

TECNOLOGIA 5G EM LAN: VANTAGENS E DESAFIOS

Esmael Caliman Filho¹; Osmar Pinto Oliveira Junior¹; Rafael Andrade Vieira¹; Tulio Freitas Simões de Castro¹; Marcelo Sampaio de Alencar²

¹ Bolsista; Centro de Competência; {esmael.filho; osmar.oliveira; rafael.vieira; tulio.castro}@fbter.org.br

² Doutor; University of Waterloo; Canadá; malencar@iecom.org.br

RESUMO

A utilização da tecnologia 5G como Wireless Local Area Network (WLAN) permite trazer os benefícios da nova geração de telefonia móvel para ambientes *indoor*, possibilitando alcançar altas taxas de transferência, baixa latência, alta confiabilidade e a conexão de diversos dispositivos simultaneamente, que é essencial em um período no qual vários equipamentos são conectados à rede e necessitam de uma maior taxa de transferência e mobilidade. Buscando verificar as vantagens e viabilidade de uma rede 5G LAN em larga escala, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema.

PALAVRAS-CHAVE: Redes 5G. *mmWave*. *Software-Defined Radio*. *Software-Defined Networks*.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por tráfego de dados em redes celulares motiva o projeto de novas redes mais eficientes e com maior capacidade.¹ As melhorias das redes móveis não só trazem avanço para ambientes urbanos, como também abrem mais espaço para utilização em ambientes industriais, principalmente para aplicações de Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) no avanço para a Indústria 4.0.

Uma rede 5G pode ser dividida em duas partes principais, a 5G *Radio Access Network* (RAN), que é responsável pelos aspectos da interface de comunicação sem fio da rede, e a 5G *Core Network* (CN), que é o centro computacional da rede, responsável pelos aspectos de segurança, mobilidade e acesso ao ambiente externo, como a Internet, por exemplo. Em uma rede 5G LAN, o papel da RAN poderá ser realizado com o uso de *Software-Defined Radio* (SDR) e *Software-Defined Network* (SDN).

Esse projeto busca ganhar competência na telefonia móvel 5G em ambientes *Indoor*, através de pesquisas bibliográficas e *testbeds*. Os *testbeds* permitirão uma aquisição de maior competência no funcionamento do 5G *New Radio*, possibilitando entender como uma comunicação de alta confiabilidade e baixa latência é realizada, além de mostrar os benefícios do uso de SDN's na 5G *Core Network* (CN) e de SDR's como *User Equipment* (UE) e gNB (estação rádio base do 5G) em uma rede *indoor*.

2. METODOLOGIA

Foram realizadas revisões bibliográficas em diferentes artigos de *testbeds* com Tecnologia 5G, sendo constatado a existência de diversas pesquisas e projetos, mas sem detalhamento da implantação de 5G em ambientes LAN. Alguns dos artigos utilizados para o embasamento inicial da equipe em 5G foram: *testbeds* em redes 5G utilizando Massive MIMO², testes de avaliação de modulação em *mmWave*³, *testbeds* de redes 5G realizadas nos Jogos Olímpicos de Inverno de 2018⁴ e testes de eficiência de diferentes multiplexações em rede 5G⁵. A revisão de material bibliográfico proporcionou o conhecimento inicial para identificar os requisitos do projeto, definir a arquitetura da rede, identificar os equipamentos necessários para a criação da rede e definir as aplicações que poderão ser beneficiadas pelo 5G *Indoor*.

A programação inicial das funções de rede pode ser feita utilizando o *OpenAirInterface* (OAI), pois atenderá satisfatoriamente aos objetivos da pesquisa em projetos de baixo custo de desenvolvimento. O OAI fornece código-fonte para implementar a rede de acesso por rádio (OAI-RAN) e a rede principal (OAI-CN), com base no 3GPP.⁶ Em projetos com diversos profissionais especializados e com tempo para desenvolvimento e implantação, o GNU Radio é uma possibilidade, visto que é um kit de ferramentas de desenvolvimento de *software* gratuito e de código aberto para ambientes de simulação de comunicações sem fio e sistemas de rádio, porém todos os códigos terão que ser desenvolvidos do início.⁷

Outro ponto importante na criação da rede WLAN com 5G é o RAN que será feito com SDR, *hardware* que permite que os componentes físicos do rádio sejam implementados em *software* e o SDN irá separar o plano de dados, que continua no dispositivo intermediário, e controle, que passa a ser feito por um servidor (chamado de controlador), possibilitando um controle da rede centralizado e adaptável. A interface de acesso 5G RAN está dividida em duas faixas de frequência, denominadas *Frequency Range 1* (FR1) e *Frequency Range 2* (FR2). A

