

HAPS 지상국에서 P-MP FWA 시스템으로의 간섭 영향 분석

함형일^{o*}, 최문환^{*}, 강영흥^{*}

군산대학교 전자정보공학부^{*}

akkaibi@kunsan.ac.kr^{o*}, mhchoi@kunsan.ac.kr^{*}, yhkang@kunsan.ac.kr^{*}

Analysis on the Effects of Interference from HAPS ground stations to P-MP FWA System

Hyoung-Il, Ham^{o*}, Mun-Hwan, Choi^{*}, Young-Heung, Kang^{*}

Kunsan Nat'l Univ. School of Elec. & Info. Eng.^{*}

Abstract

In this paper, we have analyzed the effects of interference from HAPS ground stations to P-MP FWA base station and to P-MP FWA terminal station using more detail parameters such as a new interference model, a realistic HAPS scenario, practical antenna patterns for both the HAPS system and FWA systems.

The analysis results show that, in the case of interference from HAPS GSs into a P-MP BS, compatibility of the two systems can be obtained by using a sectored BS antenna with the boresight directed away from the nadir. However, in the case of interference from HAPS GSs into a P-MP TS, the two systems cannot operate effectively in the same band unless the separation distance is guaranteed and/or some form of interference mitigation technique is employed such as dynamic channel allocation.

Key words : HAPS system, FWA system, interference-to-noise ratio(I/N), Point-to-Multipoint(P-MP)

I. 서 론

성층권 무선 중계 시스템(High Altitude Platform Station; HAPS)은 고도 20km ~ 50km의 성층권에 무선 중계기를 탑재한 비행선을 일정 위치에 유지시켜 초고속 무선 멀티미디어 서비스를 지원 가능하게 하는 차세대 초고속 무선 통신 인프라이다.^[1]

이에 WRC-97에서는 47.2 ~ 47.5GHz 및 47.9 ~ 48.2GHz 대역에서 HAPS를 이용하는 고정 서비스(FS: Fixed Service)를 위한 조항을 제정하였지만, 이 대역은 강우 감쇠의 영향을 받기 쉽기 때문에 ITU-R은 대체 가능 주파수로 18 ~ 32GHz 대역에 대한 연구를 수행해 왔다. 그 결과 WRC-2000에서는 일부 국가에서 HAPS의 운용 주파수로 27.5 ~ 28.35GHz 대역과 31.0 ~ 31.3GHz 대역을 고정 서비스를 이용하는 HAPS 운용 주파수로 허용하였다.^{[2],[3]} 이에 ITU-R에서는 28/31GHz대역을 사용하여 고정 서비스를 제공하고 있는 기존의 고정 무선 접속(Fixed Wireless Access; FWA) 시스템과의 공유와 호환성 연구를

수행하여 왔다.

몇몇 초기의 연구에서 HAPS로부터 FWA 시스템으로의 간섭의 영향에 대한 연구가 수행되어 왔다. 그 결과로부터 다중 HAPS 비행선은 FWA 기지국에 초과 간섭을 야기하지 않는 반면, 단일 HAPS 비행선은 가입자국에 상당한 간섭을 야기하고 있어 30cm에서 60cm 직경의 안테나를 사용하는 경우 HAPS 비행선의 nadir와 FWA 가입자국간에 200km의 이격 거리가 요구되었다. 이들 연구들은 HAPS 시스템과 FWA 시스템이 공존할 수 없음을 보여주고 있지만, 그 결과들은 상당히 단순화된 시나리오를 바탕으로 한 것들이다.

따라서, HAPS로부터 FWA 시스템으로의 간섭을 분석하기 위해 HAPS 시스템과 FWA 시스템에 대한 실질적인 안테나 패턴과 적절한 전파 모델 그리고 현실적인 FWA 특성을 포함하는 보다 정확한 간섭 모델에 근거하여 심도 있는 분석이 요구되고 있다. 본 논문에서는 HAPS 시스템의 지상국(ground

station)으로부터 P-MP FWA 시스템의 기지국(base station; BS) 및 단말국(terminal station; TS)으로의 간섭을 분석하기 위해 두 시스템을 위한 실질적인 안테나 패턴과 P-MP 네트워크의 적절한 지리적 분포, 그리고 HAPS 시스템의 적절한 셀 구조 등을 사용하여 HAPS 시스템과 FWA 시스템의 호환성에 대한 자세한 분석 결과를 제시함으로써 향후 HAPS 시스템의 설계에 도움을 주기 위한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 시스템 특성

1. HAPS 시스템

본 논문에서 사용된 HAPS 시스템의 비행선(airship)은 용량 향상을 위하여 멀티 빔 안테나 또는 배열 안테나를 사용하여 지상의 다수의 셀들을 서비스하고 있다. 또한 서비스 커버리지를 구성하는 셀들은 일반적으로 그림 1과 같이 육각형태의 구조를 이루고 있으며, HAPS 커버리지는 직경 60km의 영역으로 6.3km의 직경을 갖는 121개의 셀로 구성되고 있다.

