

저궤도 위성 대용량 데이터링크 모의장치 설계

김정훈¹, 박영주¹, 이동근¹, 주증민¹, 김상원¹

국방과학연구소

loveguitar@hanmail.net, longpole@naver.com, tbomg00@hanmail.net

gangsang@gmail.com, youthmic@hanmail.net

Design of High Capacity Datalink Simulator for LEO Satellite

Kim Jung Hoon, Park Young Ju, Lee Dong Keun, Joo Jeung Min, Kim Sang Won

Agency for Defense Development¹

요 약

본 논문에서는 저궤도 위성과 지상국의 데이터 링크 모의를 위한 모의 시뮬레이터 구성과 필요 기능을 분석하였으며, 다양한 채널환경에서의 데이터 링크 시뮬레이션 성능 확인전 장치간 연동확인 및 기본 성능을 제시하고자 한다.

I. 서 론

최근 들어 위성을 활용한 정보 수집 및 통신이 급속히 늘어나고 있는 추세이며, 정지궤도에 비해 운용 시간은 짧지만 탑재체의 최신판 및 예산, 개발 기간 면에서 유리한 저궤도 위성의 활용이 선호되고 있다. 저궤도 위성에서 수집된 대용량 데이터를 지구국으로 고속전송하기 위해 ITU-R은 X밴드(8.025~8.4GHz), Ka밴드(25.5~27GHz) 주파수를 할당하였고, 다수의 위성이 동일 주파수 대역을 사용하기 때문에 타 지구국과의 간섭을 피하기 위해 전력전송밀도(Power Flux Density)를 규정하고 있다.[1]

이러한 규정에도 불구하고 저궤도 위성의 급속적 증가로 인해 타 위성과의 임무 지구국 또는 임무 위성과 타 지구국간 간섭이 발생할 수 있으며[2], 의도적 교란장비에 의해 지구국의 교란 가능성이 존재한다.[3] 근래에는 저궤도 위성으로부터 지상국으로 대용량데이터를 고속으로 하향링크 전송할 때 교란신호를 발생하여 지상국의 데이터 수신 성능을 확인하는 교란 시뮬레이터에 대한 연구가 진행 중이다.[4]

본 논문에서는 교란 시뮬레이터중 위성과 지구국 사이 대용량 데이터링크를 모의하는 링크모의장치의 요구 기능, 세부 구성 및 기본 성능을 제시하고자 한다.

II. 본론

본 논문은 저궤도 위성 지상국간 하향링크 교란 시뮬레이터(그림 1 참조 [4]) 중 위성과 지상국을 모의하는 링크모의장치에 관한 내용으로 그림 2는 링크모의장치의 세부 구성을 보여준다.

II-1. 링크모의장치 기능

링크모의장치는 위성-지상국간 위성 링크 데이터의 송수신을 모의하는 장치로 위성을 모의하는 위성모의기와 지상국을 모의하는 지상모의기가 있으며, 위성의 데이터를 변조하는 변조부와 지상의 복조부는 각각 위성모의기와 지상모의기에 포함되는 것이 맞으나 링크의 신뢰도를 높이기 위해 실제 위성 송수신 검증에 사용되어 Heritage 이력이 확인된 데이터 변조기로 분리하여 구성하였다.

