

인접 대역에서 HAPS IMT-2000 시스템이 지상 IMT-2000 시스템에 미치는 간섭 영향 분석

Analysis on the Interference Effects from HAPS IMT-2000 System into Terrestrial IMT-2000 System in the Adjacent Bands

강영흥*, 최문환*

Young-Heung Kang* and Mun-Hwan Choi*

요 약

WRC-2000에서는 IMT-2000 서비스 제공을 목적으로 하는 HAPS(High Altitude Platform Station) 시스템에 1885-1980MHz, 2010-2025MHz 그리고 2110-2170MHz 대역을 할당하였다. 하지만 이 대역은 이미 기존의 지상 IMT-2000 서비스를 제공하는 시스템에 할당된 대역이다. 이에 본 논문에서는 인접 대역에서 HAPS 시스템으로부터 지상 IMT-2000 시스템으로의 간섭 영향을 분석하였다. 이를 위해, 서비스와 시스템의 요구 사항 분석, 분석용 시스템의 파라미터 설정, 간섭 분석 시나리오 및 알고리즘 개발을 통한 시스템 성능평가를 행하여 HAPS 시스템과 기존의 위성/지상 시스템간의 주파수 공유 체계를 확립하고 주파수 공유를 위한 기술기준을 도출하고자 한다.

Abstract

WRC-2000 allowed HAPS to provide IMT-2000 service in the bands 1885-1980 MHz, 2010-2025 MHz and 2110-2170 MHz which have been utilized by the conventional terrestrial IMT-2000 service. In this paper, we analyze the interference effects from HAPS into terrestrial IMT-2000 system in adjacent band. To do this, in this paper, we have analyzed the interference and the sharing criteria between HAPS and the conventional terrestrial/satellite mobile system by considering the service and system requirements, the specification of system and developing the interference scenarios and the analysis algorithms.

Key words : HAPS, IMT-2000 system, Frequency sharing, Interference-to-noise ratio

I. 서 론

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

WRC-2000에서는 IMT-2000 서비스를 제공하는 기존의 지상 기지국에 할당된 주파수 대역에 HAPS를 이용하여 IMT-2000 서비스를 제공하려는 새로운 시스템을 허용하였다. 이에 ITU 등의 국제 표준화 기구에서도 이에 대한 연구를 활발히 진행하여 공유 기준을 제시하고 있다. 그러나, 이들 간섭 분석의 결과는 특정 서비스 환경 및 시나리오에 국한되고 있으며, 때로 매우 큰 조정 거리를 필요로 하는 등의 문제점

* 군산대학교(Kunsan University)

· 제1저자 (First Author) : 강영흥

· 접수일자 : 2006년 10월 30일

이 발생하고 있어 새로운 간섭 시나리오 분석 방법 및 분석 알고리즘 개발을 통한 주파수 공유 기준 도출에 대한 연구는 아직도 미비한 실정이다.

이에 본 논문에서는 HAPS IMT-2000 서비스 망과 지상 IMT-2000 서비스 망간의 인접 대역에 대한 간섭을 분석하기 위하여 서비스 및 시스템 요구 사항 분석, 분석용 시스템의 파라미터 설정, 간섭 분석 시나리오 및 알고리즘 개발을 통한 시스템 성능 평가를 행하였으며, 향후 HAPS 시스템과 기존 지상/위성 시스템간의 주파수 공유/간섭 분석 체계를 확립하고 주파수 공유를 위한 기술기준을 도출하고자 한다.

II. 시스템 특성

2-1 지상 IMT-2000 시스템

지상 IMT-2000 시스템의 기지국(BS) 파라미터는 ITU 문헌 8F/TEMP/276 Rev.1[2]에 규정되어 있으며, 표 1에 피간섭 시스템으로서의 기지국 수신기 파라미터가 제시되어 있다.

표 1. 지상 IMT-2000 기지국 수신기 파라미터
Table 1. BS receiver parameters of terrestrial IMT-2000 system.

