

Aplicação da tecnologia LoRa em arquitetura para fiscalização eletrônica de veículos

Marcelo George Griese e João Henrique Kleinschmidt

Pós-Graduação em Engenharia da Informação, Universidade Federal do ABC
marcelo.griese@ufabc.edu.br e joao.kleinschmidt@ufabc.edu.br

Resumo: A fiscalização eletrônica de veículos através de RFID está para ser implantada no Brasil através do projeto SINIAV, e sua obrigatoriedade em toda frota nacional aliada a agilidade na identificação de veículos irá, além da fiscalização propriamente dita, viabilizar uma série de aplicações relacionadas a monitoramento de tráfego em um contexto de *smart city* ou IoT. Porém, um dos maiores desafios técnicos na implantação do projeto é a arquitetura da infraestrutura para viabilizar a escalabilidade dos pontos de coleta de dados dentro das cidades, onde a tecnologia LPWAN LoRa se apresenta teoricamente como uma solução para esse problema. Desta forma, esse trabalho tem por objetivo especificar uma arquitetura baseada na tecnologia LoRa para essa aplicação e descrever fatores e níveis para realização de uma análise de desempenho. Assim que concluídos a fase de levantamento de dados, seremos capazes de concluir se o LoRa pode ser considerado como uma possível solução tecnológica para a fiscalização eletrônica de veículos e assim propor futuras pesquisas.

1. Introdução ao LoRa / LoRaWAN

Os termos LoRa e LoRaWAN são normalmente usados sem distinção para se referir a essa tecnologia, mas há uma importante diferença entre eles. LoRa é um padrão físico de modulação de sinal desenvolvido e patenteado pela Semtech Corporation e LoRaWAN é o protocolo das outras camadas da comunicação que é de código aberto e especificado pela LoRa Alliance, uma organização composta por diversas empresas [1].

LoRa opera em faixas de frequência não licenciadas, onde no Brasil essa frequência é de 915MHz, dentro da faixa de frequência não licenciada de 902 à 907,5 e 915 à 928 Mhz, destinada para aplicações Industriais, Científicas e Médicas (ISM). A principal vantagem de utilizar uma faixa de frequência não licenciada é a redução de custos de implantação, permitindo inclusive que qualquer um possa fazê-lo, e daí também vem a principal desvantagem que é a interferência de outros sinais [2].

Para trabalhar neste ambiente de alta probabilidade de interferência, o protocolo LoRa adota dois mecanismos para reduzir a taxa de pacotes perdidos ou *Packet Error Rate* (PER). O primeiro mecanismo é a técnica de modulação conhecida como *Chirp Spread Spectrum* (CSS), que basicamente codifica o dado a ser enviado e o divide em vários pedaços que são transmitidos separadamente por todo espectro de frequência da largura de banda disponível. Por isso há dois importantes parâmetros dentro das configurações do LoRa, a largura de banda ou *bandwidth* (BW), que diminui a PER quanto menor for o BW, e o fator de espalhamento ou *Spreading factor* (SF), que diminui a PER quanto maior for o SF [3,4].

Além da técnica de modulação, o protocolo LoRa também adota o mecanismo de correção de erros conhecida como *Cyclic Redundancy Check* (CRC), que é aplicado em cada pedaço de mensagem enviado e também pode ser configurado no LoRa através do parâmetro *code rate* (CR), que diminui a PER quanto maior for o CR. Porém, deve-se levar em consideração que esses parâmetros também impactam no tempo total de transmissão, de forma que quanto mais robusto for configurada a transmissão maior será o tempo para transmiti-la e consequentemente menor será a quantidade de dados enviados, parâmetro conhecido como *throughput* [4,5].

Outro fator importante impactado pelas configurações desses parâmetros é o *Link Budget* ou a sensibilidade do receptor, pois quanto mais robusto for o sinal maior será a sensibilidade do receptor e consequentemente maior poderá ser a distância do transmissor para o receptor ou mais obstáculos poderá haver entre os dois. [5,6].

2. Arquitetura para fiscalização eletrônica

A arquitetura apresentada na figura 1 foi montada para a realização dos testes e análise de desempenho, sendo composta por uma antena RFID-UHF com leitor integrado, responsável pela leitura das tags RFID-UHF nos veículos, um Arduino modelo Mega com dois *shields*, um para envio das informações via conexão 2G e um para envio das informações via protocolo LoRa. Além disso, foi montado uma rádio base LoRa para receber as leituras e

envia-las para uma base de dados na internet, e um site que receberá todas as leituras através de uma string PHP e as salvará em um banco de dados montado em MySQL.