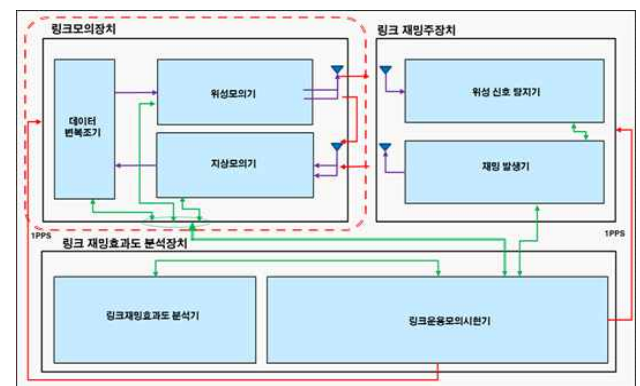


그림 1. 저궤도 위성 하향링크 데이터 교란 시뮬레이터의 구성

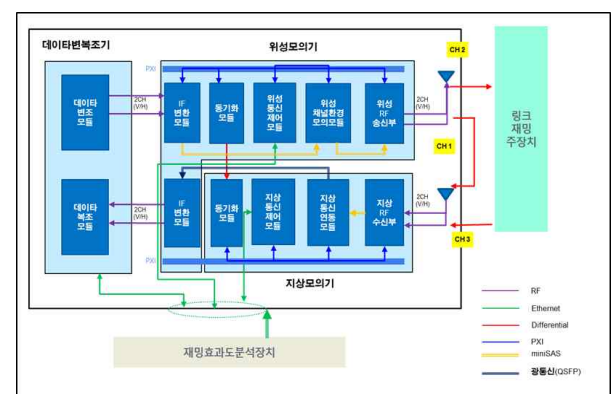


그림 2. 링크모의 장치 세부 구성 및 인터페이스

(1) 위성 모의기

링크운용모의시뮬기로부터 시나리오(과제) 수신, RF 송신(주파수 상(하)향 변환 기능), 송신 RF 신호 출력 조절/제어, 위성/지상 채널환경 모의, 지상모의기와 데이터 연동, 주파수 도약, 대역확산(주파수 도약 방식) 변조의 기능을 보유하도록 설계되었다. 채널환경모의는 위성-지상간 통신에 영향을 줄 수 있는 여러 조건을 설정할 수 있다(그림 3 참조).

(2) 지상모의기

링크운용모의시뮬기로부터 시나리오(과제) 수신, 위성모의기 RF 데이터

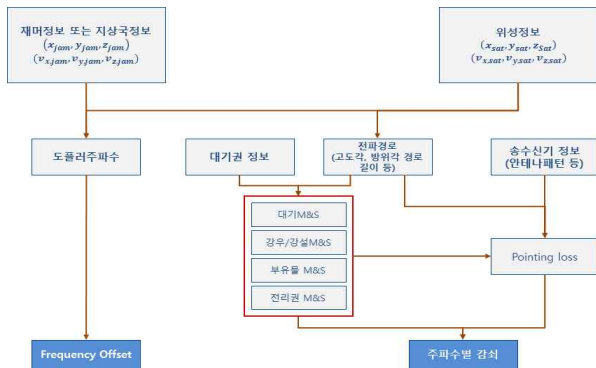


그림 3. 채널환경 모의 고려사항

수신(주파수 하(상)향 변환 기능), 광대역 수신 순시 대역폭 지원, 위성모의기와 데이터 연동, 대역확산(주파수 도약 방식) 복조하는 기능을 보유한다.

(3) 데이터변복조기

위성모의기 송신용 원시 데이터 변조, 지상모의기 수신 데이터 복조, 원시 데이터 및 수신 데이터 저장, BER 분석, C/N, XPOL, Doppler 모의, 통신/제어 기능을 보유한다.

II-2. 링크모의장치 제작 및 연동 SW

그림 4, 5는 각각 링크모의장치의 내부 구성모듈과 인터페이스와 연동을 위해 NI Labview로 구현된 초기 버전의 SW구조(GUI)를 나타낸다. 최종 제작될 위성모의기와 지상모의기는 LHCP, RHCP 송수신을 위해 2채널로 구성되나, 본 논문에서는 1채널만을 제작하여 연동결과를 확인하였다.

