

MIMO SDMA에 기반한 IMT-Advanced 시스템과 FWA 시스템간의 주파수 공유

Spectrum Sharing between IMT-Advanced System Based on MIMO SDMA Techniques and FWA System

강영흥*

Young-Heung Kang*

요 약

무선통신시스템간의 주파수 공유는 새로운 기술의 출현 및 스펙트럼 부족으로 인해 중요한 이슈로 되고 있다. WRC-07에서 향후 4세대 이동통신(4G) 또는 IMT-Advanced 시스템을 위해 기존의 고정무선역세스(FWA) 시스템과 co-primary 기반으로 3400-3600MHz 대역을 할당함으로써 동일 주파수 대역에서 두 시스템간의 간섭문제 및 주파수 공유 문제 분석이 필요한 실정이다. 이에 본 논문에서는 셀룰러 이동통신 시스템에 기반한 FWA 및 IMT-Advanced 시스템에서 다수의 기지국들에 의한 간섭 대 잡음전력비(I/N)를 구하여 간섭 기준에 의한 최소 서비스 커버리지 분리거리를 파라미터로 두 시스템간의 주파수 공유기준을 제시한다. 특히 최악의 간섭 시나리오에서 비현실적인 서비스 커버리지 분리거리를 IMT-Advanced 기지국에 MIMO SDMA 기술을 적용함으로써 I/N 값을 획기적으로 개선시켜 향후 적절한 분리거리로 두 시스템의 주파수 공유가 가능함을 보인다.

Abstract

Spectrum sharing between wireless systems becomes a critical issue due to emerging new technologies and spectrum shortage. Since WRC-07 allocated 3400-3600MHz band for the coming fourth generation (4G) or IMT-Advanced on a co-primary basis along with existing Fixed Wireless Access (FWA), it requires spectrum sharing studies to solve the interference problems between two systems. In this paper, I propose the separation distance between service coverages as a sharing fundamental criterion based on the interference to noise power ratio (I/N) received in a FWA base station from several IMT-Advanced base stations on the cellular systems. Especially, some results imply that I/N values compared to the worst case can be greatly reduced with MIMO SDMA interference mitigation technique of IMT-Advanced base stations so that these two systems can co-exist in the same frequency with appropriate separation distance.

Key words : Spectrum sharing, IMT-Advanced, FWA, MIMO SDMA

I. 서 론

무선통신서비스의 폭발적인 수요증가와 다른 한

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

- 제1저자 (First Author) : 강영흥
- 투고일자 : 2010년 10월 27일
- 심사(수정)일자 : 2010년 10월 28일 (수정일자 : 2010년 12월 16일)
- 게재일자 : 2010년 12월 30일

편으로 스펙트럼 이용에 있어 과도한 혼잡 및 고가의 비용에 따라 스펙트럼 규정의 기본적 변화를 예상하면서 주파수 공유문제에 대한 중요성이 커지고 있다. 주파수 스펙트럼의 부족으로 인해 많은 대역들이 하나 이상의 무선서비스에 할당되어 있으며, 이로 인해 주파수 공유는 필연적이지만, 주파수 공유의 증가는 무선 서비스간의 간섭문제를 쉽게 야기한다[1],[2].

WRC-03에서 권고 ITU-R M.1645[3]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 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[4]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.

Region 3의 주파수 할당을 분석해 보면, 470 - 862MHz 대역은 이미 co-primary 기반으로 이동서비스에 할당되어 있으며, 이 중 698 - 790MHz 대역은 아시아 몇 나라에서, 790 - 862MHz 대역은 아시아 모든 나라에서 IMT 용으로 검토되고 있다. 3400 - 3600MHz 대역은 현재 FS (Fixed Service) 및 FSS (Fixed Satellite Service)와 co-primary 기반으로 이동서비스용으로 할당되어 있으며, 아시아 여러 나라에서 규제와 기술적 제한을 두고 IMT용으로 검토되고 있다. WRC-07 결과에 따라 새로운 대역의 이용은 global 대역 (450 - 470MHz 및 2300 - 2400MHz)과 regional 대역 (790 - 862MHz 및 3400 - 3600MHz)으로 분류될 수 있다. 그림 1은 3 Region에 있어 primary 기반으로 이동서비스에 할당되거나 IMT 구현을 위해 각국에서 사용하고자 하는 후보대역으로 할당된 3400 - 3600MHz 대역을 보인다 (5.BBB: 다른 범주의 서비스; 방글라데시, 중국, 인도, 이란, 뉴질랜드, 싱가포르,

프랑스령 국가. 5.AAA1: 한국, 일본, 파키스탄. 5.CCC: 방글라데시, 중국, 한국, 인도, 이란, 일본, 뉴질랜드, 파키스탄, 프랑스령 국가)[1].

