

HAPS와 지상무선중계국(RRS)간의 간섭 평가를 위한 알고리즘 설계

Design of Algorithm for Evaluation of Interference between HAPS and RRS

구본준(B.J. Ku)
박종민(J.M. Park)
안도섭(D.S. Ahn)

광대역무선전송연구팀 선임연구원
광대역무선전송연구팀 선임연구원
광대역무선전송연구팀 선임연구원

본 고에서는 성층권 영역에서 비행선과 같은 플랫폼을 제공시켜 통신서비스를 제공하는 HAPS 망과 지상무선중계국(RRS) 망과의 동일 주파수 대역에서의 간섭 평가를 위한 HAPS 플랫폼의 배치, HAPS 지상단말기의 배치, 지상무선중계국의 배치 및 간섭 계산 알고리즘에 대하여 설계하고, 설계된 알고리즘에 따라 도출된 HAPS 플랫폼 및 HAPS 지상단말기로부터 지상무선중계국으로의 간섭 결과와 두 망간의 공유 가능성에 대해서 분석하고자 한다.

I. 서론

HAPS(High Altitude Platform Station)는 고도 20~30km의 성층권 영역에 비행선 혹은 비행체 등의 플랫폼을 정점 제공시켜 무선통신 및 기타 응용 서비스를 제공할 수 있는 새로운 인프라로 인식되고 있다[1]. 이미 오래 전부터 비행선이라는 플랫폼을 이용한 통신 서비스 및 응용 서비스의 개념은 존재하였지만, 비행선의 부양을 위해서 사용되는 헬륨 가스의 누설을 막을 수 있는 비행선 표면상의 특수 재질 문제와 오랫동안 정점 제공할 수 있도록 제어할 수 있는 station keeping 문제 및 오랫동안 비행선 운용 및 통신 페이로드(payload)에 충분한 전력을 공급할 수 있는 태양전지, 연료전지 기술의 한계 등으로 최근에까지 실현되지는 못하고 있었다[2].

그러나 비행선 분야에서 유럽 및 미국, 일본 등의 선진국을 중심으로 전술된 3가지 분야의 핵심기술 개발에 착수함으로써 2007년 이후 그 문제점들을 해

결한 새로운 인프라를 선보일 계획을 가지고 있다[3].

이미 미국 NASA 및 일본 CRL이 공동으로 태양 전지 기반 무인 비행체[4]를 이용한 성층권 통신 탑재체 시험이 2002년에 수행되었지만, 현재의 비행체 체원으로는 본격적인 통신서비스를 지원할 만큼의 크기 및 무게를 갖는 통신 탑재체를 탑재하지는 못한다. 또한 미국 Angel Technologies사의 유인 비행기를 이용한 통신서비스 제공[5]도 고려하고 있지만, 비행선이나 무인비행체에 비해서 인력을 사용해야 된다는 측면에서는 매력적이지 못하다. 이를 통하하여 볼 때, 지금 현재로서는 지상 20km의 성층권 영역에서 대용량의 탑재체를 탑재할 수 있고, 정점체공이 가능한 플랫폼 형태가 비행선이라고 할 수 있다.

플랫폼 연구와 더불어 통신서비스 제공을 위한 HAPS 탑재체 개발과 ITU(International Telecommunication Union)에서의 HAPS용 주파수 분배에 따른 관련 기술, 운용 및 규제와 규정에 대한 연구도 활발히 진행중에 있다.

HAPS 운용에 대한 규정은 47.2~47.9GHz 및 47.9~48.2GHz의 주파수대역에서 고정업무용 HAPS에 대하여 1997년에 개최된 WRC-97에서 최초로 만들어졌다[6].

2000년도에 개최된 WRC-2000 회의에서는 47GHz 대역이 우리 나라가 속한 제 3지역의 몇몇 지역에서는 강우감쇠에 더 민감하기 때문에, 제 3지역에 대하여 추가적으로 분배가 가능한 주파수로 18~32GHz 대역이 추가적으로 제안되었다[7]. 전파 규칙 각주 5.537A는 다른 고정 시스템들이나 타 일차 업무로부터의 비간섭, 비보호의 조건 하에 제 3지역의 몇몇 국가들에서 HAPS의 하향링크에서의 운용을 위해 27.5~28.35GHz 대역을 이용할 수 있게 하였고, 전파규칙 각주 5.543A는 제 3지역의 몇몇 국가들에서 다른 종류의 고정 시스템이나 타 일차 업무에 간섭을 주어서도 안되고 타 일차 업무로부터 어떠한 보호도 주장할 수 없다는 사항을 전제로 하여 31.0~31.3GHz 대역에서 HAPS의 상향링크에서의 운용을 가능하게 하였다. 또한 3GHz 이상의 지상업무용으로 분배된 주파수 대역에서 HAPS를 고정업무 및 이동업무용으로 이용하기 위한 타당성 연구가 제안되어 신규결의 734가 채택되었다[8].

