

저궤도 위성망과 FS 시스템의 주파수 공유 방안 연구

Analysis on Frequency Sharing between LEO Satellite Network and FS System in Space-to-Earth Direction

감혜미 · 오대섭 · 안도섭

Hyemi Gam · Dae-Sub Oh · Do-Seob Ahn

요약

본 논문에서는 저궤도 위성망(LEO satellite network)과 FS 시스템(Fixed Service system)이 동일한 하향 링크 주파수를 사용하는 통신 환경에서 두 시스템이 간섭 영향 없이 운용될 수 있는 방안을 연구하였다. 저궤도 위성망에 의한 FS 시스템으로의 간섭 시나리오의 경우 동시에 운용되는 저궤도 위성 빔의 수에 따라 FS 시스템의 영역을 정의하여 각 영역에서의 간섭 영향을 분석하였다. 또한 FS 시스템에 의한 지구국으로의 간섭 시나리오에서는 지구국의 보호 영역을 정의하여 보호 영역의 반경에 따른 간섭 영향을 분석하였다. 분석한 결과는 두 시스템이 간섭 영향 없이 운용될 수 있는 공유 조건으로 FS 시스템의 설계 단계에 활용될 수 있다.

Abstract

This paper addresses the analysis of the interference produced between the LEO(Low Earth Orbit) satellite constellation and FS(Fixed Service) system operating in the same frequency and area. At first, we calculate the interference of FS system from the LEO satellite constellation depending on the number of LEO satellite antenna beams. Simulation results show that the amount of interference that was calculated from each region. This result can be used to define the carrier level for protecting FS system from total interference by LEO satellite constellation. In the second scenario, we calculate the interference of LEO satellite system earth station by the FS link depending on radius of protection area. The presented results can be used to design FS systems minimizing interference to earth station.

Key words : LEO Satellite Constellation, Fixed Service Station, Interference, Frequency Sharing

I. 서론

위성 통신 관련 기술의 발전과 함께 위성 수요가 늘어남에 따라 위성 주파수 자원의 활용도가 높아지고 있다. 체계적인 간섭 예측 시스템을 구축하는 것은 한정된 주파수 자원을 효율적으로 공유하기 위한 효과적인 방법이다. 저궤도 위성망은 정지 위성망보다 혼신 정도를 정량적으로 계산하기가 어렵지만 저궤도가 가지는 장점인 짧은 신호 지연, 개발 비용 절

약, 이동 서비스, 무선 멀티미디어 서비스들로 인해 점차적으로 그 수요가 많아지고 활용도 역시 높아지고 있다. 본 논문에서는 동일한 주파수를 사용하는 저궤도 위성망과 FS 시스템간의 하향 링크 간섭 영향을 두 시나리오로 나누어 분석하였다. 첫 번째 시나리오는 저궤도 위성망 간섭 환경에서 FS 시스템으로 유입되는 간섭 영향 분석 모델로 저궤도 위성군이 동시에 간섭 영향을 미치는 우주국의 빔 수에 따라 FS 시스템 영역을 구분하여 정의하고, 각 영

「본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT핵심원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음[2008-F-013-02, 스펙트럼공학 및 밀리미터파대 전파 자원 이용 기술 개발].」

한국전자통신연구원 위성무선융합연구부(Satellite & Wireless Convergence Research Department, ETRI)

· 논문 번호 : 20090814-084

· 수정완료일자 : 2009년 10월 22일

역에 대한 간섭량을 계산하였다. 두 번째 시나리오는 FS 시스템이 지구국으로 미치는 간섭 영향을 분석하기 위한 시나리오로 지구국을 보호하기 위한 보호 영역을 설정하고, 보호 영역의 반경에 따라 간섭량을 계산하였다. 계산된 결과는 두 시스템이 상호 간섭 영향 없이 운용될 수 있는 효율적인 공유 조건을 설정하는데 사용될 수 있다. II장에서 저궤도 위성망과 FS 시스템의 하향 링크 간섭 영향을 분석하는 두 가지 시나리오를 제시하고, III장에서 간섭 분석에 사용되는 계산 알고리즘 및 안테나 방사 패턴을 제시한다. IV장에서 두 시나리오에 대한 간섭 영향 시뮬레이션 결과를 정리하고, V장 결론에서 분석 결과를 요약, 정리하였다. 정리한 결과는 저궤도 위성망과 FS 시스템간의 주파수 공유를 위해 위성망 및 FS 시스템의 설계 단계에서 활용될 수 있다.

