
정지궤도 위성망과 비정지궤도 위성망간의 간섭영향 분석

강철규* · 정승희* · 최용석** · 오창현*

*한국기술교육대학교

**한국전자통신연구원

Interference Effect Analysis of Geostationary Orbit Link from Non-Geostationary Orbit Link

Chul-Gyu Kang* · Seung-Hee Joung* · Young-Seok Choi** · Chang-Heon OH*

*Korea University of Technology and Education

**Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : swing@kut.ac.kr

요 약

본 논문에서는 비정지궤도 위성망이 정지궤도 위성망에 주는 간섭의 영향에 대해 BER 성능곡선을 통해 분석하였다. 위성간의 각도와 간섭 영향을 분석하기 위해 정지궤도 위성망과 비정지궤도 위성망의 이격 각도를 $1^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 변화시켰으며, 위성수의 영향을 분석하기 위해 비정지궤도 위성의 수를 1~4개로 변화시켰다. 이러한 조건에서 실험한 결과 위성망간의 각도가 감소하면 할수록 간섭의 영향은 더욱 증가되었다. 특히 간섭위성과 정지궤도 위성망과의 각이 작은 경우 이러한 간섭의 정도는 더욱 심해짐을 확인하였다. 또한, 간섭 위성의 수가 증가하면 할수록 정지궤도 위성 서비스로의 간섭 영향 역시 증가됨을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, interference effect given from non-geostationary orbit link into geostationary orbit link is analyzed by BER performance curve. To analyse the interference effect with the angle between satellites, the angular separation is changed from 1° to 8° , and the number of the satellite is also changed from 1 to 4 for analyzing it. From the result under those research environments, the interference effect into the geostationary orbit service is more increased according to the angular separation that is decreased. Especially, the small angle gives more interference effects to the geostationary orbit link. Furthermore, more number of interfering satellites gives more interference effect to the geostationary orbit link.

키워드

Satellite Communication, Interference, Geostationary Orbit

1. 서 론

전 세계적으로 미국('77), 독일('80), 일본('98),

중국('03)은 외국 위성으로부터 자국 위성의 보호 및 페이퍼 위성 방지 등을 위해 위성전파감시 시설을 구축하여 운용하고 있으며, 우리나라도 국가

적 차원의 위성전파 권익보호 및 위성자원의 확보를 위해 '02년 위성전파감시센터를 설립하여 국내의 위성의 ITU 국제규정 준수확인, 불법·혼신원의 탐색 제거, 각종 측정자료 제공 등으로 국내 위성산업 발전 및 위성관련 정책수립에 기여하고 있다. 세계가 '선점의 원칙'에 따라 위성궤도 확보에 열을 올리는 상황에서 비 정지궤도 위성은 정지궤도 위성과 비교하여 상대적으로 낮은 전송손실과 높은 분해능으로 세밀한 영상촬영 등이 가능한 장점이 있어 이를 이용한 이동위성통신시스템, 지구탐사, 기상업무 등 비 정지궤도 위성의 수요가 전 세계적으로 증가하고 있다. 이에 비례하여 비 정지궤도 위성통신망과 다 통신망(지상망 또는 정지궤도 위성망)과의 혼신 가능성도 증가하여 비 정지궤도 위성감시에 대한 필요성이 대두되고 있다.

실제 2005년 4월에 침몰 선박에서 수거하여 해경에서 보관하다 폐기처분한 EPIRB(Emergency Position Indication Radio Beacon)가 오작동으로 조난신호를 발사하여 선박구난 업무에 장애를 일으킨 사건이 있었다. 이에 중앙전파관리소의 지방지소에서 전원부를 완전히 분리하여 혼신을 처리하였다. 또한, 한국항공우주연구원 위성 지구국은 관제용 위성 안테나를 양각 1~3°로 아리랑 1호 위성과 데이터 교신 대기상태일 때, 통신 사업자가 운용중인 지상구간 M/W의 동일주파수가 유입되어 혼신이 발생하였다[1],[2]. 이에 해당지역의 전파 관리소에서 혼신 원인설명을 하고 RR 제 21조(1[GHz] 이상의 주파수대를 공유하는 지상업무와 우주업무)에 따라 지구국의 최소 양각을 5° 이상에서 운용하도록 하였다. 이 예들은 정지궤도 위성망과 비 정지궤도 위성망간의 간섭영역 분석이 왜 필요한지 보여주는 예들이다. 앞으로도 비 정지궤도 위성망으로부터의 혼신 및 간섭의 가능성은 날로 증대될 것이다. 따라서 이러한 위협으로부터 보호받기 위해서는 비정지궤도 위성망으로부터의 간섭에 대한 분석은 꼭 필요하다.