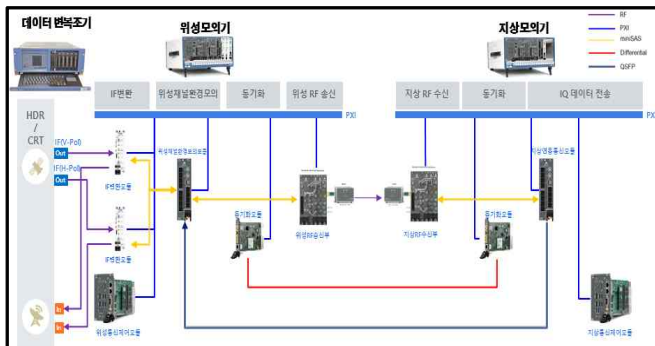


그림 4. 링크모의장치 구성 형상 및 인터페이스

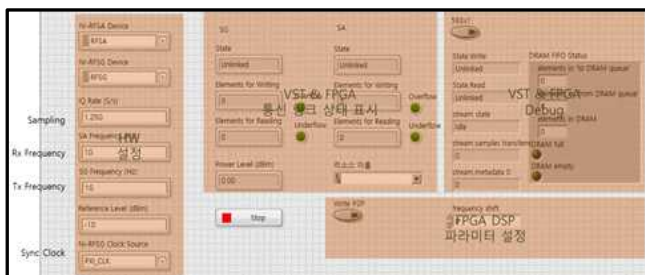


그림 5. Labview로 구현된 위성모의기와 지상모의기 연동 SW

II-3. 링크모의장치 연동 시험 결과

그림 6, 7은 데이터변복조기로부터 BPSK 또는 QPSK로 변조된 1.2 GHz의 IF 신호를 위성모의기에서 전달받아 X밴드 상향변환하여 송신하고 이를 지상모의기에서 전달받아 복조한 결과를 나타낸다. 송신 주파수 대역폭은 200MHz이며, Bit rate 300Mbps로 고정하였다. 연동 특성만을 확인하기 위해 S/N는 충분히 크게 설정하고 채널환경모의를 생략하였다. 시험결과 BPSK변조 방식에서는 입력신호 대비 E_b/N_0 는 0.5 dB 낮아지고 Phase 0.1° 차이가 발생했으며, QPSK변조 방식에서는 입력신호 대비

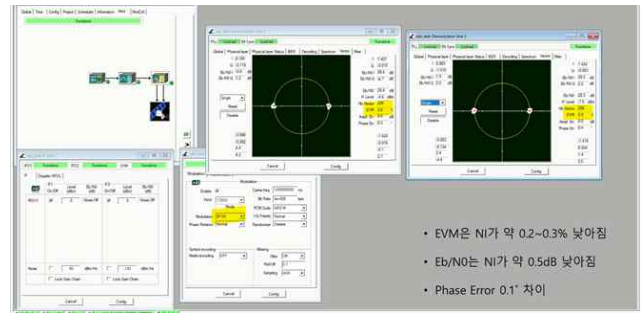


그림 6. BPSK변조 방식 연동 시험 결과

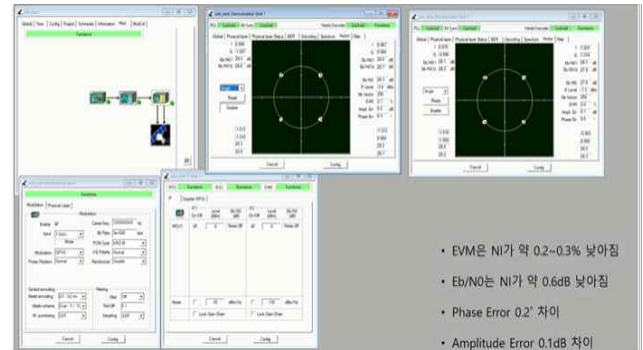


그림 7. QPSK 변조 방식 연동 시험 결과

E_b/N_0 는 0.6 dB 낮아지고 Phase 0.2° 차이가 발생했으며, 두 경우 모두 10분의 링크 연동시간동안 BER은 0을 나타내었다.

III. 결론

본 논문에서는 저궤도 위성과 지구국의 사이 데이터 링크를 모의하는 1채널 링크모의장치를 제작하였으며, BPSK, QPSK변조 방식에서 대역폭 200MHz, Bit rate 300Mbps, 송수신 중심 주파수 8.2GHz에서 Phase Error 최대 0.2°, E_b/N_0 는 최대 0.6 낮아지며 BER은 0을 확인하여 연동 기능이 정상임을 확인하였다. 향후 2채널 확장하고 IF변환기 성능을 확장/제작하여 더 빠른 전송속도와 대역폭에서 연동을 확인하고 다양한 채널환경모의 기능을 추가할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2023년 정부의 재원으로 수행된 연구 결과임(912916201).

참고 문헌

- [1] Recommendation ITU-R SF.358-5, "Maximum permissible values of power flux-density at the surface of the earth produced by satellites in the fixed-satellite service using the same frequency bands above 1 GHz as line-of-sight radio-relay systems" 5th Ed.
- [2] Choo, M., Hwang, I., Bae, M., Seo, I., and Ryu, Y., "Interference analysis between LEO Satellites for X-Band Downlink" JKAS Journal, Vol. 49, No. 6, 2021, pp. 489~496.
- [3] Kim, J., Park, S., Lee, D., Joo, J., and Shin, W., "Analysis of downlink jamming of LEO satellite with high-capacity data," Proceeding of the 2022 KIEES Summer Conference, 2022, p. 490.
- [4] Kim, J., Rim, J., Park, Y., Lee, D., Joo, J., and Kim, S., "Design of Jamming Simulator for LEO Satellite Datalink," KSAS 2022 Fall Conference, 2022, pp. 1763~1764.