacotes nos mesmos canais e banda de 200 KHz do GSM. Quando todos os oito time slots de um canal GSM são dedicados ao GPRS, um usuário individual é capaz de alcançar até 171,2 Kbps.

O GPRS trabalha com comutação de pacotes, ou seja, os canais permanecem ativos apenas quando há envio ou recebimento de dados. É por isso que as operadoras não cobra por tempo de uso do acesso à internet, mas sim por quantidade de dados transferidos.

## 2,5G - EDGE

Na EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) foi introduzido um novo esquema de modulação e de codificação de canal. Foi visto que no GSM e GPRS utiliza-se a modulação GMSK. Já no EDGE, faz-se uso da modulação 8-PSK. Esse esquema de modulação tem como principal vantagem a melhoria da eficiência espectral, ou seja, há um ganho na taxa de transmissão.

Na EDGE consegue-se alcançar uma taxa máxima em torno de 384 Kbps. Esta taxa é considerada quando um único usuário estiver usando os oito canais de rádio GSM.

## 2,5G - EDGE

Tecnologia	Serviço	Taxa
GSM	Voz/comutação de circuito	13 Kbps
GPRS	Dados/comutação de pacotes	170 Kbps
EDGE	Dados/comutação de pacotes	384 Kbps