

HAPS와 NGSO 시스템의 Service Link상의 간섭영향

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

양의장*, 김규환, 함형일, 강영흥

Eui-Jang Yang*, Kyu-Hwan Kim, Hyung-Il Ham and Yung-Heung Kang

요 약

본 논문에서는 성층권 통신 시스템(HAPS : High Altitude Platform System)과 NGSO (Non-Geostationary Orbit) 시스템간 간섭 영향을 두 가지의 경우로 나누어서 분석한다. 한가지는 HAPS 시스템이 NGSO 시스템에 미치는 간섭이며, 다른 한가지는 NGSO 위성이 HAPS 시스템에 미치는 간섭 영향이다. 그 결과 NGSO 이동국이 받는 간섭은 NGSO 위성 위치가 95°일 때 가장 높게 나타났으며, 이때 HAPS와 NGSO 모두에 의한 간섭은 사용자 수가 20명 이상부터 간섭 기준을 초과함을 알 수 있었다. 그리고 HAPS 이동국이 받는 간섭의 경우에는 NGSO 위성 양각이 87°일 때 가장 높은 간섭이 나타났으며, 이 때 NGSO와 HAPS 모두에 의한 간섭은 사용자 수가 10명 이상부터 간섭 기준을 초과함을 알 수 있었다. 또한 64°일 때 가장 낮은 간섭이 나타났으며, 이 때 NGSO와 HAPS의 사용자 수가 같을 경우에는 190명에서부터 간섭을 초과함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we analyze the interference effects between NGSO(Non-Geostationary Orbit) and HAPS(High Altitude Platform System) by dividing into two cases. The one is interference effects of HAPS into NGSO, the another is the interference effects of NGSO into HAPS. At the result, we can know the interference effect into NGSO mobile station is the highest when position of NGSO is 95°. In this case, we can also know the interference effects from both HAPS and NGSO exceed interference criteria when the number of users are more than 20. And, in the case of the interference effect into HAPS mobile station, we can know it is the highest when elevation angle of NGSO is 87°, and the interference effects from both NGSO and HAPS exceed interference criteria when the number of users is more then 10. Moreover, the interference effect is the minimum, when elevation angle of NGSO is 64°, at this time, in case that the number of users of NGSO equal to the number of user of HAPS, the interference effects exceed interference criteria when the number of users is 190.

Key words : HAPS(High Altitude Platform System), NGSO(Non-Geostationary Orbit).

1. 서 론

무선통신 시스템은 1890년대의 지상 송전탑 방식

을 시작으로 정지궤도 위성통신, 저궤도 이동위성통신 CDMA 이동통신에 이르기까지 지속적인 발전을 거듭해 왔다. 그러나 최근 한정된 위성 궤도 및 주파

* 군산대학교 전자정보 공학부(School of Electronics and Information Eng., Kunsan Nat'l Univ).

· 논문번호 : 2003-1-4

· 접수일자 : 2003년 2월 1일

수 자원의 고갈이라는 문제와 초고속 멀티미디어 서비스에 대한 사용자들의 더 많은 욕구를 충족시키기 위한 차세대 고속 무선통신을 주도할 인프라 중의 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 피더링크(feeder link ; 위성과 hub 국간)에서 기존의 이동 위성 통신시스템(NGSO : Non-Geostationary Orbit) 등과의 주파수공유가 필요할 것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서는 기존의 이동 위성 시스템과 HAPS의 서비스링크상의 간섭분석 알고리즘을 이용하여, 이동 위성 시스템과 HAPS 시스템간의 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

2-1 HAPS 시스템

성층권 무선 중계 시스템은 고도 20~30Km의 성층권의 일정 위치에 무선 중계기를 탑재한 비행선을 이용하여, 각종 무선통신 서비스를 제공하는 시스템으로 서비스 대상 지역에 다양한 전송율을 가진 고정 및 이동 디지털 무선 채널들을 제공하는 것을 목적으로 한다. HAPS 비행선은 위성체에 비해 낮은 고도에 위치하기 때문에, 전송지연과 경로손실이 위성시스템보다 적게 나타난다. 그러므로 통신 단말기

의 소형화, 고성능 통신서비스의 실현 등을 손쉽게 구현할 수 있다.

