

Avaliação do módulo T-Beam para rastreamento de veículos em redes LoRaWAN

Evaluation of the T-Beam module for vehicle tracking in LoRaWAN networks

RESUMO

Este artigo tem como objetivos analisar as tecnologias empregadas para a comunicação de um dispositivo microcontrolador com a rede LoRaWAN, além de apresentar o desenvolvimento de uma aplicação funcional a ser utilizada como dispositivo de rastreamento, cujo desempenho será analisado por simulações em campo. O objetivo final do dispositivo programado é que este seja instalado em veículos de coleta seletiva na cidade de Toledo, Paraná, para fornecer dados de rastreamento à prefeitura, utilizando a infraestrutura LoRaWAN.

PALAVRAS-CHAVE: Internet das coisas. Microcontroladores. Sistemas inteligentes de veículos rodoviários.

ABSTRACT

This article aims to analyze the technologies deployed for the communication of a microcontroller device with a LoRaWAN network, and also to present the development of a functional application to be used as a tracking device, which performance will be analyzed with empirical simulations. The final objective of the programmed device is to be installed in selective waste collection vehicles in the city of Toledo, Paraná, to provide tracking data to the city hall, using the LoRaWAN infrastructure.

KEYWORDS: Internet of things. Microcontrollers. Intelligent Vehicle Highway Systems.

Thiago Vinney Oliveira Almeida
thiagoalmeida@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil.

Fabio Alexandre Spanhol
faspanhol@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil.

Edson Tavares de Camargo
edson@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil.

Álvaro Ricieri Castro e Souza
alvarosouza@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado do uso de Internet das Coisas (IoT, *Internet of Things*) no meio industrial chamou grande atenção de pesquisadores e investidores, se caracterizando como um marco importante da aplicação de meios de comunicação com dispositivos de baixo custo. A crescente comunidade de IoT mostrou outros campos de aplicação dessa tecnologia, sendo uma delas o setor público (BARBIER, DELANEY, FRANCE, 2017).

Uma das classes de dispositivos mais importantes em IoT são os sensores. Tais sensores podem ser aplicados para uma grande diversidade de aplicações, principalmente voltadas à coleta de dados e monitoramento tanto de recursos ambientais como de recursos físicos. No âmbito do poder público, o monitoramento de recursos e serviços através de sensores pode auxiliar na avaliação de contratos firmados e na boa execução dos serviços.

Com o intuito de aplicar o conceito de cidades inteligentes (*smart cities*) no município de Toledo, Paraná, foi iniciado um projeto baseado em uma rede de longo alcance e baixa potência (LoRaWAN) que integra sensores através de IoT. Diante desse cenário, escolhe-se analisar a aplicação de IoT e LoRaWAN no rastreamento dos veículos da frota de coleta seletiva de lixo do município.

O objetivo deste trabalho é programar e avaliar o módulo T-Beam como dispositivo de rastreamento de veículos em uma rede LoRaWAN. O T-Beam é dotado de um GPS, transmissor LoRa e microcontrolador. O dispositivo é primeiramente programado usando a biblioteca LMIC. Posteriormente, é avaliado quanto a sua capacidade de envio de coordenadas em rotas pré-determinadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Essa seção será usada para explicar sobre as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da aplicação de rastreamento veicular utilizando o dispositivo T-Beam. Incluindo as tecnologias de transmissão LPWAN, LoRa e LoRaWAN, o dispositivo microcontrolado T-Beam e a biblioteca de programação LMIC.

LPWAN

As LPWANs (*Low Power Wide Area Networks*) são redes de baixa potência desenvolvidas para dispositivos que precisam enviar pequenas quantidades de dados a longas distâncias com baixo consumo de energia. Redes LPWAN possuem topologia em estrela e trabalham em M2M (*Machine to Machine*). Suas características são:

- a) Baixo consumo de bateria;
- b) Bandas não licenciadas ISM;
- c) Alta sensibilidade, em torno de -130dBm;
- d) Cobre grandes distâncias, cerca de 10Km em regiões urbanas a 30Km em campo aberto.