II. 간섭 분석 시나리오

표 1과 표 2는 본 논문에서 수행하는 간섭 시나리오 1과 2를 구성하고 간섭 계산 결과 분석에 사용된다. 표 1은 간섭 평가에 사용되는 저궤도 위성망의 입력 변수로 저궤도 위성망의 궤도 정보와 시스템 특성을 보여준다^[1]. 표 2는 FS 시스템의 입력 변수와 요구되는 간섭 기준을 보여준다.

2-1 간섭 시나리오 1

간섭 시나리오 1은 저궤도 위성망 간섭 환경에서 FS 시스템으로 유입되는 간섭량을 계산하고, 공유 가능성을 분석하기 위한 시나리오로 그림 1에서 나

표 1. 저궤도 위성망 입력 변수

Table 1. Input parameter for the LEO satellite network.

Parameter	Value
우주국수	66개
궤도 고도/경사각	780 km/86°
우주국간 간격	32.7°
우주국 안테나 패턴	Rec. ITU-R S.1528
최대 안테나 이득(G_m)	28 dBi
사용 주파수/기준 대역폭	20 GHz/40 kHz
지구국 위치	36°N, 127°E

표 2. FS 시스템 특성

Table 2. FS system characteristics.

Parameter	Value
기준 I/N ; C/I	-10 dB; 19.5 dB
안테나 패턴	Rec. ITU-R F.1245
최대 안테나 이득(G_m)	12 dBi
사용 주파수/기준 대역폭	20 GHz/40 kHz

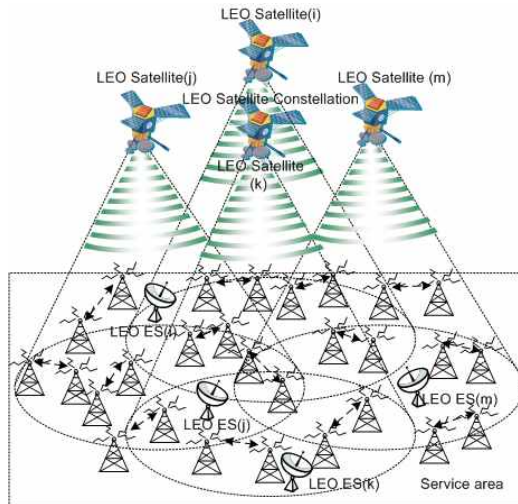


그림 1. 저궤도 위성망과 FS 시스템 간섭 시나리오 1
Fig. 1. Interference scenario 1 between LEO satellite network and FS system.

타내고 있다. 저궤도 위성망의 하향 링크와 FS 시스템이 동일한 주파수로 동작할 경우, 우주국에서 지구국으로 송신되는 신호가 인접한 FS 시스템의 수신단으로 간섭 영향을 미치는 경우에 대한 간섭 모델을 보여준다.

그림 1에서 보는 바와 같이 저궤도 위성망은 낮은 고도 특성상 원하는 영역을 커버하는 통신 서비스를 제공하기 위해 우주국이 군으로 동작하게 되므로 FS 시스템으로 간섭 영향을 주는 우주국도 하나가 아닌 여러 개가 될 수 있다.

표 1의 저궤도 위성망을 상용 소프트웨어로 구현하여 가시 위성 수를 계산하였으며, 3.6 Msec의 시뮬레이션 시간 흐름에 따라 지구국의 빔 폭 내에 동시에 존재하는 우주국의 수가 0~4개로 변화하였다. 이는 실제 FS 시스템으로 동시에 간섭 영향을 미치는 최대 간섭원의 수로 간주할 수 있으며, FS 시스템의 위

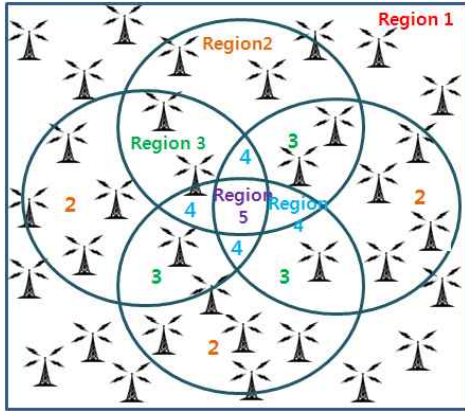


그림 2. FS 시스템 영역 정의
Fig. 2. Region of FS system.