HAPS 시스템의 비행선 고도는 비행선이 위치하게 될 성층권의 환경에 따라 적정 고도를 선정해야 하며, 국내의 성층권 비행선 운용 고도는 지상 약 20.6 km~23.8 km 상공이 적합한 것으로 조사되었다. 또한 최소 요구 양각도 서비스 지역의 특성에 따라 달라지는데, 일반적으로 고층 빌딩이 밀집되어 있는 도심 지역에서 가시경로 통신을 하기 위해서는 45° ~ 60°이상의 양각이 필요하고, 저 밀집 지역 및 평활 지역에서는 약 15° ~ 30°의 양각이 적정할 것으로 판단된다. 표 1은 HAPS 비행선의 고도와 양각에 따른 서비스 커버리지 반경을 정리하였다[1].

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

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

표 1. 비행선 고도와 양각에 따른 서비스지역

비행선고도	서비스 요구 양각(Degree)	서비스 커버리지 반경(Km)
20	60	11.54
	45	20.00
	30	34.64
	15	74.64
22	60	12.70
	45	22.00
	30	38.10
	15	82.10
25	60	14.43
	45	25.00
	30	43.30
	15	93.30

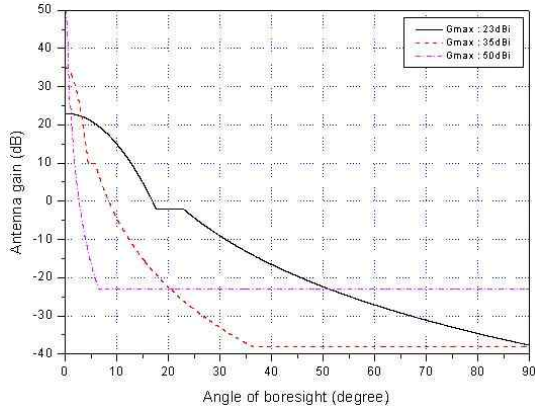


그림 1. HAPS 안테나 패턴

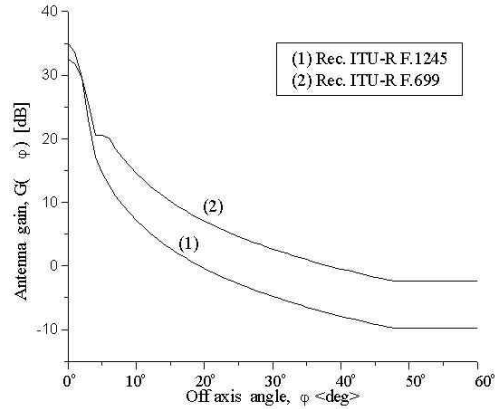


그림 2. 안테나 특성의 예

위 식에서 각 파라미터들은 다음과 같다.

$G(\psi)$: 주빔 방향으로부터 각도 ψ 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)

$X = G_m + L_N + 60 \log(\phi_2)$ (degrees)

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

위 식에서 메인 로브 최대 이득 $G_m = 23$ dBi, 30 dBi, 35 dBi, 시스템 설계에 필요한 피크 이득에 대한 near-in-side-lobe level $L_N = -25$ dB를 이용하여 HAPS 안테나 패턴을 구하면 그림 1과 같다.

2-2 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 있으며, 그 특성은 그림 2의 (2)와 같다[3].

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

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

3-1 NGSO 이동국이 받는 간섭

그림 3은 NGSO 기지국과 HAPS 비행선이 NGSO 이동국에 미치는 간섭 모델을 보여주고 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이 간섭을 받는 NGSO 이동국은 HAPS 서비스 지역에 가장 인접해서 위치한다고 가정하였다. NGSO 이동국이 받는 간섭을 계산하기 위해서 NGSO 기지국에 의한 간섭과