R1	5.AAA(Mobile Primary)		
	5.AAA(IMT FN)		
R2	Mobile Primary(FN 5.ZZZ) No IMT FN	Mobile Primary No IMT FN	
R3	Mobile Primary(FN 5.BBB) 7 Countries IMT (FN 5.AAA1) 3 Countries	Mobile Primary IMT (FN 5.CCC) 9 Countries	
	3400MHz	3500MHz	3600MHz

그림 1. IMT 대역 3.4-3.6GHz에서의 WRC-07 결과
Fig. 1. WRC-07 Outcome on IMT band 3.4-3.6GHz.

후보대역 중 3.5GHz 주파수 대역은 낮은 대기흡수, 고 신뢰성(high degree of reliability), 광역의 서비스 커버리지, 특히 열대지역에서 낮은 강우감쇄 등 우수한 특징을 지니고 있어, 3,400 - 3,800 MHz 대역은 이미 전세계 여러 나라에서 고정무선 액세스(FWA; Fixed Wireless Access) 시스템에 사용되고 있으며, FWA와 IMT 시스템간의 주파수 공유에 따른 간섭분석이 요구되고 있다. 이 대역에 있어 최근에 몇 가지 주파수 공유에 대한 연구가 이루어졌으며 [1],[5-7], 여기서 FWA로 대표되는 BWA (Broadband Wireless Access) 시스템이 동일대역에서 점대점(point-to-point) 고정통신(FS; Fixed Service) 시스템과의 주파수 공유를 위한 최소 분리거리 및 주파수 분리결정에 대한 연구가 이루어졌다. 또한, 시골, 교외, 도시, 밀집도시지역 등 다른 지형적 특성에 따른 두 시스템간 간섭기준이 구해졌으며, 시스템 규격, 스펙트럼 방사 마스크(emission mask), 자유공간 및 클러터(clutter) 손실 전파모델, 주파수 오프셋(offset), 여러 지형적 특성에 의해 3.5GHz 대역 주파수 공유에 미치는 영향이 분석되었지만, MIMO (multiple input-multiple output) 및 빔포밍(beam forming)에 의한 간섭경감기술 등을 고려한 두 시스템간의 주파수 공유기준 연구는 미비한 실정이다.

한편, 기술적 요구조건으로서 IMT (또는 IMT-Advanced) 시스템은 기지국과 이동국 모두 다중안테나 구조 및 MIMO 운용을 포함한 빔포밍 기술을 지원할 예정이다. 따라서 본 논문에서는 MIMO SDMA (Space Division Multiple Access) 기술에 근거하여 IMT와 FWA 시스템간의 간섭분석 방법을 제시

하고, IMT 기지국이 MIMO SDMA 기술을 사용할 때 동일채널 및 자유공간 및 클러터(clutter) 손실 전파채널 환경에서 두 시스템간의 주파수 공유조건을 도출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IMT와 FWA 시스템간의 주파수 공유분석을 위한 간섭 시나리오를 제안하며, 3장에서는 MIMO SDMA에 기반한 시스템의 기술적 특성 및 간섭분석에 이용된 파라미터들을 정의하고, 4장에서는 자유공간 및 클러터 손실 전파모델을 분석한다. 5장에서 간섭평가로서 IN 계산식을 도출하여 6장에서 시뮬레이션을 통해 두 시스템간의 주파수공유 시나리오를 분석한 후 7장에서 결론을 내린다.

II. 간섭시나리오

IMT와 FWA 시스템간에 발생하는 주파수 공유 시나리오는 기지국-기지국 (BS-to-BS), 기지국-가입자국 (BS-to-SS), 가입자국-기지국 (SS-to-BS), 가입자국-가입자국 (SS-to-SS)으로 구분할 수 있다. 기존의 연구[6],[7]에서는 BS-to-SS, SS-to-BS, SS-to-SS 간섭은 시스템에 걸쳐 평균을 취할 때 시스템 성능에 작거나 무시할 수 있을 정도의 간섭영향을 준다고 알려져 있

다. 그러므로 BS-to-BS 간섭이 IMT와 FWA 시스템간에 가장 중요한 간섭경로이며, 두 시스템을 위한 주요 주파수 공유문제로서 분석이 이루어져야 한다. 특히, IMT 기지국들에 의해 FWA 기지국에 미치는 간섭이 반대의 경우보다 안테나 최대이득, 대역폭, 송신전력 면에서 간섭영향이 강할 것으로 예상되므로 본 논문에서는 이 경우에 대해서만 간섭평가를 행한다. 그림 2에 IMT와 FWA 시스템간의 주파수 공유문제를 다루기 위해 각각 서비스 커버리지 내에 7개의 셀을 가정하였으며, FWA 시스템은 지향성 안테나를 IMT 시스템은 MIMO 빔포밍을 고려하였다.