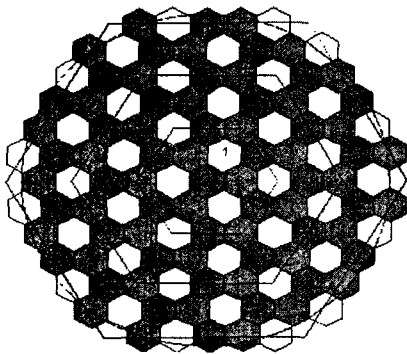


그림 1 HAPS 시스템의 셀 구조

각 셀의 중심에 위치하는 HAPS GS의 안테나는 ITU-R 권고안 F.1245^[4]에서 제시한 패턴을 사용하고 있으며, 송신 전력 등의 다른 시스템 특성은 ITU-R 권고안 F.1569^[5]에 주어진 특성 파라미터를 사용한다.

2. FWA 시스템

본 논문에서 FWA 시스템은 지점 대 다지점(Point-to-Multipoint; P-MP) 방식을 사용하고 있다. P-MP 시스템에서, 주요 네트워크 트래픽은 최종 사용자에게 하나 또는 그 이상의 채널을 통하여 적절한 무선 접속 기술로 다수의 기지국을 통해 전달된다.

P-MP 시스템은 표준 네트워크 인터페이스를 제공하고, 가입자들을 적절한 네트워크 노드에 신뢰성

있게 연결해주고 있다. 이러한 시스템에서는 매우 넓은 지역에서 다수의 사용자에게 서비스를 제공할 수가 있다.

BS의 수신 안테나는 $\pm 50^\circ$ 에서 평탄화되며 이후 매 4.5. 마다 1dB씩 떨어지는 안테나로, 19dBi의 이득으로 HAPS nadir를 향하여 90° 도로 섹터화되었다고 가정한다. 또한 EN 301 215^[6]의 앙각 프로파일은 실질적인 최악의 경우를 위해 무시된다.

III. 간섭 시나리오

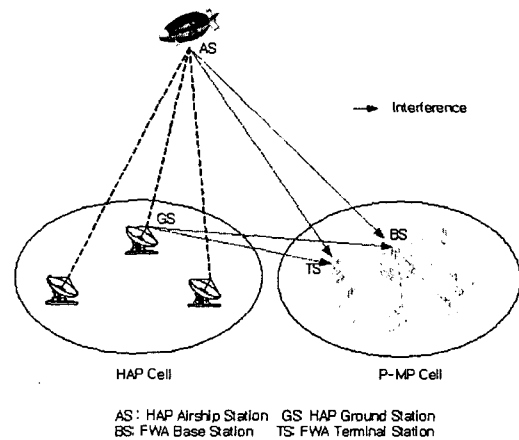


그림 2 HAPS 시스템으로부터 P-MP FWA 시스템으로의 간섭 시나리오

그림 2는 HAPS 시스템으로부터 P-MP FWA 시스템으로의 간섭 시나리오를 보여주고 있다. 본 논문에서는 고려되는 네 가지의 간섭 시나리오 중에서 HAPS GS로부터 P-MP FWA 시스템의 BS 및 TS로의 간섭 영향을 FWA 시스템의 BS 및 TS가 FWA 시스템 커버리지 내에서 HAPS 시스템의 커버리지에서 가장 멀리 떨어진 지점에 위치하는 경우(최상의 경우)와 가장 가까운 지점에 위치하는 경우(최악의 경우)로 나누어 분석하였다.

1) HAPS GS로부터 P-MP FWA BS로의 간섭 모델

HAPS GS로부터 P-MP FWA BS으로의 간섭을 평가하기 위한 기본적인 모델이 그림 3에 나타나 있다. 다수의 HAPS 지상국은 HAPS 시스템의 셀들에 레일레이 분포(Rayleigh distribution)를 갖는 높이로 랜덤하게 배치되어 있다고 가정한다. 각 GS 송신기에 대하여 BS 수신기는 가시거리경로 안에서 임의의 각으로 랜덤한 분포를 갖는다고 가정하며, 가시거리경로 확률을 갖는 각 GS 송신기로부터 BS 수신기로의 수신된 전력을 계산할 수 있다.

