

HAPS와 NGSO 시스템의 Service Link상의 간섭영향 분석

함형일* · 김규환* · 양의장* · 강영홍*

*군산대학교

The Analysis on the Effects of Interference between HAPS and NGSO system in the Service Link

Hyung-Il Ham^{*} · Kyu-Hwan Kim^{*} · Eui-Jang Yang^{*} · Yung-Heung Kang^{*}

*Kunsan University

E-mail : akkaibi@kunsan.ac.kr

요 약

본 논문에서는 성층권 통신 시스템(HAPS)과 NGSO 시스템간 간섭 영향을 두 가지의 경우로 나누어서 분석한다. 한가지는 HAPS시스템이 NGSO시스템에 미치는 간섭이며, 다른 한가지는 NGSO시스템이 HAPS 시스템에 미치는 간섭영향이다. 먼저 LEO 이동국이 받는 간섭은 LEO와 HAPS의 사용자 수가 같을 경우는 -8.82dB 로 초과를 하였으나, 1/10, 1/100일 때는 각각 -16.9dB , -20.3dB 로 낮아짐을 알 수 있었다. HAPS 이동국이 받는 간섭의 경우에는 LEO위성이 87° 일 때 LEO와 HAPS 사용자가 동일일 경우는 2200명인 경우에서부터 간섭 기준을 초과하지만 HAPS 사용자가 LEO의 1/10, 1/100인 경우는 간섭 기준을 초과하지 않음을 알 수 있다. 따라서, 이러한 간섭의 영향을 줄이기 위해서는 두 시스템의 송신 전력과 사용자 수 그리고 셀 반경의 적절한 설정이 중요하다.

ABSTRACT

In this paper, interference effects between NGSO and HAPS analyze into two cases. One is HAPS interference effect into NGSO, another is NGSO interference effect into HAPS. First, same case of number of users for LEO and HAPS interference received to LEO mobile station are over the -8.82dB . But in case of 1/10 and 1/100, I/N values are lowest -16.9dB and -20.3dB respectively. In case of interference received to HPAS mobile station, as LEO is 87° , if the HAPS and LEO users is same, interference criterion over the 2200 users. but in the case of 1/10 and 1/100 of LEO is HAPS users, we don't know over the interference criterion. In accordance with, for reduce to effects of interference important suitable establishment of transmission power, number of users and cell radius of two system.

키워드

LEO, HAPS, 송신 전력, 사용자 수, 셀 반경, 간섭 기준

1. 서 론

무선통신 시스템은 1890년대의 지상 송전탑 방식을 시작으로 정지궤도 위성통신, 저궤도 이동위성통신 CDMA 이동통신에 이르기까지 지속적인 발전을 거듭해 왔다. 그러나 최근 한정된 위성 궤도 및 주파수 자원의 고갈이라는 문제와 초고속 멀티미디어 서비스에 대한 사용자들의 더 많은 욕구를 충족시키기 위한 차

세대 고속 무선통신을 주도할 인프라중의 하나가 HAPS(High Altitude Platform Station: 성층권 통신 시스템)이다. 이처럼 새로운 시스템의 개발은 새로운 주파수 할당을 필요로 하지만, 주파수는 한정되어 있기 때문에 시스템을 효율적으로 운영하기 위해서는 기존 시스템과의 주파수 공유가 필연적이다[1]. 따라서 새롭게 도입되는 HAPS 시스템도 서비스링크(위성과 handset 간) 및 피이더링크(feeder link ; 위성과 hub

공간)에서 기존의 이동위성 통신시스템 등과의 주파수 공유가 필요할 것으로 예상된다.

따라서 본 논문에서는 기존의 이동위성 시스템과 HAPS의 서비스 링크상의 간섭분석 알고리즘을 이용하여, 이동위성 이동국과 HAPS 이동국간의 간섭분석을 행하였다. 이는 비정지궤도 이동위성의 위치의 변화, 사용자 수, 셀 반경 그리고 전송전력에 따른 간섭대 잡음비(I/N)의 변화 등에 대한 평가를 행하여 향후 HAPS 시스템 설계를 위한 데이터를 제공하는데 있다.

