

방송대역에서 이종시스템의 동일채널 이용을 위한 파라미터 분석

조 주 필

요 약

본 논문에서는 이종 시스템이 동일 주파수 대역을 공유하는 경우의 상호 공존성 분석을 위한 파라미터로 단말간 이격거리에 따른 간섭 확률과 간섭 송신기의 최대출력이 제안되었다. 각각의 시스템들간의 간섭 영향을 분석하기 위해, 두 경우를 고려하였다. 첫째로, 간섭 송신기에 WiBro, 희생 수신기가 WLAN인 경우와 두 번째로 간섭 송신기에 WLAN, 희생 수신기가 WiBro인 경우이다. 간섭 송신기가 WiBro, 또는 WLAN인 경우 그의 출력 전력 레벨을 각각 25dBm과 23dBm 으로 설정하여 이격거리에 따른 간섭확률을 분석하였다. 분석된 다양한 공유시나리오에서의 상호 공존 결과는 향후 동일 주파수 환경에서 다양한 통신 프로토콜을 이용하는 무선기기에 대한 상호 공존 조건을 마련하는 기술개발에 활용할 수 있을 것이다.

Analysis on Parameters for Cochannel Use of Heterogeneous Systems in TV White Space

Juphil Cho[†]

ABSTRACT

In this paper, we propose the interference probability according to distance between mobile stations and the maximal power of interfering transmitter as parameters which are used for analysis to co-exist in co-channel of different systems. In order to analyze interfering between each systems, we consider two cases. First, WiBro is an interfering transmitter and WLAN is a victim receiver. Second, WLAN is an interfering transmitter and WiBro is a victim receiver. When the interfering transmitter is WiBro or WLAN, interference probability according to distance between systems is analyzed by setting transmit power of 25 and 23 dBm, respectively. Analyzed coexistence results under various co-use scenarios may be widely applied into the technique developed to get the coexisting condition for wireless devices using many communication protocols in same frequency.

Key words: Co-channel(동일주파수), TV White space(TV 방송대역), interference probability(간섭 확률)

1. 서 론

전 세계적으로 54~862MHz까지의 주파수 대역은 주로 TV 방송용으로 활용되고 있고 2010년을 전후로 세계적으로 추진되고 있는 DTV(Digital Televi-

sion) 전환을 앞두고 전환 후의 유휴 주파수 자원 활용에 대한 검토가 활발히 논의되고 있다.

미국연방통신위원회(FCC:Federal Communications Commission)는 TV 방송대역에서 지역별로 사용되고 있지 않은 TV 대역을 "TV white space(이

※ 교신저자(Corresponding Author): 조주필, 주소: 전북 군산시 미룡동 산68번지 군산대학교 공과대학 전파공학과 (573-701), 전화: 063)469-4749, FAX: 063)469-4749, E-mail: stefano@kunsan.ac.kr

접수일: 2012년 2월 14일, 수정일: 2012년 4월 7일
완료일: 2012년 6월 18일

[†] 정회원, 군산대학교 전파공학과

하 TVWS)라 통칭하였으며 이 대역에서 사용되는 WSD(White Space Device) 또는 TVBD(TV Band Device)등의 여러 단말장치를 정의하고 있다[1,2].

CR 개념과 같은 주파수 공유기술은 초기에는 (2006년경) IEEE 802.22 WRAN에서만 적용방안에 관한 검토가 이뤄졌으나, 최근에는 IEEE802.11, IEEE802.16 등에서도 차기 표준화 아이템으로 CR의 개념을 적용하는 방안을 적극 검토하고 있다[3]. TVWS와 같이 사용되지 않는 TV 대역에서 무선 인터넷 서비스를 제공하기 위하여 IEEE 802.22 WG (Working Group)은 미국, 캐나다, 브라질, 등과 같이 광활한 시골 지역에서 무선 인터넷 접속이 가능하게 하기 위하여 VHF/UHF 대역의 TV 대역 중 사용되지 않는 채널을 활용하여 ADSL이나 케이블 모델과 동급의 서비스를 제공할 수 있는 표준을 제정할 목적으로 결성되었다[4]. 미국연방통신위원회는 2008년 11월 4일에 DTV에서 사용하는 UHF(Ultra High Frequency) 및 VHF(Very High Frequency) 대역의 주파수를 FCC가 정한 규제 조건을 만족하면 누구나 사용이 가능한 비 면허 대역으로 승인하였다. 미국 FCC의 정책을 준용하여 국내에서도 이에 상응하는 TV white space 주파수 이용에 관한 정책 및 전파사용과 전파 출력 등에 대한 규제가 마련될 것으로 판단된다. 따라서 국내 TV 전파환경에서 가용채널 대역을 산출하고 이를 바탕으로 적절한 TVWS의 공유 방안을 고시하고, 이를 구현하기 위한 다양한 방안들이 제시되어야 할 시점에 이르렀다고 할 수 있으며, 이러한 관점에서 본 논문과 같은 방송대역에서 휴대통신을 위한 주파수 공유 기술간 공유 파라미터 최적화 기술의 연구는 그 의미와 필요성이 크다고 할 수 있다.

