

Simulação de Modulador/Demodulador PTT-A3 para Aplicações no Sistema de Satélites ARGOS-III

RESUMO EXPANDIDO - Disciplina de TCC029009

Arthur Cadore Matuella Barcella

Estudante do Curso de Engenharia de Telecomunicações

Prof. Arliones Stevert Hoeller Junior, Dr.

Prof. Richard Demo Souza, Dr.

Semestre 2025.1

Resumo- *O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e simulação de um sistema de modulação e demodulação, utilizando os padrões da terceira geração do sistema de satélites ARGOS-III. Este padrão é utilizado em Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) voltadas ao monitoramento ambiental, e emprega técnicas de comunicação digital, como modulação QPSK, codificação convolucional e embaralhamento de dados, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do enlace de satélite. A metodologia adotada envolve o estudo de especificações do padrão de comunicação, a estrutura dos datagramas transmitidos pelas PCDs e a implementação, em ambiente simulado, dos blocos responsáveis pela transmissão e recepção digital. O conjunto de simulações vai desde a geração da portadora pura, passando pela palavra de sincronismo e codificação da mensagem do usuário, até a demodulação e recuperação dos dados transmitidos, incluindo a sincronização de tempo, frequência e fase.*

Palavras-chave: Comunicação por satélite; PTT-A3; ARGOS-III; Modulação digital;

1 Introdução

O uso de tecnologias de comunicação via satélite tem se mostrado fundamental para aplicações de IOT em cenários remotos, especialmente no monitoramento ambiental, oceânico e meteorológico, através de plataformas equipadas com sensores, PCD, que são capazes de transmitir pequenas quantidades de dados periodicamente para satélites de órbita baixa (A. . . , ; FRAIRE; CÉS-PEDES; ACCETTURA, 2019).

Dentre os sistemas internacionais voltados para esse tipo de aplicação, destaca-se o ARGOS, criado em 1978 por meio de uma cooperação entre o CNES, NOAA e NASA. Desde seu desenvolvimento, o sistema ARGOS tem passado por constantes evoluções, trazendo novos padrões de transmissão e modulação como os formatos PTT-A2, PTT-A3 e PTT-ZE, para aprimorar a eficiência espectral e a confiabilidade do enlace com o satélite.

No Brasil, a coleta de dados é atendida pelo SBCDA, desenvolvido e operado pelo INPE. O SBCDA utiliza satélites em órbita baixa, como os SCD-1, SCD-2 e os satélites da série CBERS, para coletar dados transmitidos por PCD instaladas em todo o território nacional (RODRIGUES, 2018; DUARTE et al., 2021). De acordo com dados do SINDA, atualmente é possível realizar a inspeção dos dados de 1030 pontos ativos de coleta distribuídos pelo país (SILVA; ALMEIDA, 2022).

Grande parte dessas PCD é compatível com o padrão ARGOS-II, implantado a partir de 1993. Esses dispositivos, entretanto, operam com tecnologias de hardware e software limitadas à época de sua instalação, apresentando restrições quanto à eficiência espectral, robustez contra interferências e capacidade de transmissão de dados. Diante da evolução das demandas de comunicação, da necessidade de aprimorar o desempenho do sistema e da dificuldade na aquisição dos componentes legados para montagem do hardware compatível com ARGOS-II, surgiu o padrão de terceira geração, o ARGOS-III.

O sistema ARGOS-III introduziu o uso de transmissores do tipo PTT-A3 que empregam técnicas digitais avançadas, como modulação QPSK, codificação convolucional e embaralhamento de dados, visando maior robustez frente a desvanecimentos e erros de rajada. Esses avanços torna interessante o desenvolvimento de novos transmissores e receptores compatíveis com o padrão PTT-A3 (CNES, 2006).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo a simulação de um modulador/demodulador compatível com o padrão PTT-A3, conforme as especificações do sistema ARGOS-III, contribuindo para a formação de massa crítica com domínio técnico sobre os elementos do sistema, a fim de criar melhores condições para que futuros esforços de modernização das PCD do SBCDA possam ser conduzidos.

1.1 Objetivos Gerais

Simular um sistema de modulação e demodulação compatível com o padrão PTT-A3 do sistema de satélites ARGOS-III, validando a transmissão e recepção de datagramas conforme a especificação do padrão de comunicação.

