

주파수 공유를 위한 HAPS 시스템이 무선 중계국에 미치는 간섭 영향 분석

정회원 박종민*, 구본준*, 안도섭*, 김봉석**, 강영흥**

Interference Analysis of Radio-Relay Stations Affected by HAPS System for Frequency Sharing

Jong-Min Park*, Bon-Jun Ku*, Do-Sub Ahn*, Bong-Seok Kim**, Young-Heung Kang**

Regular Members

요 약

WRC-2000에서 3GHz 이상의 대역에서 운영할 성층권 통신 시스템(HAPS)의 이용에 관한 연구로 Resolution 734가 채택되었다. 이에 새로운 HAPS 시스템과 기존의 지구상의 고정 서비스간의 공유 가능성이 먼저 분석되어야 한다.

본 논문에서는 HAPS 시스템이 무선 중계국에 미치는 간섭 영향을 두 가지의 경우로 나누어서 분석한다. 한가지는 HAPS 비행선의 PFD(Power Flux Density)에 의한 간섭이며, 다른 한가지는 HAPS의 지구국으로부터의 간섭 영향이다. 분석 결과 위성 시스템과는 다른 새로운 PFD 기준 설정이 필요하며, 기존의 FS 시스템과 새로운 HAPS 시스템의 공유를 위한 HAPS nadir 사이의 조정거리는 전송전력밀도가 -50dBW/MHz 일 때 최고 253km에서 최저 60km정도가 요구된다.

ABSTRACT

In WRC-2000, Resolution 734 was adopted to study the use of high altitude platform station(HAPS) operating in the bands above 3GHz. Therefore, frequency sharing feasibility between a new HAPS systems and an existing terrestrial fixed-service(FS) system should be analyzed primarily.

In this paper, interference effects from the HAPS system into the radio-relay station are analyzed in terms of two cases; one is the interference distribution from the power-flux density(PFD) of HAPS airships, and the other the interference power from the ground stations. In conclusion, the new PFD criteria different from the exiting satellite system should be required, and the coordinated distance between the HAPS nadir and the radio-relay station should be 60km ~ 253km for $P_{HC} = -50\text{dBW/MHz}$ of transmitting power spectral density to share the new HAPS system into the existing FS system.

I. 서론

성층권에서 HAPS(high altitude platform station)를 이용한 신기술들이 여러 가지 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 개발되어 왔다. WRC-97은 HAPS를 이용한 고정서비스(FS; Fixed Service)를

위해 47.2-47.5GHz와 47.9-48.2GHz 대역을 할당하였고, WRC-2000에서는 27.5-28.5GHz와 31.0-31.3 GHz의 사용은 비 간섭과 비 보호 근거 하에 일부 국가들에 허용되었다. 이에 지상 무선 통신시스템에 배타적으로 할당된 3GHz 이상의 대역에서 운용하는 HAPS의 이용을 연구하기 위해 WRC-2000에서

* 한국전자통신연구원 광대역무선통신연구부(jongmin@etri.re.kr),

** 군산대학교 전자정보공학부(bskim@kunsan.ac.kr)

논문번호 : 010286-1015, 접수일자 : 2001년 10월 15일

Resolution 734가 채택되었다.

이전부터 부족한 주파수 자원의 효율적 이용을 위해 시스템간의 주파수 공유가 이루어져 왔으므로 새로운 HAPS 시스템의 도입에 따른 기존 시스템과의 주파수 공유 가능성 연구가 무엇보다도 중요하다. 18-32GHz 주파수에서의 HAPS 시스템에 관한 주파수 공유 가능성 연구는 Resolution 122 하에서 수행되어 왔으므로 Resolution 734에 의해 요구되는 주파수 공유 가능성 연구는 우선 3-18GHz 범위에 이루어져야 한다^[1]. 지금까지의 HAPS 관련 공유 가능성 연구는 주로 18-32GHz대의 기존 고정 서비스와 30-50GHz대의 위성 서비스에 집중되어 왔으므로^{[2],[3]}, 3-18GHz대의 주파수 공유 가능성 연구가 절실히 요구되고 있다. 특히 이 주파수대에서는 지상 무선 중계 서비스가 활발히 운용되고 있으므로 지상 무선 중계국과 HAPS 시스템간의 주파수 공유 가능성 문제 해결이 무엇보다 중요하다.