또한 전 세계적으로 지상파 TV가 아날로그 송출을 종료하고 DTV로 전환되는 시점이 도래함으로써, DTV 전환에 의해 도출되는 700 MHz 대역에 관한 효율적인 활용방안 또한 적극 검토가 되어야 할 시점

이다. 따라서 국내에서도 DTV전환에 따른 신규주파수의 효율적 활용방안 측면을 고려하여, 신속한 대응과 검토가 절실히 필요한 상황이라고 할 수 있다. 또한 TV대역을 공유하는 기술 분야는 근본적으로 방송 및 통신 분야의 신기술영역에 해당되고 연구개발이 장기적으로 지속될 필요성이 있는 항목이라고 판단된다.

본 논문은 2장에서는 TVWS에서의 공유 시스템을 위한 주요 기준치에 대해서 기술하고, 3장에서는 휴대통신을 위한 공유 파라미터 설정 및 분석방법, 4장에서는 본 논문에서 제안된 주요 내용인 공용파라미터의 분석 결과로 WLAN UE와 WiBro MS 사이의 이격거리에 따른 간섭확률의 관계와, 다른 보호거리에 따라서 간섭을 미치는 송신기의 최대송신전력값이 분석되었다. 5장에서는 시뮬레이션 결과를 설명을 통해 결론을 맺는다.

2. TVWS에서의 공유 시스템 환경

국내 방송에서의 주파수별 DTV/DMB 채널 배치 환경을 고려하여 본 논문의 분석은 진행되었다. DMB/DTV 채널의 174-698 MHz에서 WiBro와 WLAN 시스템의 공유를 위한 시나리오가 수행되었다. 표 1은 본 논문에서 사용된 WLAN 시뮬레이션 채널 모델의 주파수와 동작 영역, dRSS(desired Received Signal Strength)를 보이고 있다. 표에서와 같이, 전파 모델은 자유공간, Extended Hata, IEEE 802.11을 예로 들었으며 실제 성능 분석은 자유공간과 Extended Hata 모델에 대해 수행되었다. 자유 공간에서의 동작 영역은 sensitivity에 따라 측정을 하였고, Extended Hata 모델에서의 모델 동작 영역은 자유공간의 dRSS를 만족시키도록 측정이 되었다. 표 2는 WiBro 실험 채널 모델들의 주요 값들을 보이고 있다. 해당 시스템의 수신 sensitivity인 -90.6 dBm에 해당하는 값을 적용하여 와이브로 시스템의 서비스

표 1. WLAN 실험 채널 모델

	WLAN propagation model								
	Free space			Extended hata			IEEE 802.11		
주파수 [MHz]	185	481	687	185	481	687	185	481	687
WLAN 범위[m]	2100	812	568	75	38.5	34.8	180	103	85
dRSS [dBm]	-44.89	-44.86	-44.99	-44.76	-44.91	-44.97	-44.97	-44.82	-44.99

표 2. WiBro 실험채널 모델

	WiBro propagation model					
	Free space			Extended hata		
주파수 [MHz]	185	481	687	185	481	687
WiBro BS 영역 [km]	180	70	50	1.6	0.8	0.61
dRSS [dBm]	-85.61	-85.61	-85.82	-85.11	-85.39	-85.41

영역을 계산하였다.

