

# Mobile Networks: From 4G to 5G

Adriana Meireles, Nuno Silva, and Shahzod Yusupov

University of Minho, Department of Informatics, 4710-057 Braga, Portugal  
e-mail: {a82582,a82617,a78156}@alunos.uminho.pt

**Resumo** Long Term Evolution(LTE) é a quarta geração de comunicação móvel e, apesar da sua constante atualização, não tem acompanhado a crescente proliferação de dispositivos inteligentes, a introdução de novas aplicações multimédia, juntamente com o aumento exponencial na procura e uso de dados sem fio, que criam uma carga significativa nas redes existentes.

Neste contexto surge a necessidade de introduzir o conceito 5G que tem como principais objetivos: o fornecimento de maiores débitos; latência extremamente baixa; melhoria significativa na qualidade de serviços que permitem uma análise cuidadosa para a futura geração tecnológica de wireless.

## 1 Introdução

No nosso trabalho optamos por realizar uma abordagem a nível horizontal, ou seja, da evolução das redes móveis ao longo do tempo, dando mais ênfase às redes 5G.

Já se passaram mais de algumas décadas desde que as comunicações móveis sem fios foram iniciadas com a primeira geração. Nas últimas duas décadas houve uma evolução gradual das comunicações móveis sem fios para as redes sem fios de segunda, terceira e quarta geração.

Pesquisadores estão a explorar novas aplicações em direção a Internet of Things(IoT), Internet de veículos(IoV), D2D, M2M entre outras como veremos mais à frente. No entanto, suportar este aumento enorme e rápido no uso de dados e conectividade é uma tarefa extremamente difícil nos atuais sistemas móveis 4G LTE, visto que a capacidade de comunicação sem fios depende da eficiência e da largura de banda espectral inexplorada [3].

A análise do comportamento de 5G é, além de outras coisas, feita através do estudo da propagação de ondas de rádio e já se encontra em fase de testes em vários países, nomeadamente na Dinamarca [1].

## 2 Evolução das redes móveis: 1G, 2G, 2.5G e 3G

### 2.1 1G

Os sistemas móveis de comunicação de voz de primeira geração foram introduzidos em 1980. Este tipo de sistemas permitiam a transferência de dados através de ondas cuja forma variava de forma contínua. Tinham grandes limitações, e por se tratar de sistemas analógicos, não suportam qualquer tipo de encriptação da informação, a qualidade de som é fraca e a velocidade de transferência rondava os 9.6 Kbps [4].

### 2.2 2G

Os sistemas de segunda geração (2G) apareceram por volta de 1990, no sentido de corrigir as limitações dos sistemas móveis de comunicação de primeira geração (1G).

Os sistemas 2G são completamente digitais e têm como principais características a segurança, robustez/fiabilidade, utilização eficiente do espectro e suporte a serviços de transmissão de dados de baixo débito.

Foram introduzidos alguns serviços, hoje bastante populares, como, por exemplo, o SMS (short messaging service).

A tecnologia móvel mais popular 2G é o GSM (Global System for Mobile Communications) [4].

### 2.3 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 incluídos novos serviços como, por exemplo, o MMS (multi-media messaging service), GPRS, EDGE ou High Speed Circuit switched data [4].

### 2.4 3G

A tecnologia móvel 3G tem como objetivo o suporte a uma vasta gama de serviços, que vão desde o suporte a aplicações multimédia (vídeo, áudio, dados) até ao acesso a vários serviços disponíveis na Internet (WWW, correio electrónico, comércio electrónico, etc). Esta tecnologia permitiu a procura de dados em velocidades mais altas para abrir as portas à experiência "Banda Larga Móvel"

Existe um conjunto de tecnologias que se enquadram nos sistemas 3G e dos quais se destacam o UMTS, WCDMA, EV-DO e HSPA [4].

## 3 4G to 5G

A transição de 4G para 5G, que pode demorar mais de uma década, irá resultar em operadores de rede com os seus fabricantes a implementar progressivamente tecnologias da próxima geração, mesmo que uma ou mais tecnologias 5G padronizadas estejam a ser desenvolvidas [2].