셀 형태	Rural
안테나 타입	120° 섹터
최대 안테나 이득((dBi)	18
다운틸트 각(deg)	2.5
안테나 피더 손실(dB)	2
안테나 높이(m)	30
안테나 polarization	Linear
수신기 잡음 지수(dB)	5
수신기 열 잡음(dB/W/MHz)	-139
간섭 기준(I_{sat}/N_{th})(dB)	-10

이 때 기지국에 사용되는 안테나는 시골 지역 구현(rural deployments)을 위해 ITU-R 권고 F.1336-1[3]에서 제시한 안테나 패턴에 근거하고 있으며, 현재 ITU 내에서 준 도시(suburban) 및 도시(urban) 지역 구현을 위한 합의된 패턴이 없으므로 이를 위하여 표 1과 동일한 패턴으로 표 2의 파라미터를 가정한다. 또한 지상 IMT-2000 시스템을 위한 이동국(MS) 파라미터는 표 3과 같다.

표 2. Suburban 및 urban 지역을 위한 안테나 파라미터
Table 2. Antenna parameters for suburban or urban area.

셀 형태	전원	준도시 (Macro)	도시 (Micro)
안테나 타입	120° 섹터	120° 섹터	120° 섹터
최대 안테나 이득((dBi)	18	18	8
다운틸트 각(deg)	2.5	2.5	0
안테나 k 인자	0.2	0.2	0.2
안테나 피더 손실(dB)	2	2	2
안테나 높이(m)	30	30	30

표 3. 지상 IMT-2000 이동국 수신기 파라미터
Table 3. MS receiver parameters of terrestrial IMT-2000 system.

안테나 타입	등방형
최대 안테나 이득((dBi)	0
안테나 피더 손실(dB)	0
안테나 높이(m)	1.5
안테나 polarization	Linear
수신기 잡음 지수(dB)	9
수신기 열 잡음(dB/W/MHz)	-135
간섭 기준(I_{sat}/N_{th})(dB)	-9.9

2-2 HAPS IMT-2000 시스템

간섭 시스템으로서의 HAPS 시스템 파라미터는 다음과 같다.

표 4. HAPS IMT-2000 송신 파라미터
Table 4. Parameters of transmitter of HAPS IMT-2000 system.

안테나 타입	Resolution 221($L_N=-25$ dB)
최대 안테나 이득((dBi)	30
송신 전력(dBW)	-10
대역폭	5
빔 패턴	원형
안테나 높이(m)	20
주파수 재사용	7-빔 클러스터
총 빔의 개수	367
서비스 커버리지 반경(km)	55
비 희망 방사	3GPP Spec. TS 25.104

IMT-2000 서비스의 기지국으로서의 HAPS를 사용하는 나라는 동일 채널 간섭으로부터 IMT-2000 서비스를 운용하는 인접 국(station)을 보호하기 위해

WRC-2000 Resolution 221[4]에 제시된 안테나 패턴을 준수하여야 한다.

또한 HAPS IMT-2000 시스템의 지상국(GS)은 IMT-2000 서비스를 제공하기 위한 터미널로서 지상 IMT-2000 시스템의 이동국(MS)과 동일한 규정을 따른다고 가정하며, 지상국의 송신 파라미터는 표 5와 같다.

표 5. HAPS IMT-2000 지상국 송신 파라미터
Table 5. GS transmitter parameters of HAPS IMT-2000 system.

송신 전력(dBW)	17
운용 대역폭(MHz)	5
안테나 타입	등방향
최대 안테나 이득(dBi)	0
안테나 피더 손실(dB)	0
안테나 높이(m)	1.5
안테나 polarization	Linear
비 회망 방사	3GPP TS 25.101

III. 간섭 시나리오

3-1 간섭 분석 방법

본 논문에서는 지상 IMT-2000 서비스와 인접 대역에서 운용될 HAPS IMT-2000 서비스와의 호환성을 분석하기 위한 방법으로서 동일 위치 주파수 공유(co-located sharing) 분석 방법을 도입한다.

