

Mobile Networks: From 4G to 5G

Miguel Ângelo Freitas^[A91635], Pedro Alexandre Gomes^[A91647] e Tomás Campinho^[A91668]



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Universidade do Minho, Escola de Ciências, Licenciatura em Ciências da Computação

Abstract: A quinta geração de redes têm sido introduzida em resposta à necessidade de crescimento exponencial de tráfego móvel. A habilidade de oferecer serviços de alta flexibilidade requer o uso destas novas tecnologias e mudanças extensivas às redes móveis existentes. Este trabalho tem como objetivo explicitar, examinar e explorar as mudanças, novidades e dificuldades com a implementação do 5G.

Keywords: 5G, 4G, Latência, Banda larga, Network slicing, LTE, Portugal, C-RAN, MIMO, BBU

1 Introdução

Neste trabalho visamos e investigamos todas as componentes que fazem parte das redes móveis, focando principalmente na transição das tecnologias 4G para 5G. O trabalho irá numa primeira parte apresentar todas as tecnologias de redes móveis desenvolvidas até aos dias de hoje, começando pela parte história e a sua evolução de forma resumida e breve. Uma vez que o 5G é uma tecnologia recente e ainda pouco implementada, vamos focar em falar do que é o 5G e as suas aplicações no dia a dia.

Esta pesquisa também tem como objetivo mostrar através de argumentos de autoridade de grandes empresas os seus pensamentos e opiniões quanto à evolução deste tema “Mobile Networks”. Como todas as mudanças trazem novos problemas vamos resumidamente apresentar todos os desafios que estas mudanças têm enfrentado e realçar as principais tecnologias que são usadas para este tipo novo de rede móvel existir, realçamos principalmente tecnologias como **Cloud-RAN** mas também existem tecnologias emergentes, como SDN, e HetNets.

Este artigo contará com uma visão destas tecnologias em Portugal e para finalizar com uma conclusão onde expressamos os aspetos mais importantes abordados ao longo do nosso trabalho e uma breve opinião dos investigadores que elaboraram esta pesquisa.

2 Mobile Networks

2.1 1G, 2G, 3G, 4G

Esta tecnologia de rede telefónica sem fios começou com o 1G, com a possibilidade de efetuar chamadas telefónicas (primeiro introduzida em 1981/82).

2G (lançada à volta de 1990) trouxe alguns benefícios em relação ao seu antecessor. Agora as conversas telefónicas são criptografadas digitalmente (ao invés de 1G onde eram analógicas). Suporte a serviços de transmissão baixa de dados. Sendo a principal novidade a possibilidade de envio de mensagens baseadas em texto simples SMS.

A geração 3G oferece uma maior quantidade de serviços, como acesso a internet móvel, já que possuem uma maior capacidade de rede por causa de uma melhoria na eficiência espectral. Entre os serviços, há as chamadas por voz e a transmissão de dados a longas distâncias, tudo num ambiente móvel. Normalmente, são fornecidos serviços com taxas de 5 a 10 megabits por segundo.

A 4G oferece, além dos serviços de voz e outros serviços da geração anterior, acesso à internet em banda larga móvel, por exemplo, para laptops com modems sem fio, smartphones e outros dispositivos móveis. As aplicações potenciais e atuais incluem acesso à web móvel, telefonia IP, serviços de jogos, TV móvel de alta definição, videoconferência, televisão 3D e computação em nuvem. [\[6\]](#)

2.2 5G

2.2.1 Características principais do 5G (e diferenças em relação à geração anterior)

A rede 5G é a quinta geração de equipamentos e serviços de telecomunicações. O 5G vai permitir que exista um controlo de máquinas, dispositivos e objetos com utilidade no nosso dia-a-dia, mesmo de forma remota e ainda a possibilidade de fazer ligações com velocidades mais elevadas e sem interferências e instabilidades de ligação. [\[1\]](#)

A Tecnologia é caracterizada por várias especificações:

- Taxa de dados de até 10 Gbps -> 10 a 100 vezes melhor que as redes 4G e 4.5G (capacidade para fazer *download* e *upload* de arquivos mais rapidamente)
- Latência de 1 milissegundo (em comparação aos 200 milissegundos na rede 4G)
- Banda larga 1000 vezes mais rápida por unidade de área (fazendo com que seja capaz de corrigir problemas de largura de banda)
- Mais de 100 dispositivos conectados por unidade de área
- Disponibilidade de 99,999%
- 100% de cobertura
- Redução de 90% no consumo de energia da rede
- Duração da bateria de até 10 anos nos dispositivos IOT (Internet das Coisas) de baixa potência. [\[2\]](#)
- *Network Slicing*, é uma arquitetura que separa redes virtuais em “fatias” individuais que suportam vários serviços e aplicações, otimizando a velocidade, capacidade, encriptação e a segurança. [\[4\]](#)

2.2.2 Aplicações do 5G

Esta tecnologia tem várias aplicações em diversas áreas, como por exemplo:

Em hospitais onde se testa, com sucesso, um sistema baseado na tecnologia 5g que permite aos cirurgiões estarem presentes em dois lugares em simultâneo, ainda que de modo virtual, conseguindo dirigir uma operação, como por exemplo, a um cancro no intestino a partir do próprio gabinete médico. No bloco operatório, uma equipa médica recebe as suas instruções críticas para o processo, em tempo real.

“Posso fazer tudo a partir do meu gabinete. Se estiver na América do Sul, num congresso, posse continuar a fazer parte da minha equipa e a operar no hospital. Já imaginou se esta ideia alastra a todo o mundo?”, questionou Antonio Lacy, em entrevista 4 Euronews.

Mais de 90% dos médicos não conseguem viajar para participar em congressos que lecionam as últimas técnicas. Com o 5G a maior parte desses problemas iriam ser contornados.

Numa ligação deste tipo, os melhores especialistas do mundo podem observar a operação e interagir com a equipa cirúrgica durante a operação tornando esta de melhor sucesso.

Rodrigo Menchaca, diretor-geral da empresa Advances in Surgery, revelou que se mantém tudo constante. "Com o mesmo nível de qualidade de imagem, som, vídeo e interação. E como se fosse possível o teletransporte", sublinhou o CEO.

A tecnologia 5G reduz a latência ao mínimo. Com o 4G existe um atraso de 4 segundos de ida e de volta. Numa cirurgia este tempo pode ser uma questão de vida ou morte e trazer muitas complicações. Agora, a lacuna parece estar superada, explicou Rodrigo Menchaca: "Quando se diz, 'corta aqui', com oito segundos, esse 'aqui' provavelmente já não está lá e podemos colocar em risco a vida do doente. Com a tecnologia 5G temos 1/5 de segundo. Por isso, o 'aqui' é realmente 'aqui.'" [\[3\]](#)

3 Mobile Networks no mundo Empresarial

Quando falamos sobre as aplicações da nova geração de rede móvel, podemos falar sobre estas no mundo empresarial. Uma das entidades mais investida neste aspecto é a *Nokia*, que recentemente (21/07/2020) anunciou novidades sobre a rede 5G neste segmento.

"We all have heard about 5G's momentum, with a plethora of applications and benefits for consumers, and unbounded benefits to the global economy. The momentum for the industrial world, however, is much deeper and disruptive. Take for example the current environment, where resilient supply chains and agile operations have kept the world economy afloat. The industrial world, is therefore, in a pivotal moment in history as heavy-asset industries, governments and enterprise businesses accelerate their digital transformation journey – all powered by 5G networks and services. In other words, Industry 4.0 is accelerating today with the next phase of 5G innovation and unlimited opportunities ahead."

Raghav Sahgal, presidente da *Nokia Enterprise*

A *Nokia* também revelou que para além de desenvolver soluções 5G, a empresa também tem realizado testes com clientes e parceiros de operadoras móveis, desde o início de 2020.