Essas vantagens tornam o seu uso em IoT bastante interessante, dado que em muitos casos necessita-se de baixo consumo de sua bateria, por estarem em locais de difícil acesso, e não enviam grandes pacotes de dados. Importante ressaltar que a taxa de transmissão da rede é baixa, cerca de 100Kbps.

Para atender essa rede existe algumas tecnologias disponível no mercado, e dentre elas a usada foi a LoRa/LoRaWAN.

LORA

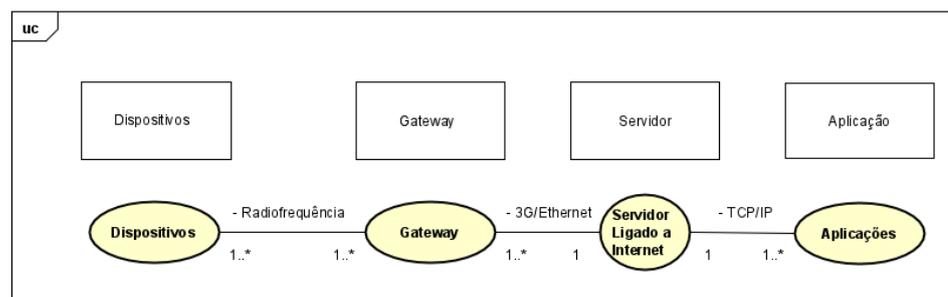
LoRa é uma tecnologia de radiofrequência proprietária da empresa Semtech (Semtech,2020), que permite enviar dados por longas distâncias com baixo consumo de energia, porém com baixas taxas de transmissão. LoRa utiliza a técnica de modulação CSS (*Chirp Spread Spectrum*) e opera em bandas de radiofrequência não licenciadas, como a faixa de 915 MHz no caso do Brasil. Essa tecnologia compõe a camada física de uma rede LoRaWAN. Algumas das vantagens na utilização de LoRa são:

- Resistência ao efeito Doppler;
- Baixo consumo de bateria;
- Alto alcance da rede;
- Baixo custo de manufatura dos dispositivos;
- Uso de criptografia na comunicação, com algoritmo AES-128 bits;
- Código aberto.

LORAWAN

LoRaWAN é um protocolo aberto que define a arquitetura de comunicação em uma rede LPWAN, estabelecendo o controle de acesso ao meio, segurança, qualidade de serviço (QoS) e controle de potência de envio. LoRaWAN permite que dispositivos de baixa potência se comuniquem com serviços conectados à Internet por meio de radiofrequência, usando modulação LoRa ou FSK (modulação por chaveamento de frequência). A Figura 1 mostra a topologia típica de uma rede LoRaWAN, com seus principais componentes: dispositivos finais, *gateway*, servidor de aplicação e aplicação.

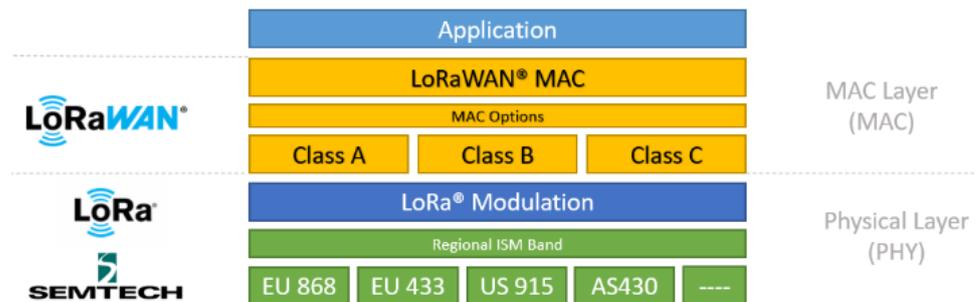
Figura 1 – Topologia da rede LoRaWAN



Fonte: Autoria própria (2020).