따라서, 본 논문에서는 HAPS 시스템이 지상 무선 중계국에 미치는 간섭 영향을 평가하기 위한 두 가지 방법을 제안한다. 한가지는 HAPS 비행선의 전송밀도(PFD; Power Flux Density)에 의한 무선 중계국에 미치는 간섭이고, 다른 한가지는 HAPS 지구국이 무선 중계국에 미치는 간섭이다.

전자의 간섭은 HAPS 비행선과 무선 중계국의 분포 특징, HAPS 비행선의 PFD, 그리고 위에서 말한 두 시스템의 안테나 패턴에 의해 평가되어야 한다. 오래 전부터 위성 시스템에서처럼 위성 PFD는 지표면에서의 양각 함수에 의해 제한되어 왔다. 마찬가지로, 기존의 지상 FS 시스템에 대해 새로운 HAPS 시스템과 공유하기 위해서 지표면에 대한 HAPS 비행선의 PFD 한계를 평가하는 것이 매우 중요하다.

후자의 간섭은 무선 중계국과 HAPS nadir 사이의 거리, 그리고 HAPS nadir 방향과 무선 중계 경로 방향 사이 방위각에 의해서 평가되어진다. 지상 FS와 HAPS 시스템 사이의 공유 가능성을 위해서 두 시스템간 조정 영역을 규정하는 것이 요구되고 있다.

II. 시스템 모델

1. 무선중계국

무선 중계 시스템은 다수의 홉으로 구성되며, 홉의 수는 ITU-R(CCIR)에서는 50홉, AT&T 시스템에 대해서는 140개의 홉을 가정하고 있다^{[4],[5]}. 그림

1은 HAPS 비행선 분포를 고려한 시스템 모델 개념을 보여주고 있다. 무선 중계 시스템의 랜덤 분포 특징은 참고문헌 [4]에 의해서 결정된다. HAPS의 서비스 반경을 400km로 가정하면 ITU-R 권고에 의한 최장 2,500km의 무선 중계국 분포 거리에 의해 그림 1과 같이 수많은 HAPS 비행선에 의해 간섭의 영향을 받는다고 할 수 있다.

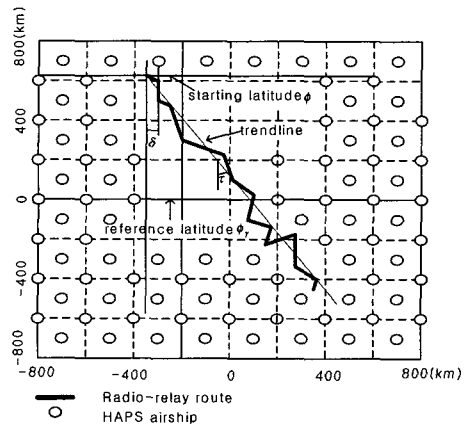


그림 1. 무선중계국과 HAPS airship의 분포

만일, 무선 중계 수신 안테나 이득이 모든 평면에서 같다고 가정하면 HAPS 비행선 간섭 방향에서의 이득 $G(\varphi)$ 는 ITU-R F.699 권고안에 따르는 다음의 패턴을 가정한다^[6].

$$G(\varphi) = \begin{cases} G_{\max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \right) \varphi & \text{for } 0 < \varphi < \varphi_m \\ G_1 & \text{for } \varphi_m \leq \varphi < 100 \frac{\lambda}{D} \\ 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \varphi & \text{for } 100 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 48^\circ \\ 10 - 10 \log \frac{D}{\lambda} & \text{for } 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \end{cases} \quad (1)$$

여기서,

φ : off-axis 각도

D : 안테나 직경

λ : 파장

G_1 : 첫 번째 사이드로브의 이득 = $2 + 15 \log \frac{D}{\lambda}$

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

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

무선 중계국의 Trendline와 안테나 방향이 결정되면, 가지거리 내의 모든 HAPS 비행선으로부터

첫 번째 무선 중계국에 미치는 전체 간섭의 계산이다. 가지거리 HAPS 비행선의 한계는 고도에 의해서 식 (2)와 같이 나타낸다^[7].

$$D(h) = (141.6 - 0.274h)\sqrt{h} \quad (2)$$

여기서 h 는 20-50km 범위의 HAPS 고도(km)이다. 식 (2)에 의해서 계산된 $D(h)$ 의 값은 표 1에 나타내었다.

