

# Network Infrastructures — Mobile Networks: Evolution to 5G

Beatriz Monteiro, Pedro Sousa e Telmo Maciel

Universidade do Minho, Departamento de Informática, 4710-057 Braga, Portugal  
e-mail: a95437,a95826,a96569@alunos.uminho.pt

**Resumo** Neste ensaio iremos explorar a avanço da tecnologia focando-nos principalmente na evolução do 1G para o 5G, exploraremos algumas especificações técnicas

## 1 Introdução

Hoje em dia, o cidadão comum não se precisa de preocupar com a velocidade da internet para acessar qualquer conteúdo, na maior parte das situações. Este não era o caso há algum tempo atrás, tendo a evolução da internet facilitado bastante o nosso estilo de vida.

### 1.1 Evolução: 1G até 5G

*1G (First Generation)* A primeira geração de redes sem fios foi lançada em 1979 com o objetivo de oferecer serviços de chamada de voz, através de um sistema analógico básico. As tecnologias desta geração incluíam AMPS (Advanced Mobile Phone System), NMT (Nordisk MobilTelefoni or Nordic Mobile Telephone), TACS (Total Access Communications System), e C-Netz (Funktelefonnetz-C or Radio Telephone Network C). As redes 1G eram baseadas na tecnologia FDMA (Frequency Division Multiple Access) e tinham largura de banda 30kHz. No entanto, esta geração tinha algumas desvantagens, tais como baixa qualidade e segurança, apenas limitada a comunicações por voz, e sistemas incompatíveis devido à inexistência de uma convenção internacional unificada.

*2G (First Generation)* A segunda geração de redes sem fios é digital, e substituiu as redes 1G. Estas redes permitiam chamadas de voz altamente seguras, mensagens SMS, e rede móvel limitada. A tecnologia mais usada para as redes de segunda geração era GSM (Global System for Mobile Communications), com uma largura de banda de 200kHz. Esta geração estabeleceu uma convenção internacional para as redes de comunicação, o que ajudou expandir esta tecnologia para o mundo inteiro.

*3G (Third Generation)* As tecnologias que possibilitam o 3G são UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) e CDMA2000 que é baseada na tecnologia CDMA (Code Division Multiple Access). UMTS é a tecnologia 3G para o GSM, e o CDMA2000 é a tecnologia 3G para o IS-95 (primeira rede sem fios baseada em CDMA, também suporta rede móvel). Os sistemas desta geração introduziram acesso à Internet altamente rápido, e capacidades de streaming de vídeo e áudio avançadas.

*4G (Fourth Generation)* A quarta geração foi introduzida comercialmente em 2009 e adicionou frequências nos 0.6, 0.7, 1.7, e 2.1 GHz. Redes 4G podiam alcançar velocidades de 400Mbps, o que facilitou o desenvolvimento de video-jogos, streaming e video-conferências. Além disso, 4G LTE (Long Term Evolution) reduziu a latência e aumentou a eficiência.

*5G (Fifth Generation)* A quinta geração é a mais recente e é possibilitada pela tecnologia NR (New Radio). Estas redes oferecem velocidades médias de 150-200 Mbps, e atingem latências de 1 milissegundo. Graças à sua flexibilidade inerente, esta tecnologia consegue alcançar várias áreas de uso, assim como trabalhar em larguras de frequência diferentes. Dado que frequências baixas têm latência maior e melhor cobertura, a utilização de 5G será benéfico para vastas áreas geográficas. Por outro lado, frequências altas têm latências baixas, sendo ideais para, por exemplo, carros autónomos, realidade virtual, e outros serviços.

## 2 Desempenho - LTE-Advanced vs NR

### 2.1 Taxa de Informação

Comparado ao NR (New Radio), o LTE-Advanced só consegue suportar um SCS (subcarrier spacing) de 15 kHz e um CA (carrier aggregation) até 5 CCs (component carriers) resultado numa largura de banda agregada máxima de 100 MHz. Em termos de taxa de informação, o NR consegue suportar uma taxa muito maior do que o LTE-Advanced consegue, principalmente devido à largura de banda maior por CC e a sua habilidade de agregar até 16 CCs comparado aos 5 CCs do LTE-Advanced. Por exemplo, a taxa de informação máxima de downlink do LTE-Advanced é 3 Gb/s, enquanto que o do NR em FR2 é 171.2 Gb/s [7].

