

Gateway de Dados Veicular com LoraWan

Aristeu Dantas da C. Júnior

Diretoria Acadêmica de Gestão e
Tecnologia da Informação
IFRN – Natal
Natal, Brasil

José Matheus Ferreira Melo

Diretoria Acadêmica de Gestão e
Tecnologia da Informação
IFRN – Natal
Natal, Brasil

Natanael Gomes M. Júnior

Diretoria Acadêmica de Gestão e
Tecnologia da Informação
IFRN – Natal
Natal, Brasil

Abstract – As redes de longo alcance e baixa potência, conhecidas como LPWAN, são uma categoria de rede sem fio largamente utilizada para fornecer conectividade para o paradigma de Internet das Coisas e vem sendo amplamente utilizada para apoiar a construção de Cidades Inteligentes. Geralmente, uma rede LPWAN permite enviar periodicamente apenas poucos quilobits por segundo (Kbps), mas proporciona maior vida útil para as baterias dos dispositivos finais (sensores, atuadores) ao mesmo tempo em que pode cobrir áreas de até 50 quilômetros em campo aberto. Entre as tecnologias e protocolos de LPWAN, destaca-se o padrão aberto LoRaWAN, que opera sobre a tecnologia sem fio proprietária LoRa (Long Range) e ocupa uma faixa de frequência não licenciada. Entre as características importantes do padrão LoRaWAN estão não cobrar qualquer taxa pelo uso da rede e estimular o próprio cliente a instalar sua infraestrutura de rede.

Palavras-Chave – LoRA, LoRaWAN, LPWAN.

1-INTRODUÇÃO

A internet das coisas (IOT) vem se popularizando, trazendo consigo a necessidade de criação de protocolos para suprir algumas necessidades do mercado, tais como: baixo consumo de energia e conectividade a longo alcance. Inicialmente parece controverso, uma conexão de longo alcance com baixo consumo de energia; visto que ambos são praticamente inversamente proporcionais. Porém no ano de 2015 a **LoRA Alliance** lançou o protocolo de comunicação **LoRaWAN**, que foi capaz de implementar a comunicação nos termos exigidos.

2-PROBLEMA DA PESQUISA

Realizar Comunicação Eficaz com Baixo Consumo Energético e de Dados.

3-JUSTIFICATIVA

Tendo em vista a necessidade atual de aplicações sustentáveis, pelo viés de consumo energético e a crescente demanda por soluções de monitoramento e gestão de frotas veiculares, em conjunto com a evolução da Internet das Coisas (IoT); é encorajada a busca por tecnologias de comunicação eficientes e de baixo custo. Nesse contexto, a tecnologia LoRaWAN se destaca como uma

alternativa promissora para o desenvolvimento de gateways de dados veiculares. A capacidade do LoRaWAN de operar em longas distâncias com baixo consumo de energia o torna ideal para aplicações em ambientes com infraestrutura de comunicação limitada ou inexistente, como áreas rurais ou em veículos em constante movimento. Tal aplicação tem poder de proporcionar numerosos benefícios, como a coleta de dados em tempo real sobre o desempenho dos veículos, localização, consumo de combustível e suas condições atuais de manutenção. Tais informações podem ser utilizadas para otimizar rotas, reduzir custos e aumentar a segurança e eficiência das frotas monitoradas.

4-OBJETIVO

Desenvolver uma arquitetura de rede para rastreamento de dados veiculares baseado na tecnologia LoRaWAN, afim de aproveitar seu baixo consumo de energia e de dados, buscando uma comunicação eficiente em locais remotos sem depender de acesso à internet ou da rede de telefonia móvel.

5-METODOLOGIA

Será realizada uma revisão bibliográfica, em seguida será realizada uma atividade prática. Inicialmente será realizada uma comunicação P2P entre o Módulo Esp32 Lora 868/915mhz (End Point) e o **Módulo Lorawan – Radioenge (End Point / Gateway)**, objetivando efetuar os testes funcionais dos equipamentos e o alcance obtido; em seguida será realizada a comunicação a rede

LoRaWan através dos gateways e servidores de rede e de aplicação; assim podendo confirmar o que foi desenvolvido no estudo teórico.

