

Avaliação do LoRaWAN para Campus Inteligente

Dimitri Leandro de Oliveira Silva, Jeferson R. Cotrim e João Henrique Kleinschmidt

Resumo—O presente trabalho avaliou o desempenho de uma rede LoRaWAN na conjuntura de Internet das Coisas para um Campus Inteligente. Os testes foram realizados no campus Santo André da Universidade Federal do ABC, onde foram aferidas a taxa de perda de pacotes, a potência do sinal e configurações de transmissão. Os resultados obtidos mostraram que, apesar de ser uma solução para longas distâncias, o LoRaWAN também pode ser utilizado em aplicações de curtas distâncias, com a vantagem de utilizar uma infraestrutura mais simples em relação à tecnologias mais comuns para esse propósito, como Wi-Fi.

Palavras-Chave—LoRaWAN, Campus Inteligente, Internet das Coisas.

Abstract—The present work evaluated the performance of a LoRaWAN network under a Internet of Things environment for an Smart Campus. The tests were performed at Santo André campus of Federal University of ABC and measured packet delivery rate, signal strength and transmission configurations. The results show that, although it is a solution for long distances, LoRaWAN can also be used in short distance applications, with the advantage of using a simpler infrastructure compared to the most common technologies for this purpose, such as Wi-Fi.

Keywords—LoRaWAN, Smart Building, Internet of Things.

I. INTRODUÇÃO

As redes LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) desempenham um papel fundamental no desenvolvimento das aplicações em Internet das Coisas (*Internet of Things, IoT*), provendo conexão de longa distâncias para dispositivos que apresentam restrições de *hardware* e energia. Uma das mais relevantes tecnologias em LPWAN é o LoRaWAN, principalmente por ser um protocolo de comunicação aberto [1][2].

O LoRaWAN é um protocolo de comunicação desenvolvido pela *LoRa Alliance*TM para atender as demandas das redes LPWAN, ou seja, ter uma grande área de cobertura e consumir pouca energia [3]. Para isto o LoRaWAN utiliza na camada física a modulação LoRa, que foi desenvolvida pela SemTech, no espectro de frequências sub-GHz. Esse método de modulação é uma adaptação da técnica CSS (*Chirped Spread Spectrum*). A utilização da modulação CSS permite que diversas transmissões ocorram ao mesmo tempo, dado que cada dispositivo utiliza um fator de espalhamento espectral, que por definição são ortogonais entre si.

Assim como as demais redes LPWAN, o LoRaWAN também utiliza uma topologia em estrela, evitando, assim, a utilização de protocolos de roteamento e múltiplos saltos. A topologia de uma rede LoRaWAN é composta por três elementos [1]: o *end-device*, que é responsável pela geração de pacotes LoRaWAN com dados oriundos dos objetos em uma

rede; o *gateway*, que faz a interface entre a rede LoRaWAN e outras redes; e o Servidor, que se subdivide em três elementos, um servidor de rede que gerencia funções relacionadas ao LoRa, um servidor de aplicação para gerenciar as aplicações associadas a uma rede e o servidor de ingresso que é responsável pela autenticação dos *end-devices*.

O LoRaWAN utiliza frequências não licenciadas na faixa sub-GHz para efetuar as transmissões e, por conta disto, existem limitações para o uso do espectro, que incluem *duty cycle* e também variações das características de transmissão. No que diz respeito às características de transmissão, o LoRaWAN pode variar a largura de banda (125, 250 ou 500 KHz), o fator de espalhamento espectral (7 a 12) e a taxa de codificação dos dados. Porém, como mencionado, devido a limitações legais definidas por cada região, nem todas as combinações desses fatores são permitidas. As combinações permitidas receberam o nome de *Data Rate (DR)*. No trabalho aqui apresentado o DR varia de 0 (125KHz e SF 12) à 5 (125KHz e SF 7). A utilização de DRs para definir características de transmissão permite que o LoRaWAN utilize um sistema chamado *Adaptive Data Rate (ADR)* em que o servidor de rede identifica a qualidade do dado recebido, normalmente avaliando o RSSI (*Received Signal Strength Indication*), e então, se necessário, solicita ao *end-device* que este altere de um DR para outro. Por especificação a alteração do DR somente ocorre quando o servidor de rede identifica uma melhora na qualidade de transmissão (nunca o inverso), solicitando assim que o *end-device* diminua a potência de transmissão e o SF utilizado.

