

IEEE 802.11n e 802.11ah: Comparação Entre Padrões para Comunicação M2M

Calil Queiroz e André Barreto

Resumo— Este artigo avalia, através de simulação, o desempenho para comunicação M2M de redes sem fio 802.11n. As principais características da camada física e da MAC do padrão 802.11ah são apresentadas, mostrando como as limitações de padrões anteriores para aplicações M2M podem ser superadas.

Palavras-Chave— 802.11ah, WiFi, M2M, Internet das Coisas, Redes de Sensores.

Abstract— This article evaluates, through simulation, the performance for M2M communications of 802.11n wireless networks. The main features of the physical and MAC layers of the 802.11ah standard are presented, highlighting how the limitations for M2M applications of previous standards can be overcome.

Keywords— 802.11ah, WiFi, M2M, Internet of Things, Sensor Networks.

I. INTRODUÇÃO

O IEEE 802.11, um dos padrões mais adotados em redes sem fio, apresenta diversas versões e emendas. A maioria de suas versões, como o IEEE 802.11n, visa a atender um pequeno número de dispositivos sem fio, com taxas de dados elevadas. Para os próximos anos, entretanto, prevê-se um aumento no número de conexões *machine-to-machine* (M2M) – em *smart-grids*, redes de sensores e outras aplicações – de até 20% ao ano [3], o que mostra a necessidade de um padrão para tais aplicações. Dessa forma, o IEEE criou, em 2010, um grupo de trabalho para a elaboração de um padrão voltado para redes M2M. O resultado desse grupo é o padrão IEEE 802.11ah, que deve ser lançado ainda em 2016 [2].

Neste artigo, apresentamos a avaliação do desempenho do padrão IEEE 802.11n em situações típicas de redes M2M e mostramos as suas principais limitações. Para tanto, foi implementada uma simulação sistêmica desse padrão na linguagem de programação C++. Em seguida, algumas características do IEEE 802.11ah são expostas, de forma a revelar como tais limitações são superadas pelo novo padrão.

Por apresentar poucas mudanças na MAC e focar em altas taxas de transmissão na PHY [4] – aspectos pouco relevantes para comunicações M2M – o padrão 802.11ac não foi simulado. Tecnologias MIMO também não foram consideradas.

A. Características do 802.11n

O padrão IEEE 802.11n introduz na camada MAC os conceitos de TXOP e agregação, a fim de se reduzir o *overhead* de sinalização [1]. Após conseguir acesso ao meio, uma estação pode transmitir diversos pacotes consecutivos, durante um período de tempo chamado *transmit opportunity* (TXOP). Esses pacotes podem ser respondidos com um ACK individual ou podem ser agregados (em nível de MSDU ou MPDU), formando um único pacote cujo recebimento é confirmado por um ACK em bloco (*block ack*, ou BA). O TXOP e a agregação são mantidos no 802.11ah, já que o *overhead* de sinalização é um problema em redes M2M, por utilizarem pacotes pequenos. A Figura 1 mostra como esses conceitos influenciam o *throughput* médio de uma estação transmitindo a 54 Mbps, com pacotes de 500 *bytes* de dados.

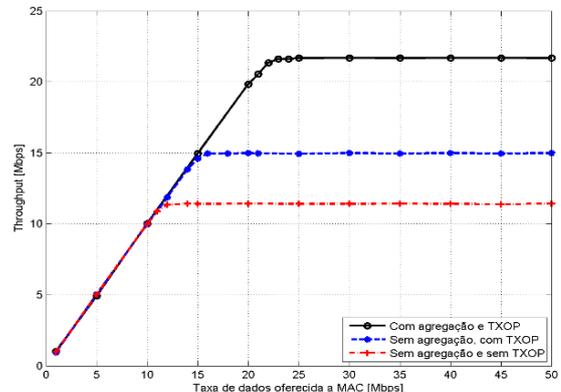


Fig. 1. Throughput versus taxa de dados oferecida a MAC

B. Requisitos do 802.11ah

A Tabela 1 mostra alguns requisitos mínimos e casos de uso do padrão 802.11ah. Devido a sua aplicação em conexões M2M, são essenciais pequenas taxas de dados, grande alcance e suporte para pacotes pequenos.