그림 2에 보이는 바와 같이 IMT와 FWA 서비스 커버리지 분리거리(separation distance)를 D_s , IMT 셀 반경을 R_{IMT} 이라면, IMT 기지국 (i, j) 와 두 시스템 기지국간의 거리 $D_{i,j}$ 및 이루는 각 $\theta_{i,j}$ 는 각각 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D_{i,j} = \sqrt{D_E^2 + 3jR_{IMT}^2 + \sqrt{3}jD_ER_{IMT}} \quad (1)$$

$$\theta_{i,j} = \cos^{-1} \left(\frac{D_{i,j}^2 + D_E^2 - (\sqrt{3}jR_{IMT})^2}{2D_{i,j}D_E} \right) \quad (2)$$

여기서, $D_E = \frac{\sqrt{3}}{2}R_{IMT} + D_s$ 이다.

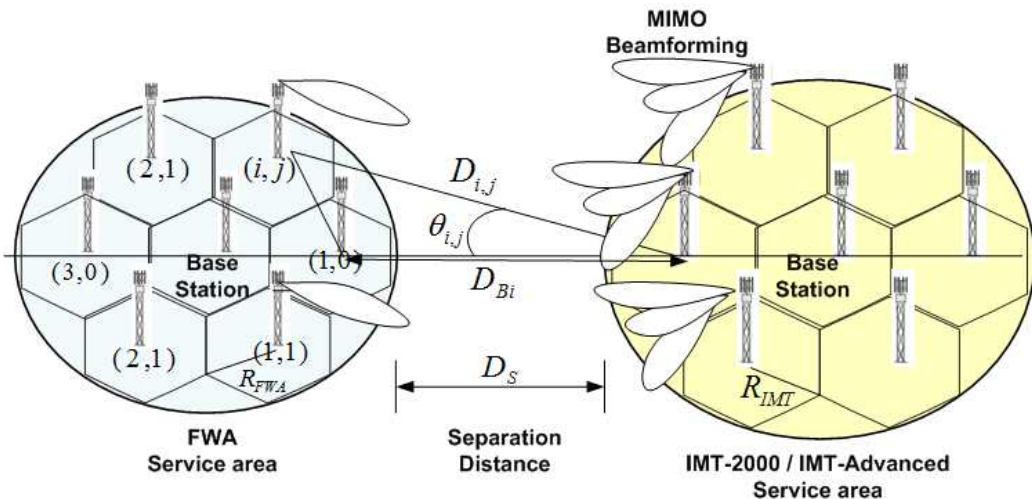


그림 2. IMT와 FWA 기지국간의 간섭 시나리오
Fig. 2. Interference scenario of IMT and FWA base stations.

III. 전파모델

마이크로웨이브 주파수에서 지상 간섭평가를 위해 CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) 및 ITU에서 동의한 표준 전파모델은 ITU-R Rec. P.452-12[8]으로 주어진다. 이 모델은 주파수 공유 및 공존 연구를 위해 사용되며, 자유공간손실 및 클러터(clutter)에 기인하는 감쇄를 포함한다.

$$L(d) = 92.5 + 20\log r + 20\log f + A_h \quad (3)$$

여기서, $r(\text{km})$ 는 간섭원과 피간섭원과의 거리, f (GHz)는 캐리어 주파수, 감쇄 $A_h(\text{dB})$ 는 로컬 클러터로부터 보호에 기인하는 손실 또는 소위 클러터 손실이며 다음과 같이 표현된다.

$$A_h = 10.25e^{-d_k} \left[1 - \tanh \left\{ 6 \left(\frac{h}{h_a} - 0.625 \right) \right\} \right] - 0.33 \quad (4)$$

여기서, $d_k(\text{km})$ 는 안테나에 대한 공칭 클러터 점 (nominal clutter point)으로부터의 거리, $h(\text{m})$ 는 지상으로부터 안테나 높이, $h_a(\text{m})$ 는 지상으로부터 공칭 클러터 높이이다. ITU-R Rec. P.452-12[8]에 시골 (rural), 교외(suburban), 도시(urban), 밀집도시(dense urban)에 따른 클러터 높이 및 공칭거리(nominal distance)를 표 1과 같이 주어진다.