치에 따라 수가 변화한다. 간섭 시나리오 1에서는 간섭을 주는 우주국의 수에 따라 FS 시스템이 존재하는 영역을 그림 2와 같이 정의하였다. 그림 2와 같이 저궤도 위성망 우주국의 빔은 서비스 영역을 완전히 커버하기 위하여 실제적으로 빔의 일부가 중첩된다. 여기서, 우주국의 빔 커버리지가 중첩되는 개수에 따라 FS 시스템이 위치하는 영역을 구분하여 정의하였다.

그림 2에서 FS 시스템은 위도 36°N~37.5°N과 경도 127°E~128.8°E의 영역(162 km×167 km)에 랜덤하게 분포하여 링크를 형성한다고 가정하였다. FS 시스템은 2,000개가 분포하여 1,000개의 랜덤 링크를 형성한다. 본 논문에서는 그림 2와 같이 4개의 위성 빔이 중첩되는 최대 간섭 상황(worst-case)에서의 간섭 영향을 분석하였다. 위성 빔의 영향을 받지 않는 영역을 영역 1로 정의하고, 중첩되는 위성 빔의 수가 1개에서 4개로 늘어남에 따라 영역을 2, 3, 4, 5 영역으로 정의한다. 예를 들면, FS 시스템 영역의 중앙에 위치하는 영역 5는 4개의 위성 빔 영향을 동시에 받는 영역이다.

2-2 간섭 시나리오 2

그림 3은 저궤도 위성망과 FS 시스템의 간섭 환경에서 FS 시스템이 지구국으로 간섭을 주는 시나리오 2를 나타낸다. 저궤도 위성망의 하향 링크와 FS 시스템이 동일 주파수 f_1 를 사용하여 통신하는 경우 저궤도 위성 지구국으로 FS 시스템의 간섭 신

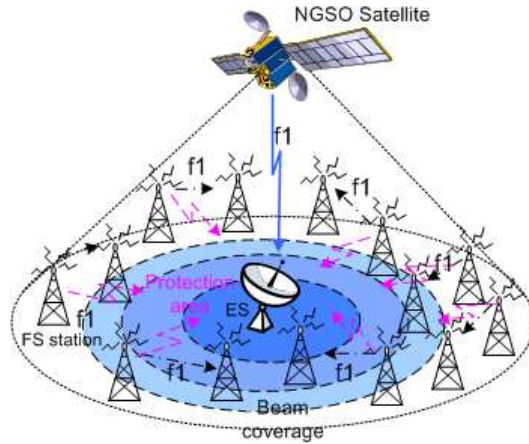


그림 3. 저궤도 위성망과 FS 시스템 간섭 시나리오 2
Fig. 3. Interference scenario 2 between LEO satellite network and FS system.

호가 유입된다. 시나리오 2에서 저궤도 위성 지구국을 중심으로 반경 100 km의 위성 커버리지 내에 동시 운용되는 FS 시스템이 랜덤하게 분포한다고 가정하였다. 랜덤하게 분포되는 FS 시스템은 랜덤 링크를 형성하여 지구국으로 간섭 영향을 미친다. 본 논문에서는 지구국의 통신 성능을 보장하면서 FS 시스템이 동시에 운용될 수 있는 방법으로 지구국 주변에 보호 영역(protection area)을 설정하는 방법을 제시하였다. 보호 영역은 지구국을 중심으로 하는 일정 반경 내에 FS 시스템을 설치할 수 없도록 하여 지구국을 간섭으로부터 보호하기 위한 영역으로 정의한다. VI장에서 지구국의 보호 영역 반경에 따라 FS 시스템에 의한 간섭 영향을 분석하였다.