### 2.2 Eficiência Espectral

Em termos de eficiência espectral, NR também está acima do LTE-Advanced. LTE-Advanced alcança 3.2 b/s/Hz para downlink e 2.5 b/s/Hz para uplink, enquanto que o NR consegue alcançar 13.9 b/s/Hz para downlink e 7.7 b/s/Hz para uplink. Enquanto que a melhoria na taxa de informação máxima requer recursos de frequência adicionais, a melhoria na eficiência espectral média consegue ser alcançada mesmo que os recursos de frequência disponíveis para NR e LTE não sejam os mesmos [7].

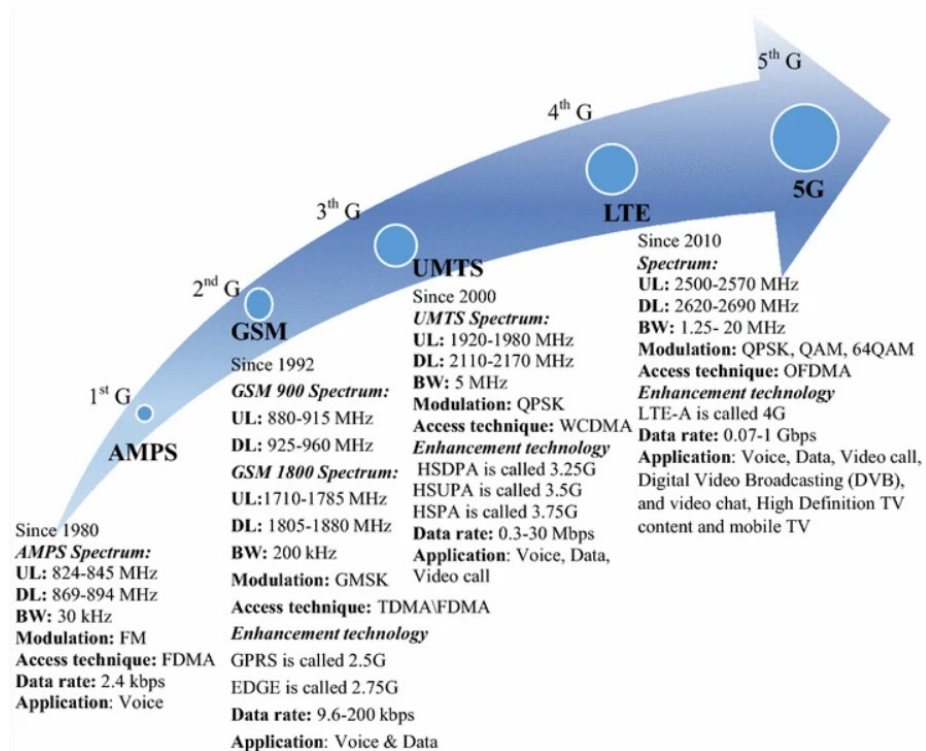


Fig. 1. Características das 5 gerações. [3]

### 2.3 Latência Aérea

Além de ter uma taxa de informação e eficiência espectral média superior, o NR também é superior ao LTE-Advanced em termos de latência aérea, que é o tempo desde o momento que uma origem envia um pacote até que o destino o receba sem erros. Com uma latência que é 1/10 da do LTE, o NR é apropriado para aplicações da próxima geração tais como condução autónoma e realidade aumentada. Além disso, NR consegue manter uma qualidade de serviço decente até uma velocidade máxima de 500 km/h, transferir dados com uma fiabilidade de 99.9999% ou maior, e suportar conexões simultâneas acima de 106 dispositivos numa área de 1 km<sup>2</sup> [7].

