

공공복합 위성 데이터링크용 L/Ka 이중대역 안테나 설계

정광식, 지봉수, 최영조*, 김우준*

LIG NEX1, *(주)극동통신

kwangsik.jung@lignex1.com, yjchoi@kdtinc.co.kr, *ujkim@kdtinc.co.kr

Design of an L/Ka-Band Dual-Link Antenna for High-Rate and Reliable Satellite Datalinks

Jung Kwang Sik, Jee Bong Soo, Choi Young Jo*, Kim Woo Jun*

LIG NEX1, *KUKDONG Telecommunication

요 약

본 논문에서는 공공 복합위성 데이터링크 응용을 위해 L-대역과 K,Ka-대역을 동시에 지원하는 이중 링크 구조 기반 위성 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 단일 개구의 듀얼코어 혼과 링포커스 반사판 구조를 적용하여, 고속 데이터 전송을 위한 K,Ka-대역 링크와 높은 신뢰성을 갖는 L-대역 링크를 동시에 제공한다. L-대역은 아이리스 편파기를, K,Ka-대역은 주름형 셉텀 편파기를 적용하여 각 대역의 링크 특성에 적합한 이중 원형편파를 구현하였다. 이를 통해 동일 커버리지 영역에서 이중 링크 운용이 가능하며, 채널 열화 환경에서도 링크 가용성을 향상시킬 수 있다.

I. 서 론

공공 복합위성 데이터링크에서는 고속 데이터 전송과 함께 위성 자세 변화 및 채널 열화에 강한 안정적인 통신 성능이 요구된다. 이를 위해 본 논문에서는 L-대역과 K,Ka-대역을 동시에 지원하는 이중 링크 구조 기반 데이터링크 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 링포커스 반사판과 듀얼코어 혼 구조를 적용하였으며, 대역별 최적 원형편파 구현을 통해 링크 가용성과 신뢰성을 향상시켰다.

II. 본 론

- 이중 링크 기반 위성 데이터링크 시스템 개념

위성 데이터링크에서 단일 주파수 대역만을 사용하는 경우, 기상 변화나 채널 열화에 의해 링크 단절이 발생할 수 있다. 특히 K,Ka-대역은 고속 데이터 전송이 가능하지만 강우 감쇠에 취약한 특성을 가진다. 반면 L-대역은 상대적으로 낮은 데이터 전송률을 가지나 대기 및 기상 영향에 강인하여 안정적인 통신이 가능하다.

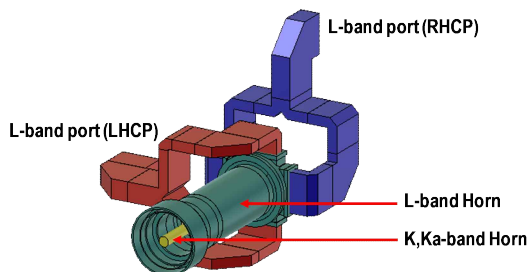


그림 1 L,K,Ka 대역 듀얼코어 혼

본 연구에서는 이러한 특성을 고려하여 K,Ka-대역을 고속 데이터링크로, L-대역을 고신뢰 링크로 활용하는 이중 링크 구조를 적용하였다. 이를 통해 정상적인 채널 환경에서는 K,Ka-대역을 이용한 대용량 데이터 전송이 가능하며, 채널 열화 시에는 L-대역 링크를 통해 안정적인 데이터링크를 유지할 수 있다.

제안된 안테나는 단일 반사판 개구에서 L/K/Ka 대역을 동시에 지원함으로써, 링크 전환 시 안테나 재지향이나 추가적인 빔 조정이 필요하지 않다. 이는 동일 커버리지 영역에서 이중 링크 운용을 가능하게 하여 위성 운용의 복잡도를 감소시키고, 링크 안정성을 향상시키는 장점이 있다.

-안테나 구조 및 설계 개념

제안된 안테나는 듀얼코어 혼 구조를 적용하여 L-대역과 K,Ka-대역 신호를 단일 급전부에서 처리한다. 각 대역은 물리적으로 분리된 코어를 통해 독립적으로 동작하여 상호 간섭을 최소화하였다.