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

표 1로부터 시골지역에 비해 교외지역의 공칭거리 % 감소는 약 75%, 시골지역에 비해 도시 및 밀집도시의 감소는 각각 80%, 교외지역에 비해 도시 및 밀

집도시의 감소는 각각 20% 정도임을 알 수 있다. 이와 같은 공칭거리의 차이는 시골, 교외, 도시와 같은 지역적 특성에 따른 클러터 높이에 기인한다. 그림 3은 표 1의 파라미터를 이용하여 식 (4)로부터 얻어진 시골, 교외, 도시, 밀집도시 지역에서의 클러터 손실을 보이며, 안테나 높이를 클러터 높이까지 증가시킴에 따라 클러터 손실은 감소함을 알 수 있다.

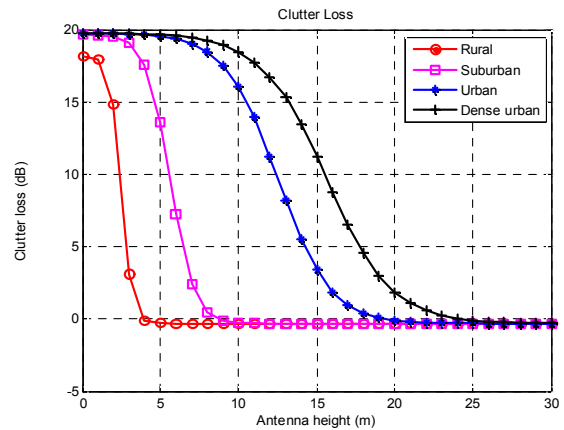


그림 3. 시골, 교외, 도시, 밀집도시에서의 클러터 손실
Fig. 3. Clutter loss for rural, suburban, urban, and dense urban areas.

IV. 시스템 특성

FWA로 대표되는 BWA 시스템 특성은 3.5GHz대역 고정 P-P(Point-to-Point) 링크 및 FSS(Fixed Satellite Service)와의 주파수 공유를 위해 기존의 연구[4]에서 주어졌으며, IMT 시스템의 후보기술로서 WiMAX 파라미터들이 공식적으로 발표되지 않은 IMT 시스템 대신에 사용되고 있다[1],[6]. 이를 표 2에 다시 요약하여 나타낸다.

4-1 FWA 안테나

FWA 수직패턴은 17dBi의 기지국 최대 안테나 이득을 사용하여 Rec. ITU-R F.1336-1[9]로부터 유도된다. 그림 4는 수직평면상의 기지국 섹터(sector)안테나의 off-axis 이득 응답특성을 보인다.

표 2. IMT 및 FWA 시스템 파라미터

Table 2. IMT and FWA system parameters.

Parameters	Value	
	IMT	FWA
Center frequency of operation (MHz)	3500	3500
Bandwidth (MHz)	10	7
Base station transmitted power (dBm)	43	35
Base station antenna gain (dBi)	18	17
Antenna gain pattern (Assuming and sector antenna)	MIMO	Recommendation ITU-R F.1336-1 ($k = 0.0$)
Base station antenna height (m)	15 - 30	15 - 30
Noise figure of base station (dB)	4	5
Protection criteria(I/N) (dB) Interference to individual base station	-6 (20% of time)	-6 (20% of time)
Receiver thermal noise (dBm/MHz)	-109	-109
Antenna elevation (default) (degrees)	-	-2

수평평면(azimuthal plane)상의 광각 주빔(main beam) 패턴은 Rec. F.1336-1에 정의되어 있지 않지만, off-axis 각에 따른 롤오프(roll-off) 특성이 매우 완만하므로 여기서는 고려하지 않는다.

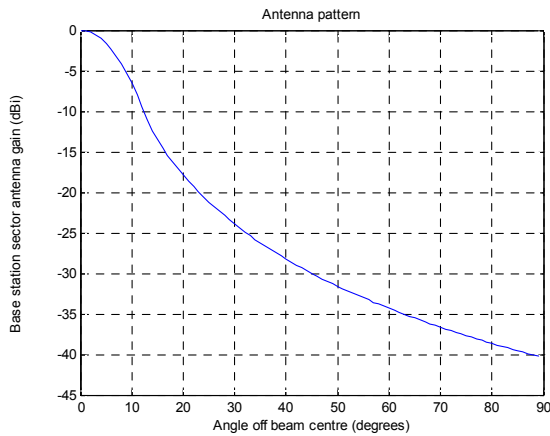


그림 4. 양각에 따른 FWA 기지국 안테나 패턴
Fig. 4. FWA base station sector antenna pattern envelope in elevation plane

4-2 IMT MIMO 안테나

그림 5는 FWA 시스템에 미치는 간섭을 억압시키기 위한 IMT 기지국 널스티어링(null-steering) 빔포머 (beamformer) 구조를 보인다[10]. 여기서는 일정 간격의 N_T 개의 소자를 갖는 선형 안테나를 고려하면, 빔 선택터로부터 데이터 신호 x_k ($k = 1, 2, \dots, N_T$)는

FWA 기지국 방향으로 널(null)을 형성하기 위해 웨이트(weight) 벡터집합 $U = \{w_1, w_2, \dots, w_{N_T}\}$ 을 직접 공급한다.

