

Redes sem Fio

Tecnologia em Redes de Computadores
Prof. Macêdo Firmino

Aula 12

Gerações na Telefonia Celular

“Para avançarmos pela vida de forma harmônica com as pessoas, devemos desenvolver a auto-estima, a capacidade de admitir erros, a responsabilidade de assumir nossos atos e, acima de tudo, a aceitação incondicional dos outros.”
(Hammed)

O que Aprenderemos?

- Entender a evolução das gerações da tecnologia celular, suas inovações e impactos na sociedade.
- Entender as principais características das tecnologias: 1G (AMPS), 2G (GSM), 2,5G (GPRS e EDGE), 3G (WCDMA), 3,5 (HSPA e HSPA+), 4G (LTE), 4,5G (LTE Advanced) e 5G.



Quais gerações da tecnologia celular você já tiveram contato? O que sabem sobre elas?



Primeira Geração (1G)

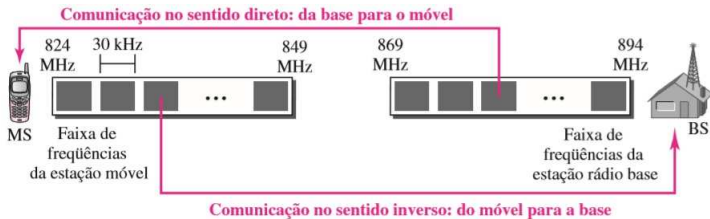
Existiram diversas tecnologia de comunicação móvel na primeira geração. Todos eles utilizavam comunicação analógica para transmissão de voz. Dentre elas, se destacaram:

- AMPS (*Advanced Mobile Phone System*): América 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.

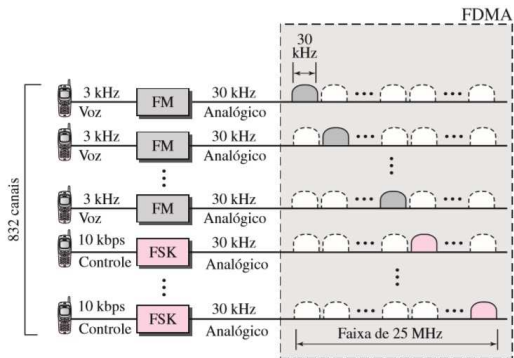


Primeira Geração (1G) – AMPS

AMPS é um sistema de telefonia celular analógico, desenvolvido nos Estados Unidos em 1979, operando na faixa de frequência de 800 a 900 MHz usando o FDMA (Múltiplo Acesso por Divisão de Frequência) com modulação FM (voz) e FSK (canais de controle). FDMA foi utilizado para evitar interferência e permitir o full-duplex pois utilizava faixas de frequência diferentes para transmissão e recepção.



Cada chamada ocupa um canal de 30 kHz de largura de banda e só tinha 832 canais. A falta de criptografia permitia que chamadas fossem facilmente capturadas por scanners de rádio. A qualidade de voz era inferior aos padrões digitais posteriores, com maior ruído e interferência. Não existia compatibilidade entre diferentes sistemas e o custo do aparelho móvel era muito alto.



Primeira Geração (1G) – AMPS

O AMPS foi um marco importante na história da telefonia celular, representando a primeira implementação em grande escala de um sistema de telefonia móvel.



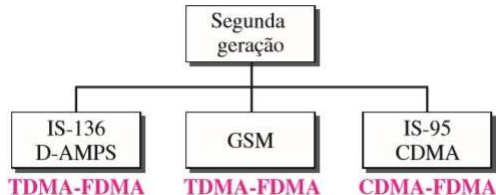
Segunda Geração (2G)

Novos desenvolvimentos e implementações de padrões para a comunicação móvel ocorreram no início da década de 1990 e foram chamadas de Segunda Geração (2G). Ele foi projetado para trabalhar com voz digitalizada, reduzindo o ruído e a interferência, proporcionando uma experiência de áudio mais clara e confiável. A 2G introduziu a criptografia de dados, aumentando significativamente a segurança das comunicações. A autenticação do usuário tornou a clonagem de telefones e a interceptação de chamadas muito mais difíceis. Introdução de SMS (Short Message Service), que se tornou extremamente popular.



Segunda Geração (2G)

Os sistemas 2G utilizam as tecnologias FDMA, TDMA (Múltiplo Acesso por Divisão de Tempo) e CDMA (Múltiplo Acesso por Divisão de Códigos) E tiveram três principais padrões:



Segunda Geração (2G) – GSM

O GSM (*Global System for Mobile Communication*) é um padrão europeu, desenvolvido na Finlândia, projetado para oferecer telefonia móvel celular para toda a Europa. O objetivo era substituir uma série de tecnologias de primeira geração incompatíveis entre si. O GSM tornou-se o sistema de telefonia móvel mais amplamente adotado em todo o mundo, estabelecendo uma base sólida para tecnologias móveis futuras. A interoperabilidade global e o roaming internacional foram facilitados pela adoção ampla do GSM.