동일 위치 시스템으로부터의 간섭은 총 간섭 대역잡음에 근거하여 결정되며 식 (1)을 이용하여 얻을 수 있다.

$$\frac{I_{OOB}}{N_{th}} = \frac{1}{N_{th}} \sum_{\Delta f=1}^2 \sum_{beams} \frac{P_{Tx} G_{Tx} G_{Rx}}{L_p L_f} A_x A_{OOB} \quad (1)$$

여기서,

I_{OOB} : 수신기 대역폭의 대역 외 방사 시스템으로부터의 총 간섭

N_{th} : 대상 대역폭에서 수신기의 열 잡음

$\sum_{\Delta f=1}^2$: 회망 캐리어에 가장 가까운 주파수에서 두 주파수 블록에 대한 합

\sum_{beams} : 고려되는 주파수 블록 내의 대상 시스템에 대한 총 송신 빔들의 합

P_{Tx} : 대상 시스템 안테나의 송신 전력

G_{Tx} : 송신기로부터 수신기 방향으로의 이득

G_{Rx} : 수신기로부터 송신기 방향으로의 이득

L_p : 간섭원 송신기와 수신기간의 잔파 손실

L_f : 수신기에서의 피더 손실(주어지지 않으면 1)

A_x : 조정 인자(polarization advantage 등을 설명하기 위한 인자, 주어지지 않으면 1)

A_{OOB} : 고려되는 블록에서 주파수 이격에 대한 조정 인자

3-2 간섭 경로

1) Path A

이 간섭 경로는 그림 1과 같이 HAPS downlink가 지상 IMT-2000 시스템의 기지국 및 이동국에 미치는 간섭 경로를 나타낸다. 지상 IMT-2000 시스템의 기지국이나 이동국은 HAPS 빔의 중심에 고정되는 것으로 가정하며, 그 빔은 지상 IMT-2000 주파수에 인접한 두 주파수 블록 상에서 운용되어 대역 외 항 A_{OOB} 로 간섭을 받는다고 가정한다.

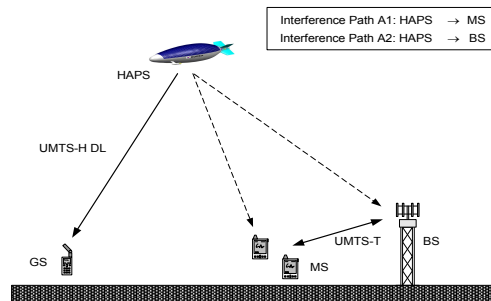


그림 1. 간섭 Path A

Fig. 1. Interference path A.

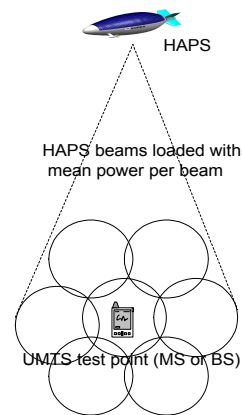


그림 2. 이동국에 미치는 간섭 Path A

Fig. 2. Interference path A to the MS.

여기서 이동국에 미치는 간섭의 경우, 식 (1)의 합 (\sum_{bemas})항은 그림 2에 보이는 바와 같이 고려하는 주파수 블록 내의 모든 HAPS 송신 빔들의 합이다. 각 빔 상의 트래픽은 상세한 각 캐리어 모델링 대신 빔 당 평균 전력, 빔 당 평균 대역폭을 이용하여 aggregate 형태로 모델을 설정한다.

또한 Path A에서 기지국에 미치는 간섭은 이동국에 미치는 간섭과 유사하게 모델링 할 수 있다. 추가로 안테나의 섹터화를 고려하는 것이 필요하며 나아가 섹터화에 따른 I/N 기준값 설정을 위한 웨이팅 인자(weighting factor)가 고려되어야 한다.