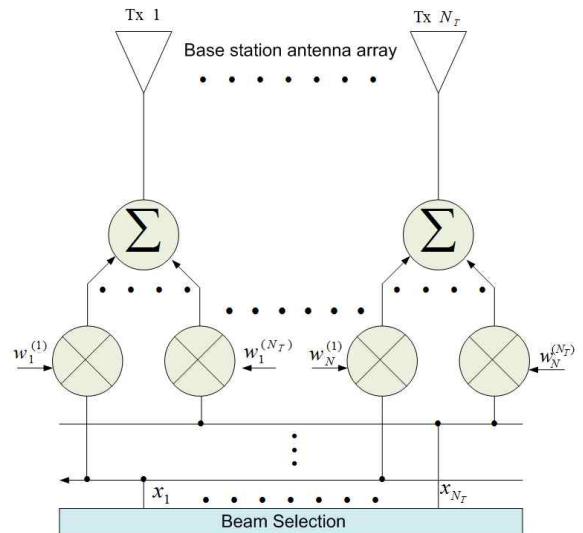


그림 5. 선형 어레이 MIMO 다운링크용 널스티어링에 근거한 IMT 기지국

Fig. 5. IMT base station based on null-steering for MIMO downlinks with linear array.

$\dot{w}_m = [w_1^{(m)}, w_2^{(m)}, \dots, w_{N_T}^{(m)}]$ 는 행 벡터 m 번째 웨이트 벡터로서 다음 식으로 주어진다.

$$\begin{cases} \dot{w}_m \dot{a}(\phi_d) = 1 \\ \dot{w}_m \dot{a}(\phi_i) = 0, i = 1, 2, \dots, N_T - 1 \end{cases} \quad (6)$$

여기서, $\dot{a}(\theta)$ 는 어레이 브로드사이드(broadside)에 대한 각 θ 에서의 스티어링 벡터로서 다음과 같이 정의된다.

$$\dot{a}(\phi) = \left[1 e^{j2\pi \frac{d}{\lambda} \sin\phi} \dots e^{j2\pi (N_T-1) \frac{d}{\lambda} \sin\phi} \right]^T \quad (7)$$

식(6)으로부터 만일 모든 스티어링 벡터가 선형적으로 독립이면, 웨이트 벡터 해는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\dot{w}^H = \dot{e}_1^T \hat{A}^{-1} \quad (8)$$

여기서, $\hat{A} = \{ \dot{a}(\phi_d) \dot{a}(\phi_1) \dots \dot{a}(\phi_{N_T-1}) \}$ 는 스티어링 행렬이며, $\dot{e}_1 = (1 \ 0 \ \dots \ 0)^T$ 는 단위 벡터이다. 한 예로서 유저(user)는 90° 에, 간섭원은 30° , 80° , 120° , 160° 에 놓일 때, 5개의 소자로 구성된 MIMO 안테나에 대한 특성을 그림 6에 보인다.

V. 간섭평가

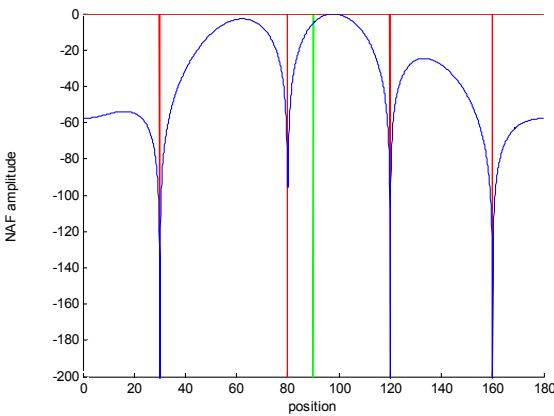
만일 주파수공유 기준치가 만족되면 두 시스템은 주파수 공유가 가능하다. 주파수공유 및 간섭보호 기준치는 절대 간섭레벨 I 로서, 간섭 대 잡음 전력비, I/N , 또는 캐리어 대 간섭신호 전력비, C/I 로 정의된다[6]. ITU-R Report M.2109[10]은 고정서비스 수신기에 미치는 장기간(long-term) 간섭을 위해 간섭 대 잡음전력비(I/N)에 대한 두 가지 일반적 허용치를 상세히 다루고 있다. 이 접근법은 잡음지수와는 별도로 피간섭원의 대부분의 특성에 관계없는 허용한계치를 정의하기 위한 방법을 제공한다. 각 고정서비스는 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.

이전부터 시스템간의 주파수 공유를 위해 간섭 대 잡음전력비(I/N) 기준이 사용되었으며, 다음과 같이 표현할 수 있다.

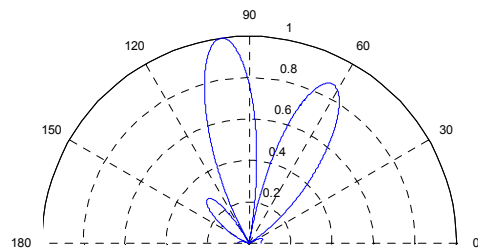
$$I - N \leq \alpha \quad (9)$$

여기서, I (dB)는 M 개의 IMT 동일채널 기지국 간섭원들에 의한 총 간섭레벨이며, 다음과 같이 구할 수 있다.

$$I = 10 \log \left(\sum_{m=1}^M 10^{(P_m + G_m(\phi) + G_r(\theta) + B_r - L_m(d))/10} \right) \quad (10)$$



(a) Logarithmic (in dB)



(b) Polar plot

그림 6. 널스티어링 빔포머 예
Fig. 6. An example of null-steering beamformer.

여기서, P_{tm} (dB)은 IMT m 기지국 간섭원의 송신전력, $G_{tm}(\phi)$ (dBi) 및 $G_r(\theta)$ (dBi)은 각각 off-axis ϕ 및 θ 에서의 IMT m 기지국 간섭원 및 FWA 기지국 피간섭원의 안테나 이득이다. $L_m(d)$ 는 식(3)으로 주어지는 자유공간 및 클러터 손실에 기인하는 감쇄이다. B_r 은 대역비 정정인자(correction factor)를 나타내며, 다음과 같이 간섭원 대역폭, BW_i 와 피간섭원의 대역폭, BW_w 에 의존한다.

$$B_r = \begin{cases} -10\log\left(\frac{BW_i}{BW_w}\right), & \text{if } BW_i \geq BW_w \\ 0, & \text{if } BW_i < BW_w \end{cases} \quad (11)$$

한편, 식(9)의 N (dB)은 수신기의 열잡음으로서 다음에 의존한다.

$$N = -144 + NF + 10\log_{10}(BW_w) \quad (12)$$

여기서, NF (dB)는 수신기의 잡음지수, BW_w (MHz)은 피간섭원, 즉 FWA 기지국 수신기 대역폭을 나타낸다. 또한, 식(9)의 α (dB)는 보호비로서 -10dB의 값을 갖는데 이는 간섭이 열잡음보다 대략적으로 10dB 이하이어야 한다는 점을 의미한다.

VI. 주파수 공유 시나리오

간섭평가 시뮬레이션을 수행하기 위해 그림 2와 같이 7개의 IMT 기지국들이 (1,0)에 위치한 FWA 기지국에 미치는 총 간섭전력을 식(10)에 의해 계산한다. 여기서, FWA 및 IMT의 셀 반경 R_{FWA} 와 R_{IMT} 를 1km, 각각의 기지국 안테나 높이를 15m로 고정하였다. 그림 7은 최악의 간섭시나리오로서 IMT 및 FWA 기지국의 안테나 패턴, 즉 IMT 기지국에 MIMO 안테나를 고려하지 않고 최대 안테나 이득에 의한 I/N 을 계산하여 나타내었다. $I/N = -6$ dB를 간섭기준치로 설정할 때 시골, 교외, 도시, 밀집도시 환경에 따른 두 시스템의 주파수 공유조건은 서비스 커버리지 분리거리가 각각 25,000km, 25,000km, 17,000km, 7,000km 이상으로 비현실적인 주파수 공

유조건을 보이고 있다.

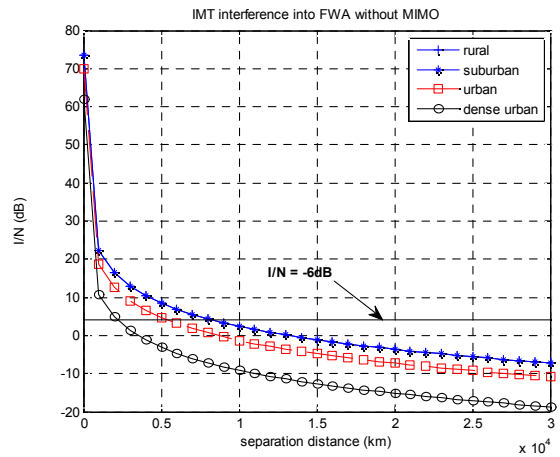


그림 7. 최악의 간섭시나리오 I/N
Fig. 7. I/N in the worst interference scenario.

본 논문에서는 IMT 서비스와 FWA 서비스간의 주파수 공유조건을 개선하기 위해 MIMO SDMA 간섭경감기술을 사용하여 식(2)의 IMT 기지국과 FWA 기지국간의 전파 도래각에 널(null)을 형성시켜 간섭을 최소로 하였다. 5개의 FWA 기지국 방향과 1개의 유저 방향을 고려하여 6개의 안테나 엘리먼트(element)로 구성된 그림 5의 MIMO 안테나를 고려하여 주파수 공유조건 개선효과를 서비스 커버리지 분리거리에 따른 I/N 결과값을 그림 8에 나타내었다.

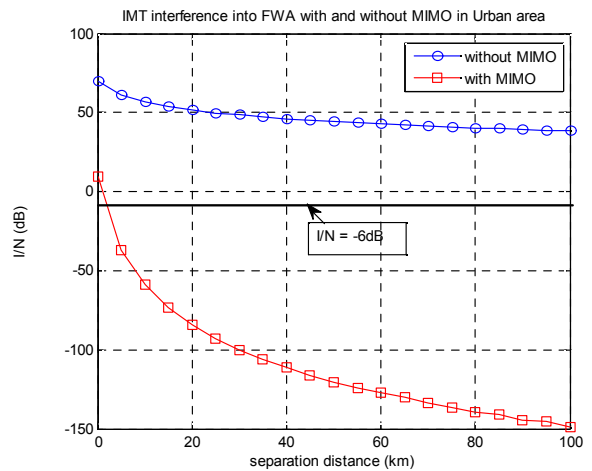


그림 8. IMT MIMO 안테나 적용과 적용하지 않을 때의 I/N 비교
Fig. 8. Comparison of I/N with and without IMT MIMO antenna.

도시지역을 고려하여 IMT 기지국에 MIMO 안테나를 사용하였을 때 I/N 값이 최악의 간섭시나리오보다 서비스 커버리지 분리거리 0km에서 약 60dB, 분리거리 20km에서 130dB 이상의 개선효과를 보인다. 이러한 개선효과로 인해 주파수 공유조건은 서비스 커버리지 분리거리를 2km 이내로 크게 줄여나갈 수 있다. 이를 구체적으로 평가하기 위해 IMT 기지국에 MIMO 안테나를 사용하였을 때 4가지 영역, 시골, 교외, 도시, 밀집도시 환경에 따른 주파수 공유조건으로 I/N 값을 그림 9에 나타내었다. 그림 9로부터 각각 1.45km, 1.45km, 1.15km, 0.5km의 최소 서비스 커버리지 분리거리가 얻어졌으며, 그림 7의 최악의 간섭시나리오 25,000km에 비해 단지 1.5km 이내로 두 시스템간의 주파수 공유가 가능함을 알 수 있다.

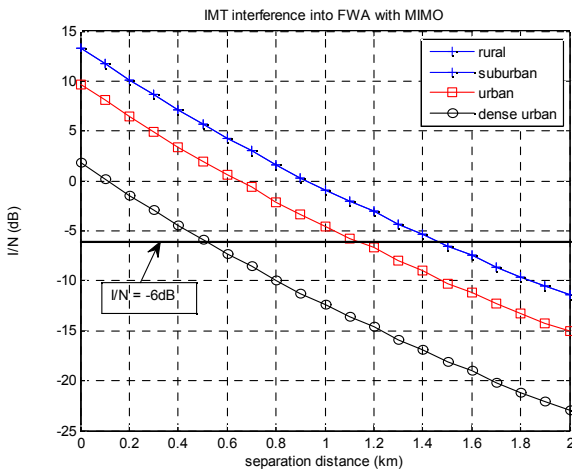


그림 9. IMT MIMO 적용 전파환경에 따른 최소 분리거리

Fig. 9. Minimum separation distance due to several areas with IMT MIMO.

이 결과로부터 식(2)에 의한 FWA 기지국 안테나 방향에 널빔(null beam)을 형성시키는 이상적인 경우를 고려한 간섭평가가 이루어진다면 MIMO SDMA 기술을 적용한 IMT 기지국들에 의해 FWA 시스템과 IMT 시스템간의 서비스 커버리지 분리거리를 크게 줄일 수 있어 동일 주파수를 사용하는 두 시스템간에 적절한 분리거리로 주파수 공유가 가능함을 알 수 있다. 그러나, FWA 기지국 안테나 방향에 대한 평가가 불완전하다면 두 시스템간의 서비스 분리거리 개선에 열화를 가져오게 된다. FWA 기지국 안테나 방향

에 대한 평가에러에 따른 최소 서비스 커버리지 분리거리를 그림 10에 나타내었다. 평가에러가 커짐에 따라 두 시스템간의 최소 서비스 커버리지 분리거리는 증가하며, 5° 에서 10km, 15° 에서 130km로 급격히 증가하고 있다.