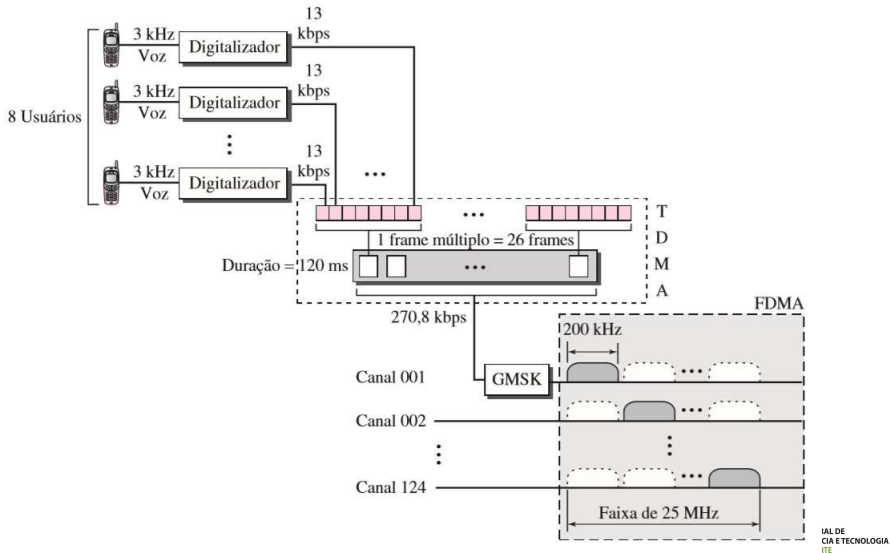
Segunda Geração (2G) – GSM

O GSM introduziu o chip. opera na banda de frequência de 900 MHz, utiliza FDMA e TDMA para acesso múltiplo e alocação de canais de transmissão e recepção. A modulação é a GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*). Cada canal de voz é digitalizado e comprimido em um sinal digital antes de transmitir.

A tecnologia GSM aumentou a qualidade das chamadas, os dados eram criptografados e obteve taxas de 9,6 Kbit/s.



Segunda Geração (2G) – GSM



Os primeiros SIM Cards foram introduzidos junto com a implantação das redes GSM no início dos anos 1990. O SIM Card armazena informações de identificação, como o IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*), que é utilizado pela rede para identificar e autenticar o assinante. Proporciona uma camada adicional de segurança, protegendo contra clonagem e acesso não autorizado. O SIM Card pode armazenar informações de contato, mensagens SMS, informações de rede e chaves de criptografia. Ele permitiu a portabilidade de telefone, ou seja, um usuário pode mudar de telefone sem perder seu número ou dados.



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 usuário na ordem de 13 Kbps, o que é inviável para a maioria das aplicação na Internet.

Dessa forma, surgiram protocolos que desenvolveram o padrões GSM para oferecer serviços de dados para comunicação móvel. Dois destes principais protocolos são:

- GPRS (*General Packet Radio Service*);
- EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*)



2,5G – Padrão GPRS

O GPRS é uma extensão da tecnologia GSM, introduzida no final da década de 1990 para proporcionar serviços de dados móveis de forma mais eficiente. Ele representou na prática uma atualização de *softwares* no sistema GSM. O GPRS pode utilizar múltiplos timeslots de canais GSM, permitindo flexibilidade na alocação de largura de banda com base na demanda e atingir velocidades de dados de até 171,2 kbps.

A rede GPRS adiciona um novo elemento à infraestrutura GSM existente, o GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) para conectar a rede GPRS à internet ou outras redes de dados.



2,5G – Padrão EDGE

O EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) é uma melhoria na tecnologia GPRS. Ele foi desenvolvido para proporcionar taxas de dados mais altas e uma melhor experiência de usuário em relação ao GPRS, sem a necessidade de uma transição completa para as redes 3G. Ele introduziu um novo esquema de modulação e de codificação de canal. O GSM e GPRS utilizam a modulação GMSK, já no EDGE, faz-se uso da modulação 8-PSK. Desta forma, o EDGE conseguiu alcançar uma taxa de transmissão de até 384 Kbps, quando todos os oito time slots de um canal GSM são dedicados.



Terceira Geração (3G)

A tecnologia 3G marcou um avanço significativo nas comunicações móveis, permitindo um acesso rápido à internet. A sua principal tecnologia foi o WCDMA (*Wide-Band Code-Division Multiple Access*), também conhecida como UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Ela é uma evolução do GSM, GPRS e EDGE.

A 3G introduziu serviços móveis avançados, como videochamadas, TV móvel, navegação GPS em tempo real e aplicações baseadas na internet móvel.