A arquitetura de uma rede LoRaWAN, com destaque para as camadas, é mostrada na Figura 2. Podemos mapear os serviços da LoRaWAN como parte da segunda e terceira camadas do modelo OSI (LoRa Alliance,2015), ou seja, as camadas de enlace e de rede. Os protocolos da LoRaWAN são definidos pela entidade LoRa Alliance (LoRa Alliance,2015).

Figura 2 – Camadas que compõem a LoRaWAN, na vista do dispositivo.

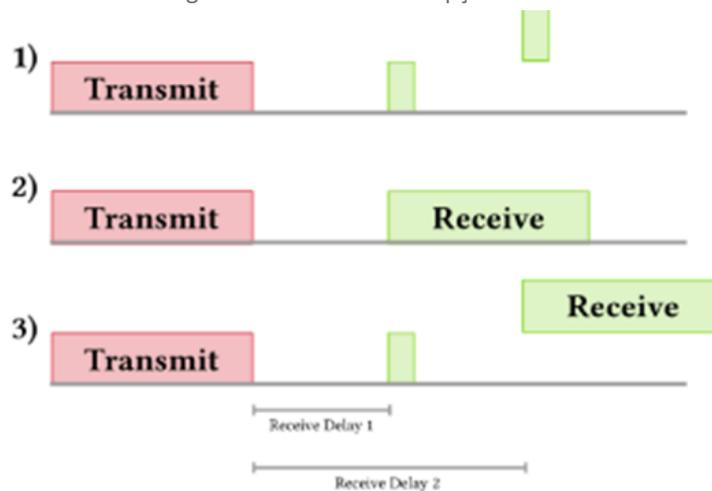


Fonte: Semtech (2020).

A especificação LoRaWAN define três tipos de dispositivos: classe A, classe B e classe C. A classe A permite uma comunicação bidirecional entre o dispositivo final e o *gateway*. Após o envio, no sentido de *uplink*, o dispositivo abre duas janelas de recepção em tempos definidos, sendo a primeira em 1 segundo e a segunda em 2 segundos. Assim, o *gateway* tem essas duas janelas para enviar uma resposta para o dispositivo.

A Figura 3 mostra as aberturas das janelas de recepção para o dispositivo e o comportamento de resposta do *gateway*. Na situação 1), o *gateway* não envia resposta em nenhuma das janelas. Na situação 2), o *gateway* envia uma resposta na janela 1. Por fim, na situação 3), o *gateway* envia resposta na janela 2. Não é possível que ambas as janelas recebam resposta do *gateway* ao mesmo tempo.

Figura 3 – Janelas de recepção da classe A.



Fonte: The Things Network.

As classes B e C são extensões da classe A, sendo que a classe B permite que janelas de recepção sejam abertas periodicamente pelo usuário e a classe C mantém a janela de recepção sempre aberta.

A rede oferece dois métodos de ativação pelo ar, que representa os métodos para o dispositivo se ingressar na rede, OTAA (*Over-the-Air Activation*) e ABP (*Activation by Personalization*). A diferença entre os dois está no grau de segurança. No OTAA, é necessário um *handshake* de duas etapas para a confirmação de duas chaves que localizarão a aplicação do dispositivo. No dispositivo, é necessária uma pré-configuração com três chaves: APPEUI, DEVEUI e APPKEY. As duas primeiras chaves são usadas para o reconhecimento do dispositivo e aplicação, e a APPKEY é usada para gerar outras duas chaves, NwkSKey e AppSKey, que serão usadas para criptografar os dados durante a comunicação entre dispositivo-*gateway* e *gateway*-servidor. O ABP usa uma pré-configuração das chaves AppSKey e NwkSKey no dispositivo - caso essas chaves sejam expiradas ou comprometidas, é necessário reconfigurar os dispositivos.

T-BEAM

O T-Beam é um dispositivo microcontrolado construído em torno da estrutura do ESP32, de versão REV1, com adição do módulo LoRa e GPS.