IMT-2000 주파수 대역에서 지상 IMT-2000을 제공하는 지상국으로 HAPS의 이용이 WRC-2000에서 검토되었고, 제 1지역과 3지역에서는 1885~1980MHz, 2010~2160MHz 및 2110~2170MHz의 주파수 대역을 그리고 제 2지역에서는 1885~1980MHz와 2110~2160MHz 대역이 HAPS에 의해 이용될 수 있게 되었다[9].

본 고에서는 결의 734와 관련하여 성층권 영역에서 비행선과 같은 플랫폼을 제공시켜 통신서비스를 제공하는 HAPS 망과 지상무선중계국(Radio Relay System: RRS) 망과의 3GHz 이상의 동일 주파수 대역에서의 간섭 평가를 위한 간섭 계산 알고리즘에 대하여 설계하고, 설계된 알고리즘에 따라 도출된 여러 간섭 결과로부터 두 망간의 공유 가능성에 대해서 분석하고자 한다.

간섭계산을 위하여 먼저 II장에서 플랫폼의 서비

스 영역 및 플랫폼 수에 따른 배치 알고리즘과 지상무선중계국의 배치 알고리즘에 대해서 기술한 다음, III장에서 HAPS 플랫폼에서 RRS 망으로의 간섭 및 HAPS 지상단말기에서 RRS 망으로의 간섭 계산 알고리즘을 도출하며, 설계된 알고리즘에 따라 HAPS 플랫폼 및 HAPS 지상단말기로부터 지상무선중계국으로의 간섭 계산 결과를 제시한다. 마지막으로 IV장 결론에서 두 망간의 공유 및 간섭 평가를 위한 알고리즘의 적용에 대해서 분석하고자 한다.

II. 간섭 평가를 위한 모델

1. HAPS 망의 서비스 영역과 배치

HAPS 망과 RRS 망과의 간섭평가를 위하여 고도 20km에 정점 제공하여 지상에 통신서비스를 제공하는 한 대의 HAPS 플랫폼 서비스 영역을 직경 110km라고 가정한다.

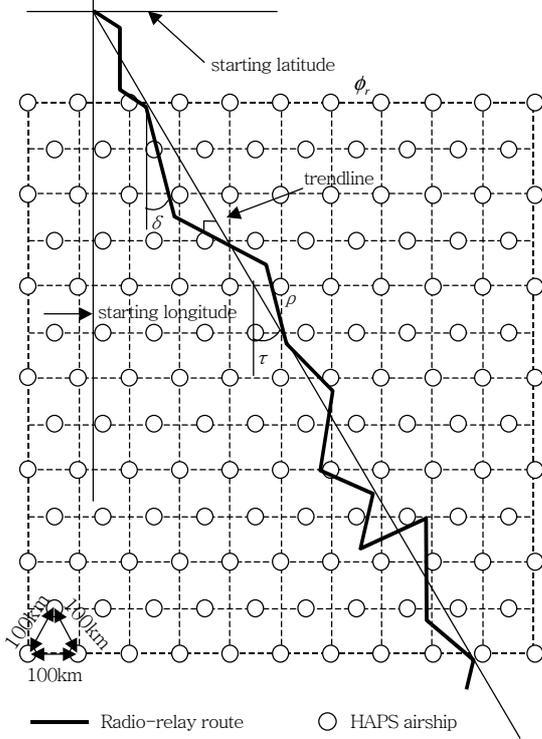
HAPS 플랫폼에서 RRS로의 간섭 계산을 위해 우리 나라, 즉 1,000km×1,000km를 충분히 커버하는 HAPS 플랫폼의 수를 총 143대로 하고, 이들의 배치는 1,000km×1,000km의 총 서비스 영역에 100km의 등 간격으로 서로 배치된다고 가정한다. 다수의 플랫폼 배치 형태는 (그림 1)의 동그라미 부분으로 표시되어 있다.

HAPS 지상단말기로부터 하나의 RRS로의 간섭 계산을 위해 여기에서는 단일 플랫폼의 서비스 영역인 직경 110km에 존재하는 지상단말기만 고려한다. HAPS 지상 단말기의 수는 총 367개로 플랫폼의 서비스 영역 내에서 단말기가 서로 5.5km의 동일한 간격으로 일정하게 분포(uniform distribution)한다고 가정한다.

2. 지상무선중계국(RRS)의 배치

본 간섭 계산을 위해서 RRS의 배치는 정지위성으로부터 RRS로의 간섭 계산 모델에 적용된 RRS 배치 알고리즘을 적용한다[10].