Terceira Geração (3G) – WCDMA

O WCDMA utiliza a técnica de espalhamento espectral CDMA (*Code Division Multiple Access*), onde diferentes sinais de usuários são codificados com sequências pseudoaleatórias, permitindo que vários usuários compartilhem o mesmo espectro de frequência simultaneamente sem interferência. As redes WCDMA suportam velocidades de dados de até 2 Mbps.

Uma das grandes vantagens do WCDMA é sua compatibilidade com as redes GSM existentes, permitindo que as operadoras implementem 3G sem a necessidade de substituir completamente a infraestrutura de 2G.



Terceira Geração (3G) – WCDMA

As faixas de frequência utilizadas pelo WCDMA são de 1920 a 1980 MHz (celular - estação, comunicação inversa) e 2110 a 2170 MHz (estação - celular, comunicação direta). O WCDMA utiliza como método de múltiplo acesso o CDMA de Sequência Direta (DS-CDMA), com os vários terminais compartilhando uma mesma banda de frequências mas utilizando códigos diferentes de espalhamento espectral.



Geração 3,5G

Por volta do ano de 2007, o tráfego de dados excedeu o de voz nas redes 3G WCDMA. Dessa forma, as empresas foram implementando uma série de melhorias nas redes 3G para aumentar a capacidade de dados, eficiência espectral e velocidade de transmissão. As principais tecnologias associadas à geração 3,5 são o HSPA (*High-Speed Packet Access*) e o HSPA+ (*Evolved High-Speed Packet Access*).

Com as melhorias introduzidas pelo HSPA e HSPA+, as redes móveis puderam suportar um número maior de usuários simultâneos e oferecer serviços de dados de alta qualidade, mesmo em áreas com alta densidade de tráfego.

3,5G – Padrão HSPA

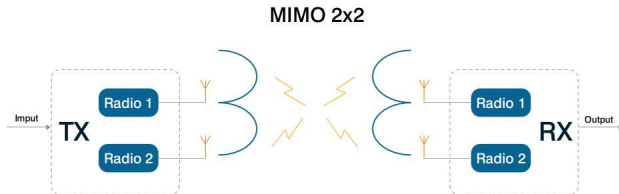
A tecnologia HSPA é uma evolução das redes WCDMA. O HSPA reduziu significativamente a latência e possibilitou a transmissão de dados de até 14 Mbps de comunicação direta (Estação para o celular) e de até 5,8 Mbps para inversa (celular para a estação).

O aumento da taxa de transmissão foi obtida pela alteração na modulações. O HSPA utiliza o conceito do enlace adaptativo. Isto é, o terminal móvel do usuário envia informações das condições do sinal. Dessa forma, a modulação passa da QPSK para 16-QAM, o que pode chegar a dobrar as taxas de transmissão.



3,5G – Padrão HSPA+

O HSPA+ acrescentou a modulação 64-QAM e o mecanismo de múltiplas antenas (chamado de MIMO), O resultado é uma taxa de de até 42 Mbps no direto (ERB para celular) e 12 Mbps no inversa.



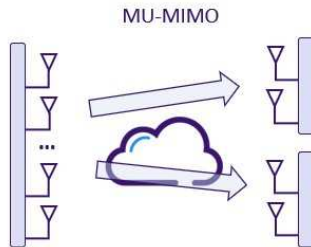
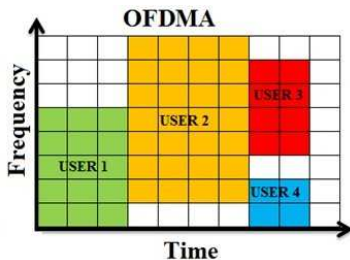
Quarta Geração (4G) – LTE

A tecnologia é o LTE (*Long Term Evolution*), surgida em 2010, que trata-se de uma evolução do núcleo da rede GSM/WCDMA. Ele mantém a compatibilidade com padrões da família GSM (GPRS, EDGE, WCDMA, HSPA e HSPA+). O LTE é baseada totalmente baseado em datagrama e implementa os serviços TCP/IP, proporcionando um baixo tempo de latência, inferior a 10 ms, velocidades de acesso entre 300 Mbps. Permite até 10.000 dispositivos por km^2 . No Brasil, a ANATEL destinou a faixa de 2,5 GHz e 700 MHz para o 4G.



Quarta Geração (4G) – LTE

O LTE utiliza a tecnologia OFDMA com controle de acesso no downlink e SC-FDMA no uplink. Utiliza a multiplexação QPSK, 16-QAM ou 64-QAM. O sistema MIMO no LTE pode ser implementado em duas configurações, sendo 2x2 ou 4x4. O OFDMA um sinal é dividido em múltiplas frequências portadoras (subportadoras) e são usado símbolos para permitir que vários usuários transmitam simultaneamente.