표 1. $D(h)$ 의 계산 예

HAPS Altitude(km)	$D(h)$
20	611.2
25	677.1
30	735.0
35	786.6
40	833.1
45	875.3
50	913.9

HAPS 고도가 50km일 때, 가지거리는 표 1에 나타낸 것처럼 약 900km이다. 그러므로, 만약 50홉 무선 중계 시스템의 홉간 거리가 50km이라면, HAPS 비행선의 분포 범위는 $4,000 \times 4,000\text{km}^2$ 의 지역으로서 충분히 고려해야 한다.

2. HAPS 시스템

한 예로서 고도 20km의 HAPS 시스템을 이용하는 서비스 이미지는 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. 20km의 고도의 고정점에서 각 HAPS 비행선은 367개의 스폿 빔을 이용해서 110km의 직경(elevation 각도: 20° 정도)의 지상 서비스 지역을 커버할 수 있다^[8].

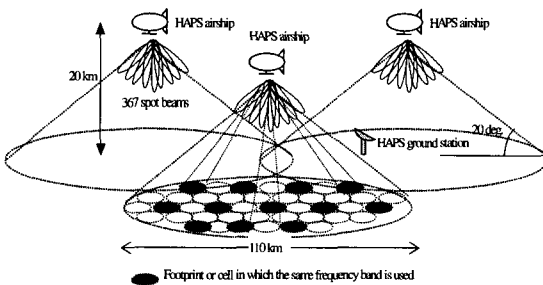


그림 2. HAPS를 이용한 고정 서비스 이미지^[7]

HAPS 비행선 nadir의 위치는 서비스 지역 사이의 중복을 고려해서 그림 1과 같이 100km 간격으로 분포된다고 가정한다. 만약 HAPS 비행선의 고도가 50km로 높아지면 동일한 양각($=20^\circ$)에서 비행선의 간격은 250km까지 확장될 수 있다.

일반적으로 지구 표면에 관한 PFD의 제한 $F(\theta)$ 는 양각의 함수에 의해서 식 (3)처럼 주어진다^[6].

$$F(\theta) = \begin{cases} pfd_{low} & \text{for } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ pfd_{low} + 0.05(pfd_{high} - pfd_{low})(\theta - 5) & \text{for } 5^\circ \leq \theta < 25^\circ \\ pfd_{high} & \text{for } 25^\circ \leq \theta < 90^\circ \end{cases} \quad (3)$$

예로써, HAPS 비행선이 IMT-2000 서비스를 제공하기 위한 기지국으로 운용되고 있을 때, 간섭으로부터 고정국을 보호하기 위해서 $pfd_{low} = -189$ (dBW/m²/4kHz)와 $pfd_{high} = -154$ (dBW/m²/4kHz)의 값을 초과하지 않아야 한다^[8].

다수의 송신기에 의한 다중 entry 간섭의 경우에 Doc. ITU-R 4-9S/21-E에 주어진 HAPS 지구국의 안테나 패턴은 권고안 ITU-R F.1245에서 다음과 같다^[6].

$$G(\theta) = \begin{cases} G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\right)^2 \theta^2 & \text{for } 0 \leq \theta < \xi_m \\ 39 - 5 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \theta & \text{for } \xi_m \leq \theta < 48^\circ \\ -3 - 5 \log \frac{D}{\lambda} & \text{for } 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ \end{cases} \quad (4)$$

III. 간섭 계산

HAPS 시스템이 무선중계국에 미치는 간섭을 계산하기 위해 두 가지의 경우를 고려해야 한다. 한가지는 HAPS 비행선에 의한 간섭과 367개의 스폿 빔으로 구성된 HAPS 지구국에 의한 간섭이다.

