

## Unscented 칼만필터와 확장칼만필터를 이용한 자장계 기반의 저궤도위성의 궤도결정

노경민, 박상영, 최규홍

연세대학교 천문우주학과

지구자기장 관측 값만을 이용하여 저궤도위성의 궤도결정을 Unscented 칼만필터를 이용하여 수행하였다. 또한 Unscented 칼만필터의 궤도결정결과를 확장칼만필터를 통한 결과와 비교하여 그 성능을 비교분석하였다. 궤도 결정에 사용된 궤도 동역학 모델은 지자기장 관측 값의 특성과 적합하도록 조정하였다. 궤도에 영향을 주는 섭동력으로는 비대칭 중력장에 의한 섭동의 경우 중력장 계수를 4차까지 포함시켰고, 탄도계수를 추정인자로 포함하여 대기저항에 의한 섭동을 포함시켰다. 대기 저항섭동력은 고도 500km 이하의 저궤도의 위성의 경우에 주된 섭동력이지만 고도 500km 이상의 저궤도의 위성의 경우에 탄도계수를 추정하여 대기저항 섭동을 포함시키는 것보다 중력장 모델의 계수를 4차까지 증가시키는 것이 궤도 결정 정밀도를 향상시키는 더 효과적이다. 자장계의 관측 잡음 수준( $1-\sigma$ )이 20nT 정도일 때 Unscented 칼만 필터를 이용한 경우 궤도 오차가 극궤도의 2km 이하였으나 적도궤도의 경우 약 15km 수준으로 나타났다. 이러한 정밀도의 차이는 지구자기장 관측 값의 변화폭에 기인한 것으로 극궤도의 경우 지구자기장 관측값의 변화폭이 적도궤도의 경우보다 약 3배정도 크다. 확장칼만 필터를 사용한 경우의 궤도결정 결과는 전반적으로 Unscented 칼만필터의 경우보다 정밀도가 떨어지는 결과를 보여주었다. 특히 관측 시간 간격의 영향이 무척 커서 관측 시간 간격이 5초일 경우 궤도 오차는 약 5km 수준이었지만 관측 시간 간격이 60초로 증가될 경우 궤도 오차는 약 30km 수준으로 증가하였다. 한편 Unscented 칼만필터에는 이러한 관측 시간 간격의 영향은 극히 미미하였다. 이러한 차이의 원인은 확장칼만필터에 포함된 선형화 오차에 기인한 것이다. 즉, Unscented 칼만필터가 비선형 시스템에 더 우수한 성능을 보여줄 수 있다. 본 연구의 결과는 실제 운용된 위성인 MAGSAT의 실제 관측 값을 이용하여 검증하였으며, 약 2km 수준의 궤도 오차 내에서 궤도결정이 이루어졌다.