

Wi-Fi 6: Simulação e Análise de Performance

Diogo Machado Zampar¹, Elieser Botelho Manhas Jr.¹

¹Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Caixa Postal 10.011 – CEP 86057-970 – Londrina – PR – Brasil

diogo.machado.zampar@uel.br, elieser@uel.br

Abstract. *The growing dependency of human activities in wireless networks and increasing interest in the Internet of Things made dense networks scenarios more and more common. In order to solve these problems, Wi-Fi 6 was developed. By comparing the performance of the latest and previous Wi-Fi versions by a NS-3 network simulation, this paper intends to clarify whether the improvements made were able to solve (and how well) some of these problems.*

Resumo. *O surgimento da Internet das Coisas, assim como a crescente dependência das atividades humanas em redes sem-fio, fizeram com que os cenários de redes densas se tornem cada vez mais comuns. A fim de resolver problemas decorrentes deste cenário, o Wi-Fi 6 foi desenvolvido. Comparando a performance do novo Wi-Fi com o padrão anterior por uma simulação utilizando o NS-3, o presente trabalho busca analisar em que medida melhorias puderam ser implementadas a fim de resolver tais problemas.*

1. Introdução

Desde sua idealização em reuniões ocorridas em setembro de 1990, o padrão 802.11, também conhecido como Wi-Fi 6 cresceu em popularidade e adoção e chegou a influenciar e quase a definir o que se entende por redes sem fio. Por outro lado, os níveis de implantação atingidos também trouxeram problemas e complicações para redes utilizando o padrão. O crescimento na densidade de APs (*Access Points*) nas redes resultou em um aumento de cenários de redes densas, onde a competição pelo sinal gera problemas de interferência, mostrando-se um problema tão grande quanto, senão maior, que a crescente necessidade de aumento das taxas de dados nominais [4].

Apesar das baixas taxas de transferência de dados nominais iniciais, sua evolução dada nas versões anteriores do Wi-Fi 6 (original, b, a, g, e ac) transformou o padrão em suas versões mais recentes em um grande competidor à rede de telefonia móvel de celular [4]. No entanto, os problemas emergentes em cenários de redes densas são crescentes, sendo um dos principais focos do novo padrão.

O surgimento de novos dispositivos relativos à *Internet of Things* (IoT) não só contribuíram para o problema em redes densas já citado, mas também traz novas exigências: baixo consumo energético dos dispositivos. O Wi-Fi 6 tenta resolver o novo desafio com uma de suas principais funcionalidades novas: o *Target Wake Time* (TWT), que possibilita a extensão de períodos de *deep-sleep* de dispositivos.

A Seção 2 apresenta detalhes sobre as principais funcionalidades novas do 802.11ax e como se relacionam a problemas atuais, a Seção 3 descreve os objetivos do trabalho, a Seção 4 descreve o estudo de caso e o simulador de rede a ser utilizado, a Seção 5 apresenta a divisão de atividades para a formulação do trabalho, assim como um cronograma para sua execução e a Seção 6 justifica a elaboração do trabalho de acordo com os resultados buscados.

2. Fundamentação Teórico-Metodológica e Estado da Arte

O padrão IEEE 802.11ax busca melhorar o *throughput* de dados em cenários de redes densas em até quatro vezes. Para isso, dezenas de tecnologias já desenvolvidas e testadas na área de redes e telefonia foram implementadas no novo padrão.

Para o desenvolvimento do trabalho, serão estudados de forma mais aprofundada as tecnologias e funcionalidades mais inovadoras, que resultaram em maiores melhorias ou que foram capazes de resolver problemas importantes das versões anteriores.

2.1. OFDMA

A implementação do *Orthogonal frequency-division multiple access* (OFDMA) no Wi-Fi 6 talvez seja o principal exemplo do foco de desenvolvimento em eficiência e não somente em taxas de transferência nominais.

O OFDMA permite que um ponto de acesso se comunique simultaneamente com diversas estações e vice-versa. Seu uso é especialmente útil para múltiplas transmissões curtas em canais largos.

A eficiência da aplicação do OFDMA depende de como o ponto de acesso agenda os recursos de cada canal para cada estação e como configura os parâmetros de transmissão (*transmission power*) [1].

No Wi-Fi 6, um canal pode ser dividido em subportadoras (*subcarriers*) OFDMA, chamados de *Resource Units*(RUs), e pode ter um tamanho de até 996 tons. O tamanho de um RU é proporcional à largura de um canal, ou seja: todo um canal de 40 Mhz representa um RU de 484 tons, enquanto um canal de 160 Mhz representa 2 RUs de 996 tons. RUs de 52, 106 e 484 tons podem ser divididos em 2 RUs de tamanho aproximadamente medianos, enquanto RUs de 242 e 996 tons se dividem em 3 RUs [1].