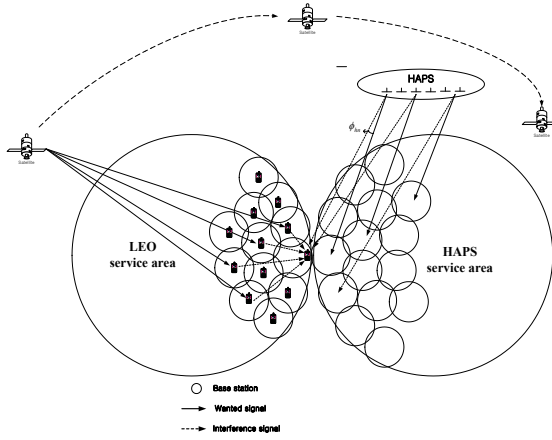


그림 3. NGSO 이동국에 미치는 간섭 모델

HAPS 비행선에 의한 간섭 영향을 각각 고려하여 식 (3), (4)를 얻을 수 있다[7].

$$I_{NGSO} = \frac{\alpha_l S_l M_l I_l}{2} \sum_{t=1}^T \sum_{u=1}^U d_{t,u}^{-2} 10^{\frac{G(\phi_{t,u})}{10}} \quad (3)$$

$$I_{HAPS} = \frac{\alpha_h S_h M_h I_h}{4} \sum_{t=1}^T \sum_{u=1}^U d_{dist}^{-2} 10^{\frac{G(\phi_{t,u})}{10}} \quad (4)$$

식 (3), (4)를 고려하여 NGSO 이동국이 받는 총 간섭은 식 (5)와 같이 얻을 수 있다[7].

$$I = I_{NGSO} + I_{HAPS} = \frac{\alpha_l S_l M_l I_l}{2} \sum_{t=1}^T \sum_{u=1}^U d_{t,u}^{-2} 10^{\frac{G(\phi_{t,u})}{10}} + \frac{\alpha_h S_h M_h I_h}{4} \sum_{t=1}^T \sum_{u=1}^U d_{dist}^{-2} 10^{\frac{G(\phi_{t,u})}{10}} \quad (5)$$

위 식의 각 파라미터들은 다음과 같다.

- α_l : NGSO 시스템의 voice activity factor
- S_l : NGSO 순방향 링크 전력(W)
- M_l : 한 셀당 NGSO 사용자 수
- I_l : NGSO 경로 손실(dB)
- N : tier의 수
- $d_{t,u}$: NGSO 이동국과 NGSO 기지국 사이의 거리

- d_{dist} : HAPS 비행선과 NGSO이동국 사이의 거리
- ϕ_{hm} : HAPS 기지국 중심과 NGSO 이동국 사이의 각
- α_h : HAPS 시스템의 voice activity factor
- M_h : 셀당 HAPS 사용자 수
- S_h : HAPS 순방향 링크 전력(W)
- I_h : HAPS 경로 손실(dB)

본 논문에서는 NGSO 시스템과 HAPS 시스템의 voice activity factor α_l 과 α_h 를 0.375로[4], NGSO 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[7].

$$P_F(r_j) = \begin{cases} \left(\frac{r_{h0}}{R_h}\right)^6 S_h & 0 < r_j \leq r_{h0} \\ \left(\frac{r_j}{R_h}\right)^6 S_h & r_{h0} < r_j \leq R_h \end{cases} \quad (6)$$

위 식에서, R_h 는 HAPS 셀 반경(km), r_j 는 한 셀 내에서 j 번째 이동국까지의 거리(km)이고, r_{h0} 는 break point를 나타내며 이는 송신전력의 감쇄에 따른 보상이 필요하지 않은 구간으로 HAPS 셀 반경에 따른 비로 나타낼 수 있으며, 그 값은 $r_{h0} = 0.36 R_h$ 로 가정한다.

