

HAPS와 NGSO 시스템의 Feeder Link상의 간섭분석

문승영*, 김봉석*, 강영흥*
* 군산대학교 전자정보공학부

Analysis on the Interference Effects between HAPS and NGSO Systems in the Feeder Link

Seung-Young Mun*, Bong-Seok Kim*, Young-Heung Kang*
* Dept. of Telecommunication, Kunsan National Univ.

ABSTRACT

In this paper, interference effects between NGSO and HAPS in the feeder link have been simulated and analyzed by means of calculating excess time percent and duration below the C/I protection ratio.

As the results, in the case of HAPS interference into NGSO, it can be obtained that the lowest C/I values are 20.42dB in 50Km and 12.73dB in 20Km of HAPS altitudes, respectively. And in the case of NGSO interference into HAPS, it can be obtained that the lowest C/I values are 13.94dB and 10.42dB respectively. HAPS system has more interference reception from other systems or effects more interference into other systems as its altitude is lower. Also, the lowest C/I values are appeared at difference time with its altitude.

본 논문은 HAPS와 이동위성 시스템과의 간섭영향 분석을, HAPS 고도가 20Km와 50Km일 때의 C/I 값을 구해 간섭 보호비율 초과하는 시간을 및 초과지속시간에 대한 평가를 행하였다. 그 결과 HAPS가 Iridium 시스템에 미치는 간섭의 경우 최저 C/I 값은 HAPS 고도가 50Km일 때 20.42dB, 20Km일 때는 12.73dB로 낮아지고, 이와 반대인 Iridium 시스템이 HAPS에 미치는 간섭의 경우도 각각 13.94dB에서 10.42dB로 낮아짐을 알 수 있었다. HAPS 고도에 따른 간섭영향을 보면, 고도가 낮아질수록 강한 간섭을 주거나 받게 되며, C/I 최저값 또한 HAPS 고도에 따라 다른 시점에서 나타난다.

I. 서론

무선통신 시스템은 1890년대의 지상 송전탑 방식을 시작으로 1960년대의 정지궤도 위성통신, 1980년대의 저궤도 이동위성통신 도입에 이르기까지 지속적인 발전을 거듭해 왔다. 그러나 최근 한정된 위성궤도 및 주파수 자원의 고갈이라는 문제와 초고속 멀티미디어 서비스에 대한 수요의 증가로 새로운 통신 시스템 개발의 필요성이 대두되었다. 이에 대한 대안으로 미국, 일본 등 몇몇 통신 선진국을 중심으로 성층권에 통신중계기를 탑재한 비행선(HAPS)을 제공시켜 고속의 무선 통신 인프라를 구축하려는 방안이 활발히 추진되고 있다. 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 이동위성 통신시스템 등과의 주파수공유가 필요할 것으로 예상된다.

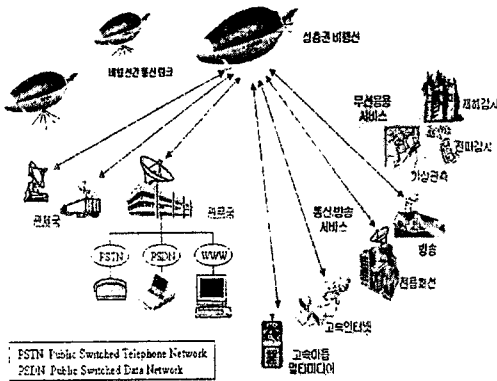
따라서 본 논문에서는 기존의 이동위성 시스템과 HAPS의 피더 링크상의 간섭분석 알고리즘을 토대로 C/I를 이용하여, 이동위성 피더 링크와 HAPS 지구국간의 간섭분석을 행하였다. 이는 비정지궤도 이동위성의 위치가 시간에 따라 변함으로 인한 C/I값의 변화에 따라 C/I 보호비율 초과하는 시간을 및 초과지속시간 등에 대한 평가를 행하여 향후 HAPS 시스템 설계를 위한 데이터를 제공하는데 있다.