II. 전파간섭 시나리오

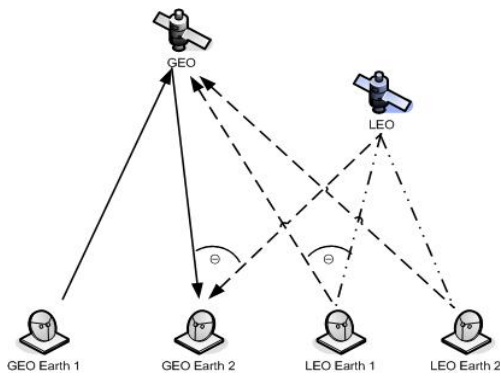


그림 1. 정지궤도 위성망과 비 정지궤도 위성망 사이의 간섭

정지궤도와 비 정지궤도 위성망간의 간섭 특성을 분석하기 위해서는 먼저 각각의 위성망에서 사용되는 링크를 모델링하여야 한다. 본 연구에서는 정지궤도위성 링크로 무궁화 2호 위성(Koreasat-2)의 Ku 대역 고정위성업무용 중계기 제원을 가정하여 모델링 하였고 비 정지궤도 위성 링크는 임의의 오브컴 위성(Orbcomm) 링크를 가정하였다[3]. 비 정지궤도 위성망과 정지궤도 위성망간의 간섭은 그림 1에서 보는 것처럼 비 정지궤도 지구국에서 정지궤도 위성으로의 간섭과 비 정지궤도 위성에서 정지궤도 지구국으로의 간섭 크게 두 가지로 볼 수 있다.

III. 간섭분석

1. 통신 위성망 분석

일반적으로 위성을 이용한 통신의 성능에 민감한 요소는 지구국 안테나의 큰 이득과 추적 지향 오차가 적어야 하는 것이며, 위성자체의 동일 중계기내 다수 캐리어간의 혼변조 잡음과 안테나 지향오차가 적어야 한다는 것이다[4]. 특히 서비스 품질은 수신 지구국의 성능 양호지수(figure of merit)의 G/T(gain-to-noise temperature ratio)가 매우 중요한 요소로 설계되며 외부 및 자체의 간섭 신호에 의한 영향도 무시할 수 없다.

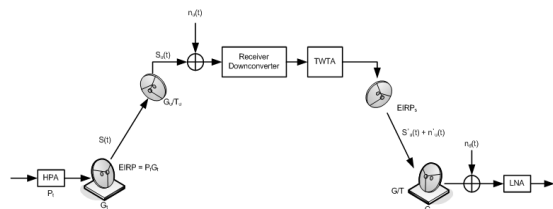


그림 2. 통신 위성망의 개요도

그림 2는 통신 위성망의 signal flow 다이어그램을 보여주고 있다. Space link의 baseband quality를 계산하기 위하여 우리는 우선 radio link의 radio frequency(RF) quality를 알아야 할 필요가 있다. 다시 말해서 up-link와 down-link를 포함한 지구국과 위성내부의 모든 잡음 N과 수신국의 입력 변조신호세력인 반송파 carrier(C)와의 비율 C/N을 설계하여야 서비스별로 각각의 S/N(signal-to-noise ratio) 품질규격에 대한 판정이 가능하다.