6-FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde a sua origem as redes de computadores sofrem constantes evoluções. A inserção de capacidades computacionais e de comunicação com objetos comuns do cotidiano, possibilita a dispositivos interagirem entre si, fornecerem informações e serem controlados remotamente através de serviços hospedados em servidores na Internet. Assim, a “Internet das Coisas”, ou Internet of Things (IoT), é a integração de pessoas, processos e tecnologia com dispositivos e sensores conectados para permitir o monitoramento remoto, a manipulação e verificação do seu estado e avaliar as tendências de tais dispositivos. Tal demanda exige das redes de computadores requisitos diferentes daqueles empregados para usuários que navegam na Internet, por exemplo, e faz com que o sucesso da sua evolução seja crucial para o avanço do mercado de IoT.

O mercado global de soluções para usuários finais da Internet das Coisas vem crescendo e tende a manter este indicativo a medida que a conectividade com a Internet se torna uma característica padrão para uma grande variedade de dispositivos eletrônicos e se deve ao fato de que IoT pode ser aplicado em diversos contextos, tais como:

Cuidados em saúde: IoT no campo da medicina é destinado a manter as pessoas

seguras e saudáveis através de monitoramento em tempo real das funções vitais;

Casa Inteligente: em um ambiente de casa inteligente, iluminação, eletrodomésticos, computadores, câmeras de segurança e outros estão conectadas à Internet para permitir que os usuários as monitorem e controlem independentemente da restrição de tempo e local;

Rastreamento: a localização tem muita importância no ambiente de vida conectado, como segurança, vigilância e movimentação de produtos e frotas. A localização e o rastreamento baseados em IoT são considerados mais abrangentes e precisos do que as outras técnicas;

Indústria Inteligente ou Indústria 4.0: com a introdução da IoT no ambiente de produção e manufatura, itens físicos como sensores, dispositivos e ativos corporativos são conectados à Internet. As informações geradas servem para a tomada de decisões relevantes no processo industrial e na qualidade do produto final;

Agronegócio: IoT colabora no combate ao desperdício de insumos e aumentando a produção. A utilização das informações geradas por sensores colabora na utilização de recursos importantes para o aumento da produção. Utilizar recursos fundamentais como a água, por exemplo, é importante independente da cultura cultivada como agricultura, suinocultura, pecuária entre outras;

Cidades inteligentes: A melhoria da qualidade de vida nas cidades modernas é um problema

diário com que os cidadãos e a administração pública precisam lidar. A utilização de dispositivos inteligentes baseados em IoT gera informações para monitorar a qualidade da água e do ar com alerta para aumento de poluentes, coleta de informações do consumo de água e energia elétrica das residências e órgãos públicos, controle de tráfego urbano, mobilidade urbana entre outros.

No contexto IoT destacam-se as redes sem fio de baixo consumo de energia, baixa largura de banda e alcance variando de alguns centímetros até quilômetros. Considerando o alcance, as redes Wireless Personal Area Network (WPAN) foram projetadas para interconectar dispositivos eletrônicos dentro do espaço de uma pessoa, sendo exemplos BLE e ZigBee. Bluetooth Low Energy (BLE) transmite na frequência de 2,4 GHz, com 1 Mbps de taxa máxima de transmissão e alcance máximo de transmissão de 50 metros. ZigBee por sua vez opera nas frequências de 2,4 GHz, 868 MHz e 915 MHz com uma taxa máxima de 250 kbps e com um alcance máximo de 100 metros. Redes WPAN podem ter cobertura próxima a proporcionada por redes de área local sem fio, ou Wireless Local Area Network (WLAN). Contudo uma WLAN oferece larguras de banda significativamente maiores e maior consumo energético. Já redes projetadas para conectar dispositivos a longas distâncias são chamadas Wireless Wide Area Network (WWAN) e quando enviam uma pequena quantidade de dados por longas distâncias, mantendo baixo consumo energético, são conhecidas como LPWAN (Low Power Wide Area Network).