Várias tecnologias são esperadas para ser ingredientes chave do 5G, tais como: a capacidade de redes macrocelulares, que não podem continuar a crescer infinitamente; o conceito de indústria sobre performance de dispositivos móveis, em processo evolutivo; variedade de RATs (Radio Access Technology) e aparelhos sem fios [2].

O restabelecimento da conexão devido a falhas nas ondas de rádio pode aumentar em vários segundos o tempo de execução, o qual é resolvido com 5G que fornece serviço sem interrupção no tempo de execução graças a [1]:

- *Método "Break-before-make"*: no qual o equipamento dos utilizadores (UE) é conectado à célula-alvo antes de desconectar da célula-serviço.
- *Conectividade Multicelular*: O método referido anteriormente pode ser expandido para múltiplas conexões multicelulares devido ao uso expectável da conectividade multicelular.
- *Transferência sincronizada*: procedimento de acesso aleatório no qual o equipamento dos utilizadores é sincronizado e as células consentem quando deverá ocorrer a transferência de informação.

### 3.1 Limitações do 4G LTE vs o que 5G oferece

**Comunicações D2D (Device to Device)** Tecnologia "Add-On" que requer maior sobrecarga computacional;

Muitos saltos sem fio que implicam múltiplos desperdícios de sinalização, bem como maior latência;

Requer atenuação de potenciais interferências entre duas ligações; [3]

Suporte natural nas redes 5G;

Comunicações centralizadas em infraestruturas utilizam estações base, enquanto as comunicações "Ad-hoc" D2D focam em tráfego local;

Espera-se que dispositivos sem fio 5G lidem diretamente com o tráfego local, não dependendo de estações base;

Antenas direcionadas com técnicas de "Beamforming" tendem a atenuar as interferências entre 2 ligações; [3]

**Comunicações M2M (Machine to Machine)** Tipicamente, as redes 4G operam com algumas centenas de dispositivos por estação base;

Não projetado para M2M, prevê um grande número de dispositivos conectados;

Baixa latência e operações em tempo real são requisitos cruciais para aplicações críticas, como cuidados de saúde;

Pequenos blocos de dados transmitidos esporadicamente a partir de diversos dispositivos; [3]

---

vs

---

O novo espectro de mm ondas pode facilmente guardar a proliferação de dispositivos;

Baixa latência é um dos principais requisitos das redes 5G e, por conseguinte, resolveriam problemas críticos de tempo;

A não ortogonalidade e as novas formas de onda podem, potencialmente, responder a um tráfego esporádico; [3]

**"Internet of Vehicles"** A complexidade do controle distribuído de centenas de milhares de carros deve ser encarada como um sério desafio;

As comunicações devem ser seguras e rápidas para prevenir desastres;

O ambiente de processamento atual carece de rapidez, inteligência e capacidade de aprendizagem; [3]

---

vs

---

5G oferece um ambiente específico para pequenas células;

Links dedicados, recursos de Cloud, rede centrada em conteúdo e compromissos de baixa latência;

As "promessas" das redes 5G são muito atraentes para futuras comunicações veiculares; [3]

**"Smart cities"** Smart Cities aumentam a densa e diversa conectividade;

Suportar este rápido aumento no uso de dados e conectividade é uma tarefa extremamente difícil nos sistemas 4G LTE; [3]

---

vs

---

A principal diferença entre os sistemas 5G comparativamente aos 4G será a maior disponibilidade do espectro;

Antenas altamente direcionais, usando técnicas de "Beamforming", maior duração de vida da bateria, probabilidade da queda de rede reduzida;

Maiores débitos, em maiores áreas de cobertura; [3]

### 3.2 Evolução da Arquitetura

**Radio Network** O layout geral das redes 5G evolui de um conceito de BS (base station) centric celular para a topologia de device centric [3], propondo o uso de frequências elevadas.

A propagação e penetração das mm ondas no meio ambiente é limitado, sendo por isso impossível seguir com o modelo tradicional de transmissão de rede. Rappaport e o seu grupo propuseram um layout de nodos específico para as redes 5G, que consiste na implantação de UDN (Ultra Dense Network), necessários em áreas que requerem elevadas taxas de dados, como estações de metro, shoppings, entre outros.