Tanto para *downlink* (DL) como para *uplink* (UL), um único RU pode ser designado a cada estação por vez, independentemente do tamanho. Assim, a escolha de tamanho de cada RU é fundamental na correta designação de banda oferecida a cada estação. Com a divisão do canal em RUs, vários pacotes pequenos podem ser enviados simultaneamente a estações diferentes, sem a necessidade de esperar o envio de outros pacotes.

2.2. Target Wakeup Time

O mecanismo de acesso planejado, ou *Target Wakeup Time* (TWT) é um dos principais fatores de contribuição para o uso do padrão 802.11ax para dispositivos remotos na IoT. Ele é dividido em duas versões: TWT individual e TWT de *broadcast*. O TWT individual requer acordos entre duas STAs, enquanto para o TWT de *broadcast* isso não se faz necessário [3].

Para conseguir a diminuição de consumo energético, cada STA negocia períodos de envio e recepção de dados com o AP, podendo ficar em *deep-sleep* no resto do tempo. Além da diminuição de consumo, também ocorre uma diminuição do nível de contenção, evitando colisões e melhorando o espectro de utilização desde que o planejamento dos períodos das STAs seja feito adequadamente [6].

2.3. Multi-User MIMO

Paralelamente ao OFDMA, o *Multi-User Multiple Input, Multiple Output* (MU-MIMO) também foi implementado no Wi-Fi 6 de modo a favorecer a utilização do espectro em cenários de redes densas, permitindo que múltiplas STAs transmitam a um mesmo AP.

Em *uplink*, ou seja, para o envio de dados de uma STA para um AP, o AP deve iniciar o contato, podendo ser utilizada a totalidade da banda ou apenas um RU, desde que seja de tamanho igual ou superior a 106 tons. Uma única STA pode transmitir em um RU em um dado momento, caso múltiplas STAs transmitam simultaneamente no mesmo RU, os dados serão perdidos [2]. Em *downlink*, o MU-MIMO permite que AP transmita simultaneamente para até 4 STAs por meio de um único RU.

Padrões anteriores são compatíveis com o Wi-Fi 6 nesse quesito, sendo capazes de decodificar cabeçalhos de pacotes e dar preferência às STAs 802.11ax, tanto nas frequências 2.4 Ghz como 5 Ghz [5].

2.4. Basic Service Set Coloring

Outro mecanismo fundamental ao funcionamento do Wi-Fi 6 é o *Basic Service Set Coloring* (BSS Coloring), também direcionado a cenários de redes densas. Seu funcionamento consiste em, basicamente, adicionar um identificador de 6 bits a cada cabeçalho PHY, de modo a identificar a STA que está enviando o pacote. Assim, ao receber o pacote, o AP consegue determinar sua origem e, caso encontre STAs utilizando a mesma cor (determinada pelos 6 bits) na mesma rede, pode determinar que as cores sejam redefinidas para manter a exclusividade de cor para cada STA.

Sem o BSS Coloring, uma rede wi-fi 802.11ax pode ser obrigada a ficar em modo de espera caso uma rede vizinha esteja transmitindo no mesmo canal de frequência, ou seja, caso ocorra contenção do meio de transferência. Já com a utilização do sistema de identificação de cores por rede (que por padrão vão de 0 a 63, utilizando os 6 bits disponíveis), é possível determinar se o sinal é direcionado a própria rede ou a uma rede vizinha.

Em uma simulação realizada por Šepić et al[7], em que 3 SSBs foram posicionados em um ambiente aberto e de forma a se sobreporem parcialmente, como ilustrado na Figura 1, um aumento de taxa de transmissão de até 47% foi atingido com o uso do BSS Coloring, como podemos verificar na Figura 2.

