

위성의 모멘텀 덤핑에 따른 자세제어 영향 분석

Attitude Control Performance Analysis of Momentum Dumping for Spacecraft

강우용† · 서현호* · 김용복* · 최홍택*

Wooyong Kang, Hyunho Seo, Yongbok Kim, Hong-Taek Choi

1. 서 론

위성은 임무 수행 시 중력 경도 토크(Gravity gradient torque), 공기역학토크 (Aerodynamics torque), 태양복사토크(Solar radiation torque), 자기 외란 토크(Magnetic disturbance torque)와 같은 외란이 작용한다⁽¹⁾. 이러한 외란으로 인하여 위성에는 모멘텀이 축적된다. 축적된 모멘텀은 위성 자세제어에 주로 사용하는 반작용 휠 (Reaction Wheel)에 영향을 주며 자세제어 성능을 저하시킨다. 그러므로 일반적인 저궤도 위성에서는 자기토크(Magnetic Torque)를 이용하여 축적된 모멘텀을 소거한다. 본 논문에서는 자세 제어 성능해석 시뮬레이터(KOMPSSIM)을 이용하여 모멘텀 덤핑(Momentum Dumping)에 따른 자세 제어 성능을 분석한 후 그 결과를 제시한다.

2. 모멘텀 덤핑

자기토크를 이용한 모멘텀 덤핑 시스템은 Figure 1과 같이 구성된다. 모멘텀 덤핑 알고리즘은 외란에 의해 반작용휠에 축적되는 모멘텀 양(H)과 자기센서에서 측정된 자기장(B)을 이용하여 자기토크 명령(Mcmd)를 생성한다. 자기 토크 명령에 의해 생성된 토크는 반작용 휠의 자세제어 토크(T_{RW})를 감소시키게 되며 이로 인하여 반작용 휠의 속도를 안정적으로 유지시킨다^{(2),(3)}. 자기토크에 의한 모멘텀 양이 작을 경우 반작용 휠의 속도가 계속 증가하게 되고 자세제어가 불가능하게 된다.

† 교신저자: 강우용, 한국항공우주연구원 위성제어팀

E-mail : kang79@kari.re.kr

Tel : 042-860-2791, Fax : 042-860-2608

* 한국항공우주연구원 위성제어팀

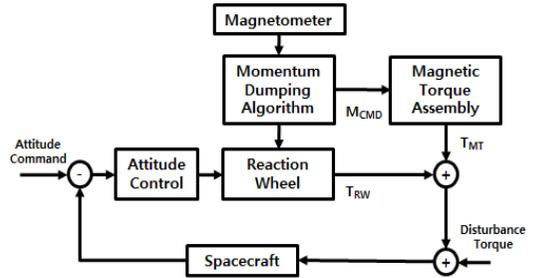


Figure 1 Overall Structure for Momentum Dumping

3. 덤핑에 따른 자세제어 성능 분석

자세제어계 성능해석 시뮬레이터인 KOMPSSIM을 이용하여 Table 1과 같은 기동 상황을 가정한 후 자세제어 성능 분석을 수행하였다. 위성에 작용하는 외란은 기존 운영중인 위성을 참고로 하여 Figure 2와 같이 모델링하였다⁽⁴⁾. 다른 축에 비해서 위성의 X축 방향으로 큰 외란이 작용하며 위성의 기동이 바뀌는 경우 외란의 방향이 바뀔을 확인 할 수 있다.

모멘텀 덤핑 양에 따른 자세제어 성능 분석을 위해서 모멘텀 덤핑 이득 값을 변경시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 모멘텀 덤핑은 비례제어 방식(Proportional Control)을 사용하므로 덤핑 이득 값에 따라서 자기토크의 출력의 크기가 결정된다.