As comunicações Line Of Sight(LOS) são preferíveis às comunicações Non Line of Sight(NLOS), sendo que quando as LOS estão completamente bloqueadas é necessário explorar os sinais refletidos, difratados e dispersos, por conterem energia suficiente.

As redes móveis 5G precisam de trabalhar com uma enorme quantidade de utilizadores, variedade de dispositivos e diversos serviços, sendo assim a principal preocupação a integração das estações base 5G com as redes móveis já existentes(4G,3G,2G) [3].

**Interface Aérea** A propagação de pequenos comprimentos de ondas rádio na gama dos mm ondas exigem antenas pequenas, o que permite o uso de grande número das mesmas. Controlando o período e a amplitude dos sinais, usando arrays de antenas, há uma melhoria da propagação das ondas eletromagnéticas na direção pretendida, enquanto as interferências são canceladas de um determinado conjunto de direções.

Surge a necessidade de introduzir interfaces aéreas direcionais através de técnicas de "beamforming". [3]

**Software Design Network(SDN)** As alterações na arquitetura e a interface aérea resultam em células pequenas e num aumento do número de antenas. A manutenção e configuração de muitos servidores e routers, numa implantação tão densa das redes 5G, é um desafio complexo.

Software Design Network(SDN) oferece uma solução simplificada para este desafio, considerando uma divisão entre o plano de controlo e o plano de dados, introduzindo, assim, rapidez e flexibilidade nas redes 5G.

Esta divisão é feita usando componentes do software, que são responsáveis pela gestão do plano de controlo, reduzindo, assim, limitações no hardware. A interação entre os dois planos é conseguida usando interfaces abertas como Open Flow, facilitando também a troca entre diferentes configurações. [3]

**Arquitetura Centralizada - Cloud RAN** Cloud Radio Access Network(C-RAN) resolve alguns dos grandes problemas associados ao aumento da procura de taxas de dados elevadas. A indústria "wireless" está a trabalhar em medidas para melhorar a capacidade de rede, aumentando o número de células, implementando técnicas de MIMO(?), estabelecendo uma estrutura complexa de HetNets e implantação de células pequenas.

Contudo, interferências intercelulares (CAPEX) E (OPEX) impedem esses esforços. C-RAN visa melhorar a arquitetura do sistema, a mobilidade, desempenho da cobertura e eficiência da energia, reduzindo ao mesmo tempo o custo de implantação de rede.

C-RAN é baseado em fundamentos de centralização e virtualização. Os recursos de "baseband" estão agrupados na BaseBand Unit(BBU). Nas tradicionais redes móveis, o protocolo de internet, a funcionalidade multi protocolo e Ethernet estão estendidas até aos sites das células remotas.

Esta arquitetura resulta em ganhos estatísticos de multiplexagem, operações energeticamente eficientes e poupança de recursos [3].

**HetNets** HetNets(Heterogeneous Networks) são compostos tipicamente por células pequenas, tendo pequeno poder de transmissão, além das macrocélulas. Implantando estações base de baixa potência, a capacidade de rede é melhorada e a área de cobertura aumentada. Essas células são também capazes de lidar com o aumento exponencial do tráfego de rede [3].

Papel das HetNets para a próxima década, foca-se em [2]:

- Interface aérea;
- Espectro;
- Aparelhos de Rede;
- Lidar com o aumento exponencial do tráfego de rede em comunicações;