## 3 Desafios para implementar 5G

### 3.1 Comunicações mmWave

Comunicações mmWave são uma parte importante para implementar 5G no que toca a serviços de realidade virtual e vídeos de alta definição, dado que consegue suportar uma maior carga de utilização das redes móveis, e reduzir as limitações da largura de banda. No entanto, estas comunicações revelam-se bastante sensíveis a perturbações e colisões com objetos ou pessoas.

### 3.2 Segurança

Nas redes normalmente usadas, os elementos são isolados uns dos outros, enquanto nas redes 5G os recursos das infraestruturas são partilhados. Neste caso, várias partes das redes virtuais são definidos, e precisam de diferentes capacidades de segurança. Além disso, o 5G suporta diferentes serviços com diferentes requerimentos de segurança, o que torna necessário o desenvolvimento de uma arquitetura de segurança para detetar as várias ameaças.

### 3.3 Comunicação entre Dispositivos

Comunicações diretas entre dispositivos estão vulneráveis a várias ameaças de segurança e privacidade, dada a natureza das comunicações entre estes. Além disso, várias aplicações e modos de gestão envolvem requerimentos distintos de segurança e privacidade. A autenticação entre UEs (User Equipments) e os respetivos eNB (Node B) conseguem fornecer proteção preliminar para as comunicações entre dispositivos por detrás das redes móveis. No entanto, as comunicações entre dispositivos ainda enfrentam ameaças tais como escutas, jamming, impersonificação, entre outras. Consequentemente, a preservação de segurança e privacidade são fatores vitais para a implementação de comunicações entre dispositivos no 5G [6].

### 3.4 Custos de investimento

Na rede 5G, o suporte às configurações de network personalizadas requer a reconstrução de núcleos de rede em termos de utilização de novas tecnologias como SDN (Software-Defined Networking), NFV (Network Functions Virtualization) e microcélulas [5]. Por exemplo, criar uma pequena rede numa área urbana requer muito capital. Por outro lado, a implantação de redes de microcélulas em áreas rurais devido ao alto custo pode não dar receitas suficientes. Além disso, a manutenção da rede atual soma-se a esses custos. Ao mesmo tempo, para o desenvolvimento do backhaul, há necessidade de investir numa implementação da fibra, o que aumenta o custo da anterior. Nesse sentido, o investimento deve ser considerado e analisado para a implementação do 5G.

## 4 Aplicações da tecnologia 5G

### 4.1 Medicina

Características como elevada largura de banda e baixa taxa de latência permitem ajudar na gestão e desenvolvimento de todo um hospital, nomeadamente na medicina à distância, nas teleconsultas e até mesmo cirurgias remotas. [2]

Sinais vitais podem ser transmitidos em equipamentos médicos ou monitores hospitalares com uma latência de aproximadamente 0ms durante o treino cirúrgico ou até mesmo cirurgias remotas. [2]

A evolução da realidade virtual não trás vantagens unicamente ao nível do treinamento médico, principalmente cirúrgico, mas também em exercícios de fisioterapia, incluindo ao nível da robótica para o melhor funcionamento das próteses, da reabilitação de membros, da compensação da gravidade e em vídeos personalizados para programas de treinos. [2]

A primeira cirurgia realizada remotamente num ser humano ocorreu em 2001, estando o paciente em Estrasburgo, França, e o seu cirurgião que lhe removeu a vesícula biliar (Colecistectomia laparoscópica) em Nova York, EUA. Esta cirurgia revelou o potencial na telemedicina, no entanto a disponibilidade limitada de robôs cirúrgicos e a falta de conceções rápidas e seguras são um entrave. Com o 5G, começam a aumentar o número de robôs presentes nas salas cirúrgicas e as operações que recorrem aos mesmos.

O 5G reestruturará o sistema de saúde melhorando a qualidade dos serviços médicos, equilibrando a distribuição de recursos médicos entre áreas rurais e urbanas e reduzindo o custo de serviços médicos.