III. 간섭 계산 알고리즘

식 (1)은 간섭 계산에 사용된 저궤도 우주국 안테나 방사 패턴 식이며, ITU 권고서 S. 1528의 방사 패턴을 이용하였다^[2].

$$G(a) = \begin{cases} 28 - 0.58\psi^{1.5} & 0^\circ < \psi \leq 7.7^\circ \\ 8 & 7.7^\circ < \psi \leq 19^\circ \\ 8 - 25\log(\psi/19) & 19^\circ < \psi \leq 39.6^\circ \\ 0 & 39.6^\circ < \psi \leq 90^\circ \end{cases} \quad (1)$$

ITU-R 권고서는 L_N 에 따라 a , b , α 의 수치적인 값을 제시하고 있으며, 식 (1)은 $L_N = -20$ dB일 때

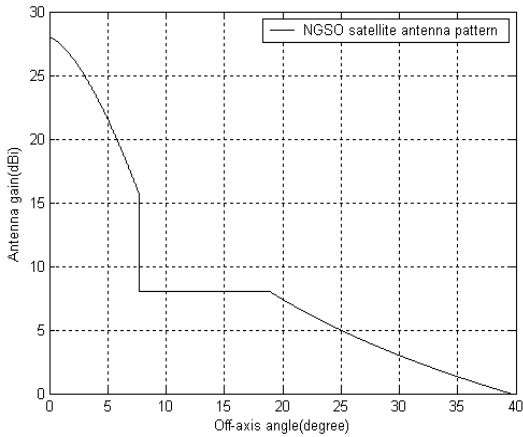


그림 4. 저궤도 우주국 안테나 방사 패턴
Fig. 4. Antenna pattern of LEO satellite.

계산하였다. 식 (1)과 정의된 변수를 이용하여 off-axis 각에 따른 안테나 이득(dB)을 그림 4에 도식하였다. 식 (2)는 FS 시스템의 안테나 패턴으로 off-axis 각에 따른 안테나 이득을 계산할 수 있으며, 이 패턴은 ITU 권고서 F.1245를 이용하였다^[3]. 여기서 ϕ 는 off-axis 각이며, $G(\phi)$ 는 안테나 이득(dB)이다.

$$G(\phi) = \begin{cases} 12 - 11.12\phi^2 & 0^\circ \leq \phi < 0.9^\circ \\ 24 - 79 \log \phi & 0.9^\circ \leq \phi < 3.2^\circ \\ -12.1 & 3.2^\circ \leq \phi \leq 180^\circ \end{cases} \quad (2)$$

식 (1), 식 (2)를 통하여 정의된 저궤도 우주국과 FS 시스템의 안테나 패턴을 이용하여 간섭 계산식을 적용할 수 있다. 본 논문에서는 저궤도 위성망과

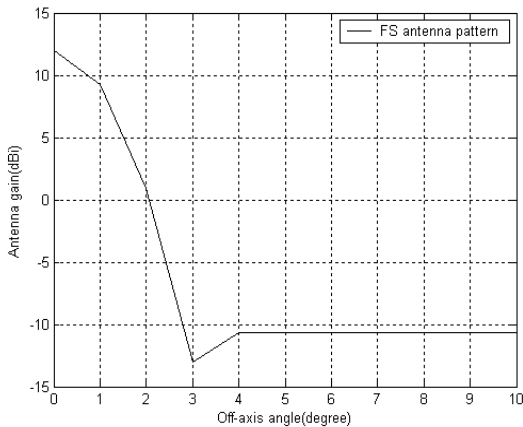


그림 5. FS 시스템 방사 패턴
Fig. 5. Antenna pattern of FS system.

FS 시스템간의 간섭을 I/N (간섭 신호 대 잡음 신호의 비), C/I (반송파 대 간섭 신호의 비), C/N (반송파 대 잡음 신호의 비)을 이용하여 분석하였다^[4]. 식 (3)은 간섭원이 다수인 경우 각각의 간섭원에 의한 간섭량을 계산하여 전체 간섭량을 계산하는 식이다. 시나리오 1에서는 정의된 FS 시스템 영역에 따라 모든 저궤도 우주국에 의한 간섭량을 계산하여 합산한다. 또한 시나리오 2에서는 지구국으로 영향을 미치는 모든 FS 시스템 송신 신호에 대한 간섭량을 계산한다. 이때 k 는 피간섭원의 번호이며, m 은 동시에 간섭 영향을 미치는 간섭원의 수를 의미한다.

$$I_{total} = 10 \log \sum_{k=1}^m 10^{I_k/10} \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

식 (4)와 식 (5)는 I 와 C 를 계산하는 수식으로 피간섭원으로 미치는 간섭 영향을 수치적으로 비교할 수 있는 요소가 된다.