TABLE I
VISION 5G: INDUSTRIAL AND RESEARCH PERCEPTIVE

Market Player	Key Vision
Ericsson [13]	<ul style="list-style-type: none"> • Networked Society • Affordable and sustainable
Qualcomm [14]	<ul style="list-style-type: none"> • Enabling novel services • Connecting industries and devices • Improved user experience
Huawei [15]	<ul style="list-style-type: none"> • Massive capacity& connectivity • Diverse services, applications, users • Network deployment scenarios
Docomo 5G [16]	<ul style="list-style-type: none"> • Extensive and enriched content • Everything connected wirelessly
Nokia Solution Networks [17]	<ul style="list-style-type: none"> • Heterogeneous deployments • Augmented reality& tactile Internet • Sufficiently accurate channel models
Samsung Electronics [18]	<ul style="list-style-type: none"> • Internet of Things (IoT) • Enhanced multimedia experience • Extensive Cloud Computing
5GPP, METIS (EU) [19] - [21]	<ul style="list-style-type: none"> • Software driven 5G • Multi-tenancy • Scalable and sustainable
5G Training [22]	<ul style="list-style-type: none"> • Disruptive technology Directions • Architecture and key technologies • Personal mobile Internet, D2D
5G Forum [23]	<ul style="list-style-type: none"> • Commercialization of 5G by 2020 • Intertwining heterogeneous networks
5GNOW [24], [25]	<ul style="list-style-type: none"> • Abandon synchronism & orthogonality • Unified frame structure concept • Universal Filtered Multi-Carrier

4 Existing Cellular Networks—Issues and Challenges

Este trabalho tem como principal tema a mudança do 4g para o 5g e o porquê da evolução das redes móveis. Para isso precisamos de caracterizar os principais problemas atuais enfrentados pelos proprietários de redes móveis:

- **Crescimento do Volume de Tráfego:** Estima-se que em todo o mundo, as redes móveis estão a sofrer um crescimento anual de 60% a 120% nos volumes de dados usados. Esse tipo de crescimento significa pontos de ruptura constantes na rede e problemas encontrados pelos clientes.
- **WiFi Offload pouco eficaz:** Durante anos, as redes de celular falaram em descarregar dados para WiFi. Mas as estimativas da indústria são de que apenas entre 5% e 15% dos dados por meio de celulares estão sendo processados por WiFi.
- **O tráfego Indoors;** Surpreendentes 75% do tráfego da rede móvel tem origem no interior dos edifícios.
- **As operadoras utilizam demasiadas tecnologias de redes:** Não é incomum encontrar um determinado site de celular operando várias versões de 3G e 4G e às vezes até 2G.
- **Ainda muitas existem muitas falhas.** Ainda há muitas chamadas de voz interrompidas e 80% delas são causadas por falhas de mobilidade, o que significa uma falha da rede para atender um cliente em movimento. 50% das sessões de dados perdidas são devido a problemas de capacidade. [\[7\]](#)

5 5G ARCHITECTURE: A PARADIGM SHIFT (Mudança de paradigma)

5.1 Introdução ao Tema “Issues Facing Cellular Networks”

Com os requisitos de latência abaixo de um milissegundo e com a limitação da largura da banda (bandwidth) no espectro sem fio tradicionais, existe movimento gradual de Centrado no BS (Base Station) para uma rede centrada no dispositivo. [\[9\]](#)