2. 간섭 분석

$$\left(\frac{C}{N}\right)_u = \left[\left(\frac{C_u}{N_u}\right)^{-1} + \sum_{k=1}^p \left(\frac{C_u}{I_{k,u}}\right)^{-1} \right]^{-1} = \left[\left(\frac{C}{N}\right)_u^{-1} + \left(\frac{C}{I}\right)_u^{-1} \right]^{-1} \quad (1)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_d = \left[\left(\frac{C_d}{N_d}\right)^{-1} + \sum_{k=1}^p \left(\frac{C_d}{I_{k,d}}\right)^{-1} \right]^{-1} = \left[\left(\frac{C}{N}\right)_d^{-1} + \left(\frac{C}{I}\right)_d^{-1} \right]^{-1} \quad (2)$$

전체 uplink과 downlink C/N 은 식(1), 식(2)와 같다. 여기서 C_u/I_u , C_d/I_d 는 캐리어대 k 번째 간섭의 비이고, $(C/I)_u$ 는 uplink에서의 캐리어대 간섭의 비 $(C/I)_d$ 는 downlink에서의 캐리어대 간섭의 비이다. 따라서 전체 위성망에서의 C/N 은 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{C}{N} &= \left[\left(\frac{C}{N} \right)_u^{-1} + \left(\frac{C}{N} \right)_d^{-1} + \left(\frac{C}{I} \right)_u^{-1} + \left(\frac{C}{I} \right)_d^{-1} \right]^{-1} \\ &= \left[\left(\frac{C}{N} \right)^{-1} + \left(\frac{C}{I} \right)^{-1} \right]^{-1} \end{aligned} \quad (3)$$

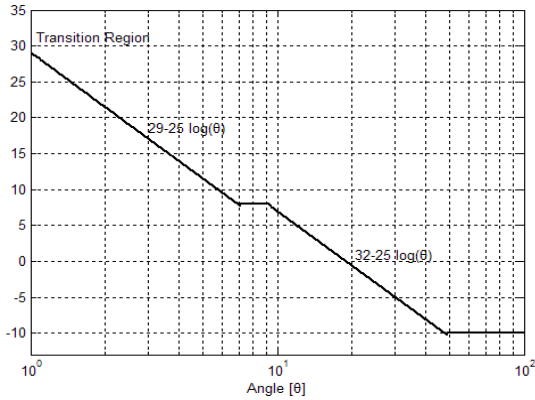


그림 3. FCC/OST R83-2의 지구국 안테나 이득 패턴

안테나의 방사 패턴은 메인 로브 영역, 사이드 로브 영역, 트랜지션 영역으로 구분된다. 그림 3은 FCC에서 사용되는 포락선 패턴이다. 이 포락선 패턴의 메인로브와 트랜지션 영역의 폭은 사용되는 안테나의 크기와 파장에 의해 결정되고 사이드로브 이득은 두 위성 사이의 각, 위성고 지구국 사이의 각에 의해 결정된다.

앞의 시나리오에서 설명한 것과 같이 GEO의 지구국은 LEO 위성의 지구국들에 의해 uplink 간섭과 LEO의 다운링크 간섭의 영향을 받게 된다. 이 uplink 간섭 전력은 식(4)와 같다.

$$\left(\frac{C}{I} \right)_u = \left(\frac{EIRP}{EIRP'} \right) \left(\frac{f_u d_u'}{f_u d_u} \right)^2 \left(\frac{G_u}{G_u'} \right) = \left(\frac{EIRP}{EIRP'} \right) \left(\frac{G_u}{G_u'} \right) \quad (4)$$

- $EIRP'$: GEO로의 간섭 신호 $EIRP$
- f_u : uplink 간섭 주파수
- d_u : GEO와 LEO 지구국 1과의 거리
- G_u' : LEO 지구국 방향으로의 GEO의 안테나 이득

$EIRP'$ 는 사이드로브의 포락선이 0dB일 때의 동작 $EIRP^*$ 의 텀으로 표현 가능하다.

$$EIRP' = EIRP^* - G_i(dB) + 29 - 25 \log \theta \quad (5)$$

식(4)를 dB단위로 표현하고 식(5)를 식(4)에 대입하여 정리하면 식(6)과 같다.

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{I} \right)_u &= EIRP[dBW] - EIRP^*[dBW] + G_i[dB] \\ &\quad - (29 - 25 \log \theta) + G_u[dB] - G_u'[dB] \end{aligned} \quad (6)$$

Downlink의 C/I 도 동일한 방법으로 식(7)과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{I} \right)_d &= EIRP_s[dBW] - EIRP'_s[dBW] + G[dB] \\ &\quad - (29 - 25 \log \theta) \end{aligned} \quad (7)$$

- $EIRP_s$: GEO 지구국 방향으로의 GEO의 $EIRP$
- $EIRP'_s$: GEO 지구국 방향으로의 LEO의 $EIRP$
- G : GEO 지구국의 수신 안테나 이득