본 논문의 구성은 II장에서는 HAPS 시스템과 NGSO 시스템의 간섭모델을 제시하고, III장에서는 NGSO 이동국이 받는 간섭과 HAPS 이동국이 받는 간섭에 대해서 계산을 행한다. IV장에서는 계산된 결과를 이용하여 간섭시뮬레이션 평가를 행한 후, V장에서 결론을 요약 제시한다.

II. 간섭 모델

1. HAPS 시스템

본 논문에서 고려된 HAPS 시스템은 고도가 20km, 서비스 커버리지 반경이 55km(양각 20°), 안테나 이득 G_m 은 35dBi로 가정하였다. HAPS 시스템의 안테나 패턴은 ITU-R Rec. M.1456에 식(1)과 같이 규정되어 있다[2].

$$G(\phi) = \begin{cases} G_m - 3(\phi/\phi_b)^2 & \text{dBi } 0 \leq \phi \leq \phi_1 \\ G_m + L_N & \text{dBi } \phi_1 < \phi \leq \phi_2 \\ X - 60 \log(\phi) & \text{dBi } \phi_2 < \phi \leq \phi_3 \\ L_F & \text{dBi } \phi_3 < \phi \leq 90 \end{cases} \quad (1)$$

위 식에서 각 파라미터들은 다음과 같다.

$G(\phi)$: 주빔 방향으로부터 각도 ϕ 에서의 이득 (dBi)

G_m : 주빔의 최대 이득 (dBi)

ϕ_b : 3dB 빔 폭(degrees)

L_N : near-in-side-lobe 레벨

L_F : far side-lobe 레벨 (dBi)

$\phi_1 = \phi_b \sqrt{-L_N/3}$ (degrees)

$\phi_2 = 3.745 \phi_b$ (degrees)

$X = G_m + L_N + 60 \log(\phi_b)$ (degrees)

$\phi_3 = 10^{\frac{X-L_F}{10 \cdot 0.16}} \cdot 0.16$ (degrees)

2. NGSO 시스템

비정지궤도를 이용한 대표적인 이동위성 통신 시스템으로는 Odyssey, Iridium, ECCO, Ellipso, Globalstar, AMSC 및 ICO 등이 있다. 본 논문에서는 Iridium 시스템을 이용하였으며, 안테나 패턴은 ITU-

R Rec. F.699에 식(2)와 같이 규정되어 있다.

$$G(\phi) = \begin{cases} G_{\max} - 2.5 \times 10^{-3} & \text{for } 0 < \phi < \phi_m \\ G_1 & \text{for } \phi_m \leq \phi < 100 \frac{\lambda}{D} \\ 52 - 10 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) - 25 \log \phi & \text{for } 100 \frac{\lambda}{D} \leq \phi < 180 \\ 10 - 10 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) & \text{for } 48 \leq \phi \leq 180 \end{cases} \quad (2)$$

위 식에서 각 파라미터들은 다음과 같다.

ϕ : off-axis 각

D : 안테나 반경

λ : 파장

G_1 : 첫 번째 사이드로브의 이득

$$= 2 + 15 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right)$$

$$\phi_m = 20 \frac{\lambda}{D} \sqrt{G_{\max} - G_1}$$

$$20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{\max} - 7.7$$

III. 간섭 계산

1. LEO 이동국이 받는 간섭

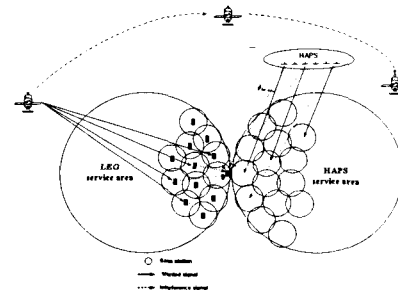


그림1. LEO 이동국에 미치는 간섭 모델

그림 1은 LEO 이동국과 HAPS 비행선이 LEO 이동국에 미치는 간섭 모델을 보여주고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 간섭을 받는 LEO 이동국은 HAPS 서비스 지역에 가장 인접해서 위치한다고 가정하였다. LEO 이동국이 받는 간섭을 계산하기 위해서 LEO 이동국에 의한 간섭과 HAPS 비행선에 의한 간섭 영향을 각각 고려하여 식 (3)을 얻을 수 있다.

$$I = I_{LEO} + I_{HAPS}$$

$$= \frac{\alpha_i S_i M_i l_i}{3} \sum_{n=1}^N c_n d_{ln}^{-\gamma} \left[1 + K_1 \frac{d_{ln}^2}{d_{ln}^{-2}} 10^{\frac{G(\phi_{ln})}{10}} \right] \quad (3)$$

위 식의 각 파라미터들은 다음과 같다.