Dentre as tecnologias LPWAN mais utilizadas atualmente destacam-se: NB-IoT, Sigfox e LoraWAN. NB-IoT (Narrowband Internet of Things) é uma tecnologia de rádio celular especificada pela 3GPP para IoT, atua na faixa de 700 MHz com uma taxa de dados de 170 kbps (downlink) e 250 kbps (uplink), alcançando aproximadamente 35 km. Os serviços de infraestrutura de rede são fornecidos por operadoras com a cobrança de taxa pela utilização. Sigfox é uma tecnologia proprietária da empresa francesa de mesmo nome. Utiliza a faixa de 900 MHz com a largura de canal de 1 kHz, com um alcance de 3 km a 50 km e uma taxa de dados de 100 bps transportando até 12 bytes de uplink. Finalmente, LoRaWAN é um protocolo aberto de comunicação para a rede que funciona sobre a camada física Long Range (LoRa). Alcança distâncias entre 2 a 40 km na faixa de 915 MHz (faixa destinada para o Brasil e homologada pela Anatel) e uma taxa de dados de 0,3 a 50 kbps. Uma das maiores vantagens dessa tecnologia é não ser necessário contratar uma operadora, possibilitando desenvolver diversas aplicações em cenários IoT de forma independente.

LORA

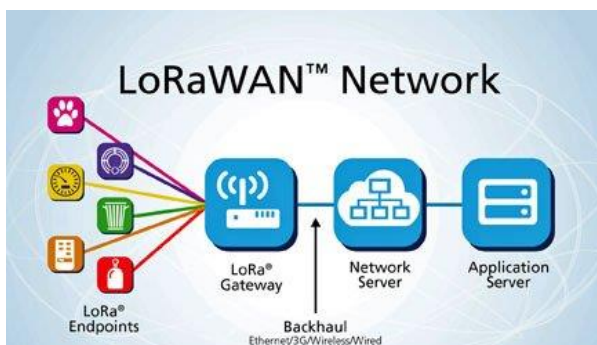
LoRa é uma tecnologia de transmissão sem fio desenvolvida e patenteada pela empresa Semtech. LoRa realiza a modulação de radiofrequência (RF) baseada no espalhamento espectral de chirp (Chirp Spread Spectrum - CSS). Essa técnica é utilizada na comunicação militar e espacial permitindo cobrir longas distâncias de

comunicação e alcançar robustez à interferência. Uma mensagem LoRa pode ser de uplink (enviada pelo dispositivo final) ou downlink (recebida pelo dispositivo final). A estrutura da mensagem é semelhante em ambos os casos, no entanto apenas a mensagem de uplink adiciona um código de verificação (CRC) que garante a integridade da carga útil (PHYPayload). No Brasil, os requisitos técnicos para homologação de Transmissores, Receptores e Amplificadores Lineares do Serviço de Radioamador, permitindo a operação de dispositivos LoRa no território nacional encontra-se regido pelo Ato nº 8416, de 08 de novembro de 2018 da ANATEL. O padrão adotado foi o australiano, ele utiliza a faixa de 915 MHz e compreende a faixa de 902 MHz a 907,5 MHz e 915 MHz a 928 MHz. O padrão australiano possui 72 canais para uplink e 8 para downlink. Os canais de uplink vão de 0 a 63 utilizam uma largura de banda de 125 kHz com uma taxa de codificação 4/5, com início em 915,2 MHz sendo incrementado linearmente em 200 kHz até 927,8 MHz, já os canais de 64 a 71 possuem uma largura de banda de 500 kHz a partir de 915,9 MHz e incrementando linearmente de 1,6 MHz a 927,1 MHz. Para downlink são utilizados os canais de 0 a 7 com uma largura de banda de 500 kHz, começando em 923,3 MHz e incrementando linearmente em 600 kHz até 927,5 MHz. Para utilizar a modulação LoRa em um dispositivo final é preciso configurar três parâmetros: (1) Largura de Banda (Bandwidth, BW): com um dos tem três valores determinados, 125 kHz, 250 kHz ou 500 kHz, sofrendo um