RRS는 다수의 홉(hop)으로 구성되며, 홉의 수는



(그림 1) HAPS 플랫폼 및 RRS의 배치

ITU-R에서는 50홉, AT&T 시스템에서는 140개의 홉을 가정하고 있다. (그림 1)은 이미 언급된 HAPS 비행선 분포를 고려한 시스템 모델 개념을 보여주고 있다. RRS의 랜덤 분포는 다음과 같이 결정된다.

먼저 위도가 선택된 후에, trendline 방향 각도 τ 가 0에서 90도 사이의 각도에서 랜덤하게 결정된다.

$$\tau = 90^\circ \times RND(\zeta), \quad 0 \leq \zeta \leq 1 \quad (1)$$

기준 위도 ϕ_y 에 관해서 첫번째 RRS의 위치 결정은 (1)에서 계산된 trendline 방향 각도 τ 를 이용하여 (2)와 같이 나타낸다.

$$\phi = \frac{T}{2} \cos(\tau) + \phi_y \quad (2)$$

다음 RRS의 위치를 결정하기 위하여, (그림 1)에 나타난 것처럼 무선 중계 안테나의 불규칙한 방향인 파라미터 δ 를 (3)에 의해서 계산한다.

$$\delta = (\tau + 25^\circ) - 50^\circ \times RND(\zeta) \quad (3)$$

(2)와 (3)에서 구해진 계산 결과를 이용하여 RRS의 위도 변화 및 경도 변화를 (4), (5)와 같이 계산할 수 있다.

$$\Delta\phi = \phi - \sin^{-1} \{ \sin \phi \cos \rho - \cos \phi \sin \rho \cos \delta \} \quad (4)$$

$$\Delta\lambda = \sin^{-1} \left\{ \frac{\sin \rho \sin \delta}{[1 - (\sin \phi \cos \rho - \cos \phi \sin \rho \cos \delta)^2]^{1/2}} \right\} \quad (5)$$

III. 계산 알고리즘

1. 안테나 빔패턴

HAPS 망에서 RRS 망으로의 동일 주파수 대역에서의 간섭량을 계산하기 위해서 필요한 파라미터는 HAPS 망에서의 플랫폼 탑재안테나 빔패턴 및 지상단말기의 빔패턴과 RRS 망의 안테나 빔패턴 파라미터들이다. 두 망의 빔패턴 파라미터가 정의되면, HAPS 망과 RRS 망간에 필요한 안테나 지향각도를 계산하면 그 간섭량을 계산할 수 있다.

HAPS 플랫폼 탑재 안테나의 방사전력은 총 빔패턴에서 방사되는 전력속밀도(Power Flux Density: PFD)의 양으로 나타내며, 서비스 영역에서 플랫폼을 바라다본 양각에 따라 (6)과 같이 정의된다.

$$F(\theta) = \begin{cases} pfd_{low}, & \text{for } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ pfd_{low} + 0.05(pfd_{high} - pfd_{low})(\theta - 5), & \text{for } 5^\circ \leq \theta \leq 25^\circ \\ pfd_{high}, & \text{for } 25^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \end{cases} \quad (6)$$

여기에서 pfd_{high} 및 pfd_{low} 는 각각 고도래각 및 저도래각에 대한 허용레벨을 나타낸다.

HAPS 지상단말기와 RRS의 경우 각각 [11] 및 [12]에 제시된 안테나 빔패턴을 따라 (7)과 (8) 같이 정의한다.

$$G_{HG}(\theta) = \begin{cases} G_{\max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\right)^2, & \text{for } 0 \leq \theta < \phi_m \\ 39 - 5 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \theta, & \text{for } \phi_m \leq \theta < 48^\circ \\ -3 - 5 \log \frac{D}{\lambda}, & \text{for } 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ \end{cases} \quad (7)$$

$$G_{RRS}(\theta) = \begin{cases} G_{\max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\right), & \text{for } 0 < \theta < \phi_m \\ 2 + 15 \log \frac{D}{\lambda}, & \text{for } \phi_m \leq \theta < 100 \frac{\lambda}{D} \\ 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \theta, & \text{for } 100 \frac{\lambda}{D} \leq \theta < 48^\circ \\ 10 - 10 \log \frac{D}{\lambda}, & \text{for } 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ \end{cases} \quad (8)$$

여기에서 G_{\max} 는 최대 안테나 이득을, D 는 안테나의 직경을, λ 는 파장을 나타내며, ϕ_m 은 (9)와 같이 정의된다.

