

C 대역에서 IMT와 FSS 시스템간 주파수 공유를 위한 최소 이격거리 분석

Analysis on the Minimum Separation Distance for Spectrum Sharing between IMT and FSS systems in C Band

강영흥*

Young-Heung Kang*

요 약

새로운 서비스의 출현 및 스펙트럼 부족으로 인하여 기존 무선통신 서비스와의 주파수 공유가 매우 중요하다. 향후 IMT 서비스에 할당된 후보대역 중 C 대역(3400-4200MHz)은 기존에 FSS 서비스에서 활발히 이용되고 있어 유해한 간섭이 예상된다. 본 논문에서는 향후 IMT 서비스와 기존 FSS 서비스간의 주파수 공유를 평가하기 위해, 서비스 지역에 따른 클러터 손실 및 FSS 지구국 양각 등 시스템간 간섭영향의 주요 요인을 고려하여, $I/N=-10\text{dB}$ 간섭보호 기준치를 이용한 최소 이격거리를 분석한다.

Abstract

Spectrum sharing between wireless systems becomes a critical issue due to emerging new technologies and spectrum shortage. Recently, IMT system has been allocated in the same frequency C band (3400-4200MHz) along with FSS services on co-primary basis, which means that harmful interference probability may be inspired. In this paper, to estimate the spectrum sharing between IMT and FSS systems, the minimum separation distances have been evaluated considering major factors such as the clutter loss in some areas and the elevation angle of FSS earth station, and using $I/N=-10\text{dB}$ which is fundamental criterion for coexistence.

Key words : Spectrum sharing, IMT, FSS, Clutter loss, Elevation angle

I. 서 론

무선통신서비스의 폭발적인 수요증가와 다른 한편으로 스펙트럼 이용의 과도한 혼잡 및 고가비용에 따라 스펙트럼 규정의 기본적 변화를 예상하면서 주파수 공유문제에 대한 쟁점을 불러일으키고 있다. 주파수 스펙트럼의 부족으로 인해 많은 대역들이 하나 이상의 무선서비스에 할당되어 있으며, 이로 인해 주

파수 공유는 필연적이다. 그러므로 주파수 공유의 증가는 무선 서비스간의 간섭문제를 쉽게 야기한다[1].

WRC-03에서 권고 ITU-R M.1645[2]를 바탕으로 향후 이동통신용 주파수가 추가로 필요하다고 판단하여 IMT-2000 및 차세대 이동통신 시스템용 주파수 검토를 WRC-07 의제 1.4에서 다루어졌다. 의제 1.4 관련 작업은 IMT-2000 및 IMT-2000 이후의 시스템 (WRC-07에서 기존 IMT-2000 및 IMT-advanced 모두

* 군산대학교 전자정보공학부(School of Electronic & Information Eng., Kunsan National Univ.

· 제1저자 (First Author) : 강영흥

· 투고일자 : 2009년 11월 10일

· 심사(수정)일자 : 2009년 11월 13일 (수정일자 : 2009년 12월 22일)

· 게재일자 : 2009년 12월 30일

IMT 용어로 통일) 관련 연구를 담당하는 ITU-R WP8F(현 WP5D)에서 향후 필요한 주파수 소요량 및 후보대역 등에 대한 연구를 진행하여 보고서 ITU-R M.2078[3]에서 2020년까지 IMT 용도로 총 1,280~1,720MHz의 대역이 필요하다는 결과를 보이고 있다. 또한 이 보고서에서는 후보대역을 7개 대역, 410-430MHz, 450-470MHz, 470-806/862MHz, 2300-2400MHz, 2700-2900MHz, 3400-4200MHz, 4400-4990MHz으로 압축하여 각 후보대역 별 장단점 및 이용현황, 각 국가별 선호대역이 정리되었다.