2) Path B

Path B는 그림 3에 보이는 것처럼 HAPS uplink와 지상 IMT-2000 서비스 간의 간섭 경로를 나타낸다. 주파수 분리에 의해 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국은 HAPS 빔의 중심에 놓이며, 인접 대역 HAPS 이동 지상국들로부터 간섭을 받는다. 최악의 간섭 시나리오는 지상 IMT-2000 기지국이나 이동국의 주파수에 가장 근접한 주파수에서 운용되는 HAPS 빔이 이들 국들을 포함하여 최소의 대역 외 감쇄 및 최소의 지형적 분리를 갖는 경우에 일어난다.

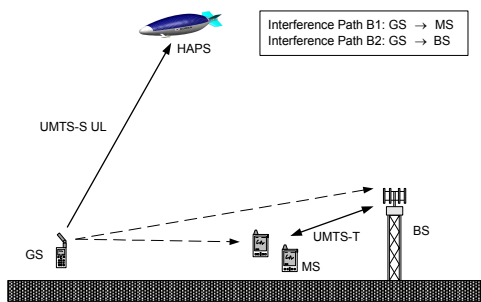


그림 3. 간섭 Path B
Fig. 3. Interference path B.

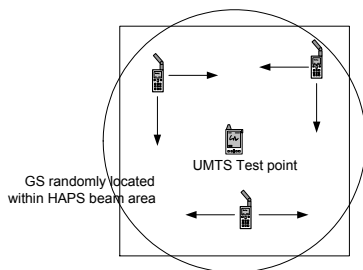


그림 4. 이동국에 미치는 간섭 Path B
Fig. 4. Interference path B to the MS.

여기서 이동국에 미치는 간섭의 경우, 식 (1)에 포함된 합(\sum_{bemas})항은 이 경우 그림 4에 보이는 바와 같이 이동 지상국들의 합이다. 이 합은 지상 IMT-2000 시스템에 가장 가까운 한 HAPS 빔 내의 모든 이동 지상국들로부터의 간섭의 합이다. 이 지상국들은 빔 내에 일정 유저 밀도로 가정하며, 아울러 그 지역 내에 랜덤하게 분포하는 것으로 가정한다. 또한 본 논문에서 사용된 전파 경로 손실 모델은 지상 이동 통신 시스템에 널리 이용되고 있는 PCS Extended to Hata 모델을 사용한다.

IV. 간섭 분석 결과

4-1 Path A

그림 5는 HAPS 비행선으로부터 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국에 미치는 간섭을 평가하기 위해, HAPS 송신 대역폭 및 지상 IMT-2000 수신 대역폭은 5MHz로 동일하고, 기지국의 안테나는 틸트 각이 2.5°인 섹터 안테나, 이동국 안테나는 0dB의 등방성 안테나로 가정하여 계산한 I/N값을 보인다. 여기서 IMT-2000 기지국 및 이동국이 HAPS 커버리지 내의 중심에 위치할 때 최악의 간섭 시나리오는 HAPS 송신 안테나와 지상 IMT-2000 수신 안테나가 마주 보는 경우로 가정한다.

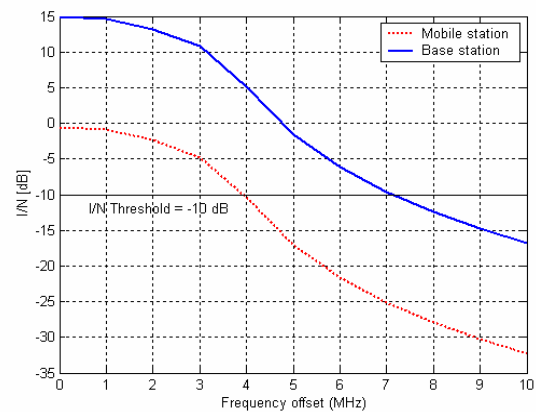


그림 5. HAPS 커버리지 중심에서 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국에 미치는 최악의 I/N
Fig. 5. Worst I/N at the terrestrial IMT-2000 BS and MS in the nadir of HAPS coverage.