본 논문의 구성은 II장에서는 HAPS 시스템의 개요와 주파수대역, 수신안테나의 방사패턴에 대해서 알아보고, III장에서는 NGSO의 주파수대역과 시뮬레이션에 필요한 입력 파라미터에 대해서 알아본다. IV장에서는 시뮬레이션 결과를 이용해 NGSO 피더 링크가 HAPS 지구국에 미치는 간섭과 HAPS 피더 링크가 NGSO 지구국에 미치는 간섭을 평가하기

위해 C/I 값을 계산하여 C/I 보호비의 초과시간을 및 초과지속시간 등에 대해 평가를 행한 후, V장에서 결론을 요약 제시한다.

II. HAPS

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 단말기의 소형화, 고성능 통신서비스의 실현 등을 손쉽게 구현할 수 있다. <그림 1>은 HAPS를 이용하는 성층권 통신/무선응용 서비스의 개요를 나타내고 있으며, <표 1>은 47/48GHz대의 HAPS 시스템의 특징을 요약했다.



<그림 1> 성층권 통신/무선응용 서비스 개요

<표 1> HAPS 시스템 특징

항 목	내 용	
비행선 개수	250개, 각각을 독립적으로 운용	
운용 고도	20~50km	
비행선당 빔수	약 700개	
서비스 양각	>15°	
수명	5~10년	
사용 주파수	상향 링크	47.9~48.2GHz 300MHz
	하향 링크	47.2~47.5GHz 300MHz
변조 방식	가입자	QPSK 변조
	지구국	64 QAM
다중 접속 방식	상향 링크	FDMA/TDMA
	하향 링크	TDM
데이터 전송율	상향 링크	2Mbps
	하향 링크	10Mbps
가입자 요구전력	100~250mW	

HAPS 시스템의 비행선 고도는 비행선이 위치하게 될 성층권의 환경에 따라 적정 고도를 선정해야 하며, 국내의 성층권 비행선 운용 고도는 지상 약 20.6km~23.8km 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 2>는 HAPS 비행선의 고도와 양각에 따른 서비스 커버리지 반경을 정리하였다¹¹⁾.

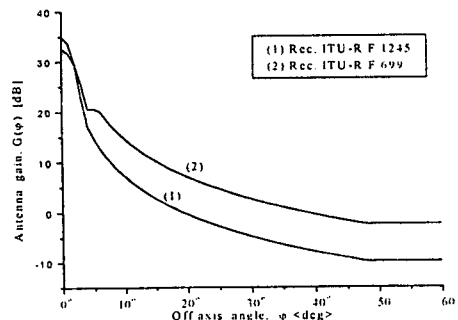
<표 2>비행선 고도와 양각에 따른 서비스지역

비행선 고도(km)	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

본 논문에서 HAPS 수신안테나 방사패턴은 ITU-R Rec. F.1245에 식(1)과 같이 규정되어 있으며 그 특성은 <그림 2>의 (1)과 같다.

$$G(\phi) = \begin{cases} G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \phi \right)^2 & \text{for } 0 \leq \phi < \phi_m \\ 39 - 5 \log_{10}(D/\lambda) - 25 \log_{10}(\phi) & \text{for } \phi_m \leq \phi < 48'' \\ -3 - 5 \log_{10}(D/\lambda) & \text{for } 48'' \leq \phi < 180'' \end{cases} \quad (1)$$

$$20 \log_{10}(D/\lambda) = G_{max} - 7.7$$



<그림 2> 안테나특성의 예

III. 비정지궤도 이동위성 시스템

비정지궤도를 이용한 대표적인 이동위성 통신시스템으로는 Odyssey, Iridium, ECCO, Ellipso, Globalstar, AMSC 및 ICO 등이 있다.

비정지궤도 이동위성 시스템은 이동위성과 이를 추적 관제하는 지구국(hub국)에 의한 피더 링크로 이루어지며, 피더 링크 관련 주파수 할당은 WRC-'95에서 이루어져 Resolution 114~121에 따라 사용되며, <표 3>과 같다.