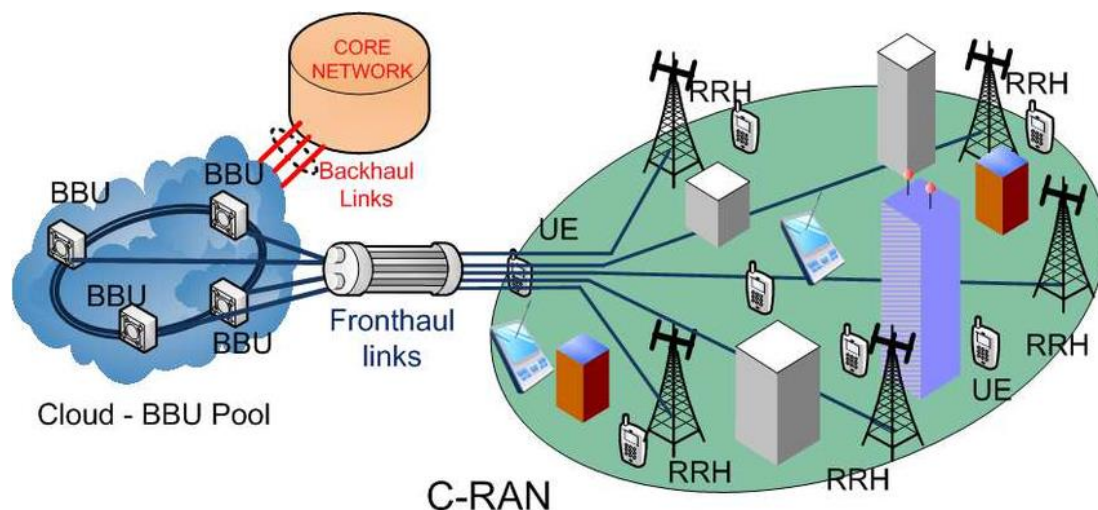
Espera-se que as futuras redes conectem diversos nós em proximidades diferentes. Implantação de células pequenas, micro, pico e femtocell já está em andamento. Assim, redes 5G densas vão ter alta interferência de co-canal, que irá renderizar gradualmente a interface aérea atual que se encontra obsoleta. Nesta seção, discutimos os requisitos para rede 5G arquitetura, mudanças na interface aérea e design de antenas inteligentes. Realçamos principalmente tecnologias como **Cloud-RAN** mas também existem tecnologias emergentes, como SDN, e HetNets. [\[8\]](#)

5.2 Centralized Architecture—Cloud RAN

A indústria de dados sem fio tem trabalhado para aumentar a capacidade de rede, em cenários onde pequenas células podem ser conectadas a macrocélulas com backhaul de alta taxa de baixa latência (“ideal”), os sinais de banda base de várias centenas de células podem ser recebidos e processados numa plataforma de servidor centralizada. Para isso tem usado uma técnica de arquitetura de rede intitulada de Cloud Radio Access Network (C-RAN), que resolve um dos principais problemas associados a essa incrível demanda. [\[8\]](#)

Primeiramente puseram em hipótese que podia ser feita esta melhoria usando técnicas “MIMO”, ou seja, estabelecendo uma estrutura complexa de HetNets e implementação de pequenas células. Contudo, a interferência intercelular, despesas de capital e despesas operacionais impede este tipo de técnica.

C-RAN oferece uma melhor arquitetura, mobilidade, um grande desempenho de cobertura e eficiência energética, ao mesmo tempo reduz o custo da rede (Implementação e operação), por outras palavras e indo mais fundo no assunto, cria uma super estação base com antenas distribuídas que suportam vários protocolos RAN e adaptam dinamicamente os seus recursos de processamento de sinal com base na variação da carga de tráfego na cobertura geográfica.



(Figura [2]: exemplo de uma arquitetura C-RAN)

A figura [2] mostra a arquitetura clássica C-RAN, com BBUs de muitos sites centralizados num pool virtual de BBU.

Isso resulta em estatísticas ganhos de multiplexação, operações e recursos com eficiência energética poupança. Os pools de BBU virtuais facilitam ainda mais a escalabilidade, redução de custos, integração de diferentes serviços e redução no consumo de tempo para testes de campo. Cabeças de rádio remotas (RRH), que compreende componentes transdutores, amplificadores e duplicadores permitem processamento digital, conversões analógico-digitais, amplificação de potência e filtragem. RRHs estão conectados ao pool BBU por fibra de modo único de taxa de dados mais alta de 1 Gbps. Esta arquitetura simplificada do BS está a fazer com que a forma de implantação 5G densa, torne-se acessível e flexível e eficiente. A poderosa capacidade de computação em nuvem pode facilmente lidar com todos os processos de controle complexos.^[8]

6 5G em Portugal

O **5G em Portugal** (e em todo o mundo) vai ter várias consequências: as *apps* de realidade virtual vão ser cada vez mais desenvolvidas, os serviços *cloud* passarão a ser mais rápidos e intuitivos e será ainda mais fácil trabalhar online. Prevê-se que no futuro, entre outras transformações, que o **5G** permita a existência de uma gestão mais eficiente da rede, uma monitorização inteligente de consumos energéticos e o lançamento de carros autónomos.