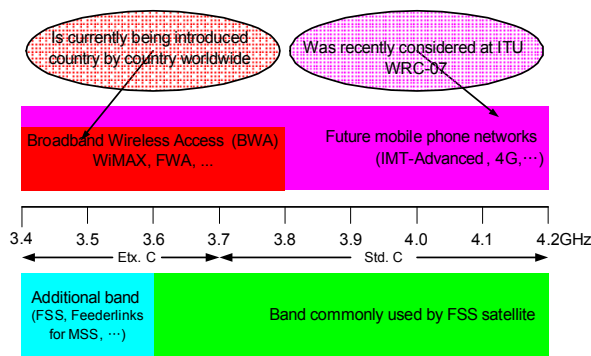


그림 1. C 대역 FSS 다운링크 상에서의 IMT/WBA 주파수 분배

Figure 1. IMT/WBA spectrum allocation in C-band FSS downlink

후보대역 중 C 대역(3400-4200MHz)은 40년 동안 전세계에서 FSS(Fixed Satellite Service) Downlink(Space-to-Earth) 용으로 광범위하게 이용되어 왔다. 이 대역은 특히 낮은 대기 손실에 의해 심한 강우 페이드(fade) 조건을 갖는 지역을 포함한 광역 서비스 커버리지로 고 신뢰의 우주 대 지구통신회선을 가능하게 한다. ITU는 이 대역의 일부에서 이동서비스가 Region 2와 3에서는 3500MHz 이상의 대역에서 주 업무(primary service)로, Region 1의 3400-3800MHz 대역 및 Region 2와 3의 3400-3500MHz 대역에서 부업무(secondary service)로 할당되어 있다. 현재 한국은 3400-3700MHz 대역, 일본은 3600-4200MHz 대역을 고정위성서비스로 사용하고 있다. 그러나, 유럽 CEPT 주파수 분배표에 의하면 3400-3800MHz 대역 일부에 FWA(Fixed Wireless Access) 서비스를 위해 사용하고 있다. 이 대역에 있어 BWA(Broadband Wireless Access) 시스템과의 주파

수 공유와 관련된 CEPT ECC 보고서가 완성되었으며, 최근에는 FWA 뿐만 아니라 휴대이동(NWA) 및 이동(MWA)와 같은 기타 BWA 이용모드로 확장되어 주파수 공유연구가 이루어졌다. 그 결과 BWA를 위한 주 이동업무가 유럽 주파수분배표에 포함되었다 [4]. 그림 1에 C 대역 Downlink에 있어 IMT/BWA 주파수 분배를 보인다.

한편, C 대역(3GHz 이상)에서의 IMT 후보대역의 논의는 WRC-07에서 가장 큰 쟁점으로 고정위성 주요 사용국을 중심으로 극심한 반대에 의해 주요 이동통신국들의 요구한 C 대역 전세계 또는 지역별 용도분배는 무산되었다. 이에 향후 IMT 주파수 대역을 확보하기 위해서는 이들 후보대역에 있어 기존 서비스와 IMT 서비스간의 면밀한 주파수 공유연구를 필요로 하고 있으며, 특히 3400-4200MHz 및 4500-4800MHz 대역에 있어서는 ITU-R Report M.2109[5]에서 IMT 서비스와 고정위성서비스간에 주파수 공유연구가 수행되었으나, 시뮬레이션에 의존하고 있어 그 이론적 분석 및 연구결과의 활용도가 미비한 실정이다.

본 연구에서는 후보대역인 3400-4200MHz 대역에서 IMT 기지국들이 FSS 지구국에 미치는 간섭영향 분석을 위해 4 가지 지역에 있어서의 클러터(cltter) 손실을 도입하여 주파수 공유를 위한 전파모델을 연구하였다. I/N (간섭대 잡음전력비) = -10dB 간섭보호 기준치를 사용하여 기존 FSS 지구국과 새로운 IMT 매크로(macro)와 마이크(micro) 기지국, 그리고 이동국간의 최소 이격거리(separation distance)를 두 지역, 시골지역(rural area) 및 밀집 도시지역(dense-urban area)에서 도출하여 향후 이 후보대역에 대한 주파수 공유기준 자료로 활용될 수 있도록 한다.

II. 간섭시나리오

그림 1의 3.4-4.2GHz (C 대역) 대역은 ITU 무선규칙(Radio Regulation)의 Article 5에 의해 전세계적으로 FSS Downlink(space-to-Earth)에 분배되어 있다. 한편, ITU 무선규칙 Appendix 7에서는 100MHz - 105GHz 대역에서 지상 무선통신 서비스와 주파수 공유를 행

하는 송신 또는 수신 지구국 주위의 조정영역 (coordination area)의 결정절차를 제공하고 있다[4]. 따라서 IMT 후보대역의 수신 지구국에 대해서도 IMT 서비스와 주파수 공유를 하기 위해 허용간섭 레벨내에서 지구국 주위의 조정영역이 필요하다. 이를 근거로 지구국 주위의 조정영역을 고려하여 IMT 기지국 및 이동국 으로부터의 간섭영향 분석을 위한 시나리오를 그림 2에 나타낸다.

만일 주파수공유 기준치가 만족되면 두 시스템은 주파수 공유가 가능하다. 주파수공유 및 간섭보호 기준치는 절대 간섭레벨 I 로서, 간섭 대 잡음 전력비, I/N , 또는 캐리어 대 간섭신호 전력비, C/I 로 정의된다[1]. ITU-R Recommendation F.758-2은 고정서비스 수신기에 미치는 장기간(long-term) 간섭을 위해 간섭 대 열잡음비(I/N)에 대한 두 가지 일반적 허용치를 상세히 다루고 있다. 이 접근법은 잡음지수와는 별도로 피간섭원의 대부분의 특성에 관계없는 허용한계치를 정의하기 위한 방법을 제공한다. 각 고정서비스는 수신기 민감도(sensitivity)에서 1dB 열화(즉, 캐리어 대 잡음비(C/I)와 캐리어 대 잡음 및 간섭비 ($C/(N+I)$ 간의 차)를 허용한다.