<표 3> NGSO 시스템의 피더 링크용 주파수

주파수 대역	방향	제안시스템
5091~5250MHz	Earth-to-Space	Globalstar, ICO
6700~7075MHz	Space-to Earth	Globalstar, ICO, ECCO, Ellipsat
15.45~15.65GHz	Earth-to-Space	Ellipsat, Constellation
19.3~19.6GHz	Space-to-Earth	Iridium, TRW
29.1~29.4GHz	Earth-to-Space	Iridium, TRW

본 논문에서는 FS를 위해 할당된 18~32GHz 대역 내에서, FSS를 위해 할당된 19 또는 29GHz 대역을 이용하는 HAPS 기반시스템이 FSS 할당과 관계된 역대역 작업 모드에서 동작하는 것으로 가정하기 위해서 비정지궤도 이동위성 시스템을 Iridium 시스템을 이용했으며, 시스템 파라미터는 <표 4>와 같다.

<표 4> Iridium 시스템 파라미터

주요제원	Iridium
위성 수	66
위성 고도(Km)	780
궤도면 수	6
궤도면 당 위성수	11
위성 당 다중빔 수	48
총 위성 다중빔 수	3,168
총 유효 위성 다중빔 수	2,150
경사각(deg)	86.5

또한 무선중계 수신안테나 이득이 모든 평면상에서 같다고 가정하면 간섭위성 방향에서의 이득 $G(\phi)$ 는 ITU-R. Rec. F.699^[2]에 식(2)와 같이 규정되어 있으며, 그 특성은 <그림 2>의 (2)와 같다.

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

여기서, ϕ : off-axis 각

D : 안테나 반경

λ : 파장

G_1 : 첫 번째 사이드로브의 이득

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

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

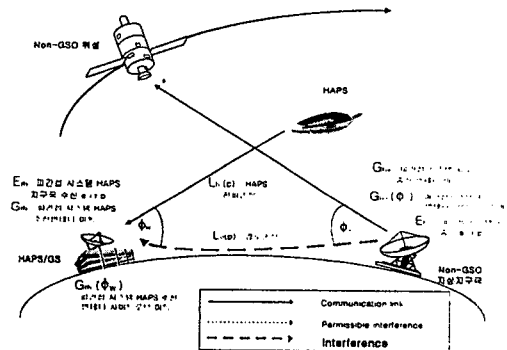
$$20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{\max} - 7.7$$

IV. 피더 링크상의 간섭분석

시스템간의 간섭문제를 평가하는 일반적인 방법은 C/I를 계산한 후 C/I 보호비와 비교하여 시스템간의 조정거리 등을 산출하는 방법이다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 방법과 유사하지만 이동위성 지구국은 시간에 따라 이동하는 위성을 추미하므로, 시간에 따른 C/I의 변화를 예상하여 간섭보호비를 초과하는 시간율이라든지 초과지속시간 등에 대한 분석을 행하고자 한다.

1. C/I에 의한 간섭 분석

NGSO 지구국과 HAPS 지구국간의 간섭모델은 <그림 3>과 같다. <그림 3>은 이동위성 지구국이 HAPS 지구국에 미치는 간섭 예를 나타낸 것으로 그림 중에 나타낸 파라미터를 이용하여 HAPS 지구국에서의 희망신호대 간섭잡음전력비 C/I는 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 3>NGSO지구국과 HAPS지구국간의 간섭모델

$$C/I = E_{rh} - L_h + G_{rh} - G_{rh}(\phi_w) - E_{tei} + L_e(P) + G_{tei} - G_{tei}(\phi_i) \quad (3)$$

식 (3)에서, L_h 는 HAPS와 지구국간의 전파손실로서 자유공간손실, 대기흡수손실, 피더손실, 결합손실 및 현장보정 등으로 정의되고 있지만^[3], 본 논문

문에서는 간단히 하기 위하여, 다음의 자유공간 손실만을 고려한다.

$$L_h = 92.5 + 20 \log f + 20 \log d$$

여기서, f 는 주파수(GHz), d 는 경로길이(Km)이다. 또한 $L_e(f)$ 는 비정지궤도 위성으로부터 HAPS 지구국간의 경로손실로서, 시간을 p%이외의 모든 시간에 있어서 전파손실이 상회하는 값으로 주파수, 거리등의 파라미터를 이용하여 ITU-R PN.620-1에 규정된 식을 이용하였다.