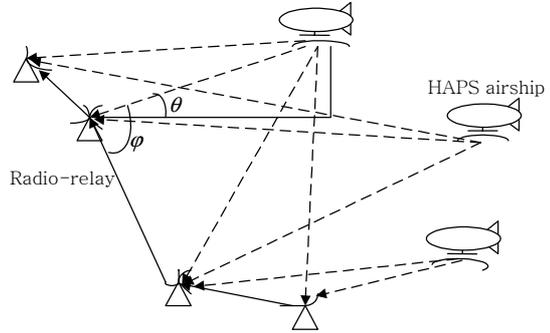
$$\phi_m = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{\max} - (2 + 15 \log \frac{D}{\lambda})} \quad (9)$$

단, (7) 및 (8)은 안테나 직경 D 와 파장 λ 의 비가 100보다 작거나 같을 때 적용된다.

2. 간섭 계산 및 결과

가. HAPS 플랫폼(비행선)에 의한 RRS로의 간섭

RRS의 수신기에서 입력되는 간섭 전력은 피 간섭 RRS와 간섭 HAPS 비행선 사이의 양각 θ 에 의한 HAPS 비행선 방향에서의 PFD $f(\theta)$ 와 RRS의 안테나 이득 $G_{RRS}(\varphi)$ 의 함수로서 나타내어진다. 따라서 하나의 RRS에 대한 베이스밴드 간섭은 (그림 2)에 나타낸 것처럼, HAPS 플랫폼과 RRS 사이의 간섭 모델을 고려해서 (10)에 의해서 얻을 수 있다.



(그림 2) HAPS 플랫폼에서 RRS로의 간섭모델

$$i_c = \frac{f(\theta)g(\varphi)}{kT_s b l} \frac{\lambda^2}{4\pi} \times n_c \quad (10)$$

여기에서

- k : 볼츠만 상수,
- T_s : 시스템 잡음 온도,
- b : 음성 채널 대역폭,
- λ : 반송파의 파장,
- l : 피더 손실,
- n_c : 음성 채널의 잡음 전력,

$$f(\theta) = 10^{\frac{F(\theta)}{10}}, \quad g(\varphi) = 10^{\frac{G_{RRS}(\varphi)}{10}} \text{이다.}$$

(10)을 이용한 간섭 계산을 위하여 HAPS 망과 RRS 망의 시스템 파라미터가 <표 1>에 정리되었다.

<표 1>에서 총 고려된 RRS의 수는 루트 수 600개와 루트 당 홉 수인 50개를 고려하여 총 30,000개이다.

<표 1> HAPS 플랫폼과 RRS의 시스템 파라미터

| 파라미터 | | 값 |
|----------|--------------|--------------------------------------|
| 주파수 | | 5GHz |
| RRS | 루트 당 홉 수 | 50개 |
| | 홉간 거리 | 50km |
| | 루트 수 | 600개 |
| | 최대안테나 이득 | 33dBi |
| HAPS 플랫폼 | 플랫폼 수 | 143개 |
| | pdf_{low} | -156~-152 dB(W/m ² /4kHz) |
| | pdf_{high} | -152~-142 dB(W/m ² /4kHz) |
| | 고도 | 20km |

본 간섭계산에서 RRS는 아날로그 방식으로 가정한다. 그러므로 (11)과 같이 RRS에서의 총 수신 간섭량, I_{HT} 는 한 루트, 즉 50개의 RRS가 HAPS 플랫폼으로부터 받는 간섭량을 모두 더해서 계산된다.

$$I_{HT} = 10 \log \left\{ \sum_i \left(10^{\frac{F(\theta_i)}{10}} 10^{\frac{G_{RRS}(\theta_i)}{10}} \right) \right\} + N_{rb} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) - L_{fr} \quad (11)$$

여기에서 N_{rb} 은 기저대역 열잡음과 수신 열잡음비를 나타내며 L_{fr} 은 RRS의 피더손실을 나타낸다.

(그림 3)은 (11)을 적용하고 pdf_{high} 레벨에 따른 간섭 분포의 결과를 보여준다.