1.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral proposto, este trabalho foi estruturado em uma série de etapas com metas técnicas bem definidas. Os objetivos específicos foram organizados de modo a contemplar tanto a compreensão teórica do padrão de comunicação ARGOS-III, quanto o desenvolvimento prático. São eles:

- Estudar o padrão de comunicação ARGOS;
- Simular a detecção de portadoras e sincronização;
- Simular a modulação e demodulação dos sinais enviados por uma PCD;
- Simular o efeito da adição de ruído e desvio de frequência (efeito Doppler);
- Simular a montagem e interpretação do datagrama das PCDs.

2 Metodologia

O primeiro passo no desenvolvimento deste trabalho, será o estudo detalhado das especificações do padrão PTT-A3, conforme definido pelo CNES (CNES, 2006).

Com base nessas especificações, a simulação será organizada em blocos funcionais que espelham os estágios reais de um sistema de transmissão digital. Primeiramente, será implementada a geração do datagrama, contendo campos de sincronismo, dados do usuário e códigos de verificação (CRC). Em seguida, os dados foram submetidos à codificação convolucional e ao embaralhamento, preparando a sequência binária para modulação. A modulação QPSK será realizada aplicando-se mapeamento em quadrantes, com uso de filtros conformes (por exemplo, filtro de coseno levantado) para controle espectral do sinal transmitido.

Na etapa seguinte, será simulado o canal de comunicação, com inserção de ruído branco gaussiano aditivo (AWGN) e desvios de frequência típicos de enlaces com satélites de órbita baixa, visando representar efeitos reais como o Doppler. A recepção do sinal envolverá a implementação de técnicas de detecção da portadora, sincronização de tempo e fase, demodulação coerente e decodificação dos dados transmitidos. Os sinais serão processados e analisados quanto à taxa de erro de bits (BER) e à correta reconstrução dos datagramas, incluindo verificação de integridade via CRC.

3 Resultados Esperados

Com a implementação e simulação do sistema de modulação e demodulação compatível com o padrão PTT-A3, espera-se demonstrar a viabilidade da transmissão e recepção de dados de forma robusta mesmo sob condições adversas de canal. Também espera-se com a geração de sinais modulados com características espectrais e temporais coerentes com os parâmetros definidos no padrão ARGOS-III, além da validação do correto funcionamento dos blocos de codificação e embaralhamento por meio da análise de saída do sistema receptor.

No processo de demodulação, espera-se alcançar sincronismo confiável, tanto em tempo quanto em fase, permitindo a correta recuperação dos símbolos QPSK. Com a inserção de ruído e variações de frequência nas simulações, é previsto que o sistema mantenha desempenho aceitável, com taxa de erro de bits inferior a 10^{-3} para valores de E_b/N_0 acima de 5 dB, evidenciando a efetividade das técnicas de codificação e modulação aplicadas. Além disso, a correta reconstrução dos datagramas, com validação via CRC, deverá confirmar que o sistema simulado é funcional e aderente às exigências do padrão PTT-A3, criando assim uma base sólida para futuras implementações em hardware ou firmware voltadas à modernização das PCDs do SBCDA.

Referências

A Survey on Technologies, Standards and Open Challenges in Satellite IoT. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9442378>>.

CNES, P. T. Services_and_message_formats_ed2_rev2. p. 80, 2006.

DUARTE, J. M. L. et al. A multiuser decoder based on spectrum analysis for the Brazilian Environmental Data Collecting System. *International Journal of Satellite Communications and Networking*, v. 39, n. 2, p. 205–220, mar. 2021. ISSN 1542-0981. Publisher: John Wiley & Sons, Ltd. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sat.1381>>.

FRAIRE, J. A.; CÉSPEDES, S.; ACCETTURA, N. Direct-To-Satellite IoT - A Survey of the State of the Art and Future Research Perspectives. In: *Ad-Hoc, Mobile, and Wireless Networks*. Springer, Cham, 2019. p. 241–258. ISBN 978-3-030-31831-4. ISSN: 1611-3349. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-31831-4_17>.

RODRIGUES, J. A. DEMODULADOR ARGOS III COMPATÍVEL COM SINAIS PTT-A2 E PTT-A3. p. 104, 2018. Disponível em: <<http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2018/08.01.12.38/doc/publicacao.pdf>>.

SILVA, R. B. d.; ALMEIDA, E. S. d. Um framework para a identificação e diferenciação de plataformas de coleta de dados ambientais do Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA). In: *Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*. SBC, 2022. p. 17–20. ISSN: 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi_estendido/article/view/21563>.