O módulo LoRa tem as seguintes especificações:

- Tensão de operação de 1.8 a 3.7V;
- Sensibilidade de recepção de -123 a -139dBm;
- Poder de transmissão de +20dBm;
- Erro de frequência de +/- 15KHz.

Já o módulo GPS usa os chips NEO-6M de 3 a 5V de alimentação com uma taxa de transmissão de 9600 bits.

O T-Beam é fabricado pela LILYGO (LILYGO, 2020?), e seus aspectos físicos são mostrados na Figura 4.

Figura 4 – T-Beam



Fonte: LILYGO (2020).

LMIC

LoraMAC-in-C (LMIC) é biblioteca criada inicialmente pela IBM, que mais tarde abandonou o desenvolvimento. Porém, um dos participantes do desenvolvimento, Matthijs Kooijman, disponibilizou a biblioteca LMIC no repositório GitHub. Atualmente ela é mantida por Kooijman com o auxílio da comunidade (KOOIJMAN, 2020).

A biblioteca tem o objetivo de implementar os protocolos LoRaWAN com uma abstração de hardware via camada HAL (*Hardware Abstraction Layer*), além de suportar diversas interfaces de microcontroladores e os transmissores SX1272, SX1276, RFM92 e RFM95.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

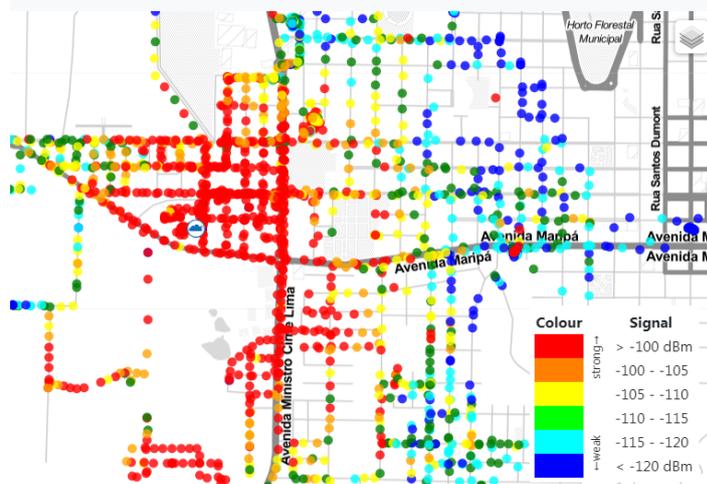
Existem diferentes versões da LMIC disponíveis no GitHub. O repositório raiz, porém, não incluía os protocolos e a faixa de frequências usada no Brasil. Para atender tais requisitos, a biblioteca LMIC 2.3 do repositório mcci-catena (MCCI CORPORATION, 2020) foi utilizada. Alguns ajustes foram necessários, como as chaves de acesso e configurar os pinos utilizados do transmissor.

Como o *gateway* usa a *The Things Network* (TTN) como servidor Web, foi necessário avaliar e selecionar um dos dois protocolos de conexão de dispositivo ao servidor disponíveis: ABP ou OTAA. O método selecionado foi OTAA, devido à utilização de um protocolo de acesso seguro e robusto, que permite o controle de sessões.

A validação da conexão e qualidade do sinal na rede são possibilitados pelos dados sobre os pacotes recebidos armazenados pela TTN, como SNR (relação sinal-ruído) e RSSI (indicador de intensidade do sinal recebido). O servidor Web fornecido pela TTN contém algumas APIs já inclusas, como o *TTN Mapper*, que mapeia os pontos geográficos onde os pacotes recebidos pelo *gateway* foram gerados e quantifica a intensidade do sinal durante o envio, usando uma escala de cor para representar a faixa de potência do sinal, variando do mais ao menos intenso.

Assim, utilizando a API *TTN Mapper*, é possível fazer uma análise visual do sinal em um mapa. Na Figura 5 é possível ver o resultado da distribuição da intensidade do sinal através de uma escala de cores. Nota-se que o T-Beam demonstrou intensidade de sinal satisfatória na área avaliada.