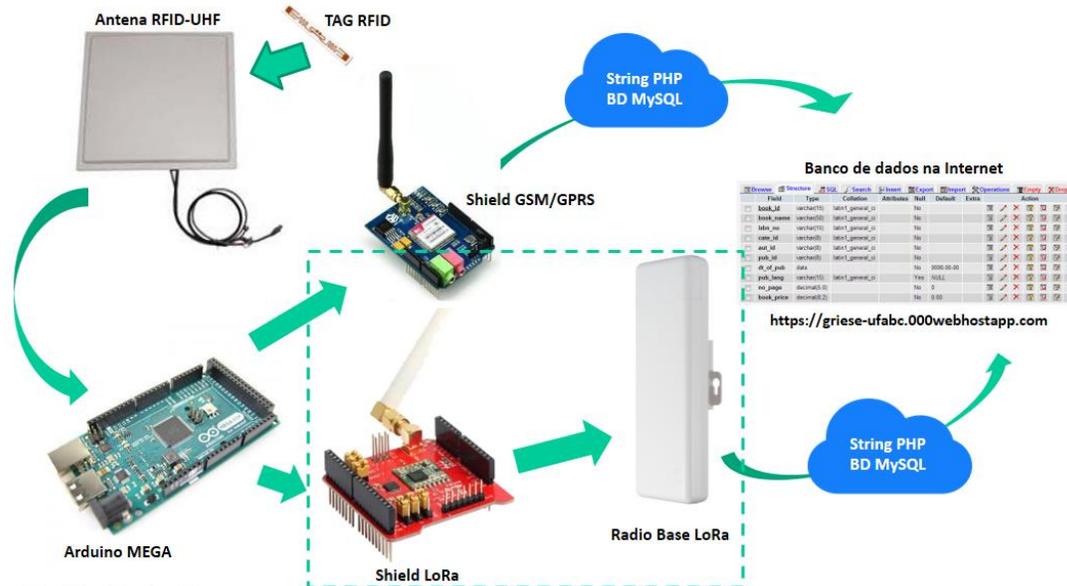


Fig. 1. Arquitetura de estudo

3. Análise de desempenho

A análise de desempenho da tecnologia LoRa aplicada à arquitetura apresentada na figura 1 está definida pela variação dos fatores, distância entre transmissor e rádio base LoRa com 6 pontos variando de 1 a 6 quilômetros, *spreading fator* (SF) variando de 7 a 12 e *bandwidth* (BW) variando entre 125kHz, 250kHz e 500kHz. Para cada variação de nível serão realizadas 50 leituras de tags RFID-UHF diferentes em um intervalo de tempo aleatório, pois serão realizados manualmente.

As métricas que serão coletadas para análise e conclusão da utilização do LoRa nessa aplicação são o *throughput*, ou seja, quantidade de leituras enviadas por segundo ou taxa de mensagens enviadas, o *packet error rate* (PER), que é a porcentagem de mensagens perdidas, onde serão comparadas com a quantidade de mensagens enviadas pelo módulo GSM/GPRS e o *received signal strength indicator* (RSSI), um parâmetro da força do sinal recebido no receptor.

Um teste inicial para validar o funcionamento da arquitetura da figura 1 foi realizado no bairro Baeta Neves em São Bernardo do Campo. Para este teste a radio base foi instalada em uma varanda no 14º andar de um prédio e o transmissor enviava a mensagem “Hello World” periodicamente. A distância máxima de transmissão foi de 600 metros e o *link budget* chegou a -100dBm, mas não foi medido o *throughput* e nem o PER.

Na realização deste teste o LoRa estava ajustado com os valores padrões de BW = 125 kHz, SF= 7 e CR = 4/5, sendo que nenhum desses parâmetros foi alterado durante o teste e as antenas usadas no transmissor e receptor era de apenas 3 dBi. Espera-se aumentar significativamente a distância de transmissão substituindo a antena do receptor por uma de 12 dBi e realizar os testes em um bairro menos acidentado do que o bairro do Baeta Neves.

Uma vez que os resultados dos testes se mostrem satisfatórios através dessa análise de desempenho, um segundo trabalho poderá realizar outros testes com as tags aplicadas em veículos reais com o mesmo equipamento.

4. Referências

- [1] D. Magrin, M. Centenaro, and L. Vangelista, “Performance Evaluation of LoRa Networks in a Smart City Scenario,” 2017.
- [2] B. Reynders, W. Meert, and S. Pollin, “Range and coexistence analysis of long range unlicensed communication,” *2016 23rd Int. Conf. Telecommun. ICT 2016*, no. c, 2016.
- [3] E. D. Ayele, C. Hakkenberg, J. P. Meijers, K. Zhang, N. Meratnia, and P. J. M. Havinga, “Performance Analysis of LoRa Radio for an Indoor IoT Applications,” 2017.
- [4] B. Reynders and S. Pollin, “Chirp spread spectrum as a modulation technique for long range communication,” *2016 IEEE Symp. Commun. Veh. Technol. Benelux, SCVT 2016*, no. 2, pp. 0–4, 2016.
- [5] Semtech, “LoRa Modulation Basics,” no. May, pp. 1–26, 2015.
- [6] A. Spiess, *LoRa / LoRaWAN De-Mystified / Tutorial*. 2017.