3-2 HAPS 이동국이 받는 간섭

그림 4는 HAPS 이동국이 받는 간섭 모델을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 간섭을 받는 HAPS 이동국은 NGSO 시스템 서비스 지역에 가장 인접해서 위치한다고 가정한다. HAPS 이동국이 받는 간섭을 계산하기 위한 방법은 HAPS 비행선에 의한 간섭과 NGSO 위성에 의한 간섭으로 나눌 수 있다. NGSO 위성이 HAPS 이동국에 미치는 간섭

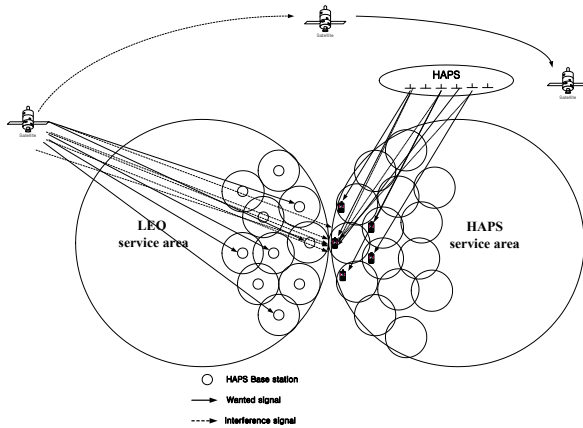


그림 4. HAPS 이동국이 받는 간섭 모델

계산은 식(3)과 동일하게 이용하였으며, HAPS 비행선이 HAPS 이동국에 미치는 간섭 계산은 식(4)와 동일한 방법을 이용하였다.

따라서, HAPS 이동국이 받는 총 간섭은 식(5)와 같이 나타낸다.

IV. 간섭 영향 평가

본 논문에서는 간섭 전력대 시스템 잡음비인 I/N(Interference-to-Noise ratio)비를 다음 식을 이용하여 계산을 행하였다[6].

$$I/N = I - 10 \log (293 \times k \times 10^{NF/10} \times 10^6)$$

위 식에서 각 파라미터들은 다음과 같다.

k : 볼츠만 상수 = 1.38×10^{-23} (J/K)

NF : 잡음지수 (dB)

기존의 시스템간 간섭 영향 분석의 경우 I/N 값을 도출하여 간섭 영향 평가를 행하여 왔으며, 간섭 영향 평가를 위한 총 간섭 허용 기준을 I/N=-10 dB로 가정하였다.

4-1 NGSO 이동국에 미치는 간섭

식 (5)와 위의 고려 사항들을 이용해서, NGSO 기지국과 HAPS 비행선이 NGSO 이동국에 미치는 I/N 비를 셀 당 사용자에 따라 각각 그림 5, 그림 6 그리고 그림 7에 나타내었다.

그림 5는 NGSO 위성이 0°에서 180°로 이동할 때, NGSO 시스템 셀 당, 사용자에 따른 I/N 값을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 NGSO 시스템의 송신 전력 100 mW, 셀 반경 10 Km 일 때, 셀 당 사용자 수에 따라 위성의 위치가 95°일 때 가장 높은 간섭이 나타났으며, 그 이전에서는 간섭 기준을 초과하지 않음을 알 수 있다.

그림 6은 NGSO 위성의 간섭이 가장 높게 나타나는 95°을 기준으로 하였을 때, NGSO 셀 반경 10 Km, HAPS 셀 반경 2.75Km 그리고 NGSO와 HAPS 시스템 송신 전력을 100mW로 가정하였을 때, 셀 당 사용자 수에 따른 I/N 값을 보여주고 있다. 이 그림으로부터, NGSO 기지국과 HAPS 비행선이 NGSO 이동국에 미치는 간섭의 경우는 NGSO와 HAPS 시스템의 사용자 수가 20명 이상이 되면 간섭 기준을 초과함을 알 수 있다.

그림 7은 NGSO 위성의 간섭이 적게 나타나는 곳에서 한곳인 30°을 기준으로 하였을 때, NGSO 셀 반경 10 Km, HAPS 셀 반경 2.75 Km 그리고 NGSO와 HAPS 시스템 송신 전력을 100mW로 가정하였을 때의 셀 당 사용자 수에 따른 I/N 값을 보여주고 있다. 이 그림으로부터, NGSO 기지국과 HAPS 비행선이 NGSO 이동국에 미치는 간섭의 경우, NGSO 기지국에 의한 경우에는 230명부터 간섭 기준을 초과함을 알 수 있고, NGSO와 HAPS 시스템 둘 모두의 경우에는 사용자 수가 같은 경우에는 220명부터 간섭 기준을 초과하고, HAPS 시스템의 사용자 수가 NGSO 시스템보다 1/10배, 1/100일 때는 230명 이상이 되면 간섭 기준을 초과함을 알 수 있다.