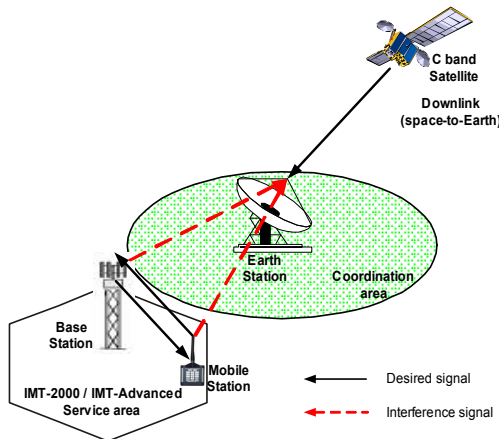


그림 2. FSS 지구국에 미치는 IMT 기지국 및 이동국의 간섭 시나리오

Figure 2. Interference scenario of IMT base and mobile stations into FSS earth station

이전부터 시스템간의 주파수 공유를 위해 -10dB 의 I/N 이 사용되었으며, 다음과 같이 표현할 수 있다 [1].

$$I - N \leq \alpha \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

여기서, $I(\text{dB})$ 는 동일채널 간섭원으로부터의 간섭 레벨이며, 다음과 같이 주어진다.

$$I = P_t + G_t + G_r + B_r - \text{Losses} \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

여기서, $P_t(\text{dB})$ 는 간섭원의 송신전력, $G_t(\text{dBi})$ 및 $G_r(\text{dBi})$ 은 각각 간섭원 및 피간섭원의 안테나 이득이다. B_r 은 대역비 정정인자(correction factor)를 나타내며, 다음과 같이 간섭원과 피간섭원의 대역폭에 의존한다.

$$B_r = \begin{cases} -10 \log \left(\frac{BW_{\text{interferer}}}{BW_{\text{victim}}} \right) & \text{dB} \quad \text{if } BW_{\text{interferer}} \geq BW_{\text{victim}} \\ 0 & \text{dB} \quad \text{if } BW_{\text{interferer}} < BW_{\text{victim}} \end{cases} \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

Losses 는 자유공간 손실 및 식 6에 보이는 클러스터 손실에 기인하는 감쇄이다.

$N(\text{dB})$ 은 수신기의 열잡음으로서 다음에 의존한다.

$$N = -144 + NF + 10 \log_{10}(BW_{\text{victim}}) \quad (\text{dB}) \quad (4)$$

여기서, $NF(\text{dB})$ 는 수신기의 잡음지수, $BW_{\text{victim}}(\text{MHz})$ 은 피간섭원 수신기 대역폭을 나타낸다. $\alpha(\text{dB})$ 는 보호비로서 -6dB 의 값을 갖는데 이는 간섭이 열잡음보다 대략적으로 6dB 이하이어야 한다는 점을 의미한다.

III. 전파손실

지상 간섭평가를 위해 CEPT(European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) 및 ITU에서 동의한 표준 전파모델은 ITU-R Rec. P.452-12[6]으로 주어진다. 이 모델은 주파수 공유 및

공존 연구를 위해 사용되며, 자유공간손실 및 식 6에 따른 다른 클러터(clutter)에 기인하는 감쇄를 포함한다.

$$L(d) = 92.5 + 20\log r + 20\log f + Ah \text{ (dB)} \quad (5)$$

여기서, r (km)는 간섭원과 피간섭원과의 거리, f (GHz)는 캐리어 주파수, Ah 는 손실 또는 감쇄이다. 감쇄 Ah 는 로컬 클러터로부터 보호에 기인하는 손실 또는 소위 클러터 손실이며 다음과 같이 표현된다.

$$Ah = 10.25e^{-d_k} \left[1 - \tanh \left[6 \left(\frac{h}{h_a} - 0.625 \right) \right] \right] - 0.33 \quad (6)$$

여기서, d_k (km)는 안테나에 대한 공칭 클러터 점 (nominal clutter point)으로부터의 거리, h (m)는 지상으로부터 안테나 높이, h_a (m)는 지상으로부터 공칭 클러터 높이이다. 문헌[6]에 클러터 손실은 다른 범주들, 나무(trees), 시골(rural), 교외(suburban), 도시(urban), 밀집도시(dense urban)에 따라 계산되었다. 고려할 4개의 클러터 범주들, 그들의 높이 및 공칭 거리들을 표 1에 보인다. 시골지역과 교외지역간 공칭 거리상의 % 감소는 약 75%, 마찬가지로 시골지역과 도시 및 밀집도시간, 교외지역과 도시 및 밀집도시간의 감소는 각각 80%와 20%이다. 공칭 거리의 차이는 시골, 교외, 도시와 같은 지형적 특성에 따른 클러터 높이에 기인한다.