O trabalho objetivou avaliar o desempenho do protocolo LoRaWAN para aplicações *indoor* em edifícios inteligentes, dado que, até o presente momento, os trabalhos mais semelhantes focam em aplicações apenas para cidades inteligentes, como em [4] e [5]. O trabalho está organizado como segue: a Sessão II apresenta o cenário de teste e os procedimentos necessários para aquisição de dados, além dos materiais utilizados; a Sessão III apresenta e discute os resultados; por fim, na Sessão IV são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

II. METODOLOGIA

No contexto apresentado, construiu-se uma rede na Universidade Federal do ABC (UFABC), composta por um *gateway* (RAK831 e Raspberry Pi) e um *end-device* (Shield Dragino e Arduino UNO) operando na frequência de 915 MHz, além de um servidor LoRaWAN (*loraserver.io* [6]).

As posições escolhidas para alocação do *end-device* foram determinadas por testes preliminares, onde foram identificados pontos de sombra e degradação do sinal. A Tabela I resume a localização do dispositivo em cada aquisição de dados e a distância até o *gateway*.

Além da distância, ainda é necessário ressaltar que as aquisições foram realizadas no interior dos prédios a fim de

Dimitri L. O. Silva, Av. dos Estados, 5001, Santo André - SP, e-mail: dimitri.leandro@aluno.ufabc.edu.br; Jeferson R. Cotrim, Av. dos Estados, 5001, Santo André - SP, e-mail: jeferson.cotrim@ufabc.edu.br João Henrique Kleinschmidt, Av. dos Estados, 5001, Santo André - SP, e-mail: joao.kleinschmidt@ufabc.edu.br .

Posição	Local	Distância [m]
Gateway	Oitavo andar da Torre 1 - Bloco A	0
1	Terceiro andar da Torre 2 - Bloco A	55
2	Térreo da Torre 3 - Bloco A	135
3	Biblioteca	70
4	Quinto andar - Bloco B	160
5	Quarto andar - Bloco L	130

TABELA I
LOCAIS E DISTÂNCIAS ATÉ O GATEWAY.

que as paredes constituíssem um novo obstáculo para o sinal, bem como a diferença de andares entre as edificações.

Os testes consistiram no envio de cem mensagens pelo *end-device* em cada uma das cinco posições. O servidor ficou responsável por coletar todos os pacotes recebidos, e com isso foi possível avaliar a perda de pacotes, o RSSI de cada pacote recebido, bem como a alocação do ADR.

III. RESULTADOS

O gráfico da Figura 1 mostra o PDR (*Packet Delivery Rate*) para cada local indicado anteriormente. Percebe-se que, mesmo não sendo a posição mais distante do gateway, quase metade dos pacotes na posição 5 foram perdidos. Além disso, a posição 2 obteve a taxa de 100% nessa métrica, ainda que seja a segunda posição mais distante. Essas observações revelam que há outros empecilhos para o sinal além da distância, tais como o concreto da estrutura dos prédios e outras ondas eletromagnéticas presentes no meio.

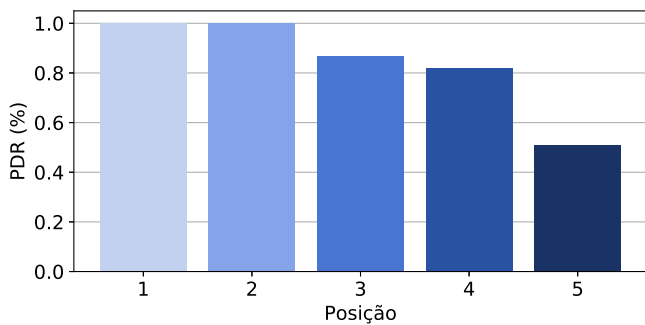


Fig. 1. *Packet Delivery Ratio* para cada local de medição.