2. 시뮬레이션

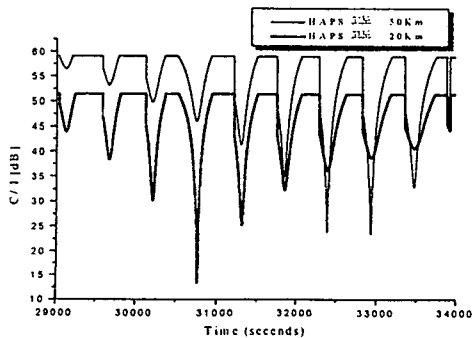
시뮬레이션을 위해 본 논문에서는 비정지궤도 이동위성 지구국의 위치를 대전 (36.33° N, 127.42° E)으로 가정하고, HAPS 지구국의 위치를 (36.33° N, 127.48° E), Sub-HAPS의 위치를 (36.33° N, 127.45° E)로 가정하였다. 또한 비정지궤도 이동위성 지구국 및 HAPS 지구국에 관련된 파라미터들은 <표 5> 및 <표 6>에 나타내었다.

<표 5> NGSO 통신지구국 파라미터^[4]

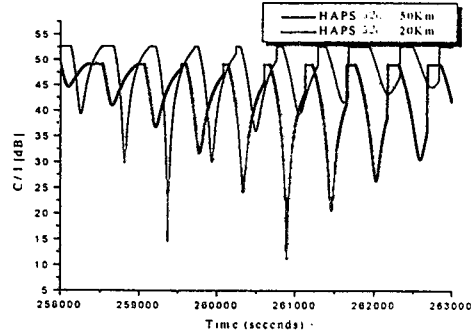
시스템	Iridium
주파수(GHz)	29.1~29.3/ 19.4~19.6
접수대역폭(MHz)	3
할당대역폭(MHz)	4.37
E _{tei} (dBW)	68.0
G _{te} (dBi)	56.3
E _r (dBW)	23.2
G _r (dBi)	56.3
시간율(%)	0.002

<표 6> HAPS 지구국 파라미터^[5]

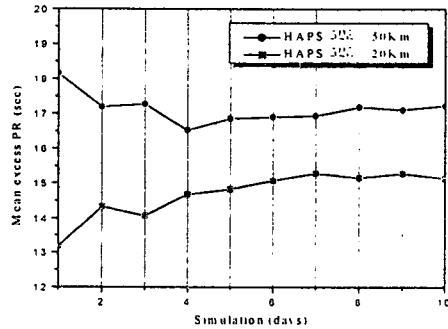
시스템	HAPS	
HAPS 고도(Km)	20	50
주파수(GHz)	19/29	19/29
Ph(dBW)	38.5	45.9
G _h (dBi)	35.0	35.0
E _{rh} (dBW)	38.0	45.4
G _r (dBi)	35.0	35.0
시간율(%)	0.01	0.01



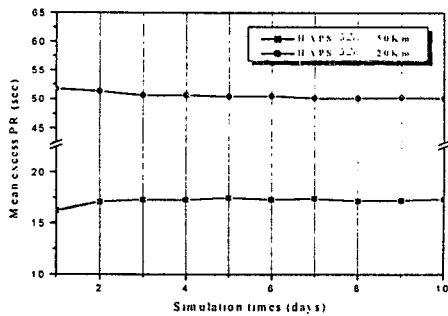
(a) HAPS interfering into Iridium



(b) Iridium interfering into HAPS
<그림 3> 시간에 따른 C/I



(a) HAPS interfering into Iridium



(b) Iridium interfering into HAPS
<그림 4> 시뮬레이션 수행시간에 따른 평균 간섭보호비 초과시간

<그림 3>의 (a)는 HAPS 시스템이 Iridium 시스템에 미치는 간섭영향이고, (b)는 이와 반대인 Iridium 시스템이 HAPS 시스템에 미치는 간섭영향을 시간에 따른 C/I로 평가를 행하였다. 먼저 HAPS 고도에 따른 간섭영향을 보면, 50Km일 때보다 20Km 고도의 경우가 강한 간섭을 주든지 강한 간섭을 받는다. 예를 들어 (a)의 결과에서 최저 C/I 값은 50Km일 때,

12.73dB, 20Km일 때는 20.42dB로 낮아진다. (b)의 결과에서도 각각 13.94dB에서 10.42dB로 낮아짐을 알 수 있다. 또한 이 C/I 최저값은 HAPS 고도에 따라 다른 시각에 나타난다는 것을 알 수 있었다.