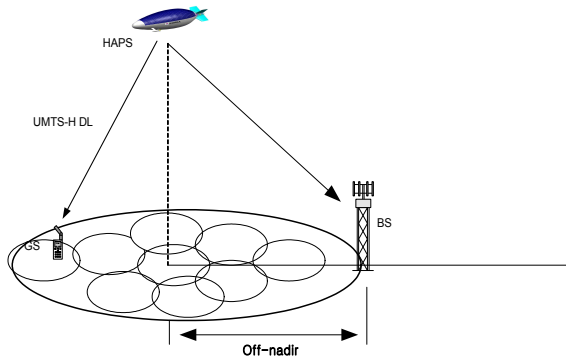
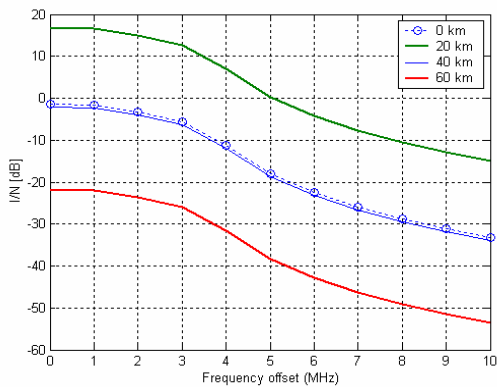


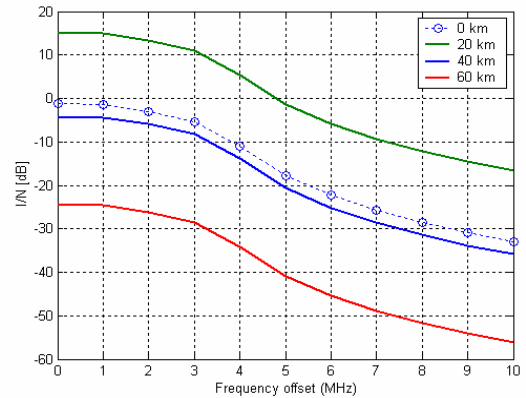
그림 6. 지상 IMT-2000 기지국의 위치
Fig. 6. Location of terrestrial IMT-2000 BS.

그러나 실제로 HAPS 비행선의 안테나와 지상 IMT-2000 기지국의 안테나가 수평으로 놓이지는 않으며, 그림 6에서 보이는 바와 같이 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국이 HAPS 커버리지의 nadir에서 멀어짐에 따라 그림 7과 같이 $I/N = -10\text{dB}$ 를 만족하기 위한 주파수 오프셋이 다르게 주어진다.

따라서 IMT-2000 기지국 및 이동국이 HAPS 커버리지 중심으로부터 떨어진 거리(off-nadir)에 따라 $I/N = -10\text{dB}$ 를 만족하기 위한 주파수 오프셋을 구해보면 그림 8과 같다. 이 결과로부터 인접 대역에서 HAPS와 지상 IMT-2000 기지국간의 채널 공유를 위한 주파수 오프셋은 HAPS nadir와 기지국간의 off-nadir가 14km일 때 가장 최악의 경우로서 기지국에서는 10MHz, 이동국에서는 9.3MHz가 필요하며, HAPS 커버리지 경계 근방인 43km 이상에서는 최저인 0MHz로 주어진다.



(a) 지상 IMT-2000 BS의 경우



(b) 지상 IMT-2000 MS의 경우

그림 7. 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국의 off-nadir에 의한 I/N

Fig. 7. I/N of terrestrial IMT-2000 BS and MS according to the off-nadir.