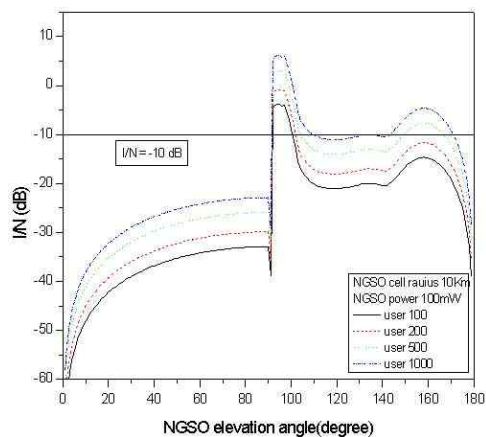


그림 5. NGSO 위성의 elevation angle에 따른 I/N

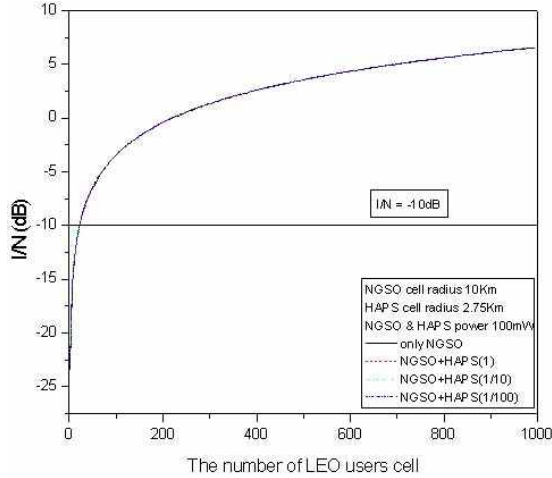


그림 6. NGSO 위성이 95°일 때의 사용자 수에 따른 I/N

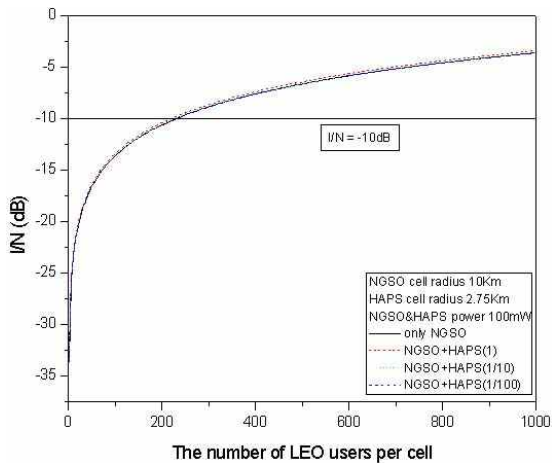


그림 7. NGSO 위성이 30°일 때의 사용자 수에 따른 I/N

4-2 HAPS 이동국이 받는 간섭

식(5)를 이용해서, NGSO 위성과 HAPS 기지국이 HAPS 이동국에 미치는 I/N 비를 셀 당 사용자 수에 따라 그림 8, 그림 9 그리고 그림 10에 각각 나타내었다.

그림 8은 그림 5와 마찬가지로 NGSO 위성이 0°에서 180°로 이동할 때, NGSO 시스템 셀 당, 사용자에 따른 I/N 값을 나타낸다. 이때 그림 5는 간섭을 받는 NGSO 이동국을 기준으로 나타낸 것이고, 그림 8은 간섭을 받는 HAPS 이동국을 기준으로 하여 나타낸 것이다.

그림 8은 NGSO 시스템의 송신 전력 100 mW, 셀

반경 10 Km 일 때, 셀 당 사용자 수에 따라 위성의 위치가 87°일 때 가장 높은 간섭이 나타났으며, 위성의 위치가 64°일 때 가장 간섭이 적게 나타났다.