### 4.2 Gaming

Ao longo dos últimos anos o mundo dos videojogos tem de desenvolvido e crescido de forma nunca antes vista, no entanto ainda há muito por onde melhorar. Com o 5G o tempo de resposta de ações dos programas(neste caso jogos) é reduzido, permitindo ter uma experiência não só real como imediata devido à sua latência reduzida. [8]

Muitas vezes relacionadas com os jogos temos streams dos mesmos, o 5G, com a sua maior velocidade e menor tempo de resposta, também irá permitir aos streamers ter uma comunicação com os seus espectadores em tempo real, sem atrasos, ficando apenas dependentes às limitações das plataformas.

O maior impacto que o 5G vai ter no mundo do Gaming vai ser no Cloud Gaming, visto que este serviço necessita de uma ligação de alta qualidade e estável, que se obtém através de ligações fortes e de confiança como as que a 5G promete, para permitir a execução dos programas.

A Cloud Gaming consiste em ter um servidor a processar um jogo/programa e o nosso dispositivo apenas recebe a transmissão vídeo e áudio, ou seja, permite que não precisemos de uma máquina muito potente para processar programas muito pesados.

### 4.3 Indústria automóvel

Existe uma grande variedade de aplicações da VR/AR no âmbito da indústria automóvel, como por exemplo o Audi VR experience ou o ZeroLight VR da Toyota. [1] O Audi VR experience consiste na utilização de um software de realidade virtual que permite os clientes terem experiências reais com os veículos da marca (podendo personalizar o carro) que pretendem experimentar.

A ZeroLight VR tornou possível publicitar um carro que ainda nem existe através da utilização de XR(Extended Reality) que evoluiu com o 5G, que irá passar a ter um hardware local para uma infraestrutura 5G Mobile Edge Computing(MEC).

A realidade virtual associada ao controlo remoto de carros é bastante preocupante e, até agora, praticamente impossível devido à necessidade de uma taxa de latência inferior a 5ms para prevenir a ocorrência de perigos ou até mesmo mortes de pessoas. A rede 5G possui uma latência inferior a 1ms, tornado, assim, possível o desenvolvimento de veículos de condução automática. [1]

### 4.4 Realidade Virtual e Realidade Aumentada

Tanto a Realidade Virtual como a Realidade Aumentada podem mudar a perceção que temos sobre o nosso lugar neste planeta.

Um dos maiores obstáculos à evolução da VR/AR era a necessidade de uma enorme largura de banda, que, no entanto, é coberta pelo 5G.

O desenvolvimento e o avanço destas duas tecnologias irão permitir revolucionar bastantes áreas em diversos ramos, desde as comunicações, à medicina, ao ensino...

## References

1. T. Taleb, Z. Nadir, H. Flinck and J. Song, "Extremely Interactive and Low-Latency Services in 5G and Beyond Mobile Systems," in IEEE Communications Standards Magazine, vol. 5, no. 2, pp. 114-119, June 2021, doi: 10.1109/MCOM-STD.001.2000053.

2. Li, D: 5G and intelligence medicine—how the next generation of wireless technology will reconstruct healthcare? (2019)
3. Alsharif, M.H., Nordin, R. Evolution towards fifth generation (5G) wireless networks: Current trends and challenges in the deployment of millimetre wave, massive MIMO, and small cells. *Telecommun Syst* 64, 617–637 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11235-016-0195-x>
4. H. M. Kusuma, V. K. Shukla and S. Gupta, "Enabling VR/AR and Tactile through 5G Network," 2021 International Conference on Communication information and Computing Technology (ICCICT), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCICT50803.2021.9510181.
5. E. Obiodu, , and G. Mark. "The 5G era: age of boundless connectivityand intelligent automation." GSM Association, 2017.
6. Security-Aware and Privacy-Preserving D2D Communications in 5G
7. New Radio (NR) and its Evolution toward 5G-Advanced
8. <https://www.fnac.pt/5G-A-ligacao-de-nova-geracao-para-os-jogadores/cp2432/w-4>