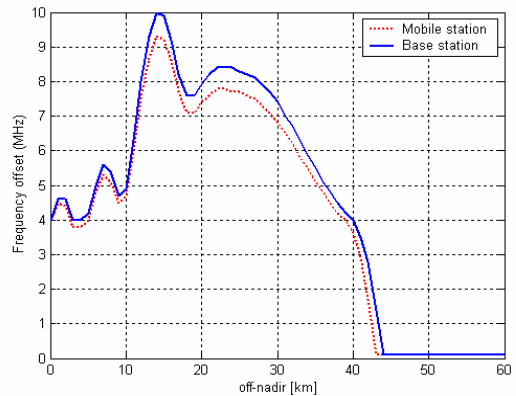


그림 8. IMT-2000 기지국 및 이동국의 off-nadir에 의한 주파수 오프셋($I/N = -10\text{dB}$)

Fig. 8. Frequency offset of terrestrial IMT-2000 BS and MS according to off-nadir($I/N = -10\text{dB}$).

4-2 Path B

1) 단일 이동 지상국

그림 9는 인접 대역에서 단일 HAPS 이동 지상국이 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국에 미치는 간섭을 평가하기 위해 두 시스템간 거리를 1km로 가정할 때 인접 대역의 주파수 오프셋에 따른 I/N 값을 나타낸다.

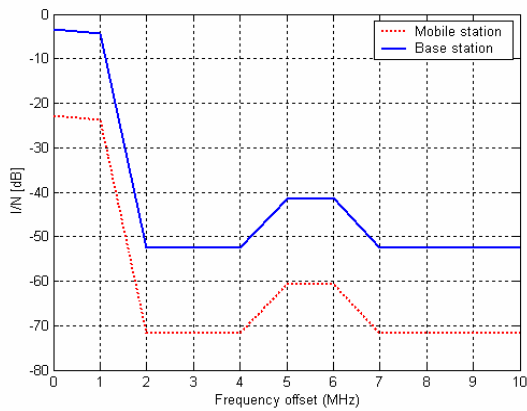


그림 9. 단일 HAPS 지상국이 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국에 미치는 I/N(시스템간 거리 1km)

Fig. 9. I/N from single HAPS GS into terrestrial IMT-2000 BS and MS(distance between systems=1km).

2) 다수 이동 지상국

다수의 HAPS 지상국들에 의한 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국에 미치는 간섭 영향을 분석하기 위해 그림 10과 같이 지상 IMT-2000 기지국 또는 이동국 주위 반경 1-20km 내에 10,000개의 HAPS 지상국들이 정규분포를 한다고 가정하여 기준치 I/N=-10dB를 초과하는 지상국들의 분포를 그림 11에 나타내었다.

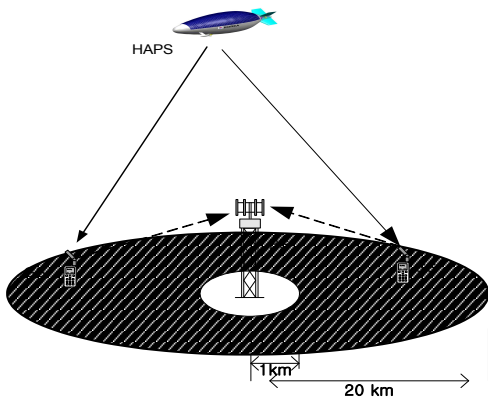


그림 10. 다수의 HAPS 지상국들에 의한 지상 IMT-2000 기지국 또는 이동국에 미치는 간섭 모델

Fig. 10. Interference model from the multiple HAPS GS into the terrestrial IMT-2000 BS or MS.

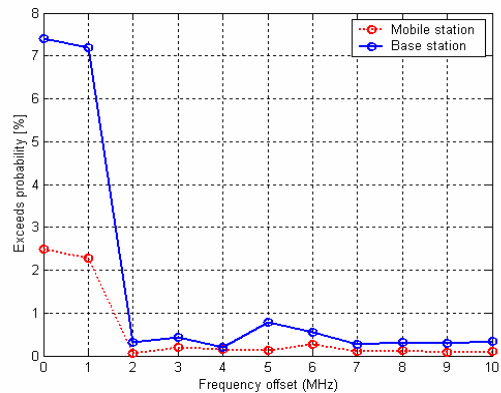


그림 11. 지상 IMT-2000 기지국 또는 이동국에서 기준치를 초과하는 다수 HAPS 지상국 확률 (I/N=-10dB)

Fig. 11. Excess probability of multiple HAPS GS at the terrestrial IMT-2000 BS or MS (I/N=-10dB).