표 1. 공칭 클러터 높이 및 거리
Table 1. Nominal clutter height and distances

Clutter category	Clutter height h_a (m)	Nominal distance d_k (km)
Rural	4	0.1
Suburban	9	0.025
Urban	20	0.02
Dense urban	25	0.02

그림 3은 표 1의 파라미터를 이용하여 식 (6)으로부터 얻어진 시골, 교외, 도시, 밀집도시 지역에서의 클러터 손실을 보이며, 안테나 높이를 클러터 높이까지 증가시킴에 따라 클러터 손실은 감소한다.

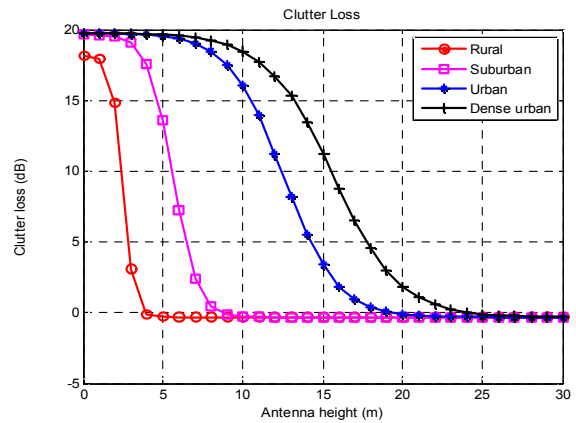


그림 3. 시골, 교외, 도시, 밀집도시에서의 클러터 손실
Figure 3. Clutter loss for rural, suburban, urban, and dense urban areas

IV. 최소 이격거리

그림 2에 보이는 바와 같이 단일 IMT 지상 차세대 이동통신 시스템과 FSS 지구국간의 주파수 공유를 위해 두 시스템간의 최소 이격거리(separation distance), r (km)는 다음과 같이 구할 수 있다. 우선 식 (2)로부터 I/N 은 다음과 같이 표현된다.

$$I/N = p_t g_t g_r \times 10^{(B_r - N)} / Losses \quad (7)$$

여기서, $Losses$ 대신에 식 (5)를 대입하여 거리 r (km)에 대해 정리하면, 다음과 같다.

$$r = \sqrt{\frac{p_t g_t g_r}{C}} \quad (8)$$

여기서, p_t 는 IMT 기지국 또는 이동국 의 송신전력, g_t 는 IMT 기지국 또는 이동국 이 FSS 지구국에 미치는 안테나 송신이득, g_r 는 IMT 기지국 또는 이동국 으로부터 전력을 수신하는 FSS 지구국 안테나 수신이득이다.

한편, 식 (5)의 전파손실에서 운용주파수가 3.8GHz 일 때 식 (7)의 상수 C 는 다음과 같다.

$$C = 2.568 \times 10^{(100 + Ah + N - B_r)/10}$$

여기서, Ah 는 식 (6)의 클러터 손실, N 은 식 (4)의 수신기 열잡음, B_r 은 식 (3)의 대역비 정정인자이다.

$$g_r(\theta) = \begin{cases} G_0 / \left(\frac{360}{2\pi} \theta \right)^{2.5}, & \text{for } \frac{2\pi}{360} \leq \theta \leq 48 \times \frac{2\pi}{360} \\ 0.1, & \text{for } 48 \times \frac{2\pi}{360} < \theta \leq \pi \end{cases} \quad (10)$$

V. 시스템 특성

5-1 FSS 파라미터

FSS 수신 지구국에 미치는 간섭을 평가하는데 사용되는 주요 FSS 파라미터를 표 2에 나타낸다[5]. 안테나 직경은 2.4m 및 11m(피더 링크)이며, 안테나 고도는 30m(urban case) 및 3m(rural case)이다.

