

Ka-대역 4 채널 위상 배열 수신 모듈 기반 저궤도 위성 군집 통신 수신단 설계

김현준, 조준녕, 신용국, 김문일, 전상근
고려대학교

hkim21@korea.ac.kr, whwns773@korea.ac.kr, yongk819@korea.ac.kr,
mkim@korea.ac.kr, sgjeon@korea.ac.kr

Ka-Band 4-Channel Phased Array Receiver Module for Low-Earth-Orbit Satellite Constellation Communication

Hyunjoon, Kim, Junyung Cho, Yongkuk Shin, Moonil Kim and Sanggeun Jeon
Korea Univ.

요약

본 논문은 저전력 아날로그 빔포밍 기반의 Ka-대역 4 채널 위상 배열 수신 모듈을 설계·구현하여, 최대 54° 범위의 1 차원(1-D) 빔포밍과 안정적인 수신 성능을 검증하고 LEO 위성 군집 통신 수신단 적용 가능성을 제시하였다.

I. 서론

Ka-대역(27~40 GHz)은 넓은 대역폭과 짧은 파장을 바탕으로 차세대 LEO(저궤도) 위성 통신의 핵심 주파수 대역으로 활용되고 있다 [1]. 그러나 LEO 위성의 제한된 전력 및 하드웨어 자원을 고려할 때, 고효율 빔 형성과 다채널 수신 기술의 구현은 필수적이다. 이를 위해 저전력 특성이 우수한 아날로그 빔포밍 기반 다채널 수신 어레이가 주목받고 있으며, 본 논문에서는 이러한 요구에 부응하여 Ka-대역 4 채널 위상 배열 수신 모듈을 설계하고, 이를 저궤도 위성 군집 통신 수신단에 최적화된 RF 프런트엔드 구조로 제안한다.

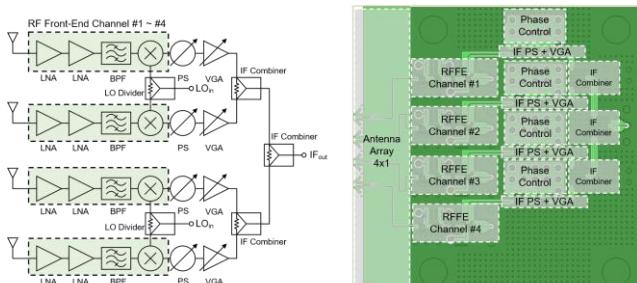


그림 1. 제안하는 Ka-대역 4 채널 수신 어레이 모듈의 디아이그램 및 보드 레이아웃

II. 본론

본 논문에서 제안한 Ka-대역 4 채널 위상 배열 수신 모듈의 보드와 블록 다이어그램은 그림 1에 보인다. 단일 채널 수신기 네 개를 그림 2의 안테나와 연결하여 배열을 구성하였으며, 각 채널은 Wilkinson 분배기를 통해 주입된 동위상의 국부 발진기 신호로 구동되는 sub-harmonic mixer를 포함한다. Mixer 출력은 4 비트 위상 천이기와 VGA를 거쳐 IF 빔포밍을 형성한 후, Wilkinson 결합기로 합성하였다. 제안된 수신 모듈은 시뮬레이션에서 잡음지수 2.5 dB, 변환 이득 26 dB의 성능을 확인하였다. 안테나는 $\lambda/2$ 간격의 printed

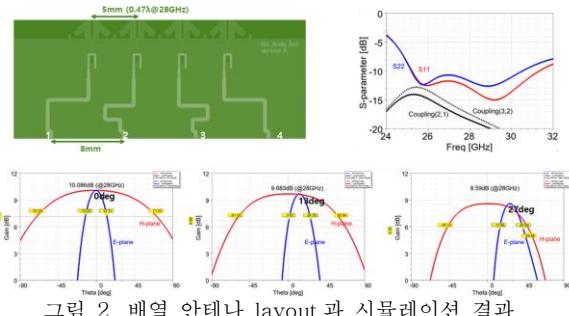


그림 2. 배열 안테나 layout 과 시뮬레이션 결과

dipole로 설계하여 grating lobe를 억제하고, 보조 구조물을 통해 -13 dB 격리도를 확보하였다. 또한 5 GHz 대역폭에서 10 dB BW 성능을 달성하였다.

III. 결론

본 논문에서는 저궤도 위성 군집 통신 수신단을 위한 Ka-대역 4 채널 위상 배열 수신 모듈을 설계·구현하였다. 제안된 모듈은 통합된 저전력 아날로그 빔포밍 구조를 기반으로 하며, 시뮬레이션 결과 최대 약 54°까지 1-D 빔포밍이 가능함을 확인하였다. 이를 통해 제안된 모듈이 제한된 전력 환경에서도 효율적인 빔포밍과 우수한 수신 성능을 제공할 수 있음을 검증하였으며, LEO 위성 군집 통신 단말 적용 가능성을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation(IITP) grant funded by the Korea government(MIST)(No.RS-2021-II210260, Research on LEO Inter-Satellite Links)

참고문헌

- [1] 3GPP, "NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 5: Satellite access Radio Frequency (RF) and performance requirements (Release 18)," 3GPP TS 38.101-5, v18.6.0, Aug. 2024.