그림 9는 NGSO 위성의 간섭이 가장 높게 나타나는 87°을 기준으로 하였을 때, NGSO 셀 반경 10 Km, HAPS 셀 반경 2.75 Km 그리고 NGSO와 HAPS 시스템 송신 전력을 100 mW로 가정하였을 때, 셀 당 사용자 수에 따른 I/N 값을 보여주고 있다. 이 그림으로부터, NGSO 시스템과 HAPS 시스템이 HAPS 이동국에 미치는 간섭의 경우는 NGSO와 HAPS 시스템의 사용자 수가 10명 이상이 되면 간섭 기준을 초과함을 알 수 있다.

그림 10은 NGSO 위성의 간섭이 가장 적게 나타나는 64°을 기준으로 하였을 때, NGSO 셀 반경 10 Km, HAPS 셀 반경 2.75 Km 그리고 NGSO와 HAPS 시스템 송신 전력을 100 mW로 가정하였을 때, 셀 당 사용자 수에 따른 I/N 값을 보여주고 있다. 이 그림으로부터, NGSO 위성에 의한 경우에는 200명부터 간섭 기준을 초과하였고, NGSO 위성과 HAPS 기지국이 HAPS 이동국에 미치는 간섭의 경우는 NGSO와 HAPS 시스템의 사용자 수가 같을 경우에는 190명부터 간섭 기준을 초과하지만 HAPS 시스템의 사용자 수가 NGSO 시스템 보다 1/10배, 1/100일 때는 200명 이상이 되면 간섭 기준을 초과함을 알 수 있다.

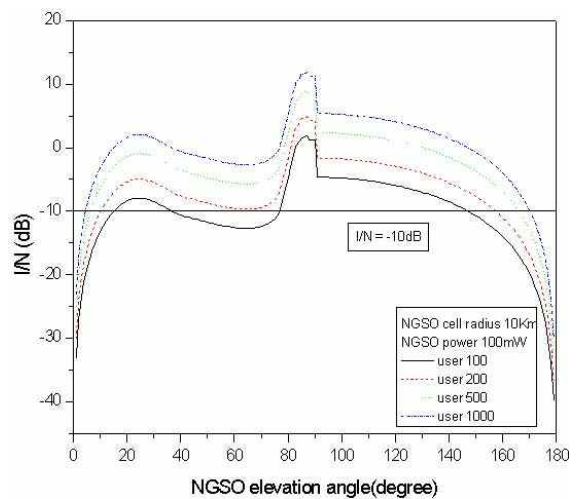


그림 8. NGSO 위성의 elevation angle에 따른 I/N

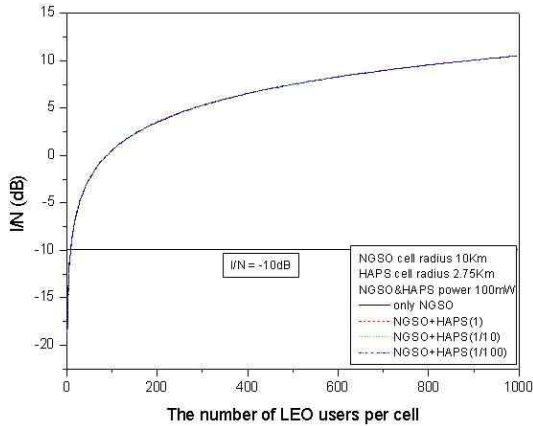


그림 9. NGSO 위성이 87°일 때의 셀당 사용자 수에 따른 I/N

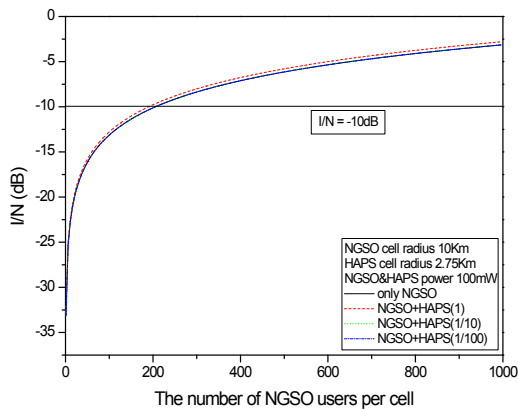


그림 10. NGSO 위성이 64°일 때의 셀당 사용자 수에 따른 I/N

V. 결 론

본 논문은 차세대 무선 통신 인프라의 하나인 성층권 통신 시스템(HAPS)과 NGSO 시스템간의 간섭 기준 평가를 행하였다.