α_i : LEO 시스템의 voice activity factor

S_i : LEO 순방향 링크 전력(W)

M_i : 한 셀당 NGSO 사용자 수

l_i : LEO 경로 손실(dB)

- c_n : 간섭을 미치는 셀의 수
- N : tier의 수
- d_{ln} : LEO이동국과 LEO기지국 사이의 거리
- d_{hn} : HAPS 비행선과 LEO이동국 사이의 거리
- ϕ_{hn} : HAPS 기지국 중심과 LEO 이동국 사이의 각
- $K_l = \frac{3}{4} \frac{\alpha_h S_h M_h l_h}{\alpha_l S_l M_l l_l}$
- α_h : HAPS 시스템의 voice activity factor
- M_h : 셀당 HAPS 사용자 수
- S_h : HAPS 순방향 링크 전력(W)
- l_h : HAPS 경로 손실(dB)

본 논문에서는 LEO 시스템과 HAPS 시스템의 voice activity factor α_l 과 α_h 를 0.375로[4], LEO 시스템의 전력 제어는 참고문헌[5]와 같이 가정하였다. 그러나, HAPS forward link의 경우에 HAPS 안테나의 중심각에서 거리에 따른 보상을 해주기 위해 식(1)의 안테나 패턴을 이용한 근사 보상값은 다음과 같이 가정할 수 있다.

$$P_F(r_j) = \begin{cases} \left(\frac{r_{k0}}{R_h}\right)^6 S_h & 0 < r_j \leq r_{k0} \\ \left(\frac{r_j}{R_h}\right)^6 S_h & r_{k0} < r_j \leq R_h \end{cases} \quad (4)$$

위 식에서, R_h 는 HAPS 셀 반경(km), r_j 는 한 셀 내에서 j 번째 이동국까지의 거리(km)이고, r_{k0} 는 break point를 나타내며 이는 송신전력의 감쇄에 따른 보상이 필요하지 않은 구간으로 HAPS 셀 반경에 따른 비로 나타낼 수 있으며, 그 값은 $r_{k0} = 0.36 R_h$ 로 가정한다.

2. HAPS 이동국이 받는 간섭

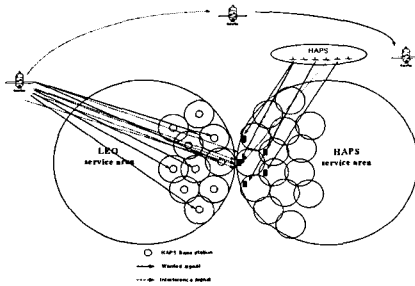


그림2. HAPS이동국이 받는 간섭 모델

그림 2는 HAPS 이동국이 받는 간섭 모델을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 간섭을 받는 HAPS 이동국은 LEO 시스템 서비스 지역에 가장 인접해서

위치한다고 가정한다. HAPS 이동국이 받는 간섭을 계산하기 위해서 HAPS 기지국에 의한 간섭과 LEO시스템에 의한 간섭으로 나눌수 있다. 먼저, LEO시스템이 HAPS 이동국에 미치는 간섭은 다음 식(5)와 같다.

$$I_{LEO} = \alpha_l M_l S_l L_l \left[\sum_{n=1}^N c_n d_{ln}^{-2} 10^{-\frac{G(\phi_{ln})}{10}} \right] \quad (5)$$

위 식에서의 각 파라미터 값들은 식(3)과 같다. HAPS 기지국이 HAPS 이동국에 미치는 간섭 계산은 식(6)과 같다.

$$I_{HAPS} = \frac{\alpha_h S_h M_h l_h}{4} \left[\sum_{n=1}^N c_n d_{hn}^{-2} 10^{-\frac{G(\phi_{hn})}{10}} \right] \quad (6)$$

위 식에서의 각 파라미터 값들은 식(3)과 같다.