Figura 5 – Mapa de pontos enviados na cidade de Toledo-PR.



Fonte: TTN Mapper (2020).

Os códigos utilizados para realizar a comunicação via rede LoRaWAN e API estão disponibilizados no repositório VinneyThi no GitHub (ALMEIDA, 2020).

Parte dos resultados da aplicação em alguns cenários de teste na cidade de Toledo, Paraná, foram apresentados no artigo “Avaliação de Dispositivos de Rastreamento em uma Rede LoRaWAN no Contexto de Cidades Inteligentes”, aceito recentemente para publicação no IV CoUrb, evento organizado pela SBC (Sociedade Brasileira de Computação).

CONCLUSÕES

Este trabalho concentrou-se no estudo das redes LoRaWAN para o desenvolvimento de uma aplicação de rastreamento integrando para tantas tecnologias de código aberto. A rede LoRaWAN demonstrou ser bastante adequada ao projeto “Sistema de monitoramento de veículos baseado em uma rede de longo alcance e baixa potência”, considerando sua compatibilidade com grande gama de dispositivos microcontrolados, capacidade de comunicação a longas distâncias com baixo consumo e não pagamento de taxas de uso a operadoras.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à fundação Araucária pela a oportunidade de participar do PIBITI em 2019/2020, à instituição de ensino UTFPR-TD pela a disponibilização do ambiente, laboratórios e equipamentos, e aos demais integrantes do projeto de extensão em Internet das Coisas da UTFPR-TD e do projeto de pesquisa em Redes de Computadores, Segurança da Informação e Sistemas Distribuídos, da UTFPR-TD.

REFERÊNCIAS

BARBIER, J.; DELANEY, K.; FRANCE, N. **Cidades digitais: criando a nova infraestrutura pública**. [S.l.], 2017. Disponível em: Cisco, smart connected communities, Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/offers/pdf/cis-digital-cities-whitepaper.pdf. Acesso em 30 ago. 2020.

Semtech. **What are LoRa® and LoRaWAN®?**. [S.I.], [S.I.]. Disponível em: <https://lora-developers.semtech.com/library/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Lora Alliance. **LoRaWAN®. What is it? A technical overview of LoRa® and LoRaWAN®**. [S.I.], 2015. Disponível em: <https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf>. Acesso em: 02 set.2020.

The Things Network. **LoRaWAN Classes**. [S.I.], [S.I.]. Disponível em: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/classes.html>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Lilygo. **TTGO T-Beam**. [S.I.], [2020?]. Disponível em: http://www.lilygo.cn/claprod_view.aspx?TypeId=62&Id=1281. Acesso em: 28 ago. 2020.

KOOIJMAN, M. **LMIC (Projeto GitHub)**. [S.I.], 2020. Disponível em: <https://github.com/matthijskooijman/arduino-lmic>. Acesso em: 28 ago. 2020.

MCCI Corporation. **Arduino-LMIC (Projeto GitHub)**. [S.I.], 2020. Disponível em: <https://github.com/mcci-catena>. Acesso em: 28 ago. 2020.

ALMEIDA, T. V. O. **Projeto (Projeto GitHub)**. [S.I.], 2020. Disponível em: <https://github.com/VinneyThi/Projeto>. Acesso em: 28 ago. 2020.

TTNMapper. **Maps**. [S.I.], 2020. Disponível em: <https://ttnmapper.org/>. Acesso em: 28 ago. 2020.

SILVA, M. V. R.; SOUZA, J. E.; ALMEIDA, T. V. O.; SOUZA, A. R. C.; SPANHOL, F. A.; CAMARGO, E. T. Avaliação de Dispositivos de Rastreamento em uma Rede LoRaWAN no Contexto de Cidades Inteligentes. In: **SBRC 2020 - IV COURB (WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO URBANA)**, 2020, Rio de Janeiro: SBRC, 2020.