1. HAPS 시스템이 받는 간섭

수신기에 입력되는 간섭 전력은 피 간섭 무선 중계국과 간섭 HAPS 비행선 사이의 양각 θ 에 의한 HAPS 비행선 방향에서의 PFD $f(\theta)$ 와 무선 중계국 안테나 이득 $G(\theta)$ 의 함수로서 나타내어진다. 따라서 베이스밴드 간섭은 그림 3에 나타낸 것처럼, HAPS 비행선과 무선 중계 시스템 사이의 간섭 모델을 고려해서 식 (5)에 의해서 얻을 수 있다.

$$i_c = \frac{f(\theta)g(\varphi)\lambda^2/4\pi}{kT_s b l} \cdot n_c \quad (5)$$

여기서,

k : 볼츠만 상수

T_s : 시스템 잡음 온도

b : 음성 채널 대역폭

λ : 반송파의 파장

l : 피더 손실

n_c : 음성 채널의 잡음 전력

$$f(\theta) = 10^{\frac{F(\theta)}{10}}, \quad g(\varphi) = 10^{\frac{G(\varphi)}{10}}$$

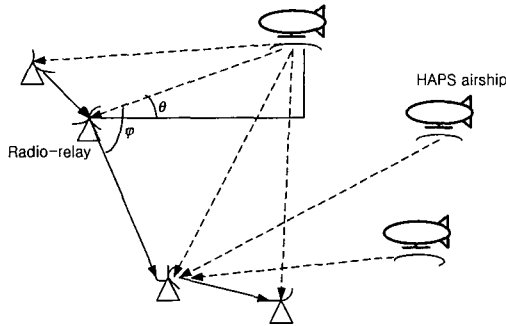


그림 3. 무선 중계국과 HAPS 시스템간의 간섭 모델

본 논문에서는 식 (5)를 이용해서 간섭 전력을 계산하기 위해 운용 주파수 5GHz, 최대 안테나 이득 33dBi로 가정하였다.

2. HAPS 지구국에 의한 간섭

HAPS 지구국이 무선 중계국에 미치는 간섭 전력, I (dBW/MHz)는 그림 4에 나타난 것처럼, 식 (6)에 의해서 구할 수 있다.

$$I = P_{HG} - L_f + G(\theta_{H-M}) + G(\theta_{M-H}) - L_e(d) \quad (6)$$

여기서,

P_{HG} : HAPS 지구국으로부터의 송신 전력 밀도 (dBW/MHz)

L_f : HAPS 지구국과 무선 중계국의 피더 손실 (dB)

$G(\theta_{H-M})$: 무선 중계국을 향한 HAPS 지구국의 안테나 이득 (dBi)

$G(\theta_{M-H})$: HAPS 지구국을 향한 무선 중계국의 수신 안테나 이득 (dBi)

$L_e(d)$ 는 HAPS 지구국과 지상국 사이의 전송 손

실로써, 전파 메카니즘은 ITU-R PN.452에 주어졌 것처럼 경우에 의해서 산란되어지며, 그 식은 다음과 같다.

$$L_e(d) = 92.5 + 20 \log f + 20 \log d + E_s(p) + A_g \quad (7)$$

여기서,

f : 동작 주파수 (Hz)

d : 경로 길이 (km)

$E_s(p)$: multipath와 그 focusing 효과 때문에 생기는 단기 손실

$$E_s(p) = 2.6(1 - e^{-d/10}) \log(p/50) \text{ dB},$$

for $0.001\% \leq p \leq 50\%$

A_g : 대기 흡수

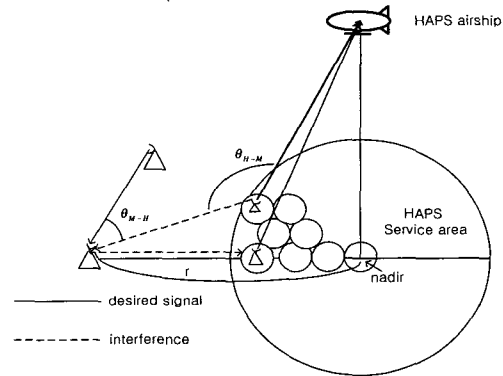


그림 4. HAPS 지구국이 무선 중계국에 미치는 간섭

HAPS 지구국 지점 (x_{ij}, y_{ij}) 가 결정되면, 식 (6)은 피더 손실 $L_f=0$ 일 때 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다. 대기 흡수는 10GHz이하에서는 무시할 수 있고 시간율 $p\%$ 는 최대값 $p=50\%$ 이다.

