



Verificação da Viabilidade da Carga Útil VHF da Missão Cubesat RaioSat Através de Simulação do Conteúdo Espectral de Descargas Atmosféricas

Lázaro Aparecido Pires de Camargo ¹, Walter Abrahão dos Santos¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil

Aluno de Doutorado do Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais (CSE)

lazarocamargo@inpe.br

Resumo. A missão RaioSat tem como objetivo a detecção de raios sobre o território brasileiro, para auxiliar o grupo de Eletricidade Atmosférica do INPE, na prevenção de eventos extremos meteorológicos. A missão utiliza um CubeSat 3U, tendo como carga útil uma câmera com sensor óptico, um GPS para georreferenciamento, e um receptor SDR (Rádio Definido por Software) VHF. Este receptor irá auxiliar na identificação e autenticação dos eventos de raios. Este trabalho mostra como será a arquitetura da solução utilizando este receptor, o uso de tecnologia SDR visando sua integração em um CubeSat, e para analisar a viabilidade foram realizadas simulações do conteúdo espectral das descargas atmosféricas utilizando Python.

Palavras-chave: Cubesat, Detecção de Raios, FreeSRP

1. Introdução

Eventos extremos climáticos são cada vez mais comuns em território brasileiro, e para auxiliar no estudo e geração de modelos de previsão meteorológicos, o monitoramento de ocorrências de raios se torna algo de extrema importância. O grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) propôs a missão cubesat RaioSat, para auxiliar a rede existente em solo, para monitoramento de ocorrências de raios (NACCARATO, 2019). A missão RaioSat terá como segmento espacial, um cubesat de três unidades (3U) com massa de 6 kg e dimensões de 10 x 10 x 30 cm, com computador de bordo e sistema de controle de atitude para atender os requisitos de imageamento de raios e tendo as seguintes cargas úteis: Câmera na faixa de IR (infravermelho) com sensor e filtro óptico, um GPS (Sistema de Posicionamento Global) para aplicações de baixa órbita, receptor VHF (Very High Frequency) do tipo SDR (Software Defined Radio), para registrar as assinaturas eletromagnéticas e validar as detecções de raios realizadas pela câmera IR. E irá complementar a rede BrasilDat de monitoração de descargas elétricas atmosféricas, e auxiliar no sistema brasileiro de defesa civil e de gerenciamento de riscos e desastres.

Raios não produzem apenas sinais óticos, mas também assinaturas de rádio, na faixa de VHF. A possibilidade de utilizar estes sinais de VHF para disparar a detecção ótica permite reduzir o número de frames que serão processados, algo de grande valor em uma missão cubesat, devido às suas restrições computacionais e de armazenamento de memória.



2. Metodologia

Descargas atmosféricas e eventos intranuvens tem espectros de radio frequência que podem atingir 10 MHz, e descargas compactas intranuvens (CIDs – Compact Intracloud Discharges) podem gerar sinais nas bandas de HF e VHF, se aproximando de 50 MHz (LIU, 2019).

O receptor VHF SDR da missão RaioSat terá a função de verificar a assinatura eletromagnética dos raios para autenticar os seus eventos. Para o desenvolvimento do receptor será utilizado o projeto open source (hardware e software) FreeSRP, que disponibiliza um sistema SDR compatível com os requisitos da missão RaioSat. A Figura 1 mostra a concepção de hardware do FreeSRP.



Figura 1 – Receptor SDR VHF

O rádio SDR FreeSRP possui as seguintes características (FreeSRP, 2019):

- Transceptor: Analog Device AD9364
- Frequência Central: 70 MHz - 6 GHz
- Largura de banda máxima do filtro analógico: 56 MHz
- Taxa de Amostragem: 61.44 MSPS
- Resolução: 12 bits
- Potencia Máxima : 50 mW (@ 2,4 GHz)
- FPGA: Xilinx Artix 7 ((XC7A50T-1FTG256)
- Compatibilidade em software com o projeto GNURADIO
- Todas as informações sobre esquemas elétricos e firmware estão disponíveis no GITHUB (<https://github.com/FreeSRP>)



O hardware do receptor VHF terá que ser customizado para se adequar ao padrão CubeSat (CALIFORNIA POLYTECHNIC STATE UNIVERSITY, 2014).

3. Resultados e Discussão

Para testar este disparo, foram implementadas simulações numéricas de descargas atmosféricas utilizando este modelo (LIU, 2019).

$$f(s) = \frac{b_s e^{a_s t}}{1 + e^{(a_s + b_s)t}}$$

Para $b_s = 10^6 \text{ s}^{-1}$ and $a_s = 10^9 \text{ s}^{-1}$. A figura 4 mostra as respostas de $f(s)$ a resposta em frequência.

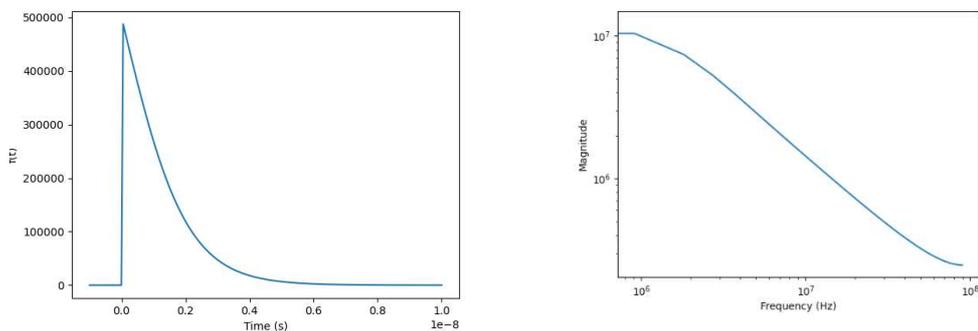


Figura 2: Simulação do conteúdo espectral de descargas atmosféricas

Para realizar as simulações, foi utilizada a biblioteca mpmath. Esta biblioteca permite manipular variáveis com precisão superior disponível no Python, com precisão aritmética arbitrária. O código desta simulação está disponível em:
https://github.com/lazarocamargo/simulacao_vhf_raiosat.

4. Conclusão

A missão RAIOSAT será de grande valor para o sistema brasileiro de gerenciamento de riscos e desastres. Uma constelação de cubesats possibilitará uma taxa de revisita compatível com a extensão do território brasileiro e auxiliar na previsão de tempo severo e para previsão de tempo em curtíssimo prazo. Pois tempestades severas estão associadas a ocorrência de raios e descargas elétricas e a missão RAIOSAT pode contribuir com medidas



destes eventos extremos.

Esta simulação do conteúdo espectral das descargas elétricas atmosféricas, será um referencia para os testes da carga útil VHF da missão RaioSat, e possibilitará determinar se a solução de receptor SDR escolhida, atende aos requisitos da missão RaioSat.

Referências

CALIFORNIA POLYTECHNIC STATE UNIVERSITY. CubeSat Design Specification Rev.13 (2014).

LIU, N., Dwyer, J. R., Tilles, J., Stanley, M. A., Krehbiel, P. R., Rison, W., et al. (2019). Understanding the radio spectrum of thunderstorm narrow bipolar events. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124, 10134–10153. <https://doi.org/10.1029/2019JD030439>

NACCARATO, K. P. et al, 2017. “The RaioSat project detecting total lightning flashes from a CubeSat”, 2nd IAA Latin American CubeSat Workshop (LACW), Ubatuba.