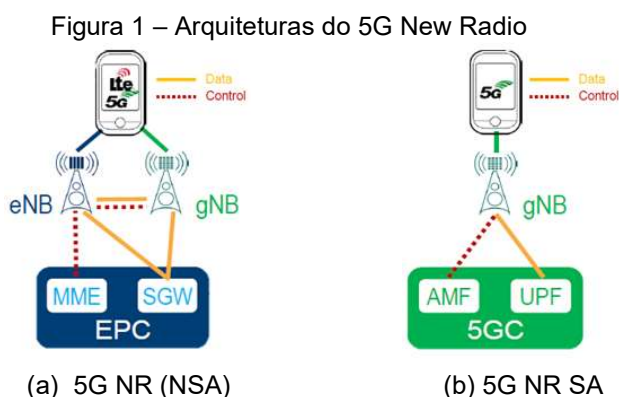
FR1 varia entre 410 MHz e 7,125 GHz e a FR2, também conhecida como ondas milimétricas, varia entre 26GHz e 100GHz. A principal diferença entre as faixas é que a FR1 será utilizada para garantir a cobertura do sinal em áreas distantes, enquanto a FR2 será utilizada em locais com grandes aglomerações de equipamentos e usuários, por possibilitar uma maior capacidade aos dispositivos conectados e taxas de transferência maiores. Já o 5G CN, poderá ser implantado em servidores físicos ou virtualizados com alta capacidade de processamento, buscando alta eficiência e baixo custo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A tecnologia 5G implementa diversas funcionalidades para expandir o uso da rede, possibilitando novas aplicações que não eram viáveis devido às limitações das redes móveis anteriores. O *3rd Generation Partnership Project* (3GPP), organização padronizadora de telecomunicação, lança periodicamente documentos com diretrizes detalhadas da implantação de novas tecnologias. O último lançamento feito pelo 3GPP foi o *release 15*, documento que especifica o 5G *New Radio* (NR) em duas arquiteturas: *non-standalone* (NSA) e *standalone* (SA).

Não é requisito da rede 5G a compatibilidade com tecnologias anteriores, mas a arquitetura NSA prevê coexistência harmônica entre o 5G NR e LTE. Na Figura 1(a) é apresentada a arquitetura NSA, em que a rede de acesso de rádio 5G (5G RAN), representada pelos nós da estação rádio base gNB, necessita de uma estação rádio base LTE (eNB) para transmissão de sinais de controle, assim podendo acessar a rede *core* do LTE.

Essa arquitetura é pensada como uma forma intermediária de desenvolvimento para se alcançar futuramente a arquitetura SA, ou seja, uma rede puramente 5G. Na arquitetura SA, mostrada na Figura 1(b) é possível observar que somente uma estação rádio-base faz a transmissão de dados e controle, permitindo atingir a capacidade máxima de uma rede 5G. Um fato importante é que o 5G *Core* também permite a conexão com estações rádio base do LTE, facilitando a compatibilidade com gerações anteriores de tecnologia.



Fonte: Frederico & Sabino (2019)⁸

A tecnologia 5G busca atender alguns indicadores-chave de desempenho, visando aplicações mais exigentes, inteligentes, confiáveis, seguras e sustentáveis, utilizando os seguintes aperfeiçoamentos:

- *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB): Inclui aumento dos dispositivos conectados e da taxa de transferência;
- *Critical Communications* (CC): Fornece comunicação onde as redes convencionais não conseguem;
- *Ultra Reliable Low Latency Communications* (URLLC): Diminuição da latência e disponibilidade de serviço alta;
- *Massive Internet of Things* (mIoT): Suporte a tráfego com uma alta densidade de dispositivos.

Diversas técnicas foram implementadas no 5G para aumentar a eficiência da transmissão do sinal, como a modulação *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM), multiplexação por *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), técnicas de *massive Multiple Input Multiple Output* (m-MIMO), em conjunto com arranjos de antenas para direcionamento da onda eletromagnética produzida, técnica conhecida por *beamforming*.

A técnica de transmissão de dados OFDM converte um fluxo de dados serial, com taxa de transmissão elevada, em vários fluxos paralelos de taxa de transmissão baixa. Para isso é feita a transformada rápida de Fourier.⁹ Na demultiplexação, o sinal OFDM sofre a operação inversa, ou seja, a transformada rápida de Fourier inversa, selecionando as subportadoras para demodular e converter o fluxo de dados paralelo em serial.

As técnicas de modulação para o 5G *New Radio* (NR) são, principalmente, 16QAM, 64QAM, 256QAM e *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK), sendo este formato de modulação usado para *broadcast* e controle de *downlink* e *uplink*. Essas técnicas permitem associar vários *bits* a um único símbolo.

