

## 자장계를 이용한 인공위성의 자세결정 알고리즘

### Spacecraft Attitude Determination Algorithm Using Magnetometer

\*민 현 주\*, 김 인 중\*, 김 진 호\*, 박 춘 배\*, 용 기 렷\*\*, 이 승 우\*\*

\* 인하대학교 항공우주공학과(Tel : 81-032-875-2011; E-mail: g1991086@inhavision.inha.ac.kr)

\*\* 한국항공우주연구소(Tel : 81-042-860-2408; E-mail: klyong@viva.kari.re.kr)

**Abstract :** We present 3-axis stabilized spacecraft attitude determination algorithm using the magnetometer. The magnetometer has been used as a reliable, light-weight and inexpensive sensor in attitude determination and reaction wheel momentum dumping system. Recent studies have attempted to use the magnetometer when other attitude sensor, such as star tracker, fails. The differences between the measured and computed the Earth's magnetic field components are spacecraft attitude errors. In this paper, we propose extended Kalman filter(EKF) to determine spacecraft attitude with the magnetometer data and gyro-measured body rates. We develop and simulate this algorithm using MATLAB/SIMULINK. This algorithm can be used as a backup attitude determination system.

**Keywords :** magnetometer, Kalman filter, attitude determination, backup

#### 1. 서론

항후 자장계 성능의 발전 가능성에 따라서 자장계를 이용한 자세결정 알고리즘 연구가 필요하다. 인공위성의 관측 모드에서는 높은 자세결정 정확도를 요구하므로 자장계를 이용한 칼만 필터 알고리즘을 개발하였다. 칼만 필터는 자이로를 이용하여 인공위성의 각속도를 측정하고 자장계로부터 자세 정보를 받아서 추정 오차가 최소가 되도록 하는 알고리즘이다. 또한 자장계를 이용한 자세결정 알고리즘은 다른 자세 센서의 고장시 백업 자세결정 시스템으로 사용되어질 수도 있다.

그림 1.은 인공위성 자세결정 시스템에 대한 블록 선도이다. 자이로는 인공위성의 각속도를 출력하고, 탑재 소프트웨어의 쿼터니언 전파 알고리즘에서는 각속도와 자세의 관계식을 이용하여 측정된 각속도로부터 자세 정보를 유추한다. 이때, 측정된 각속도에는 자이로의 편향 오차가 포함되어 있기 때문에 자세 오차가 누적되어 자세결정 시스템의 성능을 저하시킨다. 따라서 자이로의 편향 오차와 누적된 자세 오차에 대한 보상이 요구되며, 이는 칼만 필터 알고리즘에 의해 수행되어진다.

칼만 필터 알고리즘은 자장계의 자세 측정 정보를 기준으로 하여 자이로의 편향 오차와 누적된 자세 오차를 추정한다. 쿼터니언 전파 알고리즘으로부터 자세는 0.25 초마다 계산되고, 필터 알고리즘으로부터 오차의 추정은 16 초마다 갱신된다.

#### 2. 지구 자기장 모델

IGRF 2000 모델에서 지구 자기장 포텐셜은 구좌표계에 대해 식 (1)과 같이 정의한다.

$$V(r_{sp}, \theta_{sp}, \phi_{sp}) = R_E \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \left( \frac{R_E}{r_{sp}} \right)^{n+1} (g^{nm} \cos m\phi_{sp} + h^{nm} \sin m\phi_{sp}) P^{nm}(\theta_{sp}) \quad (1)$$

여기서

$R_E$  = Mean radius of the Earth (6371.2 km)

$g^{nm}, h^{nm}$  = Gauss-normalized Gauss coefficients

$r_{sp}$  = Distance from the center of the Earth

$\theta_{sp}$  = Colatitude (90° - latitude)

$\phi_{sp}$  = Longitude eastward from Greenwich

$P^{nm}(\cos \theta_{sp})$  = Gauss-normalized associated Legendre function

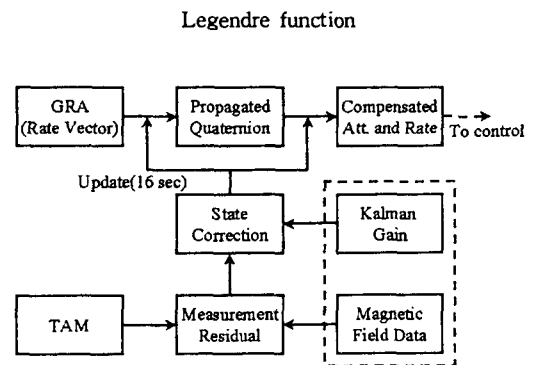


그림 1. Kalman Filter Concept