$$C = P_t + G_t(\theta) - L_{path} + G_r(\delta) \quad (\text{dB}) \quad (4)$$

$$I_k = P_{t,k} + G_{t,k}(\theta) - L_{path,k} + G_r(\delta) \quad (\text{dB}) \quad (5)$$

여기서 $P_t/P_{t,k}$ 와 $G_t/G_{t,k}$ 는 희망 신호/ k 번째 간섭원의 송신 전력과 송신 안테나 이득이며, G_r 는 수신 안테나 이득이다. 송신 안테나는 우주국과 수신 지구국 간의 이격각인 θ 방향에서의 이득을 나타내며, 수신 안테나는 수신 안테나 중심에서 우주국간의 이격각인 δ 방향에서의 이득을 나타낸다. 시나리오 1과 시나리오 2 각각의 경우에 따른 간섭원과 피간섭원의 입력 파라미터를 대입하여 I/N 을 계산할 수 있다. N 은 수신 FS 시스템의 열잡음이다.

$$L_{path} = 20 \log(4\pi d/\lambda) \quad (\text{dB}) \quad (6)$$

L_{path} 는 간섭원과 피간섭원간의 자유공간 손실로 우주국과 같이 시간에 따라 위치가 변하는 경우 시뮬레이션 하는 구간 동안 간섭 우주국과 피간섭 FS 시스템과의 거리를 계산하여 자유 공간 손실을 적용해야 한다.

$$d = r_s [1 + (r_e/r_s)^2 - 2(r_e/r_s) \cos(\gamma)]^{1/2} \quad (\text{km}) \quad (7)$$

자유 공간 손실 계산에 사용되는 간섭원과 피간섭원간의 지리적 거리 d 는 식 (7)을 이용하여 시뮬레이션 시간 스텝에 따라 계산해야 하며, λ 는 파장(m)

이다. r_e 는 지구반지름이며, r_s 는 지구 중심과 간섭원 간의 거리이다.

$$I/N = I_k / N_0 \text{ (dB)} \tag{8}$$

$$C/I = C / I_{total} \text{ (dB)} \tag{9}$$

식 (8)과 식 (9)는 I/N 과 C/I 의 식으로 I/N 은 시스템의 간섭 기준값을 나타내며, 이 값이 시스템이 요구하는 기준 이상일 경우 조정이 요구된다. 또한 시스템의 기준 C/I 또는 C/N 을 알고 있을 경우 계산된 I 를 이용하여 C 값을 계산해 낼 수 있다. 계산된 C 값은 FS 시스템이 운용되는 영역에 따라 시스템이 간섭 영향 없이 운용되기 위한 기준으로 사용될 수 있다.

IV. 간섭 계산 결과 및 영향 분석

II장, III장에서 제시한 간섭 분석 시나리오와 수학적 모델을 바탕으로 저궤도 위성망과 FS 시스템의 하향 링크 간섭 영향을 분석하였다. 저궤도 우주국의 주기는 약 100분이며, 3.6~36 Msec 동안 시물레이션을 수행하였다. 저궤도 위성 지구국은 위도 36°N~37.5°N과 경도 127°E~128.8°E의 영역 중앙에 위치하며, 우주국과 FS 시스템의 안테나 패턴은 식 (1), 식 (2)에서 제시한 안테나 패턴을 사용하였다.

4.1 시나리오 1의 간섭 영향 분석

그림 6~그림 7은 저궤도 위성망에 의한 FS 시스템으로의 간섭 영향을 분석하는 시나리오 1의 결과를 나타낸다. 저궤도 우주국과 FS 시스템의 off-axis 각의 이격 정도에 따라 FS 시스템으로 유입되는 간섭량이 변화한다. 그림 6은 최대 간섭 상황에서 66개의 우주국과 1,000개의 FS 시스템간의 off-axis 각의 분포를 누적 분포 함수(Cumulative Distribution Function: CDF)로 나타낸 결과이다^[5]. FS 시스템과 우주국간의 off-axis 각이 우주국의 송신 안테나 빔 폭보다 작아 간섭이 발생하는 경우는 전체의 3.8%이다. 최대 간섭 상황은 FS 시스템이 4개의 위성 빔의 영향을 동시에 받는 경우이므로 FS 시스템의 62.7%가 간섭 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