$$I = c P_{HG} \sum_i \sum_j (\sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2})^{-2} f^{-2} 10^{\frac{G(\theta_{H-M})}{10}} 10^{\frac{G(\theta_{M-H})}{10}} \quad (8)$$

여기서, i 와 j 는 각각, x 축과 y 의 셀 위치이다.

$$c = 10^{-9.2}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} r + ih_r & (j = \text{even}) \\ r + \frac{(2i-1)}{2} h_r & (j = \text{odd}) \end{cases}$$

$$y_{ij} = jh_r$$

그림 5에서 나타난 것과 같이 θ_{M-H} 는 x 축과 무선 중계국의 trendline이 이루는 방위각 δ 와 무선

중계국에서 HAPS 지구국을 바라보는 각 ξ 사이의 각도차이다. θ_{H-M} 은 다음과 같이 주어진다.

$$\theta_{H-M} = \cos^{-1}(\cos \theta_h \cos \varphi) \quad (9)$$

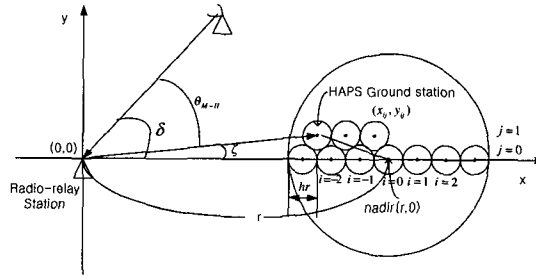


그림 5. θ_{M-H} 와 θ_{H-M} 을 구하기 위한 모델

여기에서 θ_h 는 HAPS 비행선에서 HAPS 지구국의 양각이고, φ 는 그림 5에 나타낸 것처럼 HAPS 지구국, 무선 중계국, HAPS nadir로 구성된 각이다.

간섭 전력을 계산하기 위해서, 동작 주파수를 5GHz로 놓고 무선 중계국과 HAPS 지구국의 최대 안테나 이득을 각각 33dBi와 54dBi로 한다.

IV. 계산 결과

1. HAPS 비행선에 의한 간섭

50홉 무선 중계망에서 전체 허용 간섭 전력은 1,000 pW0p (CCIR Rec. 357-1), 단일 홉에서의 평균 열 잡음 전력은 25 pW0p라고 가정한다. 고정 위성 서비스(FSS; Fixed Satellite Service)와 가시거리 무선 중계 시스템사이에 공유된 3.4 - 7.750GHz 주파수 대역에서 위성 방사에 의한 지구 표면에서 발생하는 최대 PFD 값은 -152/-142(dBW/m²/4kHz)을 초과해서는 안된다⁹⁾. 이를 근거로 HAPS 비행선이 무선 중계국에 미치는 간섭 분포를 HAPS 고도, pf_{low} 와 pf_{high} 에 의해 계산하여 그 결과를 그림 6 ~ 그림 8에 나타내었다.

그림 6에서 PFD가 -152/-142(dBW/m²/4kHz)이라고 가정할 때 고도가 높아지면 간섭이 증가하며, 만약 고도가 30km정도 높을 때 1,000 pW0p까지의 마진은 어느 정도 존재하지만 고도가 50km인 경우에는 마진이 거의 없다

그림 7은 PFD의 저레벨 pf_{low} 가 -152(dBW/m²/4kHz)일 때 PFD의 고레벨 pf_{high} 에 대한 간섭 분포를 보여준다. 여기서 $pf_{high}=-122$ (dBW/m²/4kHz)

