

Integração De Tecnologias Heterogêneas Para Redes de Quinta Geração

Kennzy L. C. S. Cardoso

¹Universidade Federal Do Pará (UFPA)
Caixa Postal 68746-630 – Castanhal – PA – Brazil

{Cardoso, Kennzy}kennzy418@gmail.com

Abstract. *Millimeter wave (mmWave) communication is an essential part of fifth generation (5G) cellular networks, due to higher carrier frequencies offering higher speed, high bandwidth and lower latency. However, due to the costs of implementing the new technology, an integration with the current network (4G) becomes necessary. Thus, this project presents an analysis of the Quality of Experience (QoE) perceived by the user, in the transmission of video in a system of heterogeneous technologies.*

Resumo. *A comunicação de ondas milimétricas (mmWave) é parte essencial para as redes celulares de quinta geração (5G), devido a frequências portadoras mais altas oferecendo maior velocidade, alta largura de banda e menor latência. Entretanto, devido aos custos de implementação da nova tecnologia uma integração com a rede atual (4G), se torna necessário. Dessa forma, este trabalho apresenta uma análise da Qualidade de Experiência (QoE) percebida pelo usuário, na transmissão de vídeo num sistema de tecnologias heterogêneas.*

1. Introdução

“Cada um dos três séculos anteriores foi dominado por uma única nova tecnologia. O século XVIII foi a época dos grandes sistemas mecânicos que acompanharam a Revolução Industrial. O século XIX foi a era das máquinas a vapor. As principais tecnologias do século XX se desenrolaram no campo da aquisição, do processamento e da distribuição de informações”. (Tanenbaum, Feamster e Wethreaall, p.1)

As redes de quinta geração (5G) são o próximo passo evolutivo para a banda larga sem fio. Ela têm como missão elevar as potencialidades da rede atual, conhecida como 4G, através de uma cobertura mais ampla e eficientes com maiores transferências de dados, além de um número significativo de conexões simultâneas.

O campo das redes de quinta geração tem motivado pesquisas para prover ao usuário um acesso transparente e universal a todos os serviços. Devido a mobilidade ou queda de sinal, um dispositivo móvel pode se conectar à uma nova Base Station (BS) que pode ser de uma tecnologia igual ou distinta a conectada anteriormente. Esse procedimento de mudança de célula que ocorre entre tecnologias distintas ou não, tem como objetivo oferecer a melhor conectividade ao usuário.

A tendência atual também aponta para a popularização de dispositivos móveis com múltiplas interfaces de tecnologias sem fio heterogêneas. Em redes heterogêneas, o acesso deverá ser transparente e, preferencialmente, o usuário deverá sempre está conectado à

melhor rede independente do tipo de tecnologia. Porém, é necessário um estudo de como viabilizar a integração de tecnologias heterogêneas em um mesmo ambiente para que o usuário possa de fato escolher a melhor conectividade. Aspectos como mobilidade do usuário, frequência das tecnologias são importantes tópicos de pesquisa na literatura acadêmica.

Devido a tendência atual que aponta para a popularização dos dispositivos móveis com múltiplas interfaces de tecnologias heterogêneas, é necessário um estudo de como duas tecnologias distintas deverão trabalhar em conjunto para melhor conectividade do usuário final. Este trabalho propõe realizar um estudo de como duas tecnologias uma 4G e outra 5G funcionarão em conjunto, sendo realizada uma análise na experiência do usuário final ao utilizar um serviço de streaming de vídeo.

2. Justificativa

A necessidade de uma arquitetura que proporcione a melhor conectividade considerando a perspectiva, a experiência do usuário é um dos fatores motivantes para este trabalho. Discussões para novas arquiteturas não devem ser apenas do ponto de vista técnico orientada ao protocolo e sim orientada a serviço considerando a satisfação, a experiência do usuário para um determinado serviço.