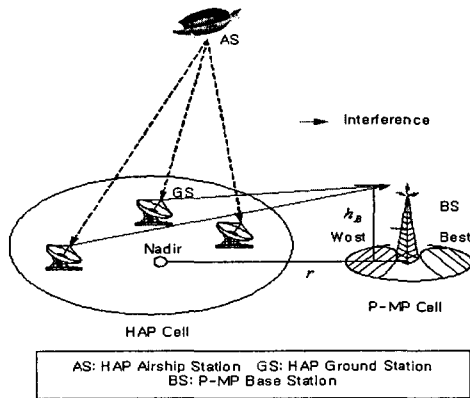


그림 3 HAPS GS로부터 P-MP BS로의 간섭 모델

2) HAPS GS로부터 P-MP FWA TS로의 간섭 모델
 HAPS GS로부터 P-MP FWA TS로의 간섭을 평가하기 위한 기본적인 모델이 그림 4에 나타나 있다. 다수의 HAPS GS와 다수의 P-MP TS 역시 HAPS 시스템의 다중 셀 시나리오에서 레일레이 분포를 갖는 높이로 랜덤하게 분포되어 있다고 가정하며, 가시거리경로 확률을 갖는 각 GS 송신기로부터 TS 수신기로 수신된 전력을 계산할 수 있다.

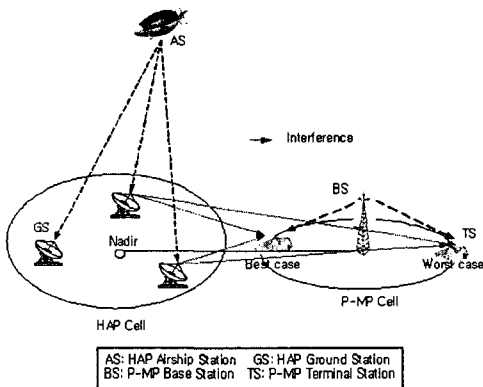


그림 4 HAPS GS로부터 P-MP TS로의 간섭 모델

IV. 시뮬레이션 및 평가

HAPS GS로부터 P-MP FWA BS 또는 TS로 수신된 전력은 인접 셀이나 동일 셀에서 평가되어야만 한다. HAPS GS의 스팟 빔으로부터 P-MP FWA BS 또는 TS로의 간섭 전력 I (dB(W/MHz))는 다음 식과 같다.

$$I = \sum_{N_{GS}} I_{GS} \quad (1)$$

여기서 N_{GS} 는 HAPS GS의 수이고, I_{GS} 는 GS로부터

FWA BS 또는 TS로 수신된 간섭 전력으로 식 (2)를 통해 얻을 수 있다.

$$I_{GS} = P_{Tx_GsBn} + G_{Tx_GsBn}(\theta_{GsBn_F}) - L_{Gs_F} + G_{Rx_FWA}(\theta_{F_Gs}) - L_{Rx_FWA} \quad (3)$$

여기서,

P_{Tx_GsBn} : HAPS GS의 스팟 빔(B_n)의 송신 전력 밀도 (dB(W/MHz))

$G_{Tx_GsBn}(\theta_{GsBn_F})$: FWA BS 또는 TS로 향하는 HAPS GS 스팟 빔의 안테나 이득(dBi)

L_{Gs_F} : HAPS GS와 FWA BS 또는 TS간 경로 손실 (dB)

$G_{Rx_FWA}(\theta_{F_Gs})$: HAPS GS를 향하는 FWA BS 또는 TS의 안테나 이득(dBi)

L_{Rx_FWA} : 수신방향에서 FWA BS 또는 TS의 경로 손실(dB)

1) HAPS GS로부터 P-MP FWA BS로의 간섭 분석

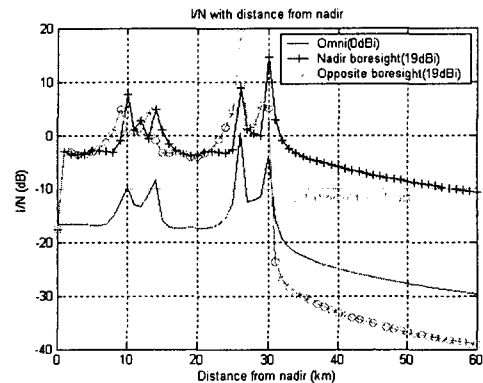
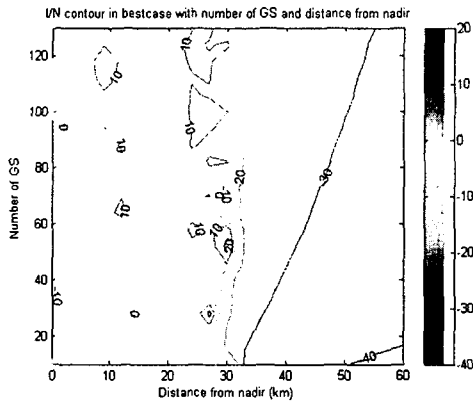