Já a Figura 2 exibe a evolução do *Data Rate* em cada posição, evidenciando a atuação do ADR. Além disso, são apresentados os RSSIs médios em cada local para cada *Data Rate* com seus respectivos desvios padrão. A atenção do leitor deve ser voltada ao fato de que alguns DRs foram acionados somente uma vez durante todo o processo, o que explica os pontos sem barra de desvio padrão.

Como esperado [1], em cada local o dispositivo iniciou em máxima potência (DR 0). É possível relacionar os dois gráficos ao notar que as posições com o pior desempenho no PDR (4 e 5) foram as únicas que não obtiveram alteração do *Data Rate* durante a aquisição. Essa condição explica-se pelo baixo valor de RSSI médio desses dois locais. Ao aferir que o valor dessa métrica encontrava-se baixo, o servidor manteve o dispositivo funcionando em máxima potência (DR

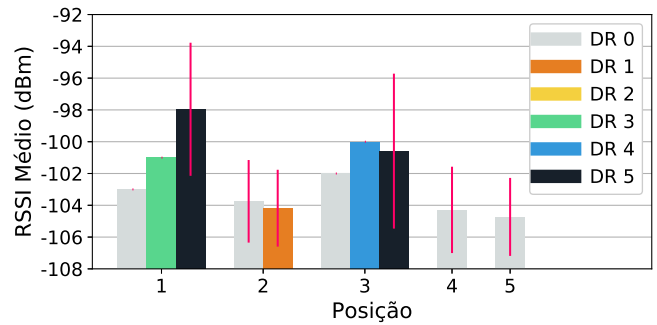


Fig. 2. Progresso do DR do dispositivo em cada local e RSSI médio.

0). De modo semelhante, na posição 2, o servidor aferiu uma melhoria, porém não foi possível superar o DR 1. Ademais, as outras posições não demoraram a se estabelecer na potência mínima (DR 5). É importante notar também que uma vez alcançado o DR 5, independente das variações de RSSI, o *end-device* manteve essa configuração.

IV. CONCLUSÕES

O trabalho avaliou o desempenho de uma rede LoRaWAN, buscando analisar a aplicabilidade e relevância desse tipo de rede no cenário da Internet das Coisas dentro do campus universitário da UFABC. Nessa avaliação, foi possível aferir a taxa de perda de pacotes e a potência do sinal de um *end-device* em algumas posições do local.

Os resultados obtidos mostraram que o LoRaWAN é uma opção válida para aplicações de Edifícios Inteligentes mesmo não sendo um protocolo projetado para aplicações *indoor*. O LoRaWAN, além de ter apresentado baixa perda de pacotes, requer uma infraestrutura menor principalmente em termos de equipamentos quando comparado à outros tipos tradicionais de rede com o ZigBee.

As próximas etapas deste trabalho consistem em montar uma rede mais complexa com mais *end-devices* e com coleta de dados reais, por um período de tempo maior a fim de mostrar uma aplicação completa e verificar a eficiência da rede.

REFERÊNCIAS

- [1] LoRa Alliance, "LoRaWAN™ 1.1 Specification," *LoRaWAN™ 1.1 Specification*, no. 2017, p. 97331, 2017.
- [2] K. E. Nolan, W. Guibene, and M. Y. Kelly, "An evaluation of low power wide area network technologies for the Internet of Things," in *2016 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*. IEEE, sep 2016, pp. 439–444.
- [3] L. Vangelista, A. Zanella, and M. Zorzi, "Long-Range IoT Technologies: The Dawn of LoRa™," in *Future Access Enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures*, ser. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, V. Atanasovski and A. Leon-Garcia, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2015, vol. 159, pp. 51–58.
- [4] G. Pasolini, C. Buratti, L. Feltrin, F. Zabini, C. De Castro, R. Verdone, and O. Andrisano, "Smart City Pilot Projects Using LoRa and IEEE802.15.4 Technologies," *Sensors*, vol. 18, no. 4, p. 1118, apr 2018.
- [5] H.-C. Lee and K.-H. Ke, "Monitoring of Large-Area IoT Sensors Using a LoRa Wireless Mesh Network System: Design and Evaluation," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, pp. 1–11, 2018.
- [6] "LoRa Server," acesso: 22-05-2019. [Online]. Available: <https://github.com/brocaar/loraserver>