Essas novas arquiteturas passam a ser avaliadas e baseadas também em métricas de QoE, pois o grande objetivo em qualquer arquitetura é prover o máximo de satisfação para seus clientes. Com o crescimento e sucesso do uso de aplicações multimídias em dispositivos móveis, como streaming de vídeo, por tal razão é extremamente importante avaliar o impacto desses tipos de aplicações sob a perspectiva do usuário final.

As arquiteturas de rede voltadas para as Redes 5G devem ser heterogêneas, ou seja, fornecer aos usuários finais diferentes tipos de conectividade. Além de considerar o fato de que os dispositivos móveis podem mudar de conexão a qualquer momento e que a mudança de tecnologia por parte do usuário não deverá prejudicar a qualidade da aplicação.

Um dos desafios na concepção das Redes 5G consiste no desenvolvimento de arquiteturas que viabilizem a continuidade do serviço através do suporte adequado à Qualidade de Experiência (Quality of Experience - QoE) para aplicações multimídia de alta definição e que proporcionem sempre a melhor conectividade aos usuários móveis. Há um consenso de que qualquer que seja a denominação, o acesso sem fio será heterogêneo.

Outro grande desafio que envolve a mobilidade oferecida aos usuários, é o handover de forma transparente, sem que o usuário perceba a mudança do ponto de acesso (AP - Access Point) ou estação rádio-base (BS - Base Station), essa troca pode ocorrer por diversos motivos. O motivo mais comum é a degradação do sinal atual, que faz com que o dispositivo móvel procure uma alternativa melhor para continuar a usufruir dos seus serviços. Essa degradação pode ser decorrente de problemas de rádio-propagação, quanto da mobilidade do usuário.

Neste caso, a nova BS escolhida deverá oferecer melhor qualidade de enlace, uma vez que o usuário perderá a conectividade com a BS atual. Assim, todos os dados que o cliente estivesse recebendo via BS antiga, terão que ser reenviados a nova BS.

3. Referencial Teórico

3.1. Quinta Geração de Redes Móveis

O 1G veio ao mercado em torno dos anos 80 exclusivamente para transmissão de voz via sinais analógicos. É uma tecnologia primária, muito suscetível a interferências e facilmente interceptável. O 2G surgiu nos anos 90 com o intuito de migrar os meios de comunicações para a tecnologia digital, permitindo não só comunicação por voz, mas também o envio de mensagens de texto, imagens e vídeos. Com esta nova tecnologia, foi possível expandir o número de ligações simultâneas em um mesmo espectro de radiofrequência. O 3G foi lançado ao mercado para massificar o acesso a internet via dispositivos móveis. O 4G chegou podendo transmitir dez vezes mais banda que seu antecessor, é uma tecnologia que supre as necessidades atuais de rede, porém está fadada ao desuso em um futuro não muito distante, devido aos requisitos de desempenho como baixa transferência de dados e alta latência. A figura 1 demonstra a evolução das redes móveis e os serviços que foram adicionados a cada geração.

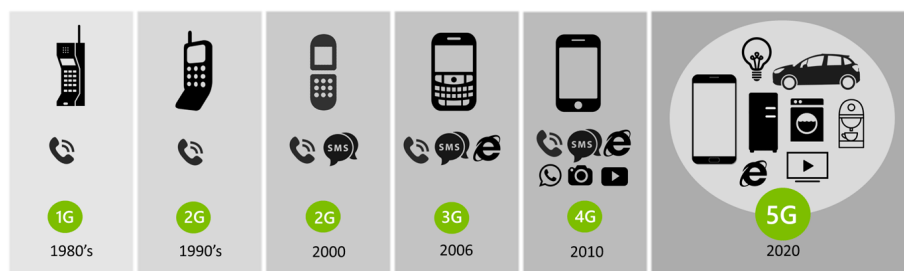


Figure 1. Evolução das redes moveis

As redes móveis de quinta geração (5G) vem para solucionar esses problemas, possuindo cenários flexíveis, com latência aproximada a 1ms e um número massivo de conexões simultâneas e alta taxa de transferência de dados. Espera-se que as comunicações em frequências acima de 10GHz (Banda mmWave) desempenhem um papel importante para a próxima geração de redes celulares (5G), devido ao potencial de desempenho de latência baixa e multi-gigabit dessa tecnologia. Na figura 2 está as 8 especificações das redes de quinta geração, ou seja os benefícios que a nova rede móvel vai trazer ao usuário final.