그림 2에서 정의한 FS 시스템 영역을 기준으로 각 영역에 위치한 FS 시스템으로의 간섭 영향을 분

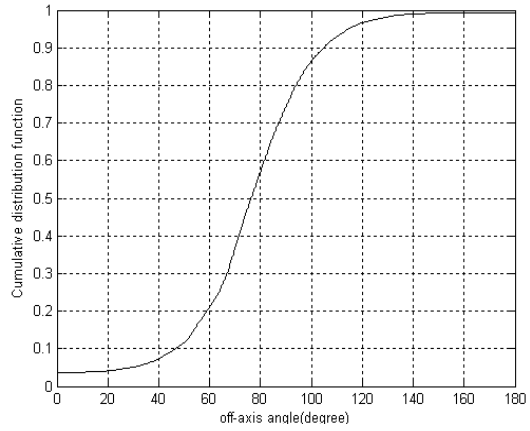


그림 6. Off-axis 각의 누적 확률 밀도 함수
Fig. 6. Off-axis angle CDF.

표 3. 시나리오 1 간섭 계산 결과

Table 3. Calculation results of scenario 1.

영역	I/N (dB)	C/I (dB)	Required C (dB)
1	-12.4	21.9	-161.1
2	-11.3	20.8	-160.1
3	-10.9	20.4	-159.6
4	-9.4	19.2	-158.3
5	-8.9	18.4	-157.7

석한다. 각 영역에서 수학적 모델을 바탕으로 계산된 간섭량은 표 3으로 정리하였다. 간섭의 정도는 I/N 은 -10 dB를 기준으로 하였으며, FS 시스템이 WCDMA 시스템일 경우 C/N 기준을 9.5 dB로 가정하였다^[6]. 각 영역에서 I/N 을 계산한 결과 영역 1, 영역 2, 영역 3은 -12.4 dB, -11.3 dB, -10.9 dB로 기준 I/N 을 초과하지 않아 주파수 공유가 가능하나, 영역 4와 영역 5에서는 I/N 이 -9.4 dB, -8.9 dB로 기준값을 초과하여 간섭이 발생한다. 영역 4와 영역 5에서는 저궤도 우주국의 송신 출력 조정, FS 시스템의 반송파 전력 조정, 두 시스템간의 거리 조정 등의 기법을 통해 간섭을 완화시켜야 한다.

표 3과 그림 7의 C 레벨은 FS 시스템이 운용되기 위한 C/I 기준이 19.5 dB인 경우 각 영역에서 계산된 I 를 이용하여 각 영역에서 FS 시스템이 간섭 영향 없이 동작하기 위한 최소 C 레벨을 계산한 결과이다. 각 FS 시스템 영역이 최소 C 레벨 이상을 유지할 경우 수치적인 간섭 기준을 넘지 않고 운용될 수 있

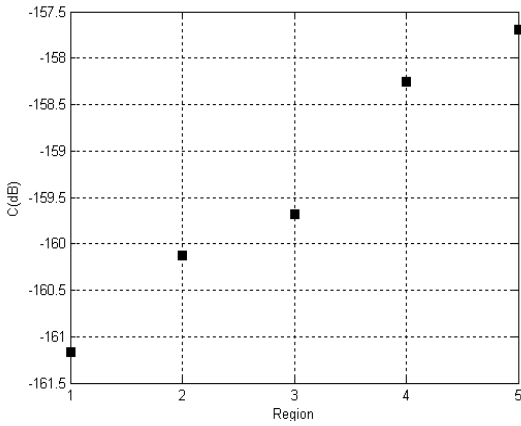


그림 7. 정의된 FS 시스템 각 영역에서 계산된 C
Fig. 7. Simulated carrier with FS system region.

다. 계산 결과를 이용하여 FS 시스템의 위치에 따라 저궤도 위성망으로부터 유입되는 간섭량을 예측할 수 있고 간섭 영향을 무시할 수 있는 반송파 전력으로 운용되도록 FS 시스템을 설계할 수 있다.