WiBro 이동단말의 경우, 주파수 오프셋이 -5~5 MHz인 경우 감쇠 값은 0 dBc이고, ±5.45 MHz의 경우에 -36 dBc가량 감쇠되도록 설정하였다. WiBro 모바일의 스펙트럼 마스크를 보면, 주파수에 따른 스펙트럼 전력밀도(dBc)의 값이 변화하고 있다. 주파수가 -5~+5 사이에서는 0(dBc)에 존재하는 것을 확인할 수 있고 주파수가 ±5.45 정도에서는 -36(dBc)에 존재하는 것을 확인할 수 있다. 결과들은 표 3에서 볼 수 있다.

표 3. WiBro 방출 전력 레벨

Frequency offset [MHz]	Attenuation [dBc]	Reference Bandwidth [kHz]
-5~+5	0	100
±5.45	-36	100
±10.9	-42	100
±15.12	-48	100
±20.26	-52	100

3. TVWS에서 휴대서비스를 위한 공유 파라미터 설정 및 분석 방법

도입에서의 실내 환경이 기본으로 가정되었으며 이를 통한 공유 변수 설정 및 분석이 수행되었다. 이 기종 시스템간의 주파수 공유를 위해 각종 파라미터의 변화에 따른 서로간의 간섭확률 및 송신전력을 구할 때 간섭 시스템으로는 WiBro, 희생 시스템으로는 WLAN을 먼저 가정하였고, 반대의 경우인 간섭(Interfering) 시스템에 WLAN, 희생(Victim) 시스템에 WiBro인 경우를 또한 가정하였다. 또한, 3개의 채널 환경을 선택하여 상호 공존성 분석을 수행하였다. 즉, (1)자유공간 모델, (2)Extended HATA 채널 모델, (3)IEEE 802.11b 채널 모델을 사용하여 공존성 분석을 위한 이격거리간 간섭확률을 분석하였다. 그

림 1은 두 시스템이 동일 주파수 대역을 공유하는 경우를 보이고 있고, 그림 2는 단일 무선랜 단말에 여러 WiBro 단말들이 간섭 영향을 보이는 경우를 보이고 있다.

그림 3에서 전파간섭 시나리오는 크게 거리와 밀도에 따른 시나리오로 구분되며 ISM 대역에서 사용되거나 사용될 기기별로 경우의 수 만큼 짝지어 간섭원과 희생원으로 적용한다. 해당 시나리오는 본 논문과 유사한 성능을 검증하는 경우 보편적으로 고려되어지는 것이며, 그림에서 간섭원에 의해 간섭을 받는 희생원은 victim receiver (Vr), 간섭의 영향이 전혀 없는 통신환경에서 희망신호를 Vr로 송신하는 기기를 wanted transmitter (Wt), Vr에 간섭신호를 발생시키는 간섭원을 interfering transmitter (It)로 정의한다. 그리고 Vr와 Wt 사이의 전파경로를 victim system link, Vr과 It의 경로를 interference link, Wr과 It의 경로를 interfering system link라 한다. 간섭 환경에서 전파이용설비는 통신기기가 아니므로 Vr가 될 수 없고 It로만 설정할 수 있다. 각각의 시나리오에 대한 영향 분석은 SEAMCAT을 통해서 이루어졌으며 간섭 발생여부를 결정하는데 사용되는 신호



그림 1. 시스템간 동일 주파수 대역을 공유

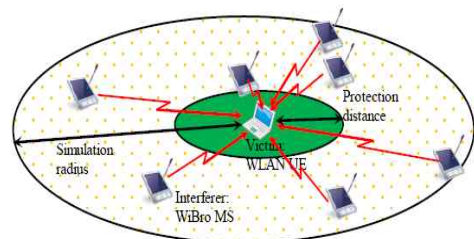


그림 2. 시스템간 간섭 시나리오

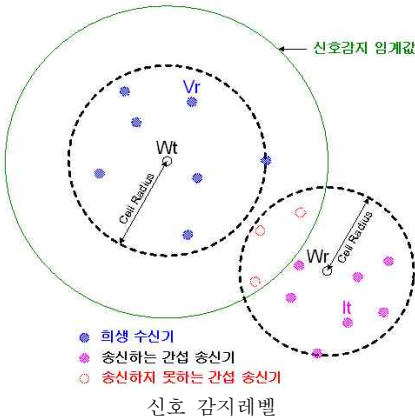


그림 3. 신호 감지레벨 추출을 위한 시스템 공유 시나리오

레벨에 대한 개념은 그림 4와 같다[5,6]. 간섭이 발생하는 기준은 victim(피간섭) 수신기(Vr)가 최소 허용값 이하의 간섭 비율 carrier(C/I)을 갖도록 설정된다.