deslocamento de até 20% que não influenciará na decodificação. (2) Fator de Espalhamento (Spreading Factor, SF): determina o número de chirps necessários para representar um símbolo (um ou mais bits de dados), apresentando 2SF valores possíveis de 7–12, quanto maior o SF mais energia será usada por bit e maior será o alcance entre transmissor e receptor. (3) Taxa de Codificação (Coding Rate, CR): define o número de bits destinados para dados de redundância na mensagem, a fim de realizar a recuperação de erros, definidos com os valores do CR: $\frac{4}{5}$, $\frac{4}{6}$, $\frac{4}{7}$ e $\frac{4}{8}$, incrementando o CR aumenta a proteção, mas também o tempo do bit no ar.

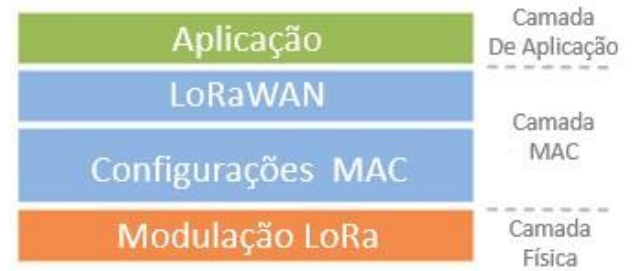
LoRaWAN

LoRaWAN é um protocolo aberto de comunicação que funciona sobre a camada física LoRa. Ele é mantido pela associação de empresas LoRa Alliance. Os dispositivos finais (End Nodes) são objetos que possuem sensores ou atuadores. O gateway conecta os dispositivos na rede LoRaWAN. O servidor de rede (Network Server) gerencia a comunicação dos dispositivos com o servidor de aplicação através da Internet. O servidor de aplicação (Application Server) exibe as informações vindas dos dispositivos para o usuário final.



Topologia de uma rede LoRaWAN

Fonte: <https://embarcados.com.br/end-devices-lora-arquitetura>



Fonte: <https://www.infranewstelecom.com.br/lora-tecnologia-de-radiofrequencia-para-comunicacao-em-longas-distancias>

Dispositivos Finais

Os dispositivos finais coletam informações do ambiente, como temperatura, umidade, posição geográfica, batimentos cardíaco e outros, tanto em ambientes abertos como fechados. As informações são enviadas diretamente para um ou mais gateways da rede. Os dispositivos podem transmitir em um canal a qualquer momento, já para a próxima transmissão o canal deverá ser alterado respeitando a duração máxima de transmissão conforme as regulamentações locais. Os end nodes podem assumir três configurações.

Classe A: Um dispositivo dessa classe pode enviar uma mensagem de uplink a qualquer momento. Assim que a transmissão de uplink for concluída, o dispositivo abre duas janelas curtas de recebimento para receber mensagens de downlink da rede. Todos os dispositivos finais LoRaWAN devem suportar a implementação da classe A.

Classe B: a comunicação é iniciada pelo gateway, que determina o momento de transmissão do dispositivo final e na sequência abre duas janelas de recepção.

Classe C: o dispositivo final realiza uma

transmissão de dados, abre duas janelas de recepção e mantém uma aberta até a próxima transmissão, fazendo com que o dispositivo final necessite de uma fonte constante de energia. LoRaWAN oferece criptografia através do padrão AES em dois níveis: o primeiro está localizado na camada de rede garantindo a autenticidade do dispositivo final e o segundo está na camada de aplicação e garante que a informação gerada no dispositivo somente será conhecida pelo servidor de aplicação na comunicação entre dispositivos finais e a aplicação.

Gateways

O gateway, concentrador ou ponto de acesso, é responsável por estabelecer a conexão com vários dispositivos finais via RF usando a tecnologia de transmissão LoRa e o protocolo LoRaWAN, assim pode receber as informações dos dispositivos finais, organizá-la e repassá-la via TCP/IP (rede ethernet, Wi-Fi, 3G/4G) para o servidor de rede LoRaWAN. Toda a comunicação na rede LoRaWAN é bidirecional, mas o uplink é o tráfego predominante e o downlink é utilizado quando é necessário enviar alguma informação para os dispositivos finais como parâmetros de configuração por exemplo.

Servidores de Rede

O servidor de rede é responsável pelo gerenciamento da rede LoRaWAN: recebe as informações dos gateways, elimina os pacotes duplicados e então encaminha-os para os servidores de aplicação. Também é responsável por descriptografar os pacotes de

uplink validando ou descartando em caso de inconsistência. Além disso, envia para os dispositivos finais as configurações do data rate e a potência de transmissão. Para soluções de servidores de rede há diversas opções, porém duas destacam-se:

ChirpStak: fornece componentes de código aberto para redes LoRaWAN. O servidor apresenta uma solução pronta para uso, incluindo uma interface Web para gerenciamento de dispositivos e APIs para integração.

The Thinks Stack (TTS): fornece um conjunto de ferramentas abertas e uma infraestrutura de rede LoRaWAN pronta para uso. Realiza o cadastro de gateways, dispositivos finais e faz a integração com servidores de aplicação.

Servidores de Aplicação

O servidor de aplicação é responsável por receber os pacotes vindos do servidor de rede e apresentar os dados monitorados dos dispositivos finais. Nesse segmento os payloads são armazenados, descriptografados e os dados brutos são transformados em informação útil para o usuário que pode acessá-la através de softwares específicos. Essa configuração permite que os servidores de rede e de aplicação sejam instalados na mesma máquina ou em equipamentos distintos no mesmo local ou em pontos geograficamente distantes. Existem vários servidores de aplicação com as mais diversas funcionalidades, dentre os quais destacam-se:

TagIO: plataforma Web totalmente cloud com ferramentas para gerenciar dispositivos finais, armazenar dados, executar análises e integrar serviço.

Cayenne: servidor de aplicação desenvolvido pela empresa myDevice. Tem como destaque a integração com as placas de prototipagem Arduino e Raspberry Pi.

AllThingsTalk: além de exibir as informações dos dispositivos finais, possui vários Software Development Kit (SDK) para plataformas de prototipagem como Arduino e para as linguagens de programação Java, Python e Go.

Todos esses servidores de aplicação possuem uma Application Programming Interface (API) para auxiliar no desenvolvimento de soluções para diversos cenários. É importante salientar que os servidores de aplicação oferecem também planos de uso gratuitos.

7-ATIVIDADE PRÁTICA

Será implementada uma atividade prática para coleta da geolocalização veicular. Foram adquiridos os seguintes itens: Módulo Esp32 Lora 868/915mhz Com Oled 0.96 (End Point), **Módulo Lorawan – Radioenge (Gateway)**, Módulo Gyneo6mv2-gps e Placa Compatível Arduino Uno R3 Atmega328 Smd + Cabo E Pinos. Os referidos itens foram recebidos entre os dias 05 e 07/12/2024 conforme o esperado. Permitindo dessa forma iniciar os testes dos equipamentos e suas devidas configurações. Inicialmente foi realizada uma comunicação P2P entre os Módulos Esp32 Lora 868/915mhz (End Point) e o **Lorawan –**

Radioenge (End Point / Gateway) conectado Módulo Gyneo6mv2-gps, obtendo as informações de latitude e longitude no receptor.

8-LISTAGEM DE CÓDIGOS