V. 결 론

지상 IMT-2000 기지국 및 이동국이 HAPS 커버리지 내의 중심에 위치할 때, 간섭 시나리오 중 최악의 경우는 기지국에서는 적어도 7MHz 이상, 이동국에서는 적어도 4MHz 이상의 주파수 오프셋이 확보되어야 간섭 기준을 만족한다. 한편 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국이 HAPS 커버리지 중심으로부터 떨어진 거리에 따른 간섭 기준을 만족하기 위한 주파수 오프셋은 시스템간 이격거리가 14km일 때 최악의 경우로서 기지국에서는 10MHz, 이동국에서는 9.3MHz, HAPS 커버리지 경계 근방인 43km 이상에서는 0MHz로 서비스 경계면 상에서는 주파수 오프셋이 확보되지 않더라도 주파수 공유가 가능함을 알 수 있다.

인접 대역에서 단일 HAPS 지상국이 지상 IMT-2000 기지국 및 이동국에 미치는 간섭의 경우, 주파수 오프셋이 적어도 1.2MHz 이상이 되어야 간섭 기준을 만족한다. 반면 이동국에 미치는 간섭의 경우 시스템간 1km의 이격거리만 만족해도 동일 채널로 주파수 공유가 가능하다. 한편, 다수의 HAPS 지상국들(10,000개)이 지상 IMT-2000 기지국에 미치는 간섭 영향 분석에서는 기준치를 초과하는 HAPS 지상국의 분포가 동일 채널 상에서 7.4%이지만, 채널 분리를 2MHz 이상으로 하면 1% 미만의 지상국이

간섭을 초과한다. 마찬가지로 지상 IMT-2000 이동국에 미치는 HAPS 지상국들의 간섭은 동일 채널에서 2.5%의 지상국들이 간섭 기준을 초과하지만, 채널 분리를 2MHz 이상으로 하면 0.3%의 지상국들만이 간섭 기준을 초과함을 알 수가 있다.

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] ITU-R Document 8F/TEMP/276 Rev. 1, PDNR on characteristics of terrestrial IMT-2000 systems for frequency sharing/interference analyses.
- [3] ITU-R Recommendation F.1336-1, Reference radiation patterns of omnidirectional, sectoral and other antennas in point-to-multipoint systems for use in sharing studies in the frequency range from 1 GHz to about 70 GHz, 2000.
- [4] ITU-R Resolution 221, Use of high altitude platform stations providing IMT-2000 in the bands 1885-1980 MHz, 2010-2025 MHz and 2110-2170 MHz in region 1 and 3 and 1885-1980 MHz and 2110-2160 MHz in region 2, 2000.

강 영 흥 (姜榮興)



1984년 2월 : 항공대학교 통신공학과(공학사)
 1986년 2월 : 항공대학교 전자공학과(공학석사)
 1993년 2월 : 항공대학교 전자공학과(공학박사)
 1995년 8월 ~ 1996년 8월 : 일본

오사카대학 객원교수

2003년 8월 ~ 2005년 2월 : 영국 Yorkeogkr 객원교수
 1990년 4월 ~ 현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수
 2000년 1월 ~ 현재 : 한국 ITU-R 위원
 관심분야 : 무선통신, HAPS, UWB

최 문 환 (崔文煥)



2002년 2월 : 군산대학교 정보통신공학과(공학사)
 2004년 2월 : 군산대학교 전자정보공학부(공학석사)
 2004년 3월 ~ 현재 : 군산대학교 전자정보공학부 박사과정
 관심분야 : HAPS, UWB