Tabela 1. Requisitos do 802.11ah (adaptado de [2])

Taxa de dados mínima	100 kbps
Tamanho de pacote	Algumas centenas de <i>bytes</i>
Distância entre estações	Até 1 km
Número de estações	Até 6000

II. DESEMPENHO DO IEEE 802.11N PARA M2M

Para se avaliar o desempenho de padrões anteriores para os requerimentos expostos, simulações do padrão 802.11n foram executadas. Elas foram realizadas com taxa de transmissão de dados fixa em 6 Mbps, taxa de dados oferecida à MAC de cada estação de 500 kbps, TXOP de 3 ms, pacotes de 500 *bytes* de dados, e agregação de MPDUs, exceto quando indicado diferente. Além disso, as simulações foram executadas com *warm up* de 100 ms e variação de 100 sementes diferentes.

A. Número de estações

A Figura 2 mostra o *throughput* médio por estação em função do número de estações presentes na rede.

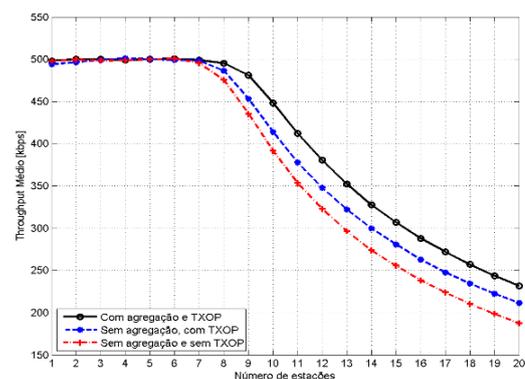


Fig. 2. Throughput médio em função do número de estações

As curvas mostram que, à medida que a rede se torna mais numerosa, o *throughput* médio cai, chegando a um valor normalizado de 0,45 para 15 estações sem TXOP. Como um dos requerimentos do padrão 802.11ah é permitir redes de até 6000 estações [2], fica evidente que as técnicas de acesso ao meio definidas pelo padrão analisado são inadequadas para tal aplicação.

B. Distância entre estações

Outra inadequação do 802.11n para aplicações em comunicação M2M é o baixo alcance. Como indicado na Figura 3, a distância entre uma estação e o ponto de acesso tem um forte impacto no *throughput* médio. O padrão 802.11ah requer um alcance de até 1 km, o que exige mudanças na camada física em comparação com os padrões anteriores.

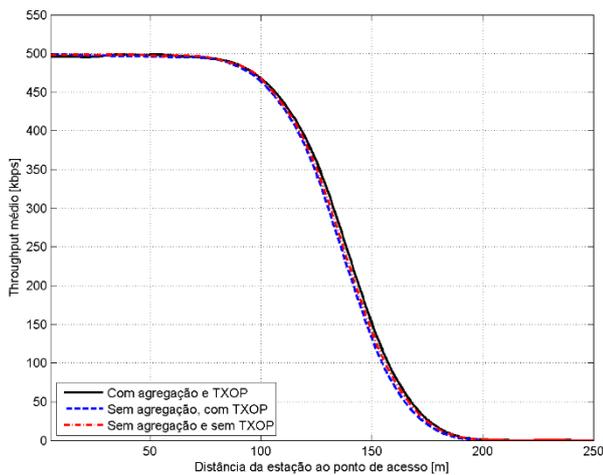


Fig. 3. Throughput médio versus distância entre estação e ponto de acesso

C. Tamanho dos pacotes de dados

Como aplicações M2M requerem pacotes de dados com apenas algumas centenas de *bytes* existe uma necessidade de diminuição do *overhead*, ilustrada pela Figura 4. Na Figura percebe-se que, para pequenos pacotes de dados, há uma queda do *throughput* médio em redes 802.11n, uma vez que o *overhead* de sinalização corresponde a até 23,1% de um pacote de 100 *bytes* de dados [2]. Além disso, o tempo de ociosidade devido ao protocolo CSMA/CA tem um impacto mais acentuado no *throughput* para pequenos pacotes.

