

# **Simulação do desempenho de rede IoT direto para satélite com LoRa e LR-FHSS e suporte a múltiplos satélites**

RESUMO ESTENDIDO - Disciplina de TCC029009

**João Vitor Rosa Negri**

Estudante do Curso de Engenharia de Telecomunicações

**Nome do professor**

Prof. Arliones Hoeller Jr, Dr.

Semestre 2023.2

**Resumo-** *Com a atual expansão no número de satélites em órbita terrestre baixa (LEO), em conjunto com a crescente demanda pela internet das coisas (IoT), a viabilidade de comunicações IoT direto para satélite (DtS-IoT) está sendo estudada por possibilitar a comunicação em áreas de difícil acesso sem a necessidade de instalar infraestrutura nesses locais. A modulação Long Range-Frequency Hopping Spread Spectrum (LR-FHSS), que é uma extensão à camada física do LoRaWAN, foi desenvolvida com a intenção de viabilizar comunicações em distâncias maiores do que a utilizada pelo LoRa além de potencializar o DtS-IoT com LoRaWAN. Foram propostos simuladores, como o Lora-Space, para avaliar o desempenho dessa nova configuração de rede. Porém, a versão atual do simulador considera apenas a existência de um satélite na área de cobertura. Visando obter um cenário mais próximo do real para uma possível implantação do LoRaWAN via satélites, o presente trabalho tem o objetivo de acrescentar o fator de múltiplos satélites ao simulador LoRa-Space, bem como comparar a probabilidade de perda de pacotes utilizando a camada física LoRa e LR-FHSS nesse novo cenário.*

**Palavras-chave:** LR-FHSS. Simulação. LoRaWAN. DtS-IoT.

## **1 Introdução**

Atualmente há uma crescente demanda por conectividade de dispositivos IoT. Como explicam Ilabaca, Céspedes e Montejo-Sánchez (2021), estradas,

redes elétricas, veículos e agropecuária podem ser citados como potenciais locais para a implantação da IoT. Diversas tecnologias surgem para suprir essa demanda, alguns exemplos são o LoRaWAN, o Sigfox, o Bluetooth Low Energy e o Zigbee.

As *low power wide area network* (LPWAN) são responsáveis por uma grande parte do mercado IoT, e as suas principais características são o baixo consumo energético e o longo alcance. Elas são principalmente utilizadas para cobrir grandes áreas, especialmente em aplicações de telemetria com sensores onde a taxa de transmissão é baixa e há tolerância a perda de dados (MANE, 2021).

Um fator importante a ser analisado em redes LPWAN é a probabilidade de entrega. Tecnologias LPWAN como o LoRaWAN e o Sigfox não possuem mecanismos de confiabilidade de entrega, e, portanto, o estudo de como será essa probabilidade possui relevância na implantação e utilização de novas redes (MONTEJO-SANCHEZ et al., 2019).

O LoRaWAN tem se destacado na comunidade acadêmica por possuir especificação aberta e possibilitar a implantação de redes privadas, como explica Haxhibeqiri et al. (2018). Recentemente, em novembro de 2020, foi anunciado o novo *data-rate* LR-FHSS como alternativa ao LoRa para o LoRaWAN. Ele utiliza *fast frequency hopping* para melhorar a capacidade de canal, possibilitando um maior alcance em relação ao LoRa.

Atualmente há uma grande cobertura para redes IoT perto dos grandes centros urbanos, porém em áreas remotas a instalação de infraestrutura ainda é um grande problema econômico. Uma solução que está iniciando e sendo estudada para sanar esse problema é o uso de satélites como *gateways* de redes *low power wide area network* (LPWAN), o IoT direto para satélite (DtS-IoT) (MONTEIRO et al., 2022).

Simuladores são ferramentas muito importantes utilizadas na fase de implantação de redes. Atualmente diversos simuladores são propostos para redes DtS-IoT, dentre eles, o Lora-Space (ÁLVAREZ et al., 2022) se destaca por ser de código aberto e apresentar resultados detalhados.

A proposta desse projeto é proporcionar uma ferramenta de simulação de redes LoRaWAN DtS-IoT com suporte a simulação de múltiplos satélites, bem como uma análise do impacto em termos de probabilidade de entrega de pacotes quando em um cenário de múltiplos satélites. Para tal, será desenvolvida a funcionalidade de múltiplos satélites no simulador Lora-Space.

## **1.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem o objetivo de analisar, via simulação, o desempenho de redes LoRaWAN DtS-IoT com suporte a *data-rates* LoRa e LR-FHSS e sob cobertura de múltiplos satélites.

### 1.1.1 Objetivos específicos

Com base no objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram elencados:

- Obter um simulador com o suporte a múltiplos satélites.
- Avaliar o impacto no número de pacotes recebidos com a adição de mais satélites.
- Avaliar a diferença de desempenho de perda de pacotes entre LoRa e LR-FHSS em cenários de múltiplos satélites.

## 2 Metodologia

A execução do projeto foi dividida em três partes. O primeiro passo será reproduzir os resultados de recepção e perda de pacotes obtidos por Álvarez et al. (2022) utilizando o simulador LoRa-Space. Em seguida será desenvolvida a funcionalidade de simular múltiplos satélites em conjunto com o teste de um único satélite para verificar se a adição não alterou o funcionamento do simulador. Por fim, será realizada uma análise do efeito provocado pela adição de satélites como novos *gateways* da rede.

## 3 Resultados Esperados

É esperado que ao realizar o projeto seja possível simular cenários de LoRaWAN DtS-IoT mais próximos do real, tendo em vista que estas implantações seriam provavelmente com constelações de satélites. Também espera-se que seja possível verificar um melhor desempenho em redes que utilizam o *data-rate* LR-FHSS em termos de probabilidade de entrega de pacotes.

Tendo em vista que o *data-rate* LR-FHSS é novo e ainda não está presente em muitas implantações DtS-IoT, a disponibilização de uma ferramenta de simulação para este cenário também é um resultado relevante.

## Referências

HAXHIBEQIRI, J. et al. A survey of LoRaWAN for IoT: From technology to application. *Sensors (Switzerland)*, v. 18, n. 11, 2018. ISSN 14248220. Publisher: MDPI AG.

ILABACA, P.; CÉSPEDES, S.; MONTEJO-SÁNCHEZ, S. Network Size Estimation in Direct-to-Satellite IoT. In: *2021 IEEE 8th International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology (SMC-IT)*. [s.n.], 2021. p. 107–111. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9697643>>.

MANE, S. Y. LPWAN's – Overview, Market Scenario and Performance Analysis of Lora, Sigfox Using NB-Fi Range Calculator. In: *2021*

*International Conference on Smart Generation Computing, Communication and Networking (SMART GENCON)*. [s.n.], 2021. p. 1–4. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9645902>>.

MONTEIRO, J. B. et al. A review of small satellite constellations for IoT connectivity. In: . [S.l.: s.n.], 2022.

MONTEJO-SANCHEZ, S. et al. Coded Redundant Message Transmission Schemes for Low-Power Wide Area IoT Applications. *IEEE Wireless Communications Letters*, v. 8, n. 2, p. 584–587, abr. 2019. ISSN 2162-2337, 2162-2345. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8532295/>>.

ÁLVAREZ, G. et al. Uplink Transmission Policies for LoRa-Based Direct-to-Satellite IoT. *IEEE Access*, v. 10, p. 72687–72701, 2022. ISSN 2169-3536. Conference Name: IEEE Access. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9825690>>.