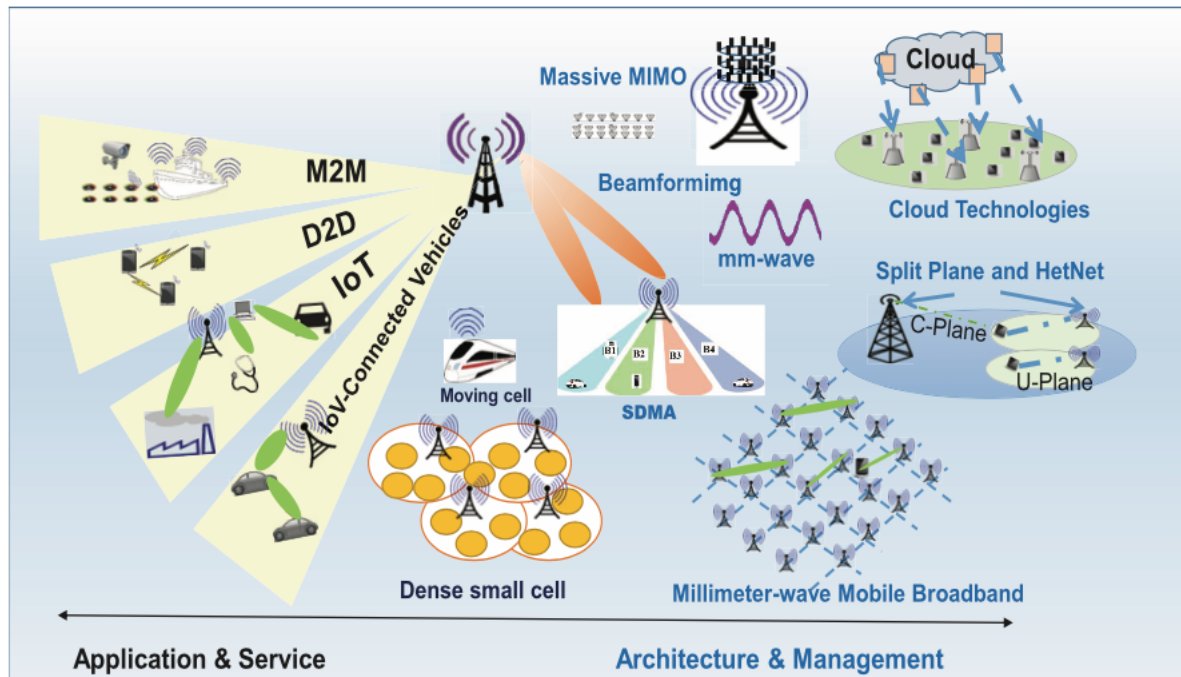


Figura 1: Esquematização das redes 5G [3]

### 3.3 Redes móveis em Internet of Vehicles

Internet of Vehicles(IoV) pode ser definida como uma rede de veículos interconectados responsável pela gestão de tráfego pesado e reduzida probabilidade de colisões.

Redes móveis focadas em comunicações veiculares exigem baixa latência, elevada confiabilidade e rápido tempo de execução [1].

**Performance da Latência** A latência pode ser dividida em:

- *Control Plane Latency*: tempo necessário para transferir do estado de Radio Resource Control(RRC) Idle para RRC connected de forma a ser possível transferir dados.
- *User Plane Latency*: equivalente a Round Trip Time(RTT) de pacote de dados e é associado ao reconhecimento da camada alvo, assumindo que o aparelho está conectado à rede.

Durante a elevada carga de rede e fracas condições do sinal de rádio, o valor de RTT de LTE irá aumentar devido a atrasos nos horários, baixos ritmos de dados, insuficiência na área de cobertura e retransmissões [1].

**Performance da Execução** *Handover Execution*: pode ser definida como uma fase que junta os procedimentos entre as mensagens de RRC.

O tempo necessário para realizar a execução é observado no limite inferior do tempo de interrupção. O mesmo é determinado pela análise do marcador das mensagens de RRC em cada transferência.

Quando ocorre uma falha na execução, a recuperação da conexão gera um aumento no tempo de interrupção. Isto mostra que a execução de LTE com a implementação *Make-before-break* pode tornar-se num problema para a segurança das redes móveis [1].

**Performance da Área de Cobertura** A performance da Área de Cobertura é analisada através do alcance de rádio.

Apesar da cobertura de 4G ser boa, como as avaliações são feitas em testes de carros, apenas indicam a cobertura do pneu. Contudo, as redes móveis baseadas em comunicações veiculares (para segurança e eficiência) requerem cobertura em espaços interiores. Portanto, a calibração da propagação das ondas de rádio é feita para prever a potência do sinal recebido [1].