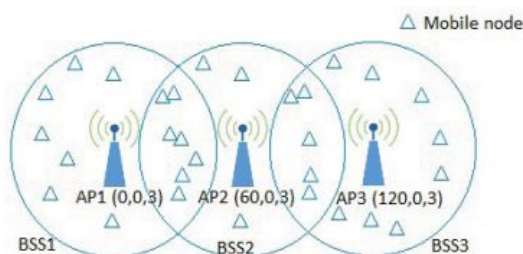


Figura 1. Disposição espacial dos BSSs. Fonte: [7]

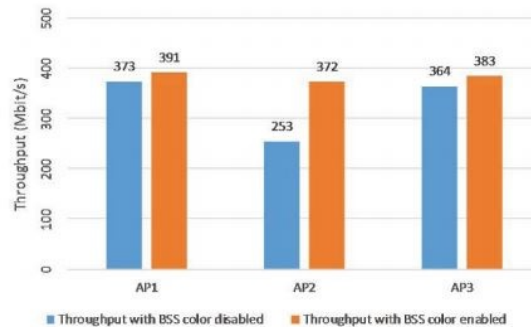


Figura 2. Comparação de performance BSS Coloring. Fonte: [7]

3. Objetivos

Descrever detalhadamente o funcionamento das principais funcionalidades e mecanismos do Wi-Fi 6. Analisar a performance do padrão ax em comparação a uma versão anterior do wi-fi, preferencialmente sob o ponto de vista dos ganhos de taxas de transferência devidos a uma funcionalidade específica, como OFDMA ou BSS Coloring. Analisar e descrever funcionalidades e objetivos do novo padrão que não chegaram a cumprir o que pretendiam, e em que medida.

4. Procedimentos metodológicos/Métodos e técnicas

A pesquisa bibliográfica deverá ser realizada em busca de estudos descrevendo o padrão 802.11ax de forma geral, uma ou mais de suas funcionalidades específicas ou analisando a performance e funcionamento do padrão ou de uma de suas funções específicas.

A comparação de performance com o padrão anterior deverá ser realizada pelo simulador de rede NS-3 e, na medida do possível, em um cenário de rede densa, no qual o padrão ax tem maior possibilidade de otimização.

5. Cronograma de Execução

Atividades:

1. Levantamento Bibliográfico: 2 meses;
2. Estudo das funcionalidades específicas do Wi-Fi 6: 3 meses;
3. Estudo do simulador NS-3: 1 mês
4. Definição e testes dos cenários a serem simulados: 3 meses
5. Análise dos resultados: 1 mês;
6. Redação: 4 meses;

6. Contribuições e/ou Resultados esperados

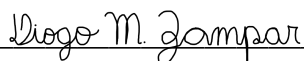
Demonstração das diferenças de performance do Wi-Fi 6 comparado ao padrão anterior testado, assim como da importância da tecnologia ou funcionalidade específica utilizada na diferença de performance encontrada. Perspectivas de melhorias possíveis ou de problemas futuros ou ainda não resolvidos para o próximo padrão Wi-Fi.

Tabela 1. Cronograma de Execução

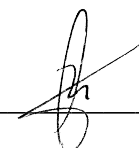
	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai
Levantamento	X	X								
Funcionalidades		X	X	X						
Simulador NS-3					X					
Testes						X	X	X		
Análise									X	
Redação							X	X	X	X

7. Espaço para assinaturas

Londrina, 13 de setembro de 2021.



Aluno



Orientador

Referências

- [1] Dmitry Bankov, Andre Didenko, Evgeny Khorov, and Andrey Lyakhov. Ofdma uplink scheduling in ieee 802.11ax networks. In *2018 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, pages 1–6, 2018.
- [2] Yousri Daldoul, Djamel-Eddine Meddour, and Adlen Ksentini. Performance evaluation of ofdma and mu-mimo in 802.11ax networks. *Computer Networks*, 182:107477, 2020.
- [3] Der-Jiunn Deng, Kwang-Cheng Chen, and Rung-Shiang Cheng. Ieee 802.11ax: Next generation wireless local area networks. In *10th International Conference on Heterogeneous Networking for Quality, Reliability, Security and Robustness*, pages 77–82, 2014.
- [4] Evgeny Khorov, Anton Kiryanov, Andrey Lyakhov, and Giuseppe Bianchi. A tutorial on ieee 802.11ax high efficiency wlans. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 21(1):197–216, 2019.
- [5] Zineb Machrouh and Abdellah Najid. High efficiency ieee 802.11ax mu-mimo and frame aggregation analysis. In *2018 International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking (CommNet)*, pages 1–5, 2018.
- [6] Maddalena Nurchis and Boris Bellalta. Target wake time: Scheduled access in ieee 802.11ax wlans. *IEEE Wireless Communications*, 26(2):142–150, 2019.
- [7] Nina Šepić, Enis Kočan, Zoran Veljović, and Milica Pejanović. Assessment of novel solutions for throughput enhancement in ieee 802.11ax networks. In *2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR)*, pages 1–4, 2019.