NGSO 기지국과 HAPS 비행선이 HAPS 셀과 인접해 있는 NGSO 이동국에 미치는 간섭 영향과 NGSO 위성과 HAPS 기지국이 NGSO 셀과 인접해 있는 HAPS 이동국에 미치는 간섭 영향을 평가하기 위한 방법으로 HAPS와 NGSO 시스템의 송신 전력, 셀 반경 그리고 셀 당 사용자 수에 따른 간섭에 대하여 각각 분석을 행하였다.

분석 결과 NGSO 이동국에 미치는 간섭은 NGSO 기지국과 HAPS 비행선의 사용자 수와 송신 전력이 증가함에 따라 간섭 기준을 초과함을 알 수 있었으

며, NGSO 위성과 HAPS 비행선이 HAPS 이동국에 미치는 간섭의 경우 역시 사용자 수와 송신 전력이 증가함에 따라 간섭 기준을 초과함을 알 수 있었다. 따라서, HAPS 시스템과 NGSO 시스템간의 간섭 영향을 줄이기 위해서는 새롭게 도입되는 HAPS 시스템의 송신 전력과 사용자 수 그리고 셀 반경의 적절한 설정이 중요하다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 안도섭, 백동철, 구분준, 박광량, “성층권 통신시스템 기술 및 국내외 개발 동향”, 주간기술동향, 2000.2.15.
- [2] Doc. ITU-R.M.1456, Minimum performance characteristics and operational conditions for High Altitude Platform Stations providing IMT-2000 in the bands 1885 ~ 1980 MHz and 2110 ~ 2170 MHz in Regions 1 and 3 and 1885 ~ 1980 MHz and 2110 ~ 2160 MHz in Region 2, November 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] C. C Lee, and R. Steele, “Effect of Soft Handoffs on CDMA System Capacity”, *IEEE Trans. V 5. Tech.*, vol. 47 pp. 830-841, Aug. 1998.
- [6] Doc. 9B/67-E, Methodology for Interference Evaluation, Technical Parameters and Operational Techniques for frequency Stations and Other Fixed Service(Fixed Wireless Access) in the bands 27.5 ~ 28.3 GHz, March 2001.
- [7] 한국전자통신연구원 연구보고서, “성층권 통신망과 지상 무선통신망간의 공유기술 기준 분석”, 2001년 10월.

양의장(梁義藏)



1972년 2월 : 광운대학교 무선통신공학과(공학사)
1978년 2월 : 건국대학교 통신행정학과(행정학석사)
1969년~1972년 : 건설부수자원부
1972년~1975년 : 범양상선주식회사

1975년~1992년 : 군산수산전문대학
1993년~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수
관심분야 : 국제전파법규, 무선통신, 해상통신

강영흥(姜榮興)



1984년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과(공학사)
1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1993년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1988년 3월~1990년 2월 : 한국항공

대 통신정보공학과 조교
1995년 8월~1996년 8월 : 일본 오사카대학 객원교수
1990년 4월~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수
관심분야 : 전자공학, 통신공학, 광통신공학

김규환(金圭煥)



1961년 2월 : 한국항공대학교 통신학과 (공학사)
1984년 2월 : 전북대학교 전자공학과(공학석사)
1967년~1973년 : 한국전력주식회사 통신정비원
1975년~1979년 : 범양상선(주)외

3개사 통신장
1988년~1990년 : 군산수산전문대학 실습과장
1992년~1994년 : 군산대학교 통신학과장
현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수
관심분야 : 안테나 및 전파공학, 마이크로 컴퓨터

함형일(咸炯一)



1998년 2월 : 호원대학교 정보통신공학과(공학사)
2003년 2월 : 군산대학교 정보통신 전파공학(공학석사)
2000년 : (주) 정성CSD
관심분야 : 무선통신, 위성통신 HAPS 시스템, 전파간섭