A área de cobertura é avaliada para diferentes grupos de utilizadores que são atribuídos em pixéis específicos baseados na informação da base de dados [1]:

- *Outdoor users e Road Users*: 'LTE Release 8' fornece cobertura suficiente.
- *Indoor Users e Deep Users*: 'LTE Release 8' fornece cobertura a indoor users, embora em menor percentagem que em Outdoor e Road Users. No entanto para Deep Users, Internet of Things é necessário para fornecer uma cobertura semelhante à observada nos grupos referidos anteriormente.

### 3.4 Redes móveis em Internet of Things

O conceito de Internet of Things (IoT) contempla um mundo onde tudo, desde despertadores até máquinas lavar e automóveis, estão conectados através de comunicações baseadas em dispositivos móveis máquina a máquina (M2M) [2].

A IoT cria um canal de partilha e troca de massivas quantidades de informação com o mínimo uso por parte de um utilizador [6].

A IoT prevê milhões de conexões simultâneas envolvendo uma variedade de dispositivos, sistemas de grelha e transportação inteligente [3].

IoT engloba 6 desafios únicos [3]:

- Configuração do sensor automatizado;
- Descoberta de Contexto;
- Raciocínio, Modelagem e Aquisição;
- Seleção de sensores "sensing-as-service";
- Confiança na privacidade e segurança;
- Partilha de Contexto;

### 3.5 Desvantagens do 5G

O restabelecimento da conexão devido a falhas nas ondas de rádio pode aumentar em vários segundos o tempo de execução [1].

As múltiplas conexões, devido à solução "break-before-make", provocam um aumento no custo devido à complexidade dos equipamentos dos utilizadores e da utilização simultânea de recursos em múltiplas células [1].

Semelhante a Internet of Things, 5G pode confiar em TTI, que são repetições de transmissões no domínio do tempo. No entanto, isto prejudica a latência e aumenta a densidade espectral que pode interferir no sinal de rádio dos utilizadores [1].

A principal preocupação por detrás da implementação maciça 5G, reside no aumento da energia consumida e nas emissões de gases de efeito de estufa [2].

Os recursos não vão ser suficientes para conseguir acompanhar o aumento da utilização de dados móveis [2].

Devido à facilidade de conexão entre utilizadores, irá constituir uma ameaça de segurança e privacidade dos mesmos. [2]

## **4 Conclusões**

O objetivo deste trabalho foi identificar falhas nos requisitos de LTE para evitar tais discrepâncias em 5G.

Como foi relatado ao longo deste trabalho, há cada vez maior tendência para aceitar a Tecnologia Móvel no mundo inteiro. Visto que todos se rendem às tecnologias e, principalmente, ao comodismo, será muito rápida a implantação geral desse serviço bem como a sua absorção.

O crescimento é exponencial, como, por exemplo, o facto de não se carregar dinheiro em locais de alta ocorrência de roubos; a fácil localização de locais e estradas; o facto de se receber notícias dependendo da localização desse momento e até mesmo fazer compras para casa ou trabalho sem ter que se interromper o que se está a desempenhar na altura, entre muitas outras coisas.

A rápida penetração das redes sem fio, o grande uso de dados móveis e a proliferação de dispositivos ricos em recursos, estão a marcar, gradualmente, a próxima grande evolução celular em direção à quinta geração: sistemas sem fios estão quase a assegurar um aumento múltiplo nas taxas de dados, conectividade e qualidade de serviço.

Um conjunto de aplicações, como, por exemplo, IoT, IoV (para segurança e eficiência) são esperadas que sejam suportadas pelo sistema 5G.

É perceptível que a tecnologia móvel tem-se tornado uma realidade em muitos países, devido à necessidade do ser humano em ter acesso à informação e serviços que facilitem o seu quotidiano.

## **Referências**

1. Mads, L., Ignacio R.: From LTE to 5G for Connected Mobility (2017)
2. Boyd, B., Shilpa, T.: Networks and Devices for the 5G Era (2014)
3. Mamta A., Abhishek R.: Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey (2016)
4. Pedro, P.: Tecnologias 1G, 2G, 2.5 G, 3G e 4G (2011)
5. Cisco Dirk, W.: Mobile Evolution to 5G (2015)
6. Sophia M., Jabu M.: Beyond the Convenience of the Internet of Things: Security and Privacy Concerns (2017)