전체 C/I 식은 식 (8)과 같다.

$$\frac{C}{I} = \left[\left(\frac{C}{I} \right)_u^{-1} + \left(\frac{C}{I} \right)_d^{-1} \right]^{-1} \quad (8)$$

IV. 성능분석

이 장에서는 정지궤도 위성망에 대한 비정지궤도 위성망의 간섭영향에 대해 분석하였다. 그림 4는 이 실험을 위해 사용한 시뮬레이터이다. 실험을 위해 정지궤도 위성은 무궁화 위성(Koreasat)을 비정지궤도 위성은 임의의 오브콤 위성(Orbcomm)을 모델로 하였다. 비정지궤도의 수 및 정지궤도 위성과 비정지궤도 위성간의 각도에 대한 간섭영향에 대해 분석하기 위해 비정지궤도 위성의 수는 최대 4개로 하였으며, 각도의 변화는 $1^\circ \sim 8^\circ$ 로 하였다.

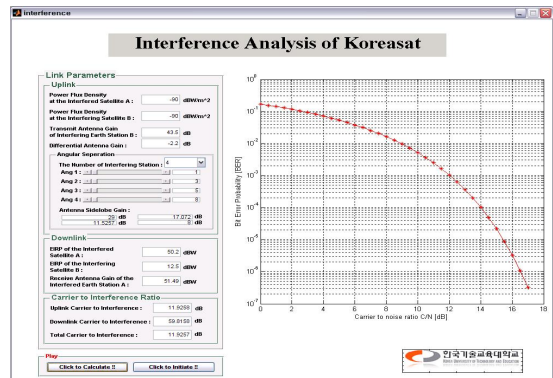


그림 3. 간섭 시나리오에 따른 성능분석 시뮬레이터

그림 6은 정지궤도 위성과 비 정지궤도 위성간의 각도에 따른 간섭 영향에 대한 BER 성능 곡선이다. 비정지궤도 위성의 수는 1개로 고정하였고 비정지궤도와 위성과 정지궤도 위성간의 각도는 각각 1°, 3°, 5°, 8°로 이격시켰다. 이러한 실험 조건에서 간섭 위성과 정지궤도 위성간의 각도차가 정지궤도 위성의 서비스 품질에 얼마나 큰 영향을 미치는지를 이상적인 환경에서의 BER 성능과 비교하였다.

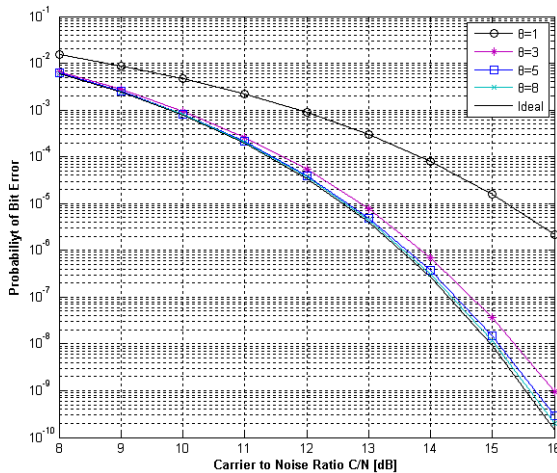


그림 6. 비정지위성이 1개인 경우 정지궤도 위성과 비정지궤도 위성간의 각도에 따른 BER 성능

이상적인 환경에서 $BER = 10^{-5}$ 의 오율 성능을 만족시키기 위해서는 C/N 가 약 12.5dB가 요구되는 것을 확인할 수 있다. 동일한 $C/N = 12.5dB$ 에서 정지위성과 비정지위성간의 각도차가 1°인 경우 BER 성능은 10^{-4} 의 오율 성능을 만족시키지 못한다. 또한 동일한 $BER = 10^{-5}$ 의 오율 성능을 만족시키기 위해서는 이상적인 환경보다 약 3dB의 C/N 이 더 요구되어 진다. 이 결과들을 통해 볼 때 정지궤도 위성과 비정지궤도 위성간의 이격 각도가 작으면 작을수록 정지궤도 위성망에 큰 간섭의 영향을 주어 정지궤도 위성망에서 제공하는 통신 혹은 방송 등의 서비스 품질을 크게 떨어뜨리게 됨을 알 수 있다.

