

주파수 이격을 이용하는 이중편파 위성통신 시스템의 링크성능 예측 모델

*이상규, **나성용, **이성재
*한국항공우주연구원, **충남대학교
*sglee@kari.re.kr, **swra@cnu.ac.kr, **sjlee@cnu.ac.kr

Link Performance Prediction Model in the Dual-Polarized Satellite System Employing Frequency Offset

*Sang Gyu Lee, **Sung Woong Ra, **Song Jae Lee
*KARI, **ChungNam Univ.

요 약

이중편파 위성통신방식에서 주파수의 이격 기법은 이중편파방식 위성통신 시스템의 문제점이라 할 수 있는 편파열화 및 이로 인한 혼신현상을 완화시킴은 물론, 부수적으로는 제한된 주파수 대역에서 기존에 이미 개발된 기술을 커다란 변화 없이 활용할 수 있는 가능성이 큰 기술이다. 본 논문은 효과적인 이중편파 주파수 재사용 방안에 관한 것으로서, 이중편파에 의한 편파열화의 영향을 가우스성 잡음으로 가정하여, 두 편파 대역의 중심 주파수 이격이 수신 잡음에 미치는 영향을 분석하고, 이를 바탕으로 링크의 유효감쇠 또는 이득 효과를 제시하였다. 또한 주어진 결론을 이중편파 기술이 적극 활용되고 있는 지구관측위성용 자료송신 시스템과 임의의 위성통신 시스템에 적용하여 제안방식의 잠재성을 확인하였다.

I. 서 론

위성통신에서 전송데이터의 증가에 대응하기 위한 수단으로는 보다 높은 주파수대역을 사용하거나, 할당 주파수 대역내에서 그 사용효율을 높이는 방법이 있다. 할당 주파수 대역의 사용효율을 높이는 방법으로는 이중편파(dual-polarization)를 이용하거나 좀더 복잡한 변복조 방식을 사용하는 것을 들 수 있다. 예를 들어 BPSK 방식보다는 QPSK나 8PSK 방식처럼 보다 많은 위상 레벨을 갖는 변조 방식을 사용하는 것이라고 할 수 있지만, 이 경우 증가된 전송용량에 대한 대가로 잡음에 취약해지는 단점이 나타나게 된다. 한편, 성능 개선 또는 신규 제작의 필요성이 대두될 경우에는 시스템의 재설계, 신뢰성 있는 부품의 확보, 제작공정의 개선 및 검증, 완제품의 성능검증, 탑재기술 개선 및 궤도성능보장이 요구되는 등의 위험요소가 따르게 된다[1].

이중편파 방식은 수직편파(vertical polarization)와 수평편파(horizontal polarization) 또는 오른손 원편파(right-handed circular polarization)와 왼손 원편파(left-handed circular polarization) 등과 같은 서로 직교(orthogonal) 관계에 있는 두 편파 신호를 동일한 주파수 대역에 전송함으로써 주파수의 이용 효율을 배가시킬 수 있는 이점을 갖는다. 이중편파 방식을 사용하는 경우 주파수 사용효율이 크게 개선되는 외에, 기존에 개발되어 성능이 검증된 변복조 방식이나 hardware를 두 채널에 그 대로 적용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 이중편파를 사용하는 위성통신 시스템은 위성파 지상 사이의 전파전파와 경로상에 존재하는 빔방울이나 얼음입자에 의한 비등방성(anisotropic) 전파전파 특성으로 말미암아 편파열화(depolarization) 현상이 나타나게 된다. 이 경우 두 채널 사이의 에너지 교환 현상에 따른 신호의 혼신(crosstalk)을 피할 수 없게 된다. 이러한 이중편파의 편파열화 특성은 보통 수신된 co-polarized 신호의 cross-polarized 신호에 대한 비율로 정의하는 XPD(cross-polarization discrimination) 지수를 이용하여 정량적으로 표현할 수 있으며, ITU는 위성 통신망의 설계를 위한 기준으로서 XPD의 표준모델을 제시하고 있다[2].

이중편파의 편파열화에 따른 제반 문제를 해결하기 위한 다양한 방안들이 있는데, 예를 들면, 상당한 거리를 두고 별도의 수신기를 중복 설치하여 수신된 데이터의 오류를 복원하는 방법(receiver diversity), 수신신호의 위상차 정보를 이용하여 편파열화에 의한 오류를 보상하는 방법(XPIC, cross-polarization interference cancellation), 직교 채널의 중심

주파수를 이격하는 방법(frequency offset) 등이 있다[3].

일반적으로 강우 현상 등에 관한 모델을 이용하여 예측된 XPD만으로는 위성통신 시스템의 성능에 대한 정확한 예측이 어렵다고 할 수 있는데, Gray[4]는 편파 고립도에(isolation) 대응하는 링크 감쇄를 제시하였고, Hugues Vasseur[5]와 C. Weil 등은[6] 정지궤도 통신위성의 가용도 예측에 있어서, 편파열화로 인한 간섭을 가우스 잡음으로(AWGN) 가정한 후, 이를 E_b/N_0 의 손실로 정량화 하였다.

이중편파 시스템에서 한 편파신호의 중심 주파수를 다른 편파 신호의 중심주파수로부터 이격시키는(frequency offset) 기법에 대해서는 Hugues Vasseur 및 C. Weil 등에 의해 편파열화의 효과를 완화시킬 수 있는 가능성 정도만 언급되거나[5] 약간의 실험이[6] 진행된 바 있지만, 체계적인 연구는 부족했던 것으로 판단된다. 하지만 중심 주파수 이격 기법은, 이미 위성에 탑재되어 궤도상에서 성능이 검증된 기존의 부품 및 하드웨어를 두 채널에 중복하여 사용할 수 있으며, 탑재기술의 호환성을 유지하여 새로운 시스템 개발에 따른 위험요소를 감소시키고, 동시에 기존의 할당 주파수대역 이용효율을 높일 수 있다는 측면에서, 새로운 전송기술의 개발 및 보다 높은 주파수 대역의 이용기술 개발과 병행하여 심도 있게 연구되어야 할 것으로 판단된다.

본 논문은 이중편파 시스템에서 두 직교 편파신호의 중심 주파수를 서로 이격시켰을 때 얻을 수 있는 효과를 분석하기 위하여 기존에 발표된 연구 결과들을 체계적으로 확대 적용하였다. 일반적으로 주파수 이격이 증가할수록 두 채널 사이에 주파수 중복영역이 감소하게 된다. 이 경우, 이중편파의 편파열화 현상은 주파수 중복영역에서만 나타나기 때문에, 편파열화에 따른 문제가 완화되고 그 결과는 수신신호의 효과적인 이득으로 나타나게 된다.

II. 이중편파 전자파의 상호 간섭 특성

2.1 ITU의 Cross-Polarization Discrimination 모델

이중편파 방식을 채택하는 경우, 전송경로상의 강우감쇄 등으로 인해 두 편파의 편파상태가 변화하면, 두 편파 신호 사이의 에너지 교환으로 인한 crosstalk이 발생하면서 시스템의 성능이 크게 저하된다. 이러한 편파열화 특성은 보통 수신된 co-polarized 신호의 cross-polarized 신호에 대한 비율로 정의되는 XPD 지수를 이용하여 정량적으로 나타내는데, 대개의 경우 캐리어/잡음지수로(C/I) 표시하는