표 2. 전형적인 C 대역 FSS 다운링크 파라미터
Table 2. Typical C-band downlink parameters

Parameter	Typical value						
Range of operating frequencies	3400-4200MHz, 4500-4800MHz						
Earth station off-axis gain towards the local horizon(dBi)	Elevation angle	5°	10°	20°	30°	48°	>85°
	off-axis gain	14.5	7.0	-0.5	-4.9	-10	0
Antenna reference pattern	Recommendation ITU-R S.465(up to 85°)						
range of emission bandwidths	40kHz-72kHz						
Receiving system noise temperature	100K						
Earth station deployment	All regions, in all locations(rural, semi-urban, urban)						

무선통신 위성시스템 지구국간, 이들 지구국과 동일 주파수 대역을 공유하는 타 서비스 무선국간의 상호간섭 평가에는 다음의 지구국 안테나를 위한 단일 방사패턴을 사용하는 것이 필요하다[7].

$$G_r(\theta) = \begin{cases} 32 - 25 \log \theta \text{ dBi}, & \text{for } 1^\circ \leq \theta \leq 48^\circ \\ -10 \text{ dBi}, & \text{for } 48^\circ < \theta \leq 180^\circ \end{cases} \quad (9)$$

여기서, θ 는 안테나 주로브(main lobe) 축으로부터 이루는 각이다. 식 (9)는 식 (7)에 적용하기 위해 다음과 같이 변형시킬 수 있다.

여기서, θ 는 라디안(radian)으로 표시되며, $G_0 = 32\text{dB} = 1585$ 이다.

5-2 IMT 파라미터

IMT 기지국 및 이동국 의 주요 파라미터를 표 3과 표 4에 보인다[5].

표3. IMT 기지국 파라미터

Table 3. IMT base station parameters

Parameter	Value
EIRP density range	46 dBm/MHz(Macro base station) 22 dBm/MHz(Micro base station)
Antenna gain	20 dBi(Macro cell) 5 dBi(Micro cell)
Antenna pattern for vertical sharing	Sectored(ITU-R Rec.F.1336-1) for Macro cell Omni for Micro cell
Base station antenna downtilt	2 degrees(Macro cell) 0 degrees(Micro cell)
Base station antenna height	30m(Macro cell) 5m(Micro cell)
Bandwidth	20-100MHz

표4. IMT 이동국 파라미터

Table 4. IMT mobile station parameters

Parameter	Value
EIRP density range	7.5 dBm/MHz
Antenna gain	0 dBi
Mobile station antenna height	1.5 m
Antenna pattern	Omni
Bandwidth	20-100 MHz

IMT 매크로 셀 기지국에 사용되는 안테나 패턴은 FSS 지구국에 미치는 간섭레벨에 상당한 영향을 주게 되는데, 간섭분석과 관련하여 기존에 기지국 수직 패턴 특성으로 ITU-R Rec. F.1336-1[8]에 주어진 이득 패턴이 많이 이용되어 왔지만, 본 권고의 Note 5에 근거하여 다음의 안테나 이득패턴이 제안되고 있다[9].

$$G_t(x) = \begin{cases} G_{\max} - 12x^2 \text{ dBi}, & \text{for } 0 \leq x < 1 \\ G_{\max} - 12 - 15 \log x \text{ dBi}, & \text{for } 1 \leq x \end{cases} \quad (11)$$

여기서, G_{\max} 는 안테나 최대이득이며, $x = \phi/\phi_\alpha$ 및 $\cos \phi = \cos \phi \cos \theta$ 이다. 또한, ϕ 는 안테나 주로브 축으로부터 (ϕ, θ) (azimuth, elevation) 방향에서 이루는 각이며, ϕ_α 는 3dB 빔폭이다. ITU-R

Rec. F.1336-1[8]에 $\phi_\alpha = \frac{31000 \times 10^{-0.1 G_{\max}}}{\phi_s}$ (ϕ_s

는 수평면(azimuthal plane)의 3dB 빔폭)로, 만일 IMT 매크로셀(macro cell) 기지국의 안테나 최대이득이 20dB[5], 3섹터(sector) 안테나를 가정하면, $\phi_\alpha \approx 2.58^\circ$ 이다. 한편 식 (11)은 식 (7)에 적용하기 위해 다음과 같이 변형시킬 수 있다.

$$g_t(x) = \begin{cases} G_{\max}/(15.85)^x, & \text{for } 0 \leq x < 1 \\ G_{\max}/(15.85x^{1.5}), & \text{for } 1 \leq x \end{cases} \quad (12)$$

여기서, 문헌[5]에서와 마찬가지로 $G_{\max} = 20\text{dB} = 100$ 으로 가정한다.

VI. 공유 시나리오

6-1 클러터 손실

LOS(line-of-sight) 전파는 장애물에 의해 차단되면, 전파손실은 증가하게 된다. 여기서는 두 가지 전파환경 시골지역(rural areas)과 밀집도시지역(dense urban areas)에 있어 IMT 기지국 및 이동국 으로부터 FSS 지구국에 미치는 간섭을 분석하기 위해 식(6)의 클러터 손실을 표 5에 나타내었다. 표 5에서 보이는 바와 같이 FSS 수신 안테나는 대부분 로컬 클러터(local clutter)보다 높게 서있어 클러터 손실을 거의 받지 않지만, IMT 안테나는 대부분 로컬 클러터 이하로 클러터 손실이 발생한다.