에 관해서 무선 중계국은 1,000 pW0p정도의 간섭을 받지만, -122(dBW/m²/4kHz)이하에서는 대략 100%의 경로에서 무선 중계국과 HAPS 시스템 사이의 공유 가능성이 있다. 그러나, pf_{high} 가 -142(dBW/m²/4kHz)로 될 때, $pf_{low}=-142$ (dBW/m²/4kHz)에 대한 간섭 분포는 경로 46%이상에서 1,000 pW0p이상이지만, pf_{low} 가 pf_{high} 보다 작다면 HAPS 비행선이 무선 중계 경로에 미치는 간섭은 그림 8에 나타낸 것처럼 1,000 pW0p를 초과하지 않는다.

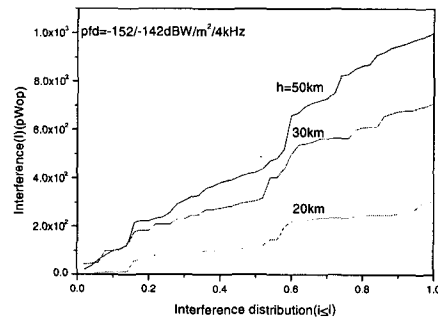


그림 6. HAPS 고도에 따른 간섭 분포

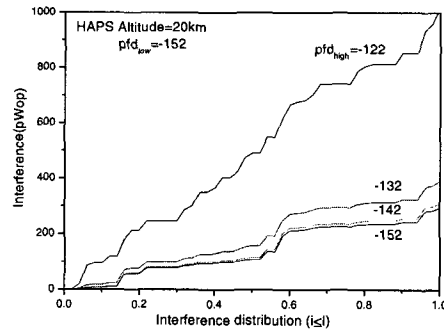


그림 7. pf_{high} 에 따른 간섭 분포

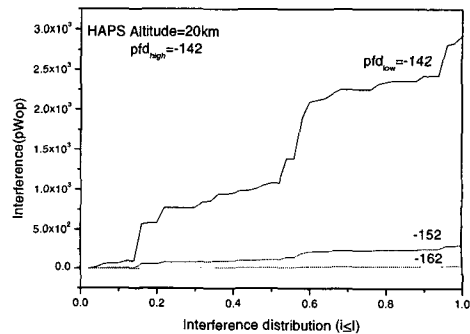


그림 8. pf_{low} 에 따른 간섭 분포

2. HAPS 지구국에 의한 간섭

기존의 지구국간 간섭 평가에 있어서는 두 가지 형태가 있는데, 한 가지는 I/N (interference-to-noise ratio)비를 사용하는 경우와 다른 한 가지는 C/I (carrier-to-interference)비를 사용하는 경우이다.

본 논문에서는 간섭 전력대 시스템 잡음비인 I/N 을 이용하였고, 다음과 같이 얻을 수 있다.

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

여기서,

k : 볼츠만 상수 = 1.38×10^{-23} (J/K)

NF : 무선 중계국의 잡음 지수 (dB)

NF 값이 6dB 일 때, $I/N=10\%$ 의 기준을 만족하는 잡음 전력 N 은 -166.12dB이다. 따라서 허용되는 간섭 전력 I 는 -176.12dB보다 작아야만 한다. 식 (10)에서, I 는 HAPS 지구국의 전송 전력, x 축과 단일 무선 중계국 사이의 방위각, 그리고 무선 중계국과 HAPS nadir사이의 거리에 대부분 의존하기 때문에, 이러한 파라미터에 대한 I/N 의 값은 식 (10)을 사용하여 계산하였으며, 그 결과를 그림 9 ~ 그림 11에 나타내었다.

그림 9는 HAPS nadir와 무선 중계국과의 거리 r 이 100km일 때 임의의 방위각에서의 전송전력밀도 P_{HG} 에 따른 I/N 의 값을 보여준다. 이 그림으로부터 간섭 전력은 HAPS 지구국당 전송전력밀도에 의해 영향을 받지만 P_{HG} 가 -50dBW/MHz일지라도, 대략 20° 이하의 방위각에서는 -10dB를 초과한다는 것을 알 수 있다.