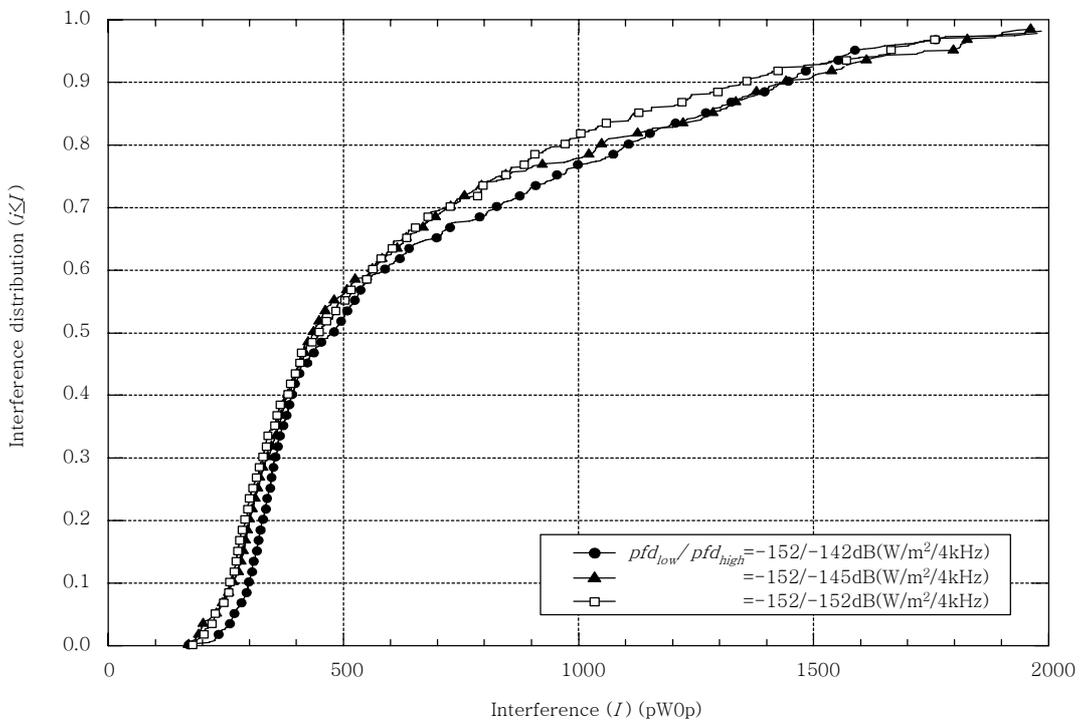
계산을 위해서 50홉 무선중계망에서, 전체 허용 간섭 전력은 1,000pW0p(C CIR Rec. 357-1), 단일 홉에서의 평균 열 잡음 전력은 25pW0p이라고 가정하였다. (그림 3)에서 보듯이 간섭 분포는 간섭량

1000(pW0p)에서 pdf_{high} 레벨이 $-152\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2/4\text{kHz})$ 일때 약 0.8이 된다. 이것의 의미는 랜덤한 600개의 루트 중 약 80%, 즉 480루트가 간섭량 1000(pW0p) 이하라는 것을 말한다.

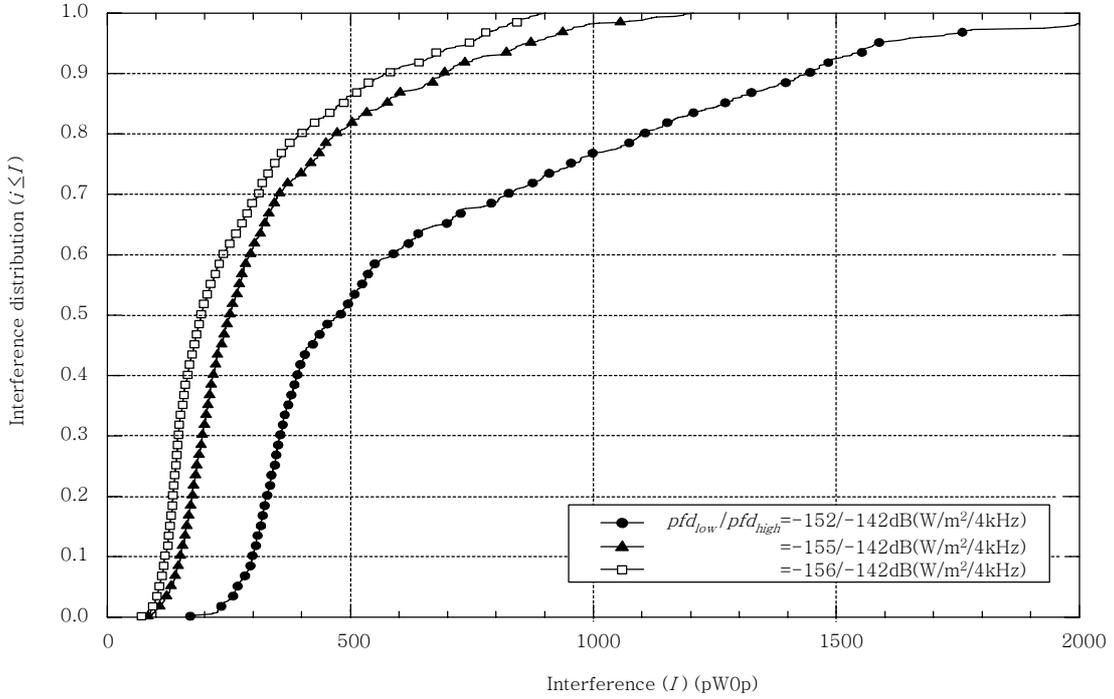
그리고 HAPS 플랫폼의 전력속밀도 기준값은 고정위성서비스(FSS)와 가시거리 무선중계 시스템 사이에 공유된 3.4 -7.750GHz 주파수 대역에서 위성 방사에 의한 지구표면에서 발생하는 최대 PFD 값인 $-152/-142(\text{dBW}/\text{m}^2/4\text{kHz})$ 의 값을 고려하여 정하였다.