피간섭 단말의 C/I 계산을 위해서, I에 방해 받는 신호 강도(iRSS) 뿐만 아니라 C에 해당하는 피간섭 단말의 원하는 신호 강도/dRSS를 확립하는 것이 필요하다. 그림 4는 다양한 신호 레벨을 보여주며, 간섭 없이 피간섭 단말이 원하는 신호 여유분과 함께 원하는 신호를 받고 있을 때의 상황을 그림 4(a)에 나타내고 있다. 그림 4(b)는 간섭이 발생할 때 어떻게 되는지를 보여준다.

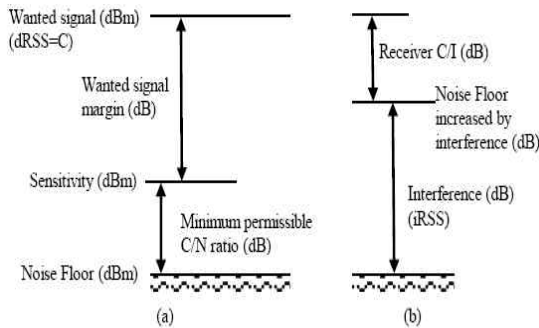


그림 4. 간섭 발생 여부를 결정하는데 사용되는 신호레벨

4. 모의 실험

모의실험에 이용된 각각의 시스템에 있어서 WiBro 이동단말 및 WLAN의 시뮬레이션 파라미터 값은 각각 표 4, 5와 같다. 설정기준은 각 시스템들의 성능 분석에 이용된 파라미터들을 고려하고, 본 실험

표 4. WiBro 시스템의 주요 변수

Parameter	Value	Units
Frequency	Co-channel with WLAN	MHz
Bandwidth	10	MHz
Base station (BS)		
Transmit power	33	dBm
Antenna height	30	m
Mobile Stations (MS)		
Transmit power	25	dBm
Antenna height	1.5	m
Noise floor	-107	dBm/MHz
Noise Figure	7	dB
S/N	9.4	dB
Sensitivity	-90.6	dBm

표 5. WLAN 시스템의 주요 변수

Parameter	Value	Unit
Frequency	185/481/687	MHz
Reception Bandwidth	22	MHz
Receiver Sensitivity	-55.33	dBm
Interference Criteria(C/I)	10	dB
Noise Floor	-90.41	dB
Antenna Height	Rx 1.5/Tx 2.5	m
Antenna Azimuth	0~360	Deg.
Antenna Peak Gain	6	dBi
Antenna Pattern	Omni-direction	
Output Power	23	dBm

환경에 적용하여 결정되었다.

서로 다른 링크에 대한 전파 모델은 별도로 다음과 같이 가정된다: Victim 링크인 WLAN 시스템을 위해 확장형 Hata SRD 모델이 사용되었고 (Wt: 원하는 송신기(Wanted transmitter) → Vr: 희생(Victim) 수신기), 확장형 Hata 모델은 간섭 링크인 WiBro(It: Interfering transmitter → Wr: Wanted receiver), 확장형 Hata SRD model은 간섭링크(It: 간섭 송신기 → Vr: 희생 수신기)에 각각 적용되었다. 이외에도 자유공간 모델, IEEE 802.11b 채널 모델을 적용하여 결과를 분석하였다. WLAN UE와 WiBro 간의 동시 사용을 위해 동일채널에서 각각의 인접 채널 간섭을 SEAMCAT으로 평가하였다. WLAN

UE 및 WiBro간 시스템에서 동일채널 간섭 시나리오 오는 동일한 주파수로 WiBro와 WLAN을 동시에 운영하는 것으로 가정하였다. WLAN UE에 단일 WiBro MS 간섭이 영향을 미치는 경우, WiBro MS에 25 dBm의 전송 전력, WLAN에 23 dBm의 전송전력을 할당하였는데 이는 시스템 규격을 바탕으로 하여 각 시스템의 최대전력을 고려한 값이다[7,8]. 또한, WiBro MS와 WLAN UE 사이의 보호 거리는 5%의 허용 간섭 확률을 만족시키도록 구해져야 하며 이는 현재 유럽 관련 업체들 및 표준화 기술에서의 간섭확률 기준값을 따른 것이다. WLAN UE을 방해하는 WiBro MS의 간섭확률과 WiBro MS와 WLAN UE 사이의 이격 거리간 관계는 그림 5-7에서 보이고 있다.

그림 5는 자유공간 채널 모델에서 WiBo MS의 송신출력이 25dBm인 경우, 동일채널이 185(마름모), 481(사각형), 687(삼각형)MHz 대역에서 간섭확률에 따른 두 시스템간 최소한의 이격거리를 보이고 있다. 일반적인 기준인 간섭확률 5%를 만족하기 위해 481 MHz 이하에서 현실적으로 적용기 어려운 이격거리를 보이고 있으며, 제일 나은 결과를 보인 687 MHz 대역에서도 1270m의 최소한 이격거리를 유지해야 하는 것으로 나타나고 있다.

그림 6은 Extended Hata 채널 모델이 적용된 경우로, 481MHz의 경우 두 단말간 이격거리가 최소한 210m가 유지되면 간섭확률이 5%가 되어 동일 채널 내에서도 두 시스템이 주파수를 공유할 수 있음을 확인할 수 있다. 또한 공용채널을 687MHz로 올리게 되면 이격거리가 170m로 더욱 짧게 되어 채널의 공

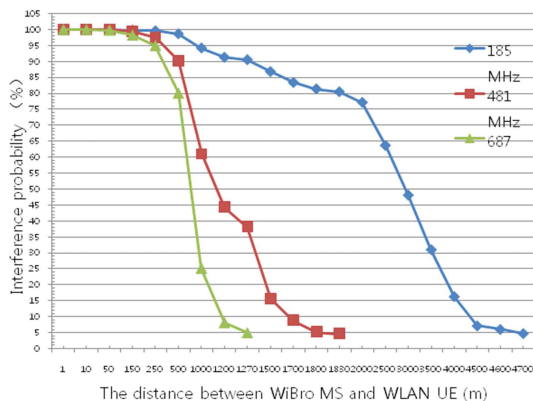


그림 5. 자유공간 채널 모델에서 단말간 이격 거리에 따른 간섭 확률

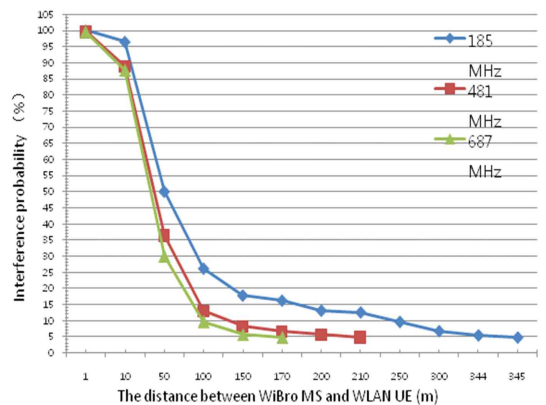


그림 6. Extended Hata 채널 모델에서 단말간 이격 거리에 따른 간섭 확률

유 가능성을 더욱 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

그림 7은 IEEE 802.11b 채널모델을 적용한 경우의 성능을 보이고 있다. 고려된 채널 모델중에서 간섭확률 5%를 기준으로 하였을 때 두 단말간 이격거리가 가장 최소화됨을 확인하였다. 공유 가능성이 가장 힘들었던 185MHz의 경우에도 간섭이 없는 것으로 인정되는 5% 확률을 만족하기 위한 이격거리가 280m임을 확인하였다.