그림 10은 P_{HG} 가 -50dBW/MHz일 때 무선 중계국과 HAPS nadir사이의 거리 및 임의의 방위각에서의 I/N 의 값을 보여주고 있다. 만일 거리가 $r=50$ km로 짧아지면, 최대 I/N 값은 약 72dB이지만, 그 거리가 150km까지 길어진다면 I/N 은 약 -8dB 까지 상당히 열화한다.

그림 11은 무선 중계국과 HAPS nadir사이의 조정 영역을 보여준다. 그 최대 조정 거리는 0° 일 때 보다는 방위각 14° 일 때이며, 그 최소 거리는 방위각의 90° 에서 270° 까지이다. 물론, 임의의 방위각에 또 다른 HAPS 서비스 영역이 존재한다면, 요구되는 조정거리는 그림 11과는 완전히 다른 모양을 가지게 될 것이다.

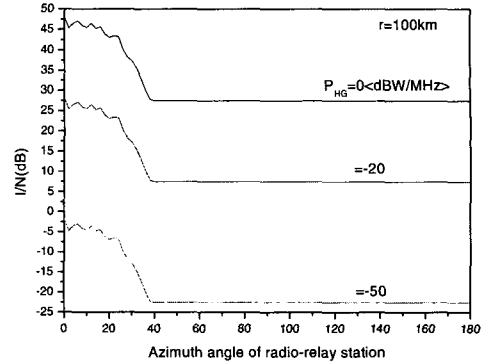


그림 9. 전송 전력 밀도 P_{HG} 에 따른 I/N

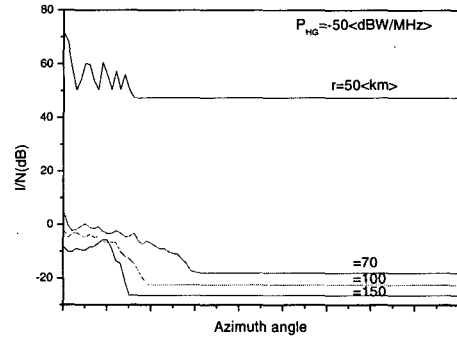


그림 10. 거리 r 에 따른 I/N

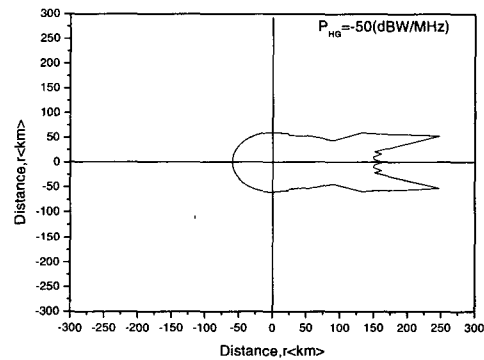


그림 11. 무선 중계국과 HAPS nadir간의 조정 거리

V. 결론

본 논문에서는 HAPS 시스템이 무선 중계국에 미치는 간섭 영향을 3-18GHz 주파수 범위에서 두 시스템들간의 공유 가능성에 대한 문제점의 하나로 분석하였다.

HAPS 비행선이 무선 중계국에 미치는 간섭의

경우, 위성 시스템에 적용된 기존의 PFD 기준은 HAPS 고도의 30km까지는 완전하게 만족시키지만, 30km이상에서는 새로운 기준이 개발되어야 함을 알 수 있었다. 한 예로써, pf_{low} 가 $-152(\text{dBW}/\text{m}^2/4\text{kHz})$ 로 고정되었을 때, pf_{high} 는 HAPS 고도 20km에서 $-122(\text{dBW}/\text{m}^2/4\text{kHz})$ 를 초과해서는 안된다.

한편, HAPS 지구국이 무선 중계국에 미치는 간섭의 영향의 경우에는 공유를 위한 전송전력밀도는 무선 중계국의 방위각, 무선 중계국과 HAPS nadir 사이의 거리에 의존한다는 것을 알 수 있다. 예로써, 임의의 방위각에서 전송전력밀도 $-50\text{dBW}/\text{MHz}$ 에 대해 거리는 60km에서 253km까지의 조정 거리가 필요하다.