표 5. 시골지역과 밀집 도시지역에서의 계산된 클러터 손실

Table 5. Calculated clutter losses for rural and dense urban area

Dense Urban	Rural	
30	3	FSS antenna height(m)
30	30	Macro base station IMT antenna height(m)
5	5	Micro base station
1.5	1.5	User term IMT antenna height(m)
25	4	Height of local clutter(m)
0.02	0.1	Nominal distance from local clutter(km)(Table 1)
-0.3	3.1	Clutter loss FSS antenna(dB)
-0.3	-0.3	Clutter loss IMT macro base station(dB)
19.6	-0.3	Clutter loss IMT micro base station(dB)
19.7	17.3	Clutter loss user terminal(dB)

6-2 최소 이격거리

식 (8) 및 간섭보호기준치 $I/N = -10\text{dB}$ 를 이용하여 구해진 최소 이격거리 결과는 그림4 ~ 그림 8에 보인다. 본 논문에서는 저양각의 예로 10° , 고양각의 예로 60° 를 고려하였는데, 이는 식 (9)에서 양각이 48° 이상이 되면 위성 지구국의 안테나 패턴이 일정하기 때문이다.

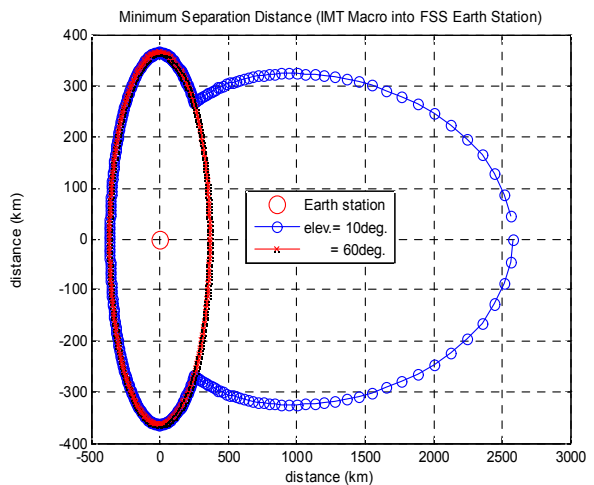


그림 4. 시골지역에 있어서의 IMT 매크로 기지국과 FSS 지구국간의 최소 이격거리

Figure 4. Minimum separation distance between IMT macro and Earth stations in rural area

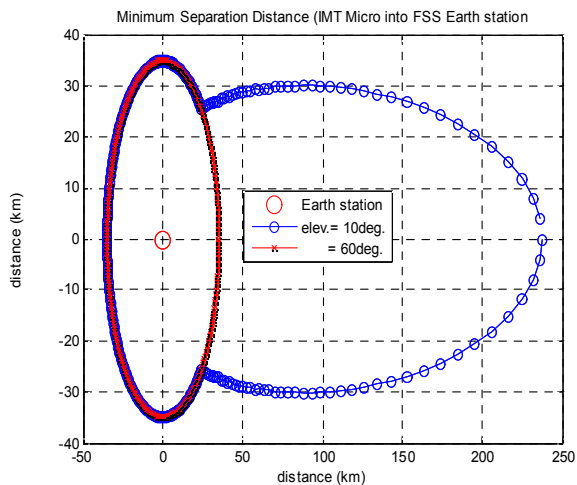


그림 5. 시골지역에 있어서의 IMT 마이크로 기지국과 FSS 지구국간의 최소 이격거리

Figure 5. Minimum separation distance between IMT micro and Earth stations in rural area

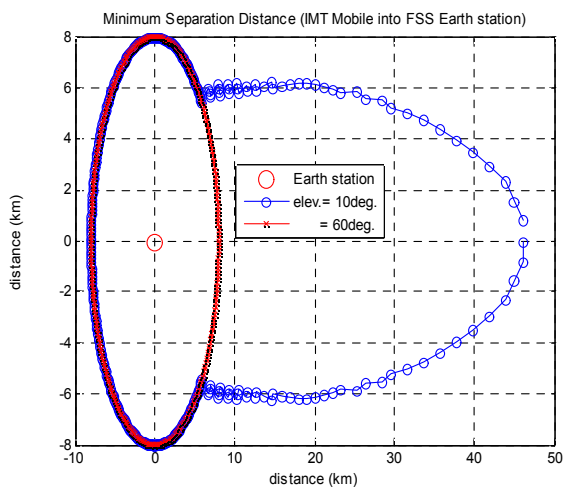


그림 6. 시골지역에 있어서의 IMT 이동국 과 FSS 지구국간의 최소 이격거리

Figure 6. Minimum separation distance between IMT mobile and Earth stations in rural area