4.2 시나리오 2의 간섭 영향 분석

시나리오 2는 FS 시스템에 의한 간섭으로부터 저궤도 위성 지구국을 보호하는 방법을 연구하기 위한 시나리오이다. 저궤도 위성망의 하향 링크와 FS 시스템이 동일한 주파수를 사용하는 경우 저궤도 위성 지구국을 보호하기 위해 지구국을 중심으로 한 일정 반경을 보호 영역으로 정의하였다. 지구국을 중심으로 한 보호 영역은 FS 시스템이 존재할 수 없는 영역으로 지구국의 통신 성능을 보장하기 위해 정의한 영역이다. 단, 보호 영역을 넓게 설정하면 지구국으로 유입되는 간섭 신호를 차단하여 통신 성능을 향상시킬 수 있으나 FS 시스템이 설치되지 못하는 영역을 커지므로 두 시스템이 동시에 운용되는데 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 통신 성능과 효율성을 만족할 수 있는 최적의 보호 영역을 설정하는 것이 중요하다. 그림 8은 보호 영역의 반경을 1~12 km로 변화함에 따라 유효한 FS 링크의 확률을 계산한 결과이다. 그림에서 보호 영역 반경이 늘어남에 따라 유효 링크 확률이 커지는 것을 알 수 있다. 유효 링크 확률의 증가는 간섭 보호 기준(I/N)을 넘지 않는 FS 링크의 수가 많아짐을 의미한다. 유효 링크 확률은 보호 영역의 반경이 커짐에 따라 증가하다가 반

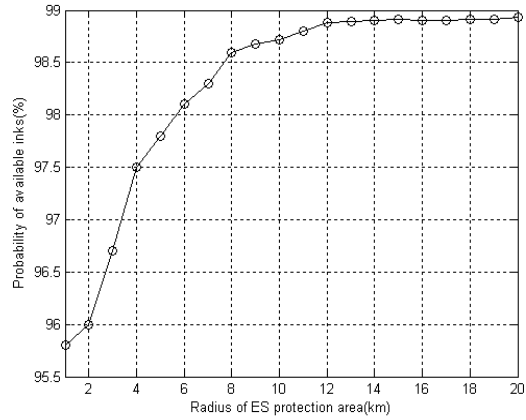


그림 8. 보호 영역 반경에 따른 유효 링크 확률
Fig. 8. Probability of available links with radius of protection area.

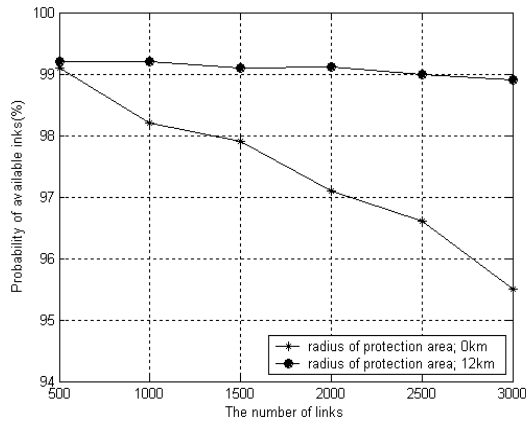


그림 9. 링크 수에 따른 유효 링크 확률
Fig. 9. Probability with number of links.

경 12 km 이상에서 그 값이 수렴한다.

그림 9는 보호 영역을 설정하지 않은 경우와 보호 영역을 12 km로 설정한 경우에 대하여 FS 링크 수를 500~3,000개로 늘림에 따른 유효 링크 확률을 계산한 결과이다. 보호 영역이 설정되지 않은 경우 링크의 수가 늘어남에 따라 유효 링크 확률이 급격하게 감소한다. 반면 보호 영역이 설정된 경우 링크의 수는 유효 링크 확률에 거의 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. 저궤도 위성 지구국 주변에 FS 링크가 1,500개 분포하는 경우 보호 영역을 설정하면 그렇지 않은 경우보다 유효 링크 확률이 97.89%에서 99.21%로 향상된다. 만일 지구국 주변에 일정 보호 영역을 설정할 경우 추가적으로 배치되는 FS 시스

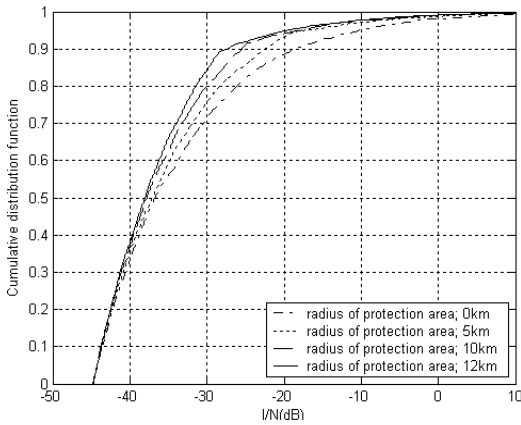


그림 10. 보호 영역 반경에 따른 I/N (CDF)
 Fig. 10. I/N with radius of protection area(CDF).