그림 7은 간섭위성의 개수를 4로 했을 경우 정지궤도 위성과 비정지궤도 위성간의 각도에 따른 BER 성능 곡선이다. 실제 환경에서는 두 개 이상의 비정지궤도 위성들이 정지궤도 위성과 동일한 이격 각도에 위치해 있을 경우가 희박하므로 각각의 비정지궤도 위성의 이격 각도를 1°, 3°, 5°, 8°로 하여 실험하였다. 이상적인 환경에서 $BER = 10^{-5}$ 의 오율 성능을 만족시키기 위해 C/N 가 약 12.5dB가 요구되어 진다면 동일한 $C/N = 12.5dB$ 에서 정지궤도 위성과 비정지궤도 위성들 간의 각도차가 1°, 3°, 5°, 8°인 경우 BER 성능은 10^{-4} 의 오율 성능을 만족시키지 못한

다. 또한 동일한 $BER = 10^{-5}$ 의 오율 성능을 만족시키기 위해서는 이상적인 환경보다 약 3dB의 C/N 이 더 요구되어 진다. 이 결과는 정지궤도 위성망으로의 간섭 양은 정지궤도 위성과 비정지궤도 위성간의 각도 뿐만아니라 간섭 위성의 수에 의해 영향을 받음을 의미한다.

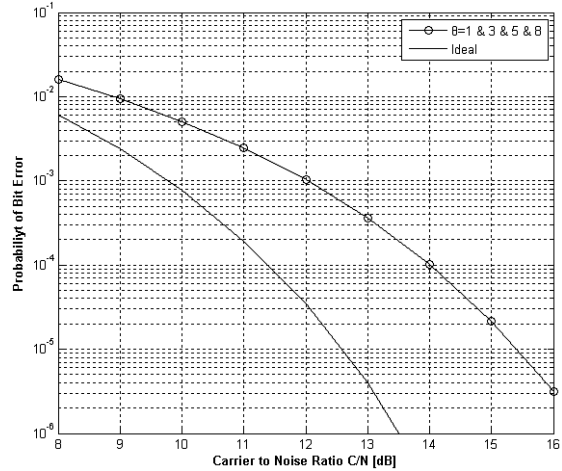


그림 7. 비 정지위성이 4개인 경우 정지궤도 위성과 비 정지궤도 위성간의 각도에 따른 BER 성능

V. 결 론

본 논문에서는 비정지궤도 위성망이 정지궤도 위성망에 주는 간섭의 영향에 대해 분석하기 위해 비정지궤도 위성과 정지궤도 위성과의 이격 각도를 변화시킨 조건과 간섭위성의 수와 이격 각도를 동시에 변화 시킨 조건에 대하여 BER 성능곡선을 통해 분석하였다.

실험결과를 통해 간섭영향을 분석한 결과 간섭위성의 수가 증가하면 할수록 정지궤도 위성 서비스로의 간섭의 영향은 더욱 증가되었다. 또한, 간섭 위성의 수적 증가 뿐만 아니라 간섭 위성과 정지궤도 위성과의 이격 각도 역시 그 성능에 큰 영향을 미쳤다. 특히 간섭위성과 정지궤도 위성과의 각이 작은 경우 그 간섭의 정도는 더더욱 심해짐을 확인하였다.

이러한 결과들을 통해 볼 때, 정지궤도 위성과 비정지궤도 위성이 공존하는 환경에서 이상적인 서비스를 제공하기 위해서는 간섭의 원인이 되는 비정지궤도 위성망의 신호에 대한 추적 및 감시가 항시 필요하고 이러한 신호에 대한 사전 차단이 필요하다.

참고문헌

- [1] 위성전파감시센터(운용계), 2005년 위성전파 감시 연보, 2006.
- [2] 위성전파감시센터(운용계), 2006년 위성전파 감시 연보, 2007.
- [3] 오브컴 위성의 uplink 파라메타, [Online].

Available: [http://www. orbcomm.com](http://www.orbcomm.com)

- [4] 전파연구소, 성향숙, "고정위성업무에 관한 간섭기준 및 계산방법 연구", 한국통신학회, 2004년도 하계 종합 학술발표회 논문 초록집, pp. 466-466, 2004. 7.