

AFERIÇÃO DE RESULTADOS DE SIMULADORES DE REDE LORA

JOSÉ FELIPE M. PAULETTI¹; ANDERSON MONTEIRO DA ROCHA²; GERSON GERALDO H. CAVALHEIRO³

¹Universidade Federal de Pelotas – jfmpauletti@inf.ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas, Instituto Federal Farroupilha –
anderson.monteiro@inf.ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – gerson.cavalheiro@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A popularização de dispositivos para Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) permitiu a introdução de soluções computacionais em vários setores econômicos, como na agricultura com a Agricultura Inteligente. A implantação de aplicações neste tipo de contexto, onde extensas áreas devem ser cobertas por redes de comunicação, áreas estas frequentemente sem conexão com a Internet e com deficiência na distribuição de energia, requer vencer desafios específicos. Como alternativa, redes *Low-Power Wide-Area Network* (LPWAN) são oferecidas.

A tecnologia *Long Range* (LoRA) implementa a tecnologia LPWAN e é frequentemente utilizada em aplicações IoT para Agricultura Inteligente. Esse tipo de rede fornece uma infraestrutura de comunicação para monitorar e registrar as condições em diversos locais de produção agrícola. Sua implantação conta com diversos dispositivos de monitoramento (sensores) vinculados a um gateway, o qual encontra-se ligado a um servidor de processamento.

Apesar da tecnologia LoRa apresentar baixo custo, a adoção de uma nova solução computacional pode resultar em um elevado custo de instalação. Assim, justifica-se o uso e a viabilidade de cenários de aplicação pelo uso de simuladores para avaliar cenários de implantação antes da instalação definitiva.

Neste contexto, diferentes grupos desenvolveram simuladores para auxiliar no entendimento e no funcionamento de uma rede LoRa. Neste trabalho é abordado o uso do simulador LoRaSIM, um simulador de eventos discretos de construção personalizada, o qual permite a simulação de diversos dispositivos conectados à também diversos gateways. O objetivo do trabalho é identificar diferenças entre os resultados produzidos pelo simulador e o uso de dispositivos em um cenário de bancada.

Diversos trabalhos de dedicam a estudar a rede LoRa. O trabalho de (CUNHA, et al., 2015) tem como foco o emprego da tecnologia LoRa em um ambiente *indoor*, tendo como objetivo da obtenção dos dados referentes a transmissão de sinal, como o RSSI, média linear de potência total recebida (AFROZ, et al., 2015), taxa de perda de pacotes e pacotes recebidos, utilizando de um receptor de 925 MHz, posicionados no campus da UFPEL, alterando os valores do fator de espalhamento (SF). Em (MARAIS; ABU-MAHFOUZ; HANCKE, 2019) são apresentados alguns simuladores para o protocolo LoRaWAN. Os autores apresentaram os simuladores e seus funcionamentos e ao final concluíram quais seriam indicados para determinada aplicação IoT. No presente trabalho, o diferencial é comparar os resultados de simulação com o provido em uma infraestrutura física real.

2. METODOLOGIA

Os dispositivos LoRa podem ser configurados como dispositivos de classe A, B ou C. Na classe A, a comunicação é sempre iniciada pelo dispositivo final e é assíncrona. Na classe B, após ingresso na rede, os dispositivos são sincronizados com a rede por um beacon síncrono. A classe C requer fornecimento contínuo de energia, sendo possível realizar uma alternância entre classe A e C (LORA, 2015). Nesse trabalho foram considerados dispositivos na classe C para o envio e comparação dos resultados.

Para a realização da simulação foram criados cenários possíveis em uma bancada, contendo quatro dispositivos finais (ED) RD49C, equipados com antenas de 2,15 dBi, um gateway (GW) RD43HATGPS, com antena de 3dBi. Tanto os dispositivos finais quanto o gateway produzidos pela empresa Radioenge. Cada dispositivo final é controlado por um Arduinos Uno. Para a configuração do gateway e a criação da comunicação com os dispositivos finais, foi utilizado o ecossistema na nuvem The Things Network¹, para assim poder criar uma aplicação que nos permitiria retirar valores de leitura dos dispositivos finais.