템의 간섭 영향을 무시할 수 있다.

그림 10은 보호 영역의 반경을 0, 5, 10, 12 km로 변화함에 따른 I/N 값을 누적 분포 함수로 나타낸 결과이다. 그림 8의 결과와 같이 보호 영역 반경을 클수록 저궤도 위성 지구국 간섭 기준인 $I/N = -10$ dB를 초과하지 않는 확률이 커짐을 알 수 있다. 시나리오 2는 저궤도 위성망과 FS 시스템이 사용자가 원하는 통신 성능을 보장하면서 동시에 운용될 수 있는 방법을 보호 영역의 정의로 제한하였으며, 이 결과는 FS 시스템의 설계 단계에 적용하여 위성망과의 효율적인 주파수 자원 활용에 사용될 수 있다.

V. 결 론

위성을 이용한 다양한 서비스 제공을 위해 지상과 위성 시스템의 연계 시스템이 발전함에 따라 주파수를 공유하는 두 시스템간의 간섭 분석을 위한 다양한 기술이 요구되고 있다. 본 논문에서는 저궤도 위성망과 FS 시스템의 하향 링크 간섭 영향을 분석하기 위해 시나리오 1과 2를 제시하고, 저궤도 위성망에 의한 FS 시스템으로의 간섭과 FS 시스템에 의한 지구국의 간섭 영향을 분석한 결과를 제시하였다. 시뮬레이션을 통해 FS 시스템의 영역에 따른 간섭량을 계산할 수 있었으며 기준값과 비교함으로써 간섭이 발생하는 여부를 예측하였다. 각 FS 시스템 영역에서는 FS 시스템을 보호하기 위한 기준 C/N 과 C/I 를 이용하여 간섭 기준을 초과하지 않고 운용될

수 있는 반송파 전력을 계산하였다. 또한 FS 시스템과 지구국이 효율적으로 공유될 수 있는 최적의 지구국 보호 영역 반경을 제시함으로써 실제적인 공유 조건을 분석하였다. 지속적으로 저궤도 위성 시스템의 수요가 증가하고 있으므로 지상 시스템과의 간섭 영향은 더욱 클 것으로 예상된다. 본 연구에서 제시한 간섭 분석 기법은 향후 설계 단계에 적용하여 효율적인 주파수 공유 방안으로 활용될 수 있을 것으로 본다.

참 고 문 헌

- [1] Rec. ITU-R M.1184, "Technical characteristics of mobile satellite systems in the frequency bands below 3 GHz for use in developing criteria for sharing between the Mobile-Satellite Service(MSS) and other services", ITU, 2003.
- [2] Rec. ITU-R S.1528, "Satellite antenna radiation patterns for non-geostationary orbit satellite antennas operating in the fixed-satellite service below 30 GHz", ITU, 2001.
- [3] Rec. ITU-R F.1245, "Mathematical model of average and related radiation patterns for line-of-sight point-to-point radio-relay system antennas for use in certain coordination studies and interference assessment in the frequency range from 1 GHz to about 70 GHz", ITU, 2000.
- [4] Pierpaolo Loreti, Michele Luglio, "Interference evaluations and simulations for multisatellite multi-beam systems", *International Journal of Satellite Communications*, pp. 261-281, 2002.
- [5] Jose Mauro P. Fortes, Jorge E. Amores Maldonado, "Protection of fixed service receivers from the interference produced by non-geostationary satellites in a fixed satellite service network : a statistical interference analysis", *International Journal of Satellite Communications*, pp. 15-27, 2002.
- [6] CEPT Report 21, "Technical considerations regarding harmonization options for the digital dividend", 2007.

감혜미



2005년 2월: 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)
2007년 2월: 한국항공대학교 전자공학과 (공학석사)
2008년 7월~현재: 한국전자통신연구원 연구원
[주 관심분야] 위성 통신, 무선 통신

안도섭



1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1990년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원 팀장 책임연구원
[주 관심분야] 위성 통신, 성층권 통신

신

오대섭



1996년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1998년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 7월: LG정보통신 주임연구원
2000년 7월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원

[주 관심분야] 위성 통신, 전파 통신, 디지털 통신 공학