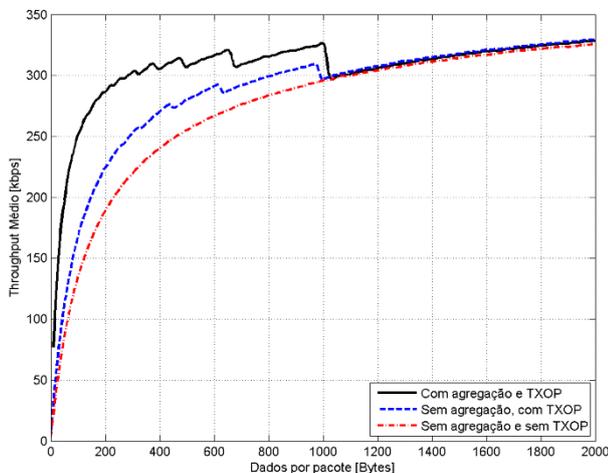


Fig. 4. Throughput médio versus dados por pacote em uma rede contendo 15 estações

Calil Queiroz, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília (UnB), DF, Brasil, E-mail: calil_queiroz@hotmail.com, andrebarreto@ene.unb.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq (137186/2015-0).

III. O PADRÃO IEEE 802.11AH

Para alcançar os requerimentos discutidos, o padrão 802.11ah introduz as soluções apresentadas a seguir.

A. Número de estações

O padrão 802.11ah define uma janela de tempo na qual somente um conjunto de estações associadas a um ponto de acesso competem pelo meio. Tal janela é chamada de *restricted access window* (RAW), e é dividida em *slots*, sendo cada *slot* alocado a uma ou mais estações. Dessa forma, a competição ocorre entre um número reduzido de estações, enquanto as demais permanecem em modo de baixo consumo energético.

B. Distância entre estações

O design básico do padrão 802.11ah é, em geral, herdado do padrão 802.11ac, com larguras de banda 10 vezes menores. Assim, a largura de banda do ruído também é reduzida em 10 vezes, aumentando a razão sinal-ruído no receptor. Além disso, o padrão 802.11ah prevê operação em frequências abaixo de 1 GHz, o que diminui as perdas em espaço livre. Somado com o suporte a canais de 1 MHz e utilização de taxa de codificação de $\frac{1}{2}$ em modulação BPSK, o padrão 802.11ah permite um ganho de até 24,5 dB quando comparado com o 802.11n [2].

C. Tamanho dos pacotes de dados

As modificações introduzidas pelo 802.11ah que visam mitigar o efeito do *overhead* incluem a criação do cabeçalho reduzido da camada MAC (de até 30 *bytes* no 802.11n para 12 *bytes* no 802.11ah), e do *null data packet* carregando MAC (NDP CMAC). O NDP CMAC consiste somente do preâmbulo da PHY, sem campo de dados, contendo toda a informação essencial de um quadro de controle da camada MAC. Dessa forma, um quadro NDP ACK passa a tomar 14% da duração de uma troca de pacote de dados e ACK para um pacote de 100 *bytes* de dados, comparado com 23%, caso um quadro ACK seja utilizado [2].

IV. CONCLUSÕES

Limitações que não tornavam a WiFi uma candidata viável para redes de comunicação M2M são resolvidas com o padrão 802.11ah. Investigados por este trabalho, requerimentos do padrão 802.11ah, como alto número de estações, longo alcance e pacotes com poucos *bytes* de dados, não são cumpridos pelo padrão 802.11n. O 802.11ah, no entanto, se utiliza de mecanismos de acesso ao meio mais robustos, menores frequências e larguras de banda, menores *overhead* e quadros de controle para atender à crescente demanda por sistemas de comunicação M2M, como *smart-grids* e redes de sensores.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq (137186/2015-0).

REFERÊNCIAS

- [1] Perahia E. e Stacey R., *Next Generation Wireless LANs*. New York, NY: Cambridge University Press, 2008.
- [2] Park M., "IEEE 802.11ah: Sub-1-GHz License-Exempt Operation for the Internet of Things," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 145-151, Set. 2015.
- [3] Adame T., Bel A., Bellalta B., Barcelo J. e Oliver M., "IEEE 802.11ah: The WiFi Approach for M2M Communications," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, pp. 144-152, Dez. 2014.
- [4] Gast M., *802.11ac: A Survival Guide*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2013.