Para a configuração dos dispositivos finais, foram utilizados os dois modos de ativação OTAA (*Over-The-Air Activation*) e ABP (*Activation By Personalization*). Na OTAA o dispositivo final envia uma solicitação de conexão (join) que contém um DevNonce de 3 bytes. Se aceito retorna uma mensagem com um AppNonce com um join accept (YANG, et al., 2018). A ABP, é menos segura, porém mais simples. Sendo necessário apenas o cadastro de DevAddr, NwkSkey e AppSkey, assim que cadastrado, sempre que iniciar uma comunicação será realizado o envio (YANG, et al., 2018), alternando entre eles os valores do fator de espalhamento (SF) de 7 à 12. Sendo assim é possível visualizar os impactos das mudanças de SF no sistema. Os valores retirados para a comparação foram RSSI, métrica essa que nos permitem realizar uma análise de viabilidade real do sistema implementado, esses dados serão coletados durante um período de envio de 10 minutos.

Para o simulador LoRaSIM, como existe problema de limitação, foram realizados testes nos quatro modos de simulação loraDir, loraDirMulBS, directionalLoralntf e oneDirectionalLoralntf. As quatro simulações foram utilizadas para assim, identificar o valor mais próximo possível dos testes reais. Na Tabela 1 são apresentados os valores de simulação encontrados no simulador para realizar essa comparação. Os dados representam, respectivamente nas colunas, quantidade de dispositivos finais na rede, tempo de envio de cada mensagem, tipo de experimento com fator de espalhamento (SF) 12, largura de banda (BW) 125 e taxa de codificação (CR) 4/5, tempo de execução, número de GW para simulação, se deseja verificar colisões entre chegada de mensagens, antenas direcionais para os dispositivos finais, número de redes para simulação e distância entre cada gateway.

Tabela 1: Valores de Simulação

Arquivo	Nodos	AvgSen	EXP	SimT	BaseSt	Col	Dir	Ntw	BaseDis
loraDir	4	20	4	60000	x	1	x	x	x
loraDir MulBS	4	20	4	60000	1	1	x	x	x
Dir	4	20	4	60000	1	1	1	1	0/1
oneDir	4	20	4	60000	1	1	1	1	0/1

Fonte: Elaborado pelos Autores

¹ <https://www.thethingsnetwork.org/>

Após a coleta dos dados dos testes práticos e das simulações, foram criadas tabelas disponíveis, junto com os códigos utilizados para o uso dos dispositivos finais, em um repositório público, cujo acesso pode ser realizado pelo link: https://github.com/jose-paul/TCC_LoRaWAN_RADIOENGE.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados durante os experimentos em bancada com os dispositivos finais, nos permitiram a visualizar de como o SF impactou nos resultados coletados, conforme é possível visualizar na Figura 1.a. Conforme apresentado no gráfico, os valores de ABP permitem uma melhor transmissão de sinal, tendo uma queda apenas no SF12, onde o valor foi pior que no teste com OTAA, tendo uma diferença entre eles de 13%. Outra característica a ser levada em consideração é os tempos de AirTime, apresentados na Figura 1.b, no qual os valores em OTAA são mais rápidos que os de ABP, com uma diferença que chega a 296% a mais em ABP, tendo um aumento muito maior.