Quarta Geração (4G) – LTE

A tecnologia LTE apresenta ótima performance em um tamanho de célula de até 5 km, sendo possível demonstrar serviço eficaz em células com raio de até 30 km. As antenas 4G são distribuidoras, pois elas são interligadas por cabos de fibra óptica. Os roteadores das ERBs são programados para que os fluxos de dados sejam desafogados automaticamente, ou seja, identificam momentos de tráfego intenso de dados e se reorganizam para que não exista sobrecarga e queda de sistemas.

4,5G - LTE Avançado

O LTE-Advanced é uma evolução do LTE padrão (4G), oferecendo maiores velocidades de conexão que podem chegar a 3Gbps para download e 1,5Gbps para upload. Opera na faixa de 700MHz. Para aumentar a velocidade foi agregado até 5 canais de 20 MHz, totalizando uma banda de 100 MHz e utilizando MIMO de 8x8.



Quinta Geração (5G)

A quinta geração (5G) de tecnologia de redes móveis não é apenas uma evolução do 4G; ele representa uma mudança de paradigma que habilita uma nova era de comunicações móveis, com velocidades ultrarrápidas, latências extremamente baixas e capacidade massiva para suportar uma quantidade significativamente maior de dispositivos conectados.

A tecnologia 5G permitindo velocidades de acesso de até 10 Gbps (100 vezes maior do que a 4G), com latência de 1 ms (5 vezes menor que a 4G). Isso é crucial para aplicações em tempo real, como veículos autônomos, realidade aumentada/virtual (AR/VR) e telemedicina.



Quinta Geração (5G)

O 5G é projetado para suportar um grande número de dispositivos conectados simultaneamente, o que é essencial para a Internet das Coisas (IoT). Estima-se que o 5G possa suportar até 1 milhão de dispositivos por quilômetro quadrado (100 vezes mais do que o 4G), permitindo a conectividade massiva em áreas urbanas densamente povoadas.

A tecnologia 5G introduz a modulação 256-QAM, multiplexação NOMA (*Non-orthogonal multiple access*) com Massive MIMO. O 5G inclui inovações que melhoram a eficiência energética tanto da rede quanto dos dispositivos conectados.



Quinta Geração (5G)

Utiliza três possíveis faixas de frequência:

- Baixa (600 a 900 MHz, semelhante a da 4G): proporcionando velocidades de download um pouco maiores que 4G (30 - 250 Mbit/s). As torres de celular têm alcance e área de cobertura semelhantes às torres 4G.
- Média (1,7 a 4,7 GHz): permitindo velocidades de 100 - 900 Mbit/s, com cada torre de celular fornecendo serviço de até vários quilômetros de raio. Esse nível de serviço é o mais amplamente implantado atualmente.
- Alta (24 a 47 GHz): atinge velocidades de download na faixa de gigabit por segundo (Gbit/s), comparável à internet a cabo. No entanto, têm um alcance mais limitado, exigindo muitas células pequenas.

Quinta Geração (5G)

Devido ao aumento na largura de banda, espera-se que as redes 5G sejam utilizadas como provedores de serviços de internet (ISPs) para casa dos clientes (concorrendo com os provedores locais, como internet a cabo), e também possibilitarão novas aplicações em internet das coisas (IoT) e cidades inteligentes.



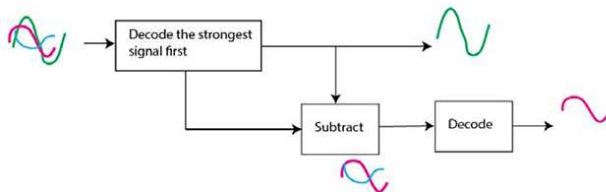
Quinta Geração (5G)

A tecnologia NOMA permite que múltiplos usuários compartilhem os mesmos recursos de frequência e tempo, mas com diferentes níveis de potência, a fim de melhorar a eficiência espectral e a capacidade da rede. Isso é feito através da superposição de sinais com diferentes níveis de potência, e a separação dos sinais é realizada no receptor.

No NOMA, os usuários mais próximos da estação base, que possuem melhores condições de canal, recebem sinais com menor potência, enquanto os usuários mais distantes, com condições de canal piores, recebem sinais com maior potência. Isso garante que o sinal de cada usuário possa ser decodificado com sucesso.

Quinta Geração (5G)

No receptor, o processo de decodificação dos sinais sobrepostos é feito usando cancelamento de interferência sucessiva (SIC). O sinal com maior potência é decodificado primeiro, subtraído do sinal total, e depois o sinal de menor potência é decodificado. Isso permite que múltiplos usuários sejam atendidos no mesmo recurso espectral, aumentando a eficiência espectral.



Dúvidas



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE