

# Implementação de um sistema de comunicação reconfigurável para Satélites de baixa órbita baseado no Simulink

Marcos Souza

Rangel Arthur

m240834@dac.unicamp.br

rangel@ft.unicamp.br

Faculdade de Tecnologia – Universidade Estadual de Campinas - Limeira, Brasil

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de satélites de baixa órbita (LEOs, do inglês *Low Earth Orbit*) têm crescido diante de novas perspectivas, tais como: a redução do custo de lançamento e de produção e iniciativas de utilizá-los em constelações, isto é, múltiplos satélites juntos que fornecem internet, de tal maneira a prover conectividade ilimitada por todo o planeta, auxiliando a conectar os não conectados [1].

Assim, torna-se necessário sistemas de comunicação que sejam capazes de fornecer uma comunicação flexível entre esses satélites e a estação radio base (ERB), alterando as características do enlace como frequência da portadora, largura de banda, taxa de dados e esquema de modulação [1]. Essa flexibilidade pode ser atingida por meio de sistemas dinâmicos, isto é, aqueles que permitem reconfigurar os parâmetros de comunicação em tempo real. Sendo que, isso pode ser realizado (a) de acordo com a interação entre a relação sinal-ruído (SNR, do inglês *Signal-to-noise Ratio*) e a taxa de erro de bit (BER, do inglês *Bit Error Rate*) da transmissão; ou (b) segundo as necessidades do enlace, por exemplo, o valor necessário de taxa de dados (ou *bit rate*, do inglês) para enviar a informação desejada.

Uma alternativa para habilitar essa reconfigurabilidade é o Rádio Definido por Software (SDR, do inglês *Software Defined Radio*), o qual torna possível que algumas ou todas as funções da camada física do *hardware* sejam modificadas de maneira remota [2]. Isso é uma grande vantagem, visto que no espaço é inviável alterar as partes físicas do *hardware*.

Diante disso, este trabalho visa simular o desempenho de um sistema de comunicação reconfigurável para os LEOs, através do *MATLAB/Simulink*, a fim de futuramente implementar esse sistema em um *hardware*.

## 2. METODOLOGIA

O sistema é dividido em 2 subsistemas: *telemetry* (TM) e *tele command* (TC). O primeiro se destina a monitorar a saúde e o status do LEO enviando informações de tensão, corrente elétrica, temperatura, entre outras, para a ERB, caminho denominado de *downlink*. Enquanto o segundo se dá no caminho inverso, chamado de *uplink*, referindo-se ao controle adequado do satélite que recebe os comandos da ERB.

Assim, levando em consideração o *link budget* de [3], o objetivo é simular o recebimento de uma informação pelo LEO, vinda da ERB, e depois reenviar a ela. Para isso é utilizado um sinal modulado em FM (*Frequency Modulation*) e em BFSK (*Binary Frequency-shift Keying*)

para o TC, de tal modo que ele seja demodulado após ser propagado por um canal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), o qual simula os processos aleatórios que poderiam inserir ruído no sinal transmitido. Em seguida, o sinal demodulado é modulado em BPSK (*Binary Phase-shift Keying*) para simular o envio pelo TM.

O *software MATLAB/Simulink* possibilita a criação do sistema de comunicação através da biblioteca *Communications System Toolbox* que fornece diferentes blocos que auxiliam na criação de novas técnicas de modulação e demodulação, além das que já são disponibilizadas prontas.

### 3. RESULTADOS

Os resultados para a demodulação foram avaliados a partir dos valores obtidos para o BER para diferentes valores de SNR, obtendo para um SNR de 30dB, BER da ordem de  $10^{-4}$ , menor valor encontrado na simulação. Bem como, as formas de onda recebidas foram avaliadas comparando com as enviadas, demonstrando que a informação não foi perdida. Por outro lado, para a modulação BPSK, a análise do resultado foi realizada em torno da densidade espectral de potência do sinal, na qual foi obtido uma potência de transmissão de aproximadamente 0 dBm em torno do pico, o que é satisfatório, tendo em vista que o sinal passará ainda por um amplificador de potência para atingir o nível mínimo requerido de potência de transmissão, o qual é +23dBm, de acordo com [3].

### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo proposto de simular uma comunicação entre um satélite de baixa órbita com a estação rádio base, em que o LEO recebe a informação, processa e realiza o tratamento para o reenvio, foi promissor tendo em vista os resultados obtidos. Em [3] foram apresentadas as formas de onda obtidas por meio da simulação, entretanto, os valores de taxa de erro de bit para a comunicação não foram mostrados, o que o presente trabalho faz.

Além disso, a reconfigurabilidade é possível na medida em que o *software* possibilita a alteração dos blocos. Por exemplo, para o *downlink*, quando é necessário um aumento na taxa de dados é possível alterar a modulação de BPSK para QPSK (*Quadrature Phase-shift Keying*), haja vista, ela dobra esse fator na medida em que é uma modulação de quarta ordem.

### 5. PALAVRAS-CHAVE

Satélite de baixa órbita; Sistema de comunicação reconfigurável.

### AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte financeiro fornecido ao projeto.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LIN, Xingqin, et al. **On the Path to 6G: Embracing the Next Wave of Low Earth Orbit Satellite Access**. IEEE Communications Magazine, vol. 59, no. 12, pp. 36-42, 2021, Dezembro, doi: 10.1109/MCOM.001.2100298.
- [2] WYGLINSKI, Alexander; PU, Di. **Digital Communication Systems Engineering with Software-Defined Radio**. Artech, 2013.
- [3] R, Nivin; P, Vidhya; RANI, J Sheeba. **Design and hardware implementation of reconfigurable nano satellite communication system using FPGA based SDR for FM/FSK**

**demodulation and BPSK modulation.** 2016 International Conference on Communication Systems and Networks, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/CSN.2016.7823976.

[4] NEIFAR, Amel; TRABELSI, Hatem; MASMOUDI, Mohamed. **An FSK Demodulator Design for RF Wireless Sensor Applications Using Zigbee Protocol.** International Journal of Electronics and Electrical Engineering, Vol. 3, No. 4, pp. 285-291, 2015, Agosto. doi: 10.12720/ijeee.3.4.285-291.

Cite this article:

Souza, Marcos, Lim, Arthur, Rangel; 2022. Implementação de um sistema de comunicação reconfigurável para Satélites de baixa órbita baseado no Simulink. SET EXPO PROCEEDINGS. ISSN Print: 2447-0481. ISSN Online: 2447-049X. v.8. doi: 10.18580/setep.2022.47.5. Web Link: <https://dx.doi.org/10.18580/setep.2022.47.5>