OTM 단말기 안테나 시선 안정화 제어

LOS Stabilization Control of OTM(On-The-Move) Antenna

*강민식[1],이종비[2]
*M. S. Kang(mskang@kyungwon.ac.kr)[1], J. B. Lee[2]
[1,2]경원대학교 기계·자동차공학과

Key words : OTM(On-The-Move) antenna, LOS (line of sight), satellite communication, stabilization, sliding mode control, gyro drift

1. 서론

OTM(On-The-Move) 단말기는 이동 운반체에서 정지 위성과의 통신을 위해 사용되는 안테나이다. 위성과의 통신을 위해서는 운반체 이동에 관계없이 안테나의 LOS(Line-of-Sight)가 항상 위성을 지향할 수 있도록 안정화가 필요하다. 이러한 안정화는 감시장비, 표적추적, 미사일 유도, 지상무기의 포/포탑, 통신, 천체 망원경, 카메라 등의 분야에서 폭넓게 요구되고 있다.

본 연구에서는 직렬 2-축 김발 구조를 갖는 지상용 OTM 단말기 안테나의 외란을 분석하고 안정화 제어기는 슬라이딩모드제어(SMC, Sliding Mode Control)를 적용한 자이로 속도루프와 비례-적분 위치루프로 구성되는 되먹임 제어에 안테나 롤운동 보상 앞먹임제어를 추가한 제어 알고리즘을 제안한다. 제시된 외란분석의 타당성과 제안한 제어기 설계방법의 성능검증을 위해 시뮬레이션을 실시한다.

2. OTM 단말기 안정화 제어

안정화는 Fig. 1과 같이 위성이 전면에 있을 때 차량 피치각 θ_b과 반대으로 안테나 고각 θ_e를 조정하여 LOS의 피치각 $\theta_a(=\theta_b+\theta_e)$을 항상 일정하게 유지시키는 개념이다.

안테나 방위각 김발의 운동방정식은 (1)로 나타낼 수 있다.

$$J_o\ddot{\phi}+C\dot{\phi}=\tau_c+\tau_d \qquad (1)$$

여기서 $\dot{\phi}$는 방위각 김발의 절대준 회전속도, τ_c, τ_d는 제어, 외란토오크, J_o는 방위각 김발 질량관성모멘트, C는 점성마찰계수이다.

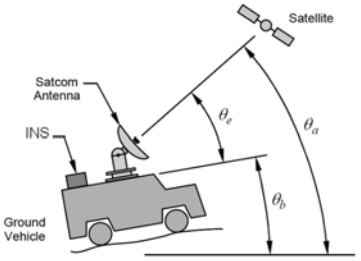

Fig. 1 Concept of OTM Antenna Stabilization

(1)에서 외란토오크는 (2)와 같이 질량불균형 토오크 τ_m, 고각에 따른 방위각 구동부의 관성 변화로 인한 관성 토오크 $\tau_{\Delta J}$, 마찰토오크 τ_f, 안테나 롤운동에 의한 토오크 τ_ψ의 합으로 주어진다.

$$\tau_d=\tau_m+\tau_{\Delta J}+\tau_f+\tau_\psi \qquad (2)$$

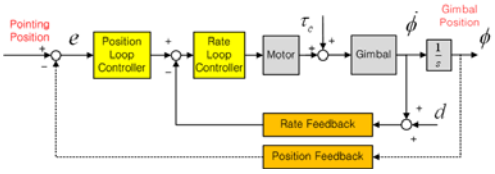

Fig. 2. Block Diagram of Gimbal Stabilization

김발의 안정화제어는 Fig. 2와 같이 내부의 자이로-속도루프와 외부의 위치루프로 구성된다. d는 자이로의 편류이다. 본 연구에서는

속도루프는 SMC, 위치루프는 PI-제어를 적용하였다. SMC를 이용한 속도루프를 구성한 후 위치루프를 포함한 전체 제어블럭선도는 Fig. 3과 같다. 여기서 $\tan\theta_e\dot{\psi}_b$는 방위각 김발의 롤운동 보상을 위한 앞먹임제어를 나타낸다.