향후 연구로서는, 본 논문에서 제시한 방법을 이용하여 무선 중계국이 HAPS 시스템에 미치는 간섭 분석이 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

[1] Doc. ITU-R. 9B/J-8, Preliminary Study or Feasibility of High Altitude Platform Station(HAPS) in the Fixed and Mobile Services in the Frequency Bands Above 3GHz Allocated Exclusively for Terrestrial Radio-communication, March 2001.

[2] Q. ITU-R 212-1/9, Technical and Operational Characteristics for the Fixed Service using High Altitude Platform Stations(HAPS) in the Frequency Range 3-18GHz, 1997.

[3] Doc. 4/28-9/35, Feasibility of the Fixed-Satellite Service Sharing with the Fixed Service Operating on the Same Frequency in the Range 30-52GHz, 2000.

[4] A.S. May and M.J. Pagonos, "Model for computation to radio-relay systems from Geostationary satellites", The Bell system Tech. Journal, PP.81-101, Jan. 1971.

[5] Rec. ITU-R F.1107, Probabilistic Analysis of Calculating Interference into the Fixed Service from Satellites Occupying the Geostationary Orbit, 1994.

[6] Rec. ITU-R F.699-2, Reference Radiation Patterns for Line-of-sight Radio-relay System Antenna for Use in Coordination Studies and

Interference Assessment in the Frequency Range from 1 to about 40GHz, 1994.

[7] Doc. ITU-R 9B/18-E, Methodology for Impact Evaluation and Operational Procedure of the Fixed Service Using High Altitude Platform Stations(HAPS) for Frequency Sharing with Other Co-primary Service Across the International Border in the Band 27.5-28.35GHz and 31.0-31.3GHz, Sept. 2000.

[8] Doc. ITU-R 4-9S/11-E, Coordination Distance for High Altitude Platform Stations, Feb. 1998.

[9] R.L. Freeman, Radio Systems Design for Telecommunications, John Wiley & Sons, 1997.

박종민(朴宗敏)

정회원

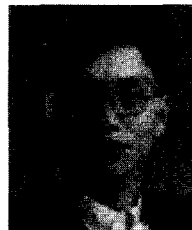


1993년 2월 : 충남대학교
전자공학과(석사)
1993-2000 : 국방과학연구소
선임연구원
2000- : 한국전자통신
연구원 광대역무선통신
연구부 선임연구원

<주관심 분야> 통신시스템 시뮬레이션, 통신망 공유 기술, 통신 탑재체 기술

구본준(具本俊)

정회원



1999년 2월 : 경북대학교
전자공학과(석사)
1999- : 한국전자통신연구원
광대역무선통신연구부
연구원

<주관심 분야> 위성통신 시스템, 성층권통신 시스템, 인테나

안도섭(安 醋 變)

정회원



1990년 2월 : 경북대학교
전자공학과(석사)
1990- : 한국전자통신연구원
광대역무선통신연구부
선임연구원

<주관심 분야> 무선통신 시스템 설계 및 분석

김 봉 석(金 峰 奭)

정회원



1993년 2월 : 군산대학교
정보통신공학과(학사)
1997년 2월 : 군산대학교
정보통신공학과(석사)
1999년 3월~현재 : 군산대학교
전자정보공학부
(박사과정)

1994년 10월~1998년 2월 : 군산대학교 정보통신공
학과 조교

<주관심 분야> 이동통신, 위성통신, 성층권 통신 시
스템, 전파간섭

강 영 흥(姜 榮 興)

정회원



1984년 2월 : 한국항공대학교
통신공학과(학사)
1986년 2월 : 한국항공대학교
전자공학과(석사)
1993년 2월 : 한국항공대학교
전자공학과(박사)

1988년 3월~1990년 2월 : 한국항공대학교 통신정보
공학과 조교

1995년 8월~1996년 8월 : 일본 오사카대학 객원 교수

2000년 1월~현재 : 한국 ITU-R 위원

1990년 4월~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수

<주관심 분야> 이동통신, 위성통신, 표준화