그림 5 20개의 HAPS GS로부터 P-MP FWA BS로의 I/N

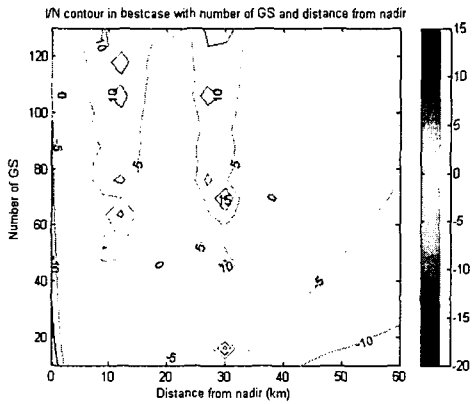
그림 5는 20개의 HAPS GS로부터 수신된 P-MP FWA BS에서의 간섭대잡음비(Interference-to-noise ratio; I/N)를 나타낸다. 그림 5로부터 최악의 경우에 nadir로부터 55km까지는 I/N값이 최대 임계값 밑으로 떨어지지 않음을 알 수가 있는 반면, 최상의 경우에는 nadir로부터 약 31km의 지점인 경계부근에서 -25dB의 값을 보여 보다 급격하게 떨어지고 있음을 알 수가 있다. 물론 더욱 많은 수의 HAPS GS의 경우에는 주어진 위치에서 보다 높은 I/N값을 보일 것이다. HAPS GS 수의 증가로 인한 I/N값의 변화가 최상의 경우와 최악의 경우의 경우에 대하여 그림 6 (a)와 (b)에 나타나 있다.

I/N = -10dB의 임계값을 갖는 그림 6 (a)의 최상의

경우에서, HAPS GS의 수는 HAPS 시스템과 FWA 시스템간의 요구 이격거리에 영향을 주지 못하고 있음을 알 수 있다. 만일 BS 수신기가 간섭에 보다 민감하여 $I/N = -30\text{dB}$ 이하를 요구한다면 10 ~ 130개의 GS를 갖는 HAPS 시스템 서비스 영역과 FWA 서비스 영역 간에는 3km에서 25km의 이격거리가 요구된다. 그러나 $I/N = -10\text{dB}$ 의 임계값을 갖는 최악의 경우를 고려하면, 20개의 GS를 가질 때 15km 이상의 이격거리가 요구된다.



(a) 최상의 경우



(b) 최악의 경우

그림 6 다수의 GS로부터 FWA BS로의 I/N 곡선

2) HAPS GS로부터 P-MP FWA TS로의 간섭 분석
 그림 7은 3채널 주파수 재사용의 121개의 셀 시나리오에서 20개의 HAPS GS로부터 P-MP FWA TS로 수신된 최상의 경우와 최악의 경우에 대한 I/N을 보여준다. 이 경우에서 P-MP BS와 TS는 각각 50m와 20m의 높이를 갖으며, TS 수신 안테나의 이득은 36dBi로 가정한다. 그림 7로부터 최악의 경우에는 I/N값이 nadir로부터 60km까지는 I/N 임계값 밑으로 떨어지지 않는 반면에, 최상의 경우에는 nadir로부터 30km의 경계지점에서 -15dB 로 급격하게 감소

하고 있음을 알 수 있다.