IMT 기지국 및 이동국 의 대역폭을 20MHz, FSS 지구국의 대역폭을 40MHz, 간섭보호 기준치를 $I/N = -10\text{dB}$ 로 가정할 때, 그림 4에서 그림 6은 각각 IMT 매크로 기지국, IMT 마이크로 기지국, IMT 이동국이 FSS 지구국에 미치는 간섭영향을 분석하여 시골지역에 있어서의 주파수 공유를 위한 최소 이격거리를 FSS 지구국의 양각이 각각 10° 및 60° 인 경우, 안테나의 지향방향에 따라 구한 결과이다. FSS 지구국 양각이 60° 인 경우, 지구국 안테나의 지향방향에 상

관없이 일정한 최소 이격거리가 구해지며, IMT 매크로 기지국, IMT 마이크로 기지국, IMT 이동국 과 FSS 지구국간의 최소 이격거리는 각각 약 380km, 35km, 8km이지만, FSS 지구국 양각이 10° 로 낮아지면, 지구국 안테나의 지향방향이 매우 중요하여 주로브(main lobe) 방향에서 최소 이격거리가 가장 크며, 각각 약 2600km, 230km, 46km 로 크게 증가하게 된다.

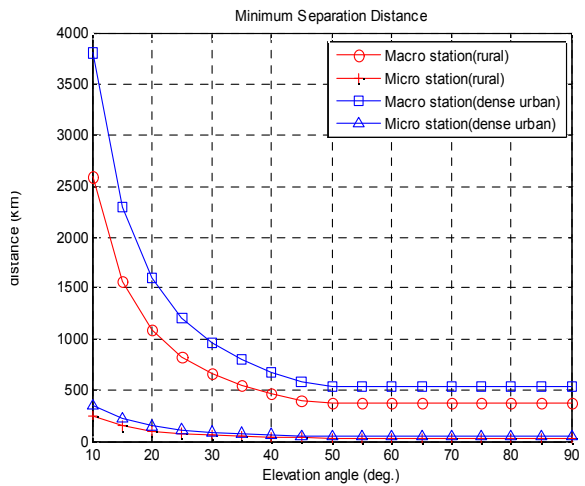


Figure 7. 양각에 따른 IMT 기지국과 FSS 지구국간의 최소 이격거리

Figure 7. Minimum separation distance between IMT base and Earth stations with elevation angle

그림 7은 시골지역 및 밀집 도시지역에서 IMT 매크로 및 마이크로 기지국이 FSS 지구국에 미치는 간섭영향을 분석하여, 시골지역과 밀집 도시지역에서의 전파환경 모델에 의한 표 5에서 얻어진 클러터 손실을 적용하여 FSS 지구국의 양각에 따른 최소 이격거리를 구한 결과이다. 밀집 도시지역에서의 클러터 손실이 시골지역에서 보다 작기 때문에 최소 이격거리가 크게 나타나고 있다. 즉, FSS 지구국 양각이 낮은 10° 에서 IMT 매크로 기지국이 FSS 지구국에 미치는 간섭영향에 의한 최소 이격거리는 밀집 도시지역에서 약 3800km인 반면, 시골지역에서는 약 2600km로 작아지고 있다. 양각이 50° 이상에서는 양각이 증가해도 최소 이격거리가 변함이 없으며, 밀집 도시지역에서 약 550km, 시골지역에서 약 400km의 결과를 얻었다. IMT 마이크로 기지국이 FSS 지구국

에 미치는 간섭의 경우는 FSS 지구국 양각이 10° 인 경우, 약 100km, 양각이 50° 이상에서는 약 30km 정도의 차이를 보이고 있다.

VII. 결 론

시스템간의 주파수 공유 및 공존은 시스템 규격, 전파환경 모델, 서비스 지역, 간섭형태 등 과 같은 많은 요인들에 의존하고 있기 때문에 어려운 실정이다. 본 논문에서는 IMT 매크로/마이크로 기지국 및 이동국의 규격, FSS 지구국의 양각, 그리고 시골지역 및 도시 밀집지역에 있어서의 클러터 손실에 따라 IMT 기지국 및 이동국이 FSS 지구국에 미치는 간섭을 분석한 후, $I/N=-10\text{dB}$ 보호 기준치를 이용하여 시스템간의 최소 이격거리를 이용한 주파수 공유를 평가하였다. 그 결과 FSS 지구국의 양각이 50° 이상에서는 시스템간의 주파수 공유를 위한 최소 이격거리는 일정하며, 그 이하에서는 양각이 낮을수록 최소 이격거리가 급격히 증가함을 알 수 있다. 또한, 서비스 지역에 따른 최소 이격거리는 밀집 도시지역이 시골지역보다 크게 요구되며, 이는 클러터 손실이 시골지역에서 보다 작기 때문이다 클러터 손실은 안테나 높이가 클러터 높이보다 높으면 일정한 값을 가지므로 최소 이격거리도 일정하게 된다. 대략적으로 FSS 지구국 안테나 높이가 10m 이하 및 25m 이상에서는 최소 이격거리가 일정함을 알 수 있다. 향후 IMT 기지국 및 이동국의 스펙트럼 방사 마스크를 이용하여 인접채널에서의 채널분리 등에 따른 최소 이격거리 등의 평가를 통한 주파수 공유분석이 필요하다.