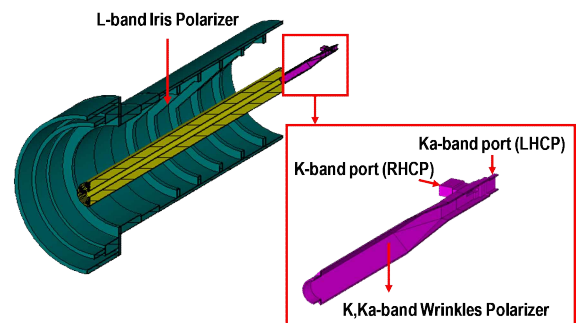


그림 2 L,K,Ka 대역 원편파기 형상

L-대역에서는 아이리스 편파기를 적용하여 안정적인 원형편파를 구현하였으며, K,Ka-대역에서는 광대역 특성과 우수한 편파 분리도를 제공하는 주름형 셉텀 편파기를 적용하였다. 이러한 대역별 편파기 선택은 각 링크의 신뢰성과 성능 요구사항을 반영한 것이다.

링포커스 반사판 구조는 50 deg의 광각 커버리지 환경에서 오프축 영역의 성능 저하를 완화할 수 있는 장점을 가진다. 제안된 안테나에서는 링포커스 반사판을 적용하여 위성 가시각 범위 전반에 걸쳐 비교적 균일한 개구 Taper 분포와 Beam Squint 특성을 확보하였다. 이를 통해 이중 링크 운용 시에도 링크 성능의 각도 의존성을 감소시켰다.

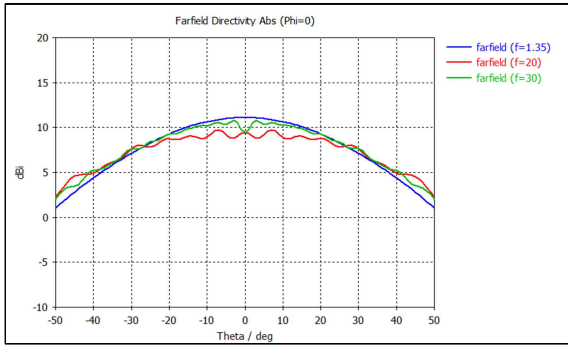


그림 3 듀얼코어 혼 L,K,Ka 밴드 방사패턴

- 이중 원형편파 기반 링크 안정성 분석

위성 통신 환경에서는 위성 자세 변화 및 전리층 영향으로 인해 편파 불일치 손실이 발생할 수 있다. 본 논문에서 제안한 안테나는 L/K/Ka 대역 모두 이중 원형편파(RHCP/LHCP)를 대역별 0.9 dB 이하의 안정적인 축비에서 지원하여 이러한 편파 불일치 손실을 효과적으로 감소시킨다. 이는 링크 마진 확보에 직접적으로 기여하며, 데이터링크의 안정성을 향상시킨다.

- 시뮬레이션 결과 및 링크 관점 성능 분석

제안된 안테나는 11.25m 급의 링포커스 안테나로 시뮬레이션 하였으며, ITU 465-5, ITU 580-6을 만족하며 60~70%의 효율을 만족하였다. 또한, L/K/Ka 대역 모두에서 광각 커버리지 영역 내에서 안정적인 방사 특성이 확인되었다. 특히 이중 링크 관점에서, 동일 커버리지 영역에서 두 링크가 동시에 유지됨으로써 링크 전환 시 발생할 수 있는 링크 단절 가능성이 감소하였다. 이는 링크 가용성 향상으로 해석될 수 있으며, 공공 복합위성 데이터링크 운용에 적합한 특성임을 확인하였다.