<그림 4>는 C/I 보호비를 HAPS에서 Iridium, Iridium에서 HAPS로의 간섭영향에 따라 각각 25dB로 가정할 때, 10일에 걸쳐 C/I 값이 이 보호비를 초과하는 시간을 구한 것이다. <그림 4>의 (a)로부터 HAPS가 Iridium에 미치는 간섭초과 시간은 HAPS의 고도가 50Km일 때 최저 13.17초에서 최고 15.28초, 20Km일 때 최저 16.52초, 최고 18.15초의 분포를 보이며, 또한 (b)의 경우는 Iridium이 HAPS에 미치는 간섭영향을 보인 것으로, 간섭초과 시간은 HAPS의 고도가 50Km일 때 최저 16.25초에서 최고 17.45초, 20Km일 때 최저 50.13초에서 최고 51.64초의 분포를 보인다.

이 결과와 함께 총 간섭보호비 초과시간을, 평균 간섭보호비 초과시간에 대한 시뮬레이션 결과값을 <표 7>에 정리하였다. 이 결과로부터 10일간의 간섭초과 시간들은 HAPS의 고도가 50Km일 때, HAPS가 Iridium에 미치는 간섭은 0.02545%, Iridium이 HAPS에 미치는 간섭은 0.02339%이다. 고도가 20Km일 때는 HAPS가 Iridium에 미치는 간섭은 0.02725%, Iridium이 HAPS에 미치는 간섭은 0.18523%이다.

<표 7> 시뮬레이션 결과

항 목	HAPS interfering into Iridium		Iridium interfering into HAPS	
	50	20	50	20
HAPS 고도(Km)	50	20	50	20
시뮬레이션 수행시간(days)	10	10	10	10
C/I 보호비(dB)	25	25	25	25
최악의 C/I(dB)	20.42	12.73	13.94	10.42
총 간섭보호비 초과시간율(%)	0.02545	0.02725	0.02339	0.18523
평균간섭 보호비 초과시간율(sec)	14.69	17.13	17.16	50.72
최장간섭 보호비 초과지속기간(sec)	15.28	18.15	17.45	51.64

V. 결 론

본 논문에서는 HAPS 시스템과 NGSO 시스템과의 간섭영향을 C/I 값에 의해 구하였다. 시뮬레이션결과 HAPS의 고도가 낮아짐에 따라 그 만큼 많은 간섭을 주거나 받게 됨을 알 수 있으며, 시간에 따른 간섭영향도 매우 다르게 나타남을 알 수 있다. 따라서 두 시스템간의 간섭영향분석에는 C/I 보호비 초과 시간

율에 대한 평가를 수행하는 것이 바람직하다. 본 논문은 두 시스템간의 간섭영향분석에 필요한 기초데이터 제공 및 간섭영향 평가방법에 대한 예를 제공하는데에 있다.

향후 연구에서는 HAPS와 NGSO Service Link에 대한 간섭 분석과 HAPS와 지상고정 통신서비스(FS)간의 간섭영향 분석이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 안도섭, 백동철, 구분준, 박광량, "성층권 통신시스템 기술 및 국내의 개발 동향", 주간기술동향, 2000.2.15
- [2] ITU-R Recommendations F-Series, Fixed Service Radio-Relay Systems, ITU, 1994.
- [3] N.Araki, H.Shinonaga, H.Kobayashi and Y.Ito, "Interference between GSO FSS and non-GSO/MSS earth stations under reverse band operation of non-GSO/MSS feeder links", Technical Report of IEICE, SAT 94-76, pp.87-93, 1994
- [4] KLAUS G.Johannsen, "MOBILE P-SERVICE SATELLITE SYSTEM COMPARISON", International Journal of Satellite Communications, Vol.13, 453-471, 1995
- [5] "Interference Analysis from High Altitude Platform Stations(HAPS) to passive sensors in the band 31.3-31.5GHz", ITU-R Study Groups, Document 7C/7-E, 2000.7.20