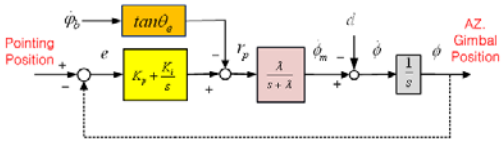

Fig. 3. Stabilization by sliding mode control

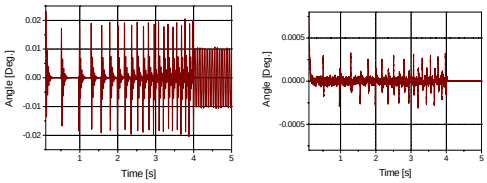

Fig. 4. Responses of linear and sliding mode control

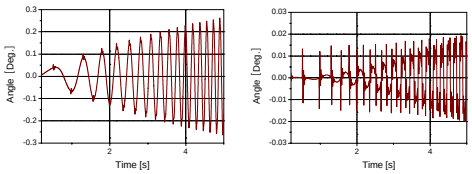

Fig. 5. Azimuth errors of linear control w/o and with feedforward roll compensation

Fig. 4는 동일한 차량의 방위각 운동에 대한 선형제어응답과 슬라이딩모드 제어 응답으로 선형제어에 비해 오차의 크기가 1/70수준으로 감소하였다. Fig. 5는 방위각 김발의 롤운동이 있는 경우 선형제어를 적용한 경우 롤운동 앞먹임보상을 적용하지 않은 경우와 적용한 경우 안정화 오차로 앞먹임 보상을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우에 비해 오차의 크기가 1/13 수준으로 감소하였다.

3. 결론

차량용 OTM 단말기 시선의 안정화 제어를 위해 외란 분석과 슬라이딩모드의 속도루프와 비례-적분제어의 위치루프로 구성되는 안정화 제어구조를 제안하였으며, 롤운동 보상 앞먹임제어를 추가하였다.

해석과 안정화 제어기의 성능 검증을 위한 시뮬레이션을 통해 제안된 제어구조가 기존의 선형제어에 비해 외란에 대한 안정화 성능이 우수함을 보였으며, 안테나 롤운동 보상 앞먹임제어가 필요함을 검증하였다.

후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2010-0008252)과, 2010년도 경원대학교 지원에 의한 결과임.

참고문헌

1. J. Debruin, “Control Systems for Mobile Satcom Antennas,” IEEE Control Systems Magazine, pp. 86-101, Feb., 2008.
2. M. K. Masten, “Inertially Stabilized Platforms for Optical Imaging Systems,” IEEE Control Systems Magazine, pp. 47-64, Feb., 2008.
3. J. M. Hilkert, “Inertially Stabilized Platform Technology,” IEEE Control Systems Magazine, pp. 26-46, Feb., 2008.
4. T. D. Cho, S. H. Seo, and K. J. Nam, “A Precision Position Control of Antenna Driving System in Naval Vessel,” J. of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 190-196, 2001.
5. V. I. Utkin, A. Sabanovic, “Sliding modes applications in power electronics and motion control systems,” Industrial Electronics, 1999. ISIE ’99. Proceedings of IEEE International Symposium on, Vol. 1, pp. TU22-31, 1999.
6. D. K. Young, V. I. Utkin, and U. Ozguner, “A control engineer’s guide to sliding mode control,” IEEE Trans. on Control Systems Technology, Vol. 7, No. 3, pp. 328-342, 1999.
7. M. S. Kang, “Sliding Mode Control for Active Magnetic Bearing System,” J. of KSPE, Vol. 25, No. 12, pp. 82-88, 2008.
8. L. Marton and B. Lantos, Modeling, Identification, and Compensation of Stick-Slip Friction, IEEE Trans. On Industrial Electronics, Vol.54, No.1, pp. 511-521, 2007.