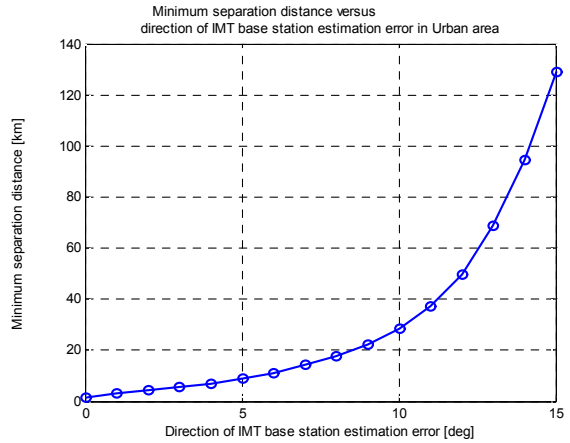


그림 10. FWA 기지국 방향평가 에러에 대한 최소 분리거리

Fig. 10. Minimum separation distance versus direction of FWA base station estimation error.

VII. 결 론

동일채널을 사용하는 시스템간의 주파수 공유는 매우 어려운 일이며, 시스템 규격, 전파모델, 구현하는 지역환경, 간섭형태 등 많은 인자들에 의존한다. 본 논문에서는 다수의 IMT 기지국들로부터 한 FWA 기지국에 미치는 간섭영향을 평가하여 서비스 커버리지 분리거리에 의한 주파수 공유조건을 분석하였다.

IMT 기지국에 MIMO 간섭경감기법을 사용하지 않았을 때의 최악의 간섭조건에서는 주파수공유를 위해 25,000km 이상의 비현실적인 서비스 커버리지 분리거리가 얻어졌지만, MIMO 기술을 적용하면 동일조건하에서 1.5km 이내로 두 시스템간의 서비스 커버리지 분리거리를 크게 줄여 향후 FWA 서비스 지역에 적절한 분리거리로 IMT 서비스 제공을 위한 주파수 공유가 가능함을 확인하였다.

주파수 공유조건을 도출하기 위한 본 간섭평가 모델은 기지국 수, 송수신 안테나 높이, 셀 반경 등 여

러 파라미터들에 대한 서비스 커버리지 분리거리 등을 분석할 수 있도록 일반화 시켰다. 또한, IMT 기지국들로부터 한 FWA 기지국에 미치는 간섭평가를 통해 주파수 공유조건을 제시하였는데, 이와 반대로 여러 FWA 기지국들로부터 한 IMT 기지국에 미치는 간섭영향도 고려해야 하지만, 전자의 경우보다 송신전력, 대역폭, 안테나 최대이득 등 여러 파라미터를 고려할 때 그 간섭영향이 작으므로 본 논문에서 제시하는 최소 분리거리가 두 시스템간의 주파수 공유조건으로 이용할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Z, A. Shamsan S. K. Syed-Yusof, and T. A. Rahman, " Toward coexistence and sharing between IMT-Advanced and existing fixed systems," *International Journal of Computer Science and Security*, vol. 2, Issues 3, pp.30-47 2008.
- [2] 강영흥, "C 대역에서 IMT와 FSS 시스템간 주파수 공유를 위한 최소 이격거리 분석," *한국향행학회 논문지*, 제13권 제6호, pp.907-915, 2009. 12.
- [3] ITU-R Recommendation M.1645, Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000, June 2006.
- [4] ITU-R Report M.2078, Estimated spectrum bandwidth requirements for the future development of IMT-2000 and IMT-Advanced, 2006.
- [5] CEPT ECC Report 100, "Compatibility studies in the band 3400-3800MHz between broadband wireless access (BWA) systems and other services," *ECC within CEPT, Bern*, February 2007.
- [6] Z, A. Shamsan L. Faisal, and T. A. Rahman, " On coexistence and spectrum sharing between IMT-Advanced and existing fixed systems," *WSEAS Transactions on Communications*, vol. 7, Issues 5, pp.505-515, May 2008.
- [7] ITU-R Report M.2113, Draft New Report on Sharing Studies in the 2500-2690MHz Band between IMT-2000 and Fixed Broadband Wireless Access

(BWA) Systems Including Normadic Applications in the Same Geographical Area, 2007.

- [8] 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.
- [9] 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 1GHz to about 70GHz, May 2000.
- [10] 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.

강 영 흥 (姜榮興)



1984년 2월 : 한국항공대학교

통신공학과(공학사)

1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원

전자공학과(공학석사)

1993년 2월 : 한국항공대학교

대학원전자공학과(공학박사)

1988년 3월~1990년 2월 : 한국항공대 통신공학과 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