고양각에서의 전력속밀도값이 약 10dB 정도 변하더라도 간섭분포의 변화는 단지 0.05(루트 수 30개) 차이만 보인다. 이는 고양각에서의 전력속밀도 pdf_{high} 레벨에 따른 간섭분포의 변화는 미미하다는 것을 보여준다.

한편, (그림 4)는 pdf_{low} 레벨에 따른 간섭분포의 변화를 나타낸다. 이 때 pdf_{high} 레벨의 값은 $-142\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2/4\text{kHz})$ 이다.



(그림 3) pdf_{high} 레벨에 따른 간섭 분포



(그림 4) Pfd_{low} 레벨에 따른 간섭 분포

Pfd_{low} 레벨이 -152에서 -156dB(W/m²/4kHz) 까지 변할 때, 간섭 전력 1,000pW0p를 기준으로 0.77에서 1.0 이상의 변화를 보인다. 즉, Pfd_{low} 레벨이 -156dB(W/m²/4kHz)일때, 143대의 성층권 플랫폼이 배치된 영역에서의 600개의 모든 임의의 RRS 루트가 기준 간섭전력 1,000pW0p 이하가 된다는 의미로 동일 주파수 대역에서의 두 망간의 공유가 가능하다는 것을 보여준다.

나. HAPS 지상단말기에 의한 RRS로의 간섭

HAPS 지상단말기에 의한 RRS로의 간섭계산을 위해서 (그림 5)의 모델을 참조하고, <표 2>의 시스템 파라미터를 적용한다.

HAPS 하나의 지상단말이 RRS에 미치는 간섭 전력, I_G (dBW/MHz)는 (12)에 의해서 구할 수 있다.

$$I_G = P_{HG} - L_f + G_{HG}(\theta_{H-R}) + G_{RRS}(\theta_{R-H}) - L_e(p) \quad (12)$$

여기에서,

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

L_f : HAPS 지상단말기와 RRS의 전송 장치 손실 (dB),

$G_{HG}(\theta_{H-R})$: RRS를 향한 HAPS 지상단말기의 안테나 이득(dBi),

$G_{RRS}(\theta_{R-H})$: HAPS 지상단말기를 향한 RRS의 수신 안테나 이득(dBi),

$L_e(p)$: HAPS 지상단말기와 RRS 사이의 전송 손실로서, 전파 메커니즘은 ITU-R PN.452에 주어진 것처럼 경우에 의해서 산란되어지며, 그 식은 (13)과 같다.

$$L_e(p) = 92.5 + 20 \log f + 20 \log d + E_s(p) + A_g \quad (13)$$

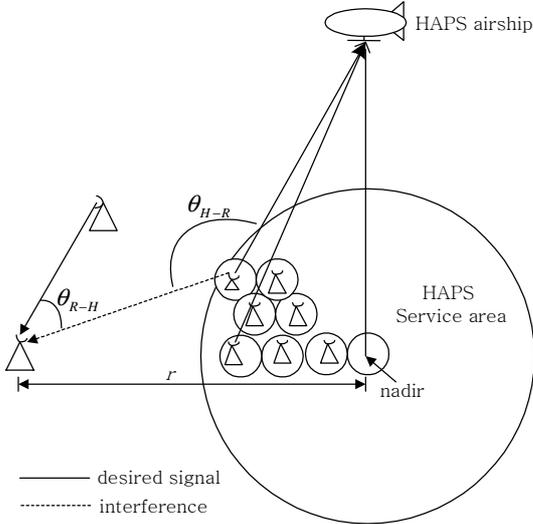
여기에서,

f : 동작 주파수(GHz),

d : 경로 길이(km),

A_g : 대기 흡수,

$E_s(p)$: multipath와 그 focusing 효과 때문에 생



(그림 5) HAPS 지상망 및 RRS 간섭 계산 모델

<표 2> HAPS 지상단말기와 RRS의 시스템 파라미터

| 파라미터 | | 값 |
|----------|------------------|-------|
| 주파수 | | 5GHz |
| RRS | 최대안테나 이득 | 33dBi |
| HAPS 시스템 | 서비스 직경 | 110km |
| | 플랫폼 고도 | 20km |
| | 지상국 최대 안테나 이득 | 30dBi |
| | 지상국 수 | 367개 |
| | 지상국간 거리(h_r) | 5.5km |