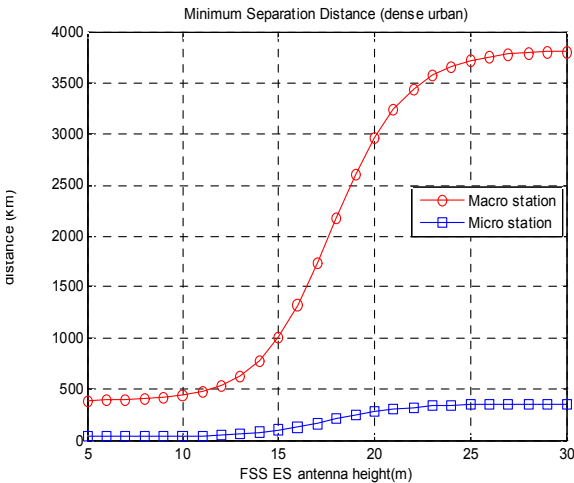


그림 8. 밀집도시지역에서 지구국 안테나 높이에 따른 IMT 기지국과 FSS 지구국간의 최소 이격거리
Figure 8. Minimum separation distance between IMT base and Earth stations in dense urban area with antenna height of earth station

그림 8은 밀집 도시지역에서 IMT 매크로 및 마이크로 기지국이 FSS 지구국에 미치는 간섭영향을 분석하여, 그림 3의 클러터 손실을 적용하여 FSS 지구국의 안테나 높이에 따른 최소 이격거리를 구한 결과이다. 이 결과로부터 FSS 지구국 안테나 높이에 따라 IMT 기지국과의 최소 이격거리는 증가하다 안테나 높이가 클러터 높이보다 높을 때 더 이상 증가하지 않는다. IMT 기지국이 FSS 지구국에 미치는 간섭의 경우 지구국 안테나 높이가 10m 이하 및 25m 이상에서는 최소 이격거리가 변함이 없는데, 이는 클러터 손실이 클터 높이에 따라 증가하다가 안테나 높이가 클러터 높이보다 높을 때 클러터 손실은 일정한 형태를 보이기 때문이다. IMT 매크로 기지국이 FSS 지구국에 미치는 간섭의 경우 최소 이격거리는 지구국 안테나의 높이에 따라 최소 400km, 최대 3800km가 필요하며, IMT 마이크로 기지국의 경우, 최소 50km, 최대 400km가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Z, A. Shamsan and T. A. Rahman, "On the comparison of intersystem interference scenarios between IMT-advanced and fixed services over various deployment areas at 3500MHz", *Progress In Electromagnetic Research C*, vol.5, pp.169-185, 2008.

[2] ITU-R Recommendation M.1645, Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000, June 2006.

[3] ITU-R Report M.2078, Estimated spectrum

bandwidth requirements for the future development of IMT-2000 and IMT-Advanced, 2006.

- [4] WiMAX Forum, Compatibility of service using WiMAX technology with satellite services in the 2.3-2.7GHz and 3.3-3.8GHz bands, 2007.
- [5] ITU-R Report M.2109, Sharing studies between IMT-Advanced systems and geostationary satellite networks in the fixed-satellite service in the 3400-4200 and 4500-4800MHz frequency bands, 2007.
- [6] TU-R Recommendation P.452-12, Prediction procedure for the evaluation of microwave interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.7GHz, 2005.
- [7] ITU-R Recommendation S.465-5, Reference earth-station radiation pattern for use in coordination and interference assessment in the frequency range from 2 to about 30GHz, April 1993.
- [8] 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 May 2000.
- [9] ITU-R 9D/173, Proposed revision of recommendation ITU-R F.1336-1, Feb. 2002.

강 영 흥 (姜榮興)



1984년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과(공학사)
 1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1993년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
 1988년 3월~1990년 2월 : 한국항공대 통신정보공학과 조교
 1995년 8월~1996년 8월 : 일본 오사카대학 개원교수
 2003년 8월~2005년 2월 : 영국 York대학 방문교수
 1990년 4월~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수
 관심분야 : 위성통신공학, 통신공학, 이동통신공학
 정보통신 표준화, USN