Table 1 Schedule of Mission

기동 순서	기동 방법	시간(s)
1	Nadir->Right looking	1400
2	Right looking -> Left looking	9340
3	Left looking -> Right looking	10650
4	Right looking -> Left looking	15340
5	Left looking -> Right looking	16650
6	Right looking -> Left looking	21340
7	Left looking -> Right looking	22650

(4) 강우용, 서현호, 김용복, 최홍택, “저궤도 위성의 모멘텀 덤핑 성능 궤도상 검증,” 한국통신학회 2014 동계학술대회 논문집, pp.345~346

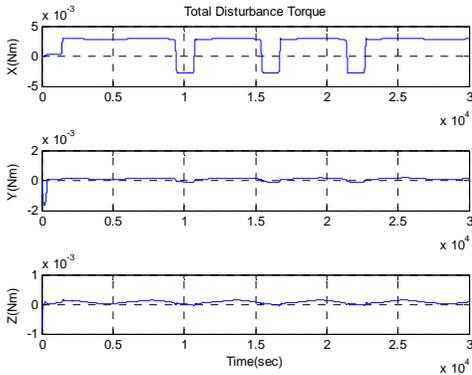


Figure 2 Total Disturbance Torque

모멘텀 덤핑 양이 작게 한 경우 Figure 3에서와 같이 Right looking-> Left looking 또는 Left looking->Right looking 기동이 반복될 수록 반작용 휠의 속도가 증가함을 확인 할 수 있다. 이로 인하여 Figure 4에서와 같이 자세 오차의 증가하게 된다.

4. 결론

저궤도 위성의 기동 상황에 발생 할 수 있는 외란의 영향을 분석한 후 모멘텀 덤핑의 양에 따른 자세제어 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 결과 모멘텀 양이 충분한 경우 반작용 휠의 속도가 일정 범위에서 운영되며 제어 오차가 일정함을 확인 할 수 있다. 이를 통하여 향후 저궤도 위성 설계 시 반작용 휠의 용량 결정 및 모멘텀 덤핑 양 설정 시 이를 활용한다.

참고 문헌

- (1) 임조령, 김용복, 용기력. "저궤도 위성의 외란 토크 해석," 항공우주기술, 10권, 1호, 011, pp. 193~200.
- (2) 이선호, 용기력, 오시환, 임조령, 김용복, 이승우, 서현호, "인공위성 자세제어용 자기토크의 제작 및 성능분석," 항공우주기술 제2권, 제1호, 2006, pp. 70-76
- (3) 이선호, 용기력, 임조령, 김용복, 서현호, 이해진, "자기토크 구동방식에 따른 반작용휠 모멘텀 덤핑 성능해석," 항공우주학회 추계학술발표회, 2008, pp. 1605-1608

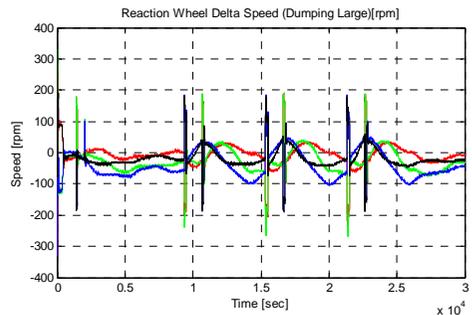
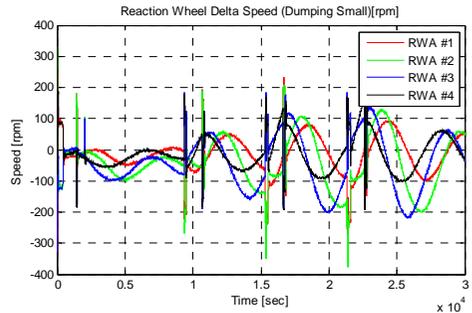


Figure 3 Delta Speed of Reaction Wheel

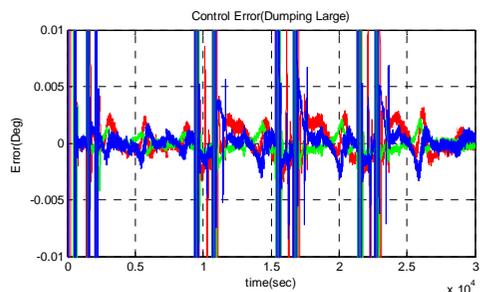
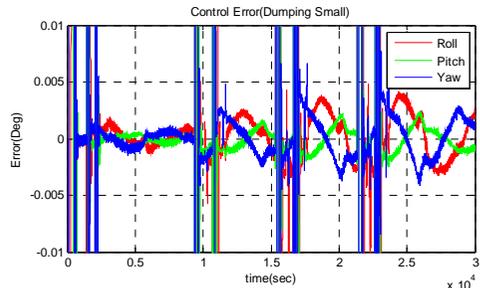


Figure 4 Control Error