기는 단기 손실이며, (14)와 같다.

$$E_s(p) = 2.6(1 - e^{-\frac{p}{10}}) \log\left(\frac{P}{50}\right) \text{dB}, \quad (14)$$

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

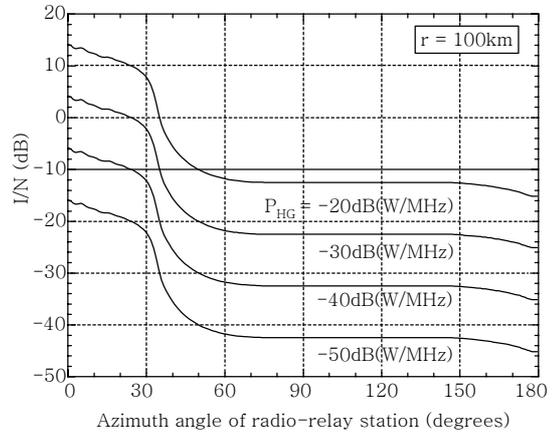
HAPS 지상단말기의 위치 (x_{ij}, y_{ij}) 가 결정되면, 총 HAPS 지상단말기에 의한 하나의 RRS에 주는 간섭량은 피더 손실 $L_f = 0$ 일 때 (15)와 같이 나타낼 수 있다. 대기 흡수는 10GHz 이하에서는 무시할 수 있고 시간을 $p\%$ 는 최대값 $p=50\%$ 이다.

$$I_{GT} = cP_{HG} \sum_i \sum_j \left(\sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2} \right)^{-2} \times f^{-2} 10^{\frac{G_{RRS}(\theta_{R-H})}{10}} \times 10^{\frac{G_{HG}(\theta_{H-R})}{10}} \quad (15)$$

여기에서, i 와 j 는 각각 x 축과 y 축의 셀 위치이고, $c=10^{-9.2}$ 이며,

$$x_{ij} = \begin{cases} r+ih_r & (j = \text{even}) \rightarrow j = \dots, -4, -2, 0, 2, 4, \dots \\ r + \frac{(2i-1)}{2} h_r & (j = \text{odd}) \rightarrow j = \dots, -3, -1, 1, 3, \dots \end{cases} \quad (16)$$

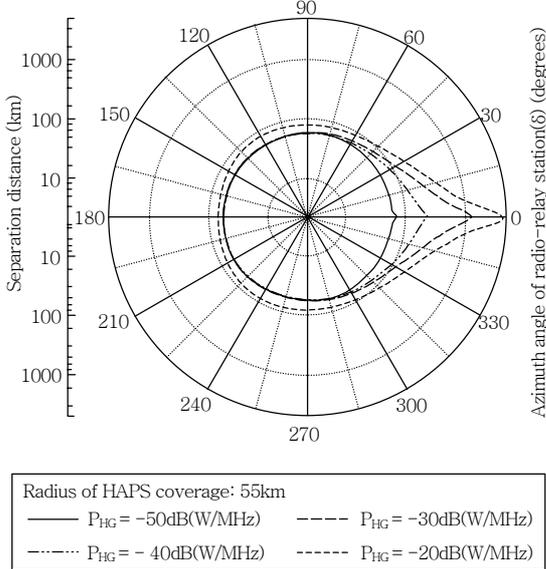
$y_{ij} = jh_r$ 이다.



(그림 6) RRS의 방위각에 따른 I/N 비

(그림 6)은 RRS가 HAPS 플랫폼의 서비스 영역 중심으로부터 100km 위치해 있을 때, RRS의 방위각에 따른 간섭대 잡음비 I/N을 보여준다. 여기에서 방위각 0도는 RRS의 안테나 빔 방향이 HAPS 플랫폼의 nadir, 즉 서비스 영역 중심을 바라볼 때이며, 180도의 경우 RRS의 안테나 빔 방향이 HAPS 플랫폼의 서비스 영역과 반대방향으로 놓여질 때를 가리킨다. 정성적으로 RRS가 HAPS 플랫폼의 서비스 중심을 바라다 볼 때 가장 많은 간섭을 받을 것이고, RRS가 HAPS 플랫폼의 서비스 영역과 등지는 방향으로 놓여질 경우 가장 적은 간섭을 받을 것이다. 또한 HAPS 지상단말기의 전력이 높을수록 RRS가 받는 간섭은 더 커질 것이다. (그림 6)으로부터 I/N 비를 -10dB 기준으로 할 경우, 모든 방위각에서 받는 간섭량이 잡음비보다 10dB 이하가 되기 위해서

는 HAPS 지상단말기의 송신전력밀도가 -50dB



(그림 7) RRS의 방위각에 따른 HAPS 망과 RRS의 이격거리

(W/MHz) 이하가 되어야 함을 알 수 있다.