IV. 간섭 영향 평가

기존의 시스템간 간섭 영향 분석의 경우 I/N 값을 도출하여 간섭 영향 평가를 행하여 왔으며, 간섭 영향 평가를 위한 총 간섭 허용 기준은 잡음 전력 10%, 즉, I/N=10dB로 가정하였다[2]. 따라서, 본 논문에서는 LEO 시스템이 HAPS 시스템에 미치는 간섭 영향 평가를 위한 총 간섭 허용 기준을 I/N=-10dB로 가정하였다.

1. LEO 이동국이 받는 간섭

식(3)을 이용해서, LEO 이동국과 HAPS 비행선이 LEO 이동국에 미치는 I/N값을 셀당 사용자수와 송신 전력에 따라 I/N비를 각각 그림 3과 그림 4에 나타내었다.

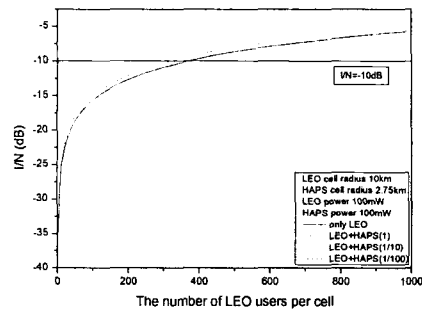


그림3. 셀당 사용자 수에 따른 I/N

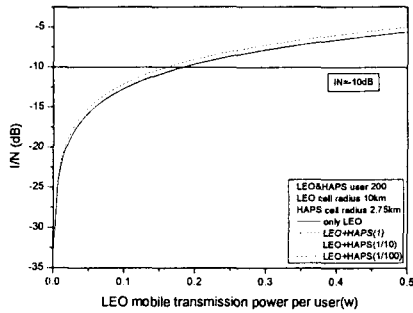


그림 4. 송신 전력에 따른 I/N

그림 3은 셀당 사용자 수에 따른 I/N 값을 보여주고 있다. 이 그림으로부터, LEO 이동국에 미치는 간섭의 경우는 LEO와 HAPS의 사용자당 송신전력이 100 mW, LEO 셀 반경 10km, HAPS 셀 반경 2.75km일 때, LEO 이동국에 의한 간섭은 사용자 수가 370명 이상이 되면 간섭 기준을 초과하게 되며, LEO와 HAPS 모두에 의한 간섭의 경우는 사용자가 증가함에 따라 간섭 기준을 초과함을 알 수 있다. 예를 들어, LEO 사용자가 350명인 경우에, LEO에 의한 간섭의 경우는 I/N 값이 -10.2dB이었고, LEO와 HAPS 둘 모두에 의한 간섭의 경우에는 사용자가 동일할 경우 -9.6dB로 초과를 하였으나, HAPS 사용자 수가 LEO보다 1/10배, 1/100배 일 경우에는 -10.1dB, -10.2dB로 초과하지 않는 것을 알 수 있다.

그림 4는 LEO 셀 반경 10km, 사용자 수 200명, HAPS 셀 반경 2.75km, 사용자 수 200명으로 가정을 하였을 경우의 송신 전력에 따른 I/N 값을 보여주고 있다. LEO에 의한 간섭의 경우에는 송신 전력이 180mW 일 경우부터 간섭 기준을 초과하였고, LEO와 HAPS 둘 모두에 의한 간섭의 경우에는 송신 전력이 동일할 경우에는 160mW에서부터 초과를 하였고 HAPS 송신 전력이 LEO 보다 1/10, 1/100일 경우에는 180mW에서부터 간섭 기준을 초과함을 알 수 있다.

2. HAPS 이동국이 받는 간섭

식(5)를 이용해서, LEO 위성과 HAPS 비행선이 HAPS 이동국에 미치는 I/N값을 셀당 사용자수에 따라 그림 5와 그림 6에 나타내었다.