Figure 2. Especificações 5G

As frequências de onda milimétricas possuem uma perda de caminho isotrópicas muito alta, o que resulta em células de cobertura menores que as macrocélulas LTE atuais. Técnicas de alta direcionalidade serão usadas para melhorar a qualidade do sinal e estender a área de cobertura, juntamente com uma implantação de alta densidade de estações base mmWave (BS). No entanto, quando as condições de propagação são difíceis e é difícil fornecer cobertura de alta qualidade com mmWave BS, é necessário contar com estações base LTE de geração anterior, que fazem uso de frequências mais baixas (900 MHz - 3,5 GHz), que são menos sensíveis ao bloqueio e apresentam menor perda de caminho. A fim de fornecer serviços ultra-confiáveis para usuários móveis, há a necessidade de arquiteturas de rede que integrem de forma firme e transparente as tecnologias de acesso de rádio LTE e mmWave.

3.2. Handover

O Handover é um procedimento que permite ao UE (User Equipment) conectado a uma BS (Base Station) transfira-se para a próxima BS sem desconexão da sessão. Nota-se, então, que o procedimento de Handover deve ser rápido e a transferência de dados não deve ser atrasada ou perdida. Uma estratégia de Handover eficaz torna a experiência do usuário agradável, levando em consideração as métricas da rede e da velocidade que o usuário se movimenta.

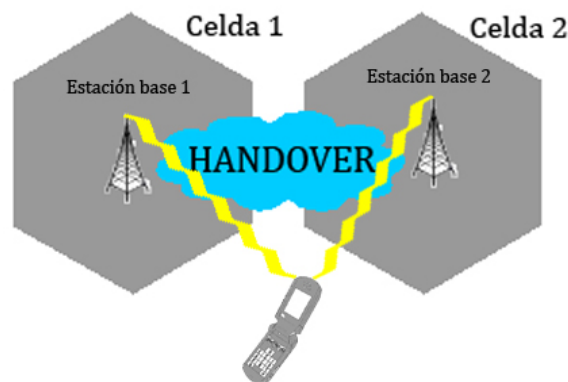


Figure 3. Handover

O Processo convencional de Handover é caracterizado por três fases: inicialização, decisão e execução. Os dados relacionados às BS e aos usuários são colocados na fase inicial do processo. A fase de decisão utiliza-se de forma tradicional o RSRP (Reference Signal Power) como parâmetro fundamental de comparação entre as BS.

4. Materias e Métodos

O trabalho foi conduzido em simulações criadas utilizando o Network Simulador 3 (NS3) usando o módulo mmwave que é capaz de realizar simulações com dispositivos móveis (UEs) conectados a um eNB LTE e para um eNB mmWave. Neste projeto é instanciado um UE, um eNB LTE e um eNB mmWave, usando como base os exemplo mc-twoenbs.cc e lena-x2-handover-measures.cc os códigos usados como

base para a construção desse projeto podem ser encontrados respectivamente em: ns3-mmwave/src/mmwave/Exemplos/mc-twoenbs.cc e ns3-mmwave/src/lte/examples/lenna-x2-handover-measures.cc. Durante a simulação o dispositivo movel inicia mais próximo de uma das duas BS e se move progressivamente em direção à outra, durante a simulação ocorre o handover entre as BS de tecnologias distintas, devido o UE está se movimentando em direção a segunda BS, A Figura 4 representa a topologia de rede seguida neste trabalho.