(그림 7)은 HAPS 지상단말기의 전력에 따른 RRS와 HAPS nadir 간의 이격거리를 보여준다. 최대 이격거리는 RRS가 HAPS의 nadir를 바라다보는 각도, 즉 방위각 0도에서 일어난다. HAPS 지상단말기의 전력 밀도가 -50dBW/MHz일 경우 RRS와 HAPS 지상단말기의 공유를 위한 요구 이격거리는 방위각에 따라서 56~66km의 범위를 보인다.

IV. 결론

본 고에서는 지상 20km 성층권 영역에 정점제공하여 무선 통신 서비스를 제공할 수 있는 가상의 HAPS 망과 무선중계국 RRS 망간의 동일 주파수 대역에서의 공유 및 간섭 분석을 위한 알고리즘에 대해서 살펴보았다. 본 알고리즘은 성층권 영역에 제공하는 플랫폼과 지상 단말기를 포함하는 HAPS 망의 배치와 RRS의 랜덤한 분포를 가정하고 그 배치상태에 따라서 두 망간의 자유공간 손실과 두 망간의 안테나 패턴에 따른 각도 계산으로부터 간섭량

을 계산한다.

플랫폼에 의한 RRS로의 간섭계산을 위해서, 정지위성과 RRS의 간섭 모델을 수정하여 플랫폼 배치 환경에 맞게 재구성하였고 플랫폼에서 방사되는 전력속밀도에 따라서 랜덤하게 분포된 RRS에 주는 간섭량을 계산하였다. 또한 HAPS 지상단말기의 전력 밀도 및 RRS의 방위각에 따라 하나의 RRS가 받는 간섭량을 계산하였다.

본 알고리즘은 실제적인 망의 배치 설계 시 간섭 평가를 위해 활용될 수 있을 것이다. 본 고에서 고려된 RRS의 시스템은 아날로그 방식으로 가정되었으므로 향후 디지털 추세로 갈 경우 디지털 RRS 망에 대한 간섭 알고리즘의 적용이 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] ITU Radio Regulations, 1.66A *High Altitude Platform Station*, 1997.
- [2] 박종민, 안도섭, “일본의 HAPS 개발 동향 분석,” ETRI 전자통신동향분석, 제16권 제5호, 2001. 10., pp. 55 - 66.
- [3] Stratospheric Platform System Workshop Proceedings, Tokyo, 2002.
- [4] www.skytowerglobal.com
- [5] Nicholas J. Colella et al., “The HALO Network,” *IEEE Commun. Mag.*, June 2000.
- [6] ITU-R Resolution 122, *Use of the Bands 47.2~47.5GHz and 47.9~48.2GHz by High Altitude Platform Station(HAPS) in the Fixed Service*, ITU, 1997.
- [7] ITU-R Resolution 122(Rev. WRC-2000), *Use of the Bands 47.2~47.5GHz and 47.9~48.2GHz by High Altitude Platform Station(HAPS) in the Fixed Service and by Other Services and the Potential Use of Bands in the Range 18~32GHz by HAPS in the Fixed Service*, ITU, 2000.
- [8] ITU-R Resolution 734, *Feasibility of Use by High Altitude Platform Stations in the Fixed and Mobile Services in the Frequency Bands Above 3GHz Allocated Exclusively for Terrestrial Radiocommunication*, ITU, 2000.
- [9] ITU-R Resolution 221, *Use of High Altitude Platform Stations Providing IMT-2000 in the Bands 1885~1980MHz, 2010~2025MHz and 2110~2170*

- MHz in Region 1 and 3 and 1885~1980MHz and 2110~2160MHz in Region 2*, ITU, 2000.
- [10] A.S. May et al., "Model for Computation of Interference to Radio-relay Systems from Geostationary Satellite," *The Bell Systems Technical Journal*, Jan. 1971, pp. 81 - 101.
- [11] Recommendation ITU-R F.1245, *Mathematical Model of Average and Related Radiation Pattern 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*, ITU, 2000.
- [12] Recommendation ITU-R F. 699, *Reference Radiation Pattern for Line-of-Sight Radio-Relay System Antennas for Use in Coordination Studies and Interference Assessment in the Frequency Range from 1GHz to About 70GHz*, ITU, 2000.