Vão existir serviços para empresas mais eficientes, mas muito vai mudar com o 5G em Portugal e em todo o mundo. Vai ser possível ver futebol ou concertos de música com realidade aumentada e virtual e vamos estar mais conectados do que nunca. Vão existir serviços para empresas mais eficientes, mas muito vai mudar com o 5G em Portugal e em todo o mundo. Vai ser possível ver futebol ou concertos de música com realidade aumentada e virtual e vamos estar mais conectados do que nunca.

O objetivo de Portugal é conseguir cumprir com as metas estabelecidas por Bruxelas, para que haja pelo menos uma cidade com 5G em todos os países da UE até 2020. A intenção da ANACOM é avançar com o leilão para atribuição do 5g em Portugal já em abril de 2020.^[1] Pode ver o calendário da ANACOM para 2020, com vista a atribuir o espectro para a rede 5G em Portugal, mas avisamos desde já que existem alguns atrasos devido às ações tomadas pelo Ministério de Saúde em Portugal para combater a pandemia do Covid-19.

Em 2019, a Vodafone foi a primeira operadora que realizou os testes à rede 5G, em parceria com a Ericsson na sua sede em Lisboa. A rede 5G testada pela Vodafone atingiu a velocidade de 20 Gb, sem qualquer recurso a um cabo, num ambiente controlado pela operadora. Incluiu a transmissão de ficheiros para 2 dispositivos móveis, em condições reais de propagação, a velocidades superiores a 1 Gb. Paralelamente, a Vodafone demonstrou ainda velocidades de 1 Gb na rede 4G live. Atualmente já é possível de se atingir estas velocidades com a compra de alguns dos equipamentos da Vodafone disponíveis para venda.

Para além dos testes da Vodafone ao 5G, a MEO também realizou testes à rede 4.5G em ambiente real: na Web Summit em 2018 e novamente em 2019. Na edição deste ano do Web Summit, a MEO testou a rede 5G numa ligação por vídeo chamada entre a sede da MEO, em Picoas, e o Altice Arena. A ligação com 5G atingiu os 400 MB de velocidade, mas Luis Alveirinho (CTO da Altice) afirma que com mais espectro poderiam ter sido alcançados 1GB ou 2GB de velocidade.^[1]

7 Conclusão

À medida que a indústria das redes móveis continua a esforçar para abrir novas fronteiras tecnológicas, os governos em todo o mundo também podem desempenhar um papel no atendimento da crescente demanda de dados, adotando políticas de espectro sensatas, inovadoras e tecnologicamente neutras para facilitar o uso mais eficiente do espectro e, assim, criar novas oportunidades, **tal como quando referimos o C-RAN**. A combinação de inovações de rede, novo recurso de dispositivos dos principais desenvolvedores a nível mundial ajudará a pavimentar o caminho para o 5G e enriquecerá progressivamente nossa experiência de usuário móvel durante a era 5G. [8] [10]

Acreditamos que a nossa pesquisa servirá de orientação para pesquisas futuras em comunicações sem fio 5G.

Referências Webgráficas/Bibliográficas

- [1]. <https://adslfibra.pt/servicos-gestoes/cobertura/5g>
- [2]. <https://www.thalesgroup.com/pt-pt/countries/americas/thales-brazil/dis/mobile/inspire-se/5g>
- [3]. <https://pt.euronews.com/2020/01/01/tecnologia-5g-ao-servico-da-saude>
- [4]. <https://www.nos.pt/institucional/PT/5G/Paginas/5g.aspx>
- [5]. <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2020/07/21/nokia-announces-first-commercial-5g-standalone-sa-private-wireless-networking-solutions-for-enterprise-customers/>
- [6]. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_mobile_phone_generations
- [7]. <https://potsandpansbyccg.com/2016/03/08/issues-facing-cellular-networks/>
- [8]. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 18, NO. 3, THIRD QUARTER 2016
- [9]. 5G WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS: PROSPECTS AND CHALLENGES. Boyd Bangerter, Shilpa Talwar, Reza Arefi, and Ken Stewart, Intel Networks and Devices for the 5G Era
- [10]. From LTE to 5G for Connected Mobility. Mads Lauridsen, Lucas Chavarría Giménez, Ignacio Rodriguez, Troels B. Sørensen, and Preben Mogensen