

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Estimação da Atitude do satélite CBERS-2B utilizando os Métodos TRIAD, q-Method e Quest e dados reais de sensores de estrelas

Joao Francisco N. de Olivera ¹

Departamento de Ciências Básicas e Ambientais, EEL/USP, Lorena , USP

Roberta V. Garcia²

Departamento de Ciências Básicas e Ambientais, EEL/USP, Lorena, SP

Helio K. Kuga ³

Divisão de Mecânica Espacial e Controle, INPE, São José dos Campos, SP

1 Introdução

A estimação de atitude é a determinação da orientação de um veículo espacial em relação a um sistema de referência inercial utilizando dados de sensores. O processo de determinar a atitude pode ser resumido em se calcular a matriz de atitude do satélite num determinado instante em relação a um referencial previamente estabelecido [3]. Neste processo são considerados uma combinação de sensores e modelos matemáticos para coletar as componentes vetoriais do sistema no corpo do satélite e no sistema de referência inercial. Estas componentes vetoriais são descritas na forma de quatérnions, ângulos de Euler ou matrizes de rotação. A importância da determinação da atitude está relacionada não apenas ao desempenho do controle de atitude, mas também a interpretação de informações obtidas por experimentos realizados pelo satélite. Dentre os diversos métodos de determinação de atitude são abordados neste trabalho os métodos TRIAD (TRIaxial Attitude Determination), q-Method e QUEST. Em todos os métodos são necessárias observações que são obtidas por meio de sensores instalados no satélite. Neste trabalho são utilizadas medidas referentes ao dia 09 outubro de 2007 e obtidas por sensores de estrelas que estão à bordo do satélite CBERS-2B, fornecidas pelo Centro de Controle de Satélites do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

2 Métodos de Estimação de Atitude

O TRIAD é um método determinístico e tem como base estimar o operador (A) de rotação que leva os eixos do sistema de referência do corpo do satélite para um sistema de

¹j.fno@outlook.com

²robertagarcia@usp.br

³hkk@dem.inpe.br

referência inercial [4]. Este método considera a hipótese do operador ser unitário, inversível e que preserva a norma [2]. Isso implica em um método eficiente por ser simples, podendo ser implementado à bordo no satélite, porém podendo gerar grandes erros na estimação de atitude.

Grace Whaba em 1965 [4] descreveu o problema que analisa o erro da matriz de atitude estimada, A , através da Função Custo, J , dada por [1]:

$$J(A) = \frac{1}{2} \sum_i a_i (\mathbf{W}_i - A\mathbf{V}_i)^2 = \sum_i a_i (1 - \mathbf{W}_i^T A\mathbf{V}_i) \quad (1)$$

onde V são os vetores de referência, W são os vetores de observação e a_i são pesos. O q-Method é resultado da solução do problema de Wahba. A hipótese desse método é que uma matriz unitária e simétrica, K , operada pelos quaternários, q , da forma $q^T K q$ é proporcional a $\lambda q^T q$ [1]. Neste processo calcula-se o maior auto-valor da matriz K e seu correspondente auto-vetor, levando a minimização da função custo J . Entretanto este método possui a desvantagem do cálculo do auto-valor em termos computacionais. Ao contrário, no método Quest o cálculo do auto-valor é realizado de forma mais eficiente utilizando o método de Newton-Raphson na função custo [3]. A desvantagem deste método é que, apesar da precisão obtida para o auto-valor, existe a possibilidade de singularidades em casos de pequenas rotação [3].

3 Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro do CNPq e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

References

- [1] F. L. Markley and D. Mortari. *Quaternion attitude estimation using vector observations*. Journal of the Astronautical Sciences, vol.48, n.2: 359-380, 2000.
- [2] M. D. Shuster. *Deterministic three-axis attitude determination*. Journal of Astronautical Sciences, vol.52, n.3: 405-419, 2004.
- [3] J. R. Wertz. *Spacecraft attitude determination and control*. Vol. 73, Springer Science Business Media, 2012.
- [4] G. Whaba. *A least squares estimate of spacecraft attitude*. SIAM Review, Vol.7, n.3: 409, 1965