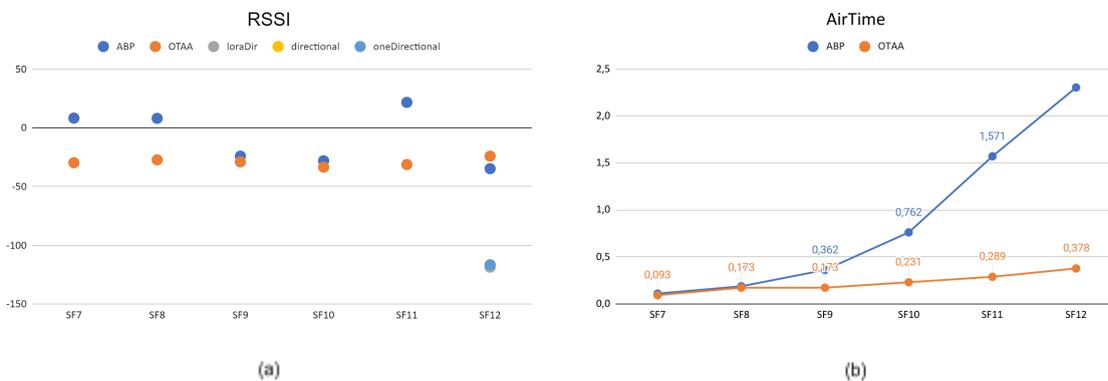


Figura 1 - Dados coletados RSSI e AirTime

Os testes realizados com o simulador, nos apresentam diferenças desde a obtenção dos dados de RSSI, que dependendo de qual dos arquivos selecionados para a simulação nos disponibiliza ou não esse valor de duas formas umas antes e outra depois dos envios dos arquivos, juntamente ao final de cada simulação uma variável DER, no qual através de um cálculo nos disponibiliza um valor teórico de aplicabilidade daquele cenário ali apresentado.

Deve-se levar em conta que o simulador LoRaSIM, tem alguns problemas com a fidelidade da representação de uma rede LoRaWAN, como a falta de modo de ativação, ABP ou OTAA, e o uso de mais fatores de espalhamento, tendo apenas uma opção possível com o equipamento disponível, como também a falta de valores para diferentes tipos de frequência de regiões.

Por isso, acaba não apresentando bons resultados para uso como referência para testes em campos, já que os valores de distâncias que podemos parametrizar são relativos às distâncias dos gateways e não de cada dispositivo final. Os valores de distância dos ED, são calculados de forma aleatória e não por valores pré-fixados, nos causando uma margem de erro muito grande nos valores de envio e outros que nos são apresentados. O simulador ainda nos apresenta a variável DER, que apresenta um valor de forma que não possamos realmente verificar sua efetividade.

O simulador não apresenta uma forma de coletar os dados que realmente necessitamos, apenas nos apresentando esses resultados no terminal de

execução, fazendo com que seja necessário copiar e colar os valores do terminal para um arquivo e trabalhar a partir desse arquivo.

4. CONCLUSÕES

O simulador LoRaSIM, apesar de apresentar alguma das configurações e parâmetros que são possíveis de serem testados em um ambiente real, impossibilita a utilização em sistemas reais, já que seus valores não permitem a utilização de distância entre dispositivos finais, escolha do modo de ativação e configuração dos fatores de espalhamento. Outro problema, é a necessidade do conhecimento básico da linguagem Python e das suas bibliotecas, já que alguns desses valores precisam ser alterados no código.

Durante os testes em bancada, foram reparados problemas que o simulador não encontrou, como identificando apenas sucesso em seus envios e recebimento das mensagens, já nos testes em campo, tivemos diferentes tempos de comunicação e perdas de envio e recebimento, mesmo utilizando os valores que são possíveis de se utilizar tanto em campo como em simuladores, provocando assim uma incerteza no resultado do simulador.

O real uso do simulador é para o entendimento básico de como poderia funcionar uma rede LoRaWAN, mas acaba por não podendo ser utilizado dessa forma, por não apresentar diversas configurações consideradas mínimas para esse tipo de tecnologia. Porém, podemos realizar modificações no qual permitiriam resolver esse tipo de problema e nos permitiria um real uso deste simulador.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, M. P. d.; CASTELLANOS, P. V. G.; CENTENO, M. S.; CANABARRO, M. S. Análise Preliminar das Características e da Cobertura LoRa na Frequência de 925 MHz. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — PPGEET, UFF, Niterói.

AFROZ, Farhana et al. SINR, RSRP, RSSI and RSRQ measurements in long term evolution networks. **International Journal of Wireless & Mobile Networks**, 2015.

LORA, ALLIANCE. What is LoRaWAN® Specification. In: ALLIANCE, LORA. **What is LoRaWAN®** Specification. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://loralliance.org/about-lorawan/>. Acesso em: 16 set. 2021.

MARAI, Jaco M.; ABU-MAHFOUZ, Adnan M.; HANCKE, Gerhard P. A review of LoRaWAN simulators: Design requirements and limitations. In: **2019 international multidisciplinary information technology and engineering conference (IMITEC)**. IEEE, 2019. p. 1-6.

YANG, Xueying et al. Security vulnerabilities in LoRaWAN. In: **2018 IEEE/ACM Third International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)**. IEEE, 2018. p. 129-140.