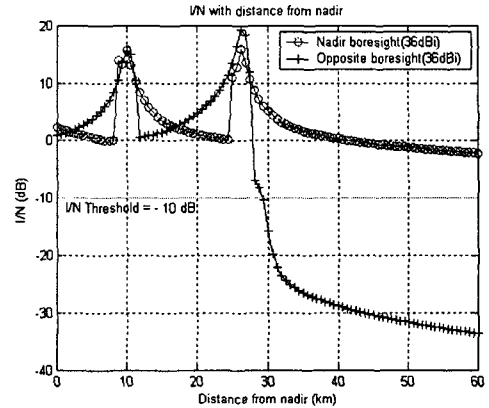
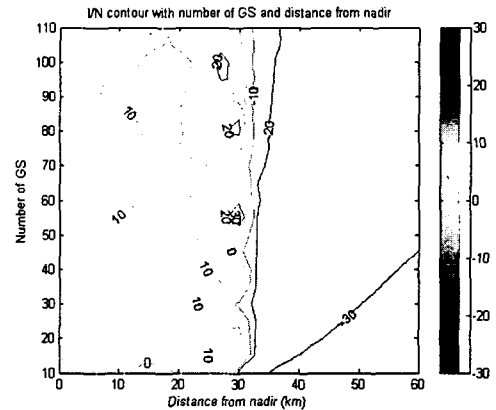
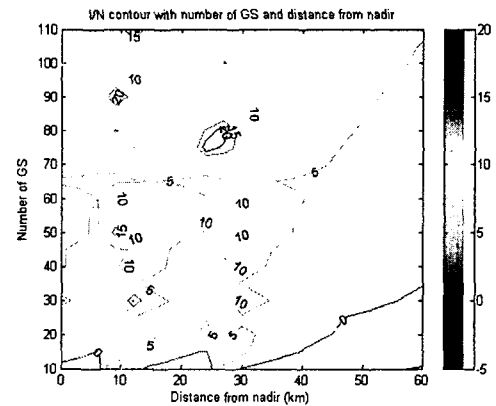


그림 7 20개의 HAPS GS로부터 P-MP FWA TS로의 I/N



(a) 최상의 경우



(b) 최악의 경우

그림 8 다수의 HAPS GS로부터 P-MP FWA TS로의 I/N 곡선

물론 HAPS GS의 수가 더 많을 경우에는 I/N 값이 더 크게 나타날 것이다. HAPS GS 수의 증가로 인한 I/N값의 변화가 최상의 경우와 최악의 경우에 대하여 그림 8 (a)와 (b)에 나타나 있다.

$I/N = -10\text{dB}$ 일 때 그림 8 (a)의 최상의 경우에서, HAPS GS의 수는 HAPS 시스템과 FWA 시스템간 이격거리에 영향을 주지 않으며, 즉 110개의 GS에 대해서 스펙트럼 공유가 가능함을 알 수 있다. 반면 $I/N = -30\text{dB}$ 인 경우, 10개에서 45개로 증가하는 GS 수에 대하여 두 서비스 영역간 이격거리는 5km에서 30km가 요구되고 있다. 그러나 그림 8 (b)에서는 두 시스템간 이격거리가 충분히 보장된다고 하더라도 최악의 경우에 있어서 HAPS 시스템과 FWA 시스템간 스펙트럼 공유는 불가능함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 HAPS 시스템의 GS로부터 P-MP FWA BS로의 간섭 및 HAPS 시스템의 GS로부터 TS로의 간섭 영향에 대하여 분석하였다.

HAPS GS로부터 P-MP FWA BS로의 간섭의 경우, 섹터화된 안테나를 사용하는 BS국이 nadir의 반대편을 바라보고 있을 때에 두 시스템은 28/31GHz 대역에서 효율적으로 운용될 수가 있다. 그러나 HAPS GS로부터 P-MP FWA TS로의 간섭의 경우에는 충분한 이격거리가 보장되지 않거나, 간섭 경감 기법을 사용하지 않는다면 이 대역에서 두 시스템은 효율적인 스펙트럼 공유가 불가능하다. 향후 HAPS 시스템의 비행선(airship)으로부터 P-MP FWA 시스템의 BS 및 TS로의 간섭 영향에 대한 추가적인 연구를 통하여 HAPS 시스템과 P-MP FWA 시스템의 호환성에 대한 분석이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] B. S. Kim, J. M. Park, B. J. Ku, Y. H. Kang and D. S. Ahn, *Analysis on the Interference effects into the radio-relay station from the HAPS system*, CIC 2001, Seoul, Korea. Oct. 30 -Nov. 2, 2001
- [2] Masayuki OODO, Ryu MIURA, *A study of frequency sharing and contribution to ITU for wireless communication systems using stratospheric platforms*, Journal of the Communication Research Laboratory, Vol, 48 No. 4, 2001
- [3] Doc.4-9S/219-E, *Interference from the downlink of fixed service using high altitude platform stations to the uplink of the fixed satellite service in the band 27.5GHz ~ 28.35GHz*, 28 March, 2002
- [4] ITU-R Recommendation 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 1GHz to about 70GHz, 2000

- [5] ITU-R Recommendation F.1569, *Technical and operational characteristics for the fixed services using high altitude platform stations in the bands 27.5~28.35GHz and 31.0~31.3GHz*, 2002
- [6] ETSI EN 301 215-2 v 1.3.1, *Fixed Radio Systems; Point-to-Multipoint Antenna; Antennas for point-to-multipoint fixed radio systems in the 11GHz to 60GHz band; Part 2: 24GHz to 30GHz*, June 2002

M E M O