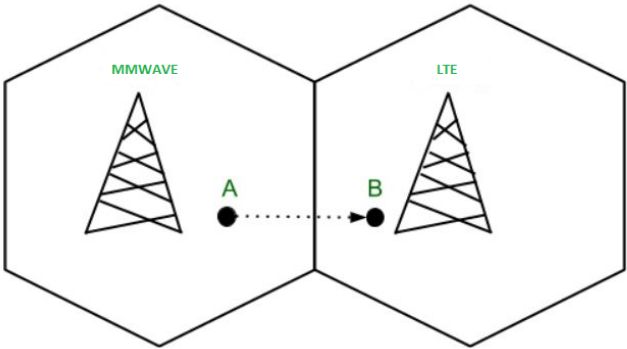


Figure 4. Exemplo da topologia da simulação.

Iremos considerar às métricas PSNR (Peak Signalto Noise Ratio), SSIM (Structuralsimilarity) e VQM para avaliação do sinal de vídeo degradado em relação ao de referência.

A métrica PSNR é uma derivação da métrica Mean Square Error (MSE), que faz a relação de um quadro original, isto é uma imagem com o quadro recebido. PSNR faz uma relação da máxima potência de um sinal, pela potência do ruído, buscando comparar sinais antes e depois de algum processo de degradação, e dessa forma, gerar um resultado em dB (decibel). No processo de transmissão de vídeos, a PSNR relaciona a entrada e saída de compressão de perdas que avalia se houve ou não ruído introduza na imagem ou frames.

Vamos utilizar a métrica MOS (Mean Opinion Score), a métrica MOS consiste na obtenção de um valor para determinar a qualidade de um vídeo através das opiniões dos usuários. Esta métrica tem como base uma tabela pré determinada que é fundamentada na exibição de vídeos para que usuários possam avaliar e pontuar em uma escala de 1 a 5 a qualidade de vídeo.

PSNR	MOS	QUALIDADE
Maior que 37dB	5	Excelente
31 – 37dB	4	Bom
25 – 31dB	3	Razoável
20 – 25dB	2	Pobre
Menor que 20dB	1	Ruim

Figure 5. Valores de comparação MOS e PSNR.

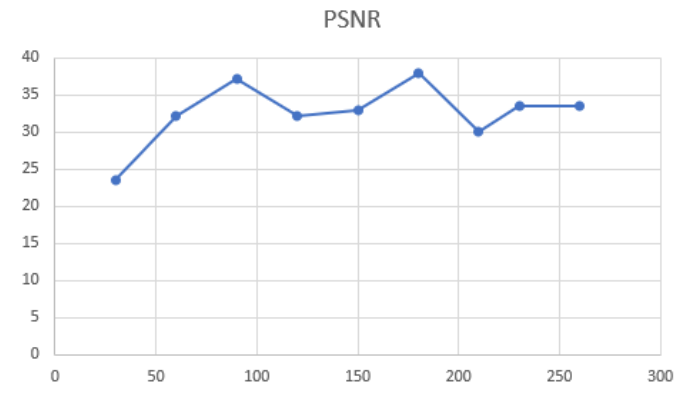


Figure 6. Gráfico PSNR.

Ao realizar a comparação da média da PSNR na Figura 6 com os valores de referência da MOS na Figura 5, nota-se que os valores da PSNR é considerado boa e com pouca degradação.

Na métrica SSIM, é o índice de similaridade estrutural, levando em consideração a medição da distorção estrutural da imagem. Este método leva em conta a correlação de perdas, distorção de luminância e distorção de contraste para medir a degradação. A SSIM pode variar em um intervalo de zero há um, onde quanto mais próximo de um menor é a degradação da imagem.

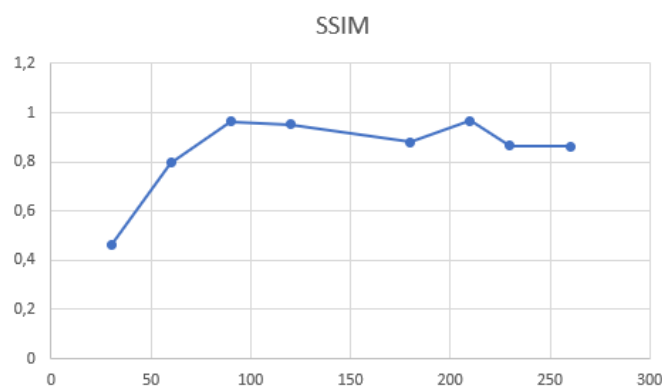


Figure 7. Gráfico SSIM.