O *m*-MIMO usa várias antenas para a transmissão da onda, buscando melhorar a eficiência de sistemas *wireless*, aumentando a vazão (*throughput*) e a cobertura da rede. Essa matriz de antenas, permite o *beamforming*, que é o direcionamento do feixe entre o transmissor e o receptor, com o objetivo de gerar sinais distintos na mesma faixa de frequência, para direções diferentes, ou seja, realizar multiplexação espacial.

Além das técnicas implementadas, o núcleo do 5G também mudou sua arquitetura para a *Service Based Architecture* (SBA), que facilita a virtualização das funções de rede, cujas principais entidades são: *Access and Mobility Management Function* (AMF), que gerencia os registros, conexões e mobilidade; *User Plane Function* (UPF), que realiza o roteamento e encaminhamento de pacotes, interconexão com a rede de dados e aplicação de políticas; e o *Session Management Function* (SMF), responsável pela sinalização relacionada ao tráfego de dados do usuário. Também foi implementado o *Network Slicing*, técnica utilizada para separar redes virtuais dentro de uma mesma rede física, as funções podem variar dependendo das características específicas de utilização da rede. Possibilitando a separação da rede uma camada acima das regras de QoS, para facilitar a administração dos recursos de rede.

Na criação dessa rede 5G LAN, será utilizado o USRP (*Universal Software Radio Peripheral*) como SDR, que fornece uma arquitetura de RF definida por *software* para projetar, criar protótipos e implementar rapidamente sistemas de comunicação sem fio com processamento de sinais personalizado.¹⁰ Outro item fundamental na rede é o SDN, que permite operar e gerenciar toda a rede com maior consistência, independentemente da tecnologia subjacente que é usada, com programas em vez de equipamentos especializados. O conceito SDN surgiu para atender à necessidade de automatizar, escalar e otimizar as redes, a fim de lidar melhor com as mudanças ocasionadas por aplicações atuais.¹¹ Atualmente o protocolo que mais se destaca em SDN é o *OpenFlow*, que emprega controladores universais de SDN, utilizado até mesmo por grandes empresas, como a Cisco, por substituir os *switches* tradicionais por *switches* habilitados para *OpenFlow*.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados têm como objetivo a criação de competência em tecnologia 5G, permitindo que os integrantes do centro tenham capacidade de expandir seu conhecimento para auxiliar as áreas de PD&I e como consequência criar uma rede 5G funcional para testes dentro do CIMATEC, que atenda aos requisitos estipulados pelo órgão competente. Observa-se, assim, que a revisão bibliográfica aliada a realização de *testbeds* possibilita um maior grau de compreensão nas vantagens e desafios de uma rede 5G em ambiente local.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ SAKAGUSHI, Kei. et al. Millimeter-Wave Wireless LAN and Its Extension toward 5G Heterogeneous Networks. **IEICE Trans. Commun.**, vol.E98–B, no.10, 2015.
- ² LUTHER, Erik. 5G Massive MIMO Testbed: From Theory to Reality. **National Instruments**, 2016.
- ³ LOH, Tian Hong; CHEADLE, David; MILLER, Philip. A Millimeter Wave MIMO Testbed for 5G Communications. **National Physical Laboratory**, 2017.
- ⁴ WON, Seok Ho; CHEADLE, David; MILLER, Philip. Development of 5G CHAMPION Testbeds for 5G Services at the 2018 Winter Olympic Games. **IEEE, 18th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC)**, 2017.
- ⁵ GÖKCELI, Selahattin; CANLI, Buse; KURT, Güneş Karabulut. Universal Filtered Multicarrier Systems: Testbed Deployment of a 5G Waveform Candidate. **Istanbul Technical University**, Istanbul, Turkey, 2016.
- ⁶ OPENAIRINTERFACE. OpenAirInterface: 5G software alliance for democratising wireless innovation. **OpenAirInterface**, 2020. Disponível em: <<https://www.openairinterface.org/>>. Acesso em: 13 abril 2020.
- ⁷ GNU RADIO. About GNU Radio. **GNU Radio project**, 2020. Disponível em: <<https://www.gnuradio.org/about/>>. Acesso em: 13 abril 2020.
- ⁸ FREDERICO, Fernando Pavanelli; SABINO, Carlos Átila Vieira. 5G New Radio Evolution, Challenges and Solutions. **Rohde & Schwarz**, 2019.
- ⁹ FRENZEL JR., Louis E. Principles of Electronic Communication Systems. McGraw-Hill, 4ª edição, 2016.
- ¹⁰ NATIONAL INSTRUMENTS. Dispositivo de Rádio Definido por Software USRP. **National Instruments Corporation**, 2020.
- ¹¹ STEFANINI. O que é SDN? Entenda o conceito de software defined network. **Stefanini**, 2018. Disponível em: <<https://stefanini.com/pt-br/trends/artigos/entenda-o-conceito-de-software-defined-network/>>. Acesso em: 13 abril 2020.