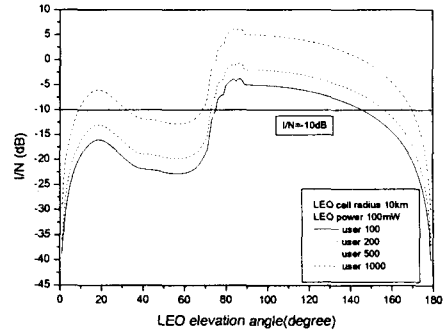


그림 5. LEO의 elevation angle에 따른 I/N

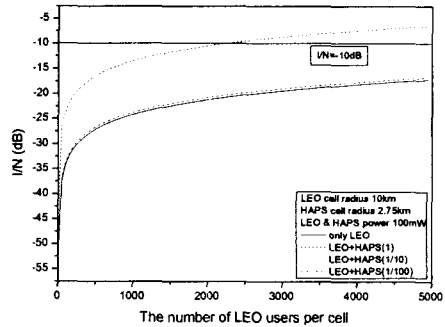


그림 6. 셀당 사용자 수에 따른 I/N

그림 5는 LEO가 0° 에서 180° 로 이동할 때, LEO 셀당 사용자에게 따른 I/N값을 나타낸다. 송신 전력 100mW, 셀 반경 10km 일 때, 셀당 사용자 수에 따라 위성의 위치가 87° 부근에 있을 때 가장 높은 간섭이 나타났다.

그림 6은 LEO 위성의 간섭이 가장 높게 나타난 87° 부근을 기준으로 하였을 때의 셀당 사용자 수에 따른 I/N 값을 보여주고 있다. 이 그림으로부터, LEO 위성이 HAPS 이동국에 미치는 간섭의 경우는 LEO와 HAPS 사용자가 동일일 경우는 2200명인 경우에서부터 간섭 기준을 초과하지만 HAPS 사용자가 LEO의 1/10, 1/100인 경우는 간섭 기준을 초과하지 않음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 차세대 무선 통신 인프라의 하나인 성층권 통신 시스템 (HAPS)과 LEO간 간섭 기준 평가를 행하였다.

LEO 이동국과 HAPS 비행선이 LEO 이동국에 미

치는 경우와 LEO 위성과 HAPS 기지국이 HAPS 이동국에 미치는 간섭 영향을 평가하기 위한 방법으로 HAPS와 LEO의 송신 전력, 셀 반경 그리고 셀 당 사용자 수에 대한 간섭에 대하여 각각 분석을 행하였다. 분석 결과 LEO 이동국에 미치는 간섭은 LEO 이동국과 HAPS 비행선의 사용자 수와 송신 전력이 증가함에 따라 간섭 기준을 초과함을 알 수 있었으며, LEO 위성과 HAPS 비행선이 HAPS 이동국에 미치는 간섭의 경우 역시 사용자 수와 송신 전력이 증가함에 따라 간섭 기준을 초과함을 알 수 있었다. 따라서, HAPS 시스템과 LEO 시스템간의 간섭 영향을 줄이기 위해서는 HAPS 시스템의 송신 전력과 사용자 수 그리고 셀 반경의 적절한 설정이 중요하다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 안도섭, 백동철, 구본준, 박광량, "성층권 통신시스템 기술 및 국내외 개발 동향", 주간 기술동향, 2000.2.15
- [2] Rec. ITU-R M.1456, Minimum performance Characteristics and Operational Condition for High Altitude Platform Stations Providing IMT-2000 in the Bands 1885-1980MHz, 2010-2025MHz and 2110-2170MHz in Region 1 and 3 and 1885-1980MHz and 2110-2160MHz in Region 2, Nov.1999.
- [3] ITU-R Recommendations F-Series, Fixed Service Radio-Relay Systems, ITU, 1994.
- [4] Y.C.Fpp, W.L.Lim, R.Tafaxolli, L.Barclay, "Performance of High Altitude Platform Satations(HAPS) in Delivery of IMT-2000 W-CDMA", Nov.2000.
- [5] Lee, C.C and Steele, R., "Effect of Soft Handoffs on CDMA System Capacity", IEEE Trans. V도. Tech., vol.47 pp.830-841, Aug. 1998.