Analisando os resultados da Figura 7, percebe-se que a média geral para SSIM está próxima de 1, oque significa correlação perfeita de duas imagens semelhantes.

VQM é uma métrica que usa vídeo original e o degradado como fase de entrada para avaliar a qualidade de vídeo, sendo que o algoritmo VQM pode ser dividido em algumas fases: calibração, extração de características de qualidade, parametros para cálculo de qualidade e cálculo VQM. A VQM tem valores positivos a partir de zero, sendo zero o melhor possível.

Analisando os dados mostrados no gráfico da Figura 8 a média da VQM para o vídeo está próxima do melhor valor possível, tendo pouca degradação.

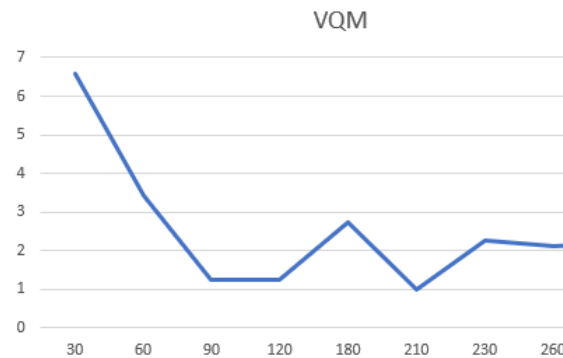


Figure 8. Gráfico VQM.

5. Conclusão

Devido a demanda crescente da utilização de aplicações de vídeo, o futuro da internet depende das arquiteturas e da integração de redes de acesso capazes de tratar a crescente demanda de tráfego.

Os resultados mostram que a transmissão de vídeo em sistemas heterogêneos é eficiente. Os benefícios que as redes 5G mmWave proporcionarão para aplicações multimídia como maior qualidade na transmissão, entrega confiável, menor degradação, permitindo que o usuário usufrua melhor do serviço.

Nas avaliações das métricas PSNR, SSIM e VQM, demonstraram que é possível integrar um cenário heterogêneo entre tecnologias LTE e mmWave obtendo resultados satisfatórios na experiência do usuário final.

6. References

[Ronilson 2021] Ronilson (2021). Análise de QoE para Streaming de Vídeo em Redes Aéreas 5G mmWave de Conectividade Dupla.

[Tarciana, Ycaro e Vicente 2017] Tarciana C. de B. Guerra, Ycaro R. Dantas, Vicente A. de Sousa Jr. (2017). Desempenho de Estratégias de Handover em Redes LTE no Cenário do 3GPP para Picocélulas.

[Ronilson 2018] Ronilson (2018). TRANSMISSÃO DE VÍDEO EM REDES MESH USANDO NS3 E EVALVID COM PROVISIONAMENTO DE QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA.

[Daniel, Rafael, Marcos e Diego 2020] Daniel da S. Souza, Rafael F. Vieira, Marcos C. da R. Seruffo e Diego L. Cardoso 2020 (2020). Algoritmo Genético para Handover em Redes Heterogêneas Móveis.

[Michele, Marcos e Michele 2016] Michele Polese, Marco Mezzavilla, Michele Zorzi (2016). Performance Comparison of Dual Connectivity and Hard Handover for LTE-5G Tight Integration.

[Debabani 2017] Debabani Choudhury (2017). Challenges for 5G? The Future of Wireless Communications.

[Nicola e Manuel 2013] Nicola Baldo, Manuel Requena-Esteso (2013). An open source model for the simulation of LTE handover scenarios and algorithms in ns-3.

[Muhamad, Antonius e Arthur 2014] Muhamed Assyadzily, Antonius Suhartomo e Arthur Silitonga (2014). Evaluation of X2-handover performance based on RSRP measurement with Friis path loss using network simulator version 3 (NS-3).