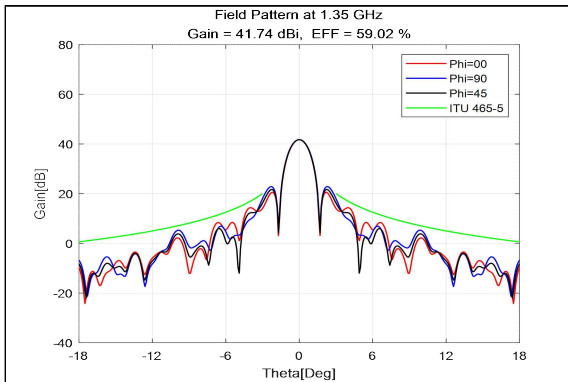


그림 4 링포커스 반사판 L밴드 1.35GHz 방사패턴

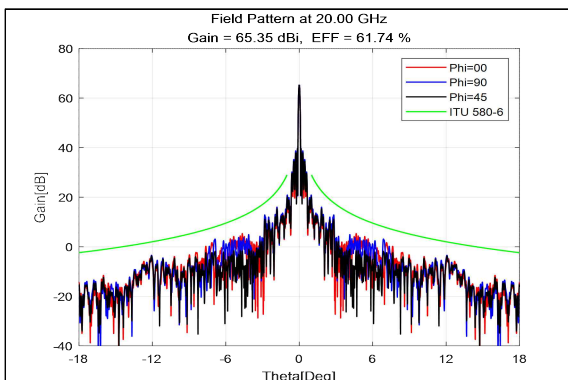


그림 5 링포커스 반사판 K밴드 20.0GHz방사패턴

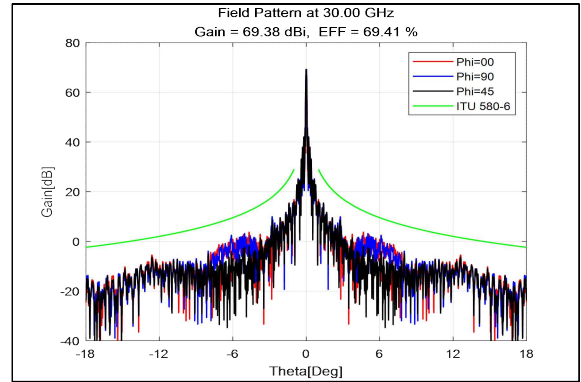


그림 6 링포커스 반사판 Ka밴드 30.0GHz방사패턴

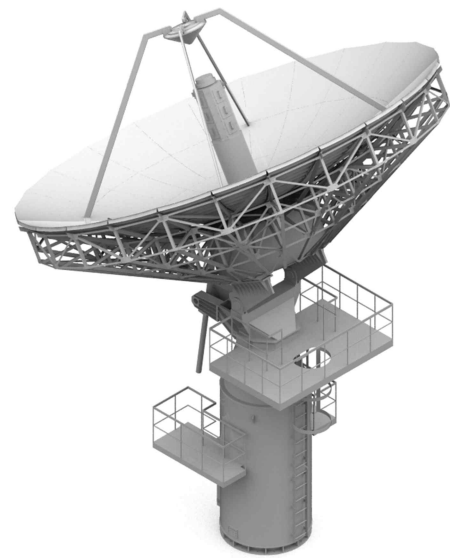


그림 7 위성 데이터링크용 지상국 안테나 형상

III. 결론

본 논문에서는 공공 복합위성 데이터링크 응용을 위해 L/K/Ka 대역 이중 링크 구조를 지원하는 위성 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 단일 개구 기반 듀얼코어 혼과 복반사경을 적용하여 고속 데이터 전송과 높은 신뢰성을 동시에 만족한다. 이중 원형편파 구현을 통해 편파 불일치 손실을 감소시키고, 동일 커버리지 영역에서 이중 링크 운용이 가능함을 확인하였다. 본 연구는 안테나 설계를 통해 위성 데이터링크의 링크 가용성과 운용 유연성을 향상시킬 수 있음을 통신 시스템 관점에서 제시한다.

참 고 문 헌

- [1] Wu J.-M., Lei X., Zhou D.-F., Hou L., and Chen H.-W., "Design of Ring-Focus Elliptical Beam Reflector Antenna," International Journal of Antennas and Propagation, 2016.
- [2] Lim J.-Y., Lee S.-J., and Lee J.-H., "High-Performance Dual-Circularly Polarized Feed Employing Dielectric-Filled Circular Waveguide," ETRI Journal, vol. 36, no. 1, pp. 114 - 118, 2014.