그림 8은 간섭과 희생 단말이 바뀐 환경에서의 결과를 보이고 있다. 간섭단말은 WLAN 이고, 희생 단말이 WiBro 이동단말이다. Extended Hata 채널 모델이 적용된 경우로, 가장 양호한 성능을 보이는 687MHz 대역에서조차 두 단말간의 이격거리가 간섭이 없게 되는 확률 5%를 만족하기 위해서는 3km

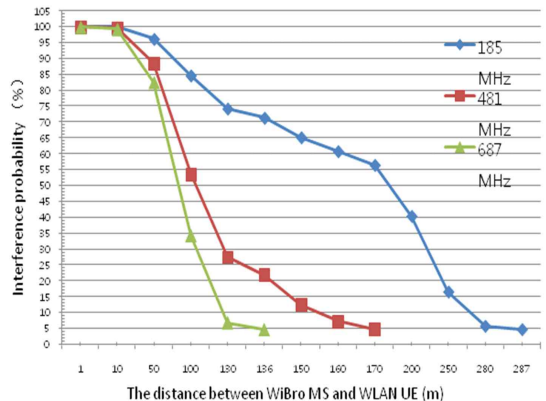


그림 7. IEEE 802.11 채널 모델에서 단말간 이격 거리에 따른 간섭 확률

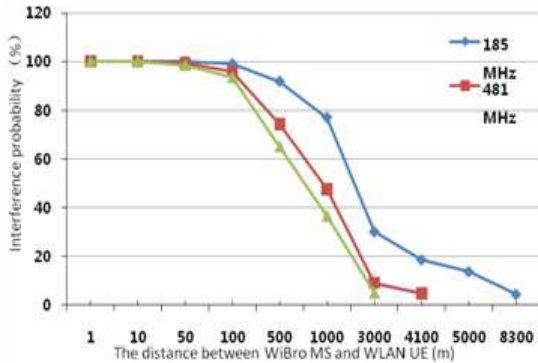


그림 8. Extended Hata 채널 모델에서 단말간 이격 거리에 따른 간섭 확률(간섭원: WLAN, 희생원: WiBro)

정도가 유지되어야 함을 알 수 있다.

동일채널 공유를 위한 파라미터 분석의 다음 분석으로 WiBro MS 및 WLAN UE 사이의 보호 거리 및 WiBro MS 와 BS의 최대 허용 전송 전력에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. LAN UE에 단일 WiBro MS 간섭이 영향을 미치는 경우, WiBro MS의 지정된 전송 전력에 따라, WiBro MS와 WLAN UE 사이의 보호 거리는 5%의 허용 간섭 확률을 만족시키도록 구해져야 한다.

그림 9는 Extended Hata 채널 모델이 적용된 경우로, 동작 환경은 도심이고, WiBro 는 Extended hata, WLAN과 단말간의 간섭링크에는 Extended hata-SRD 모델이 적용되었다. 481MHz의 경우 두 단말간 이격거리가 최소한 210m가 유지되면 간섭확률이 5%이내의 상황에서 최대 송신가능한 WiBro MS의 전력이 25.62 dBm이 됨을 보이고 있다. 또한, 185,

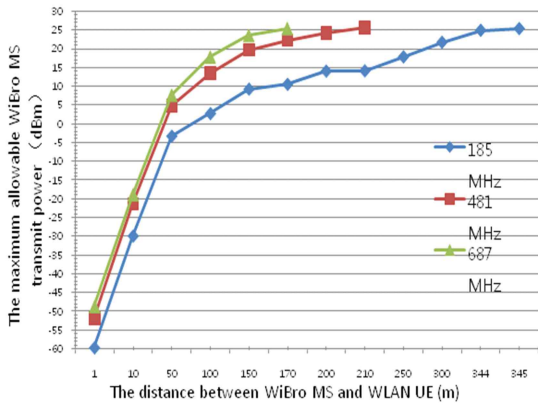


그림 9. Extended Hata 채널모델에서 단말간 이격 거리에 따른 간섭 송신기 최대 송신 전력

687 MHz의 경우엔 345, 170 m의 이격거리를 가지면 되는 것으로 분석되어진다. 그림 10은 WLAN과 간섭링크에 IEEE 802.11c 채널모델, WiBro엔 Extended Hata 모델을 적용한 경우의 결과이다. 그림 9보다 약간 개선된 채널공유 가능성을 보이고 있는데, 185, 481, 687 MHz의 중심주파수 대역에서 송신 출력을 만족하기 위한 각 단말간 이격거리는 287, 170, 136 미터임을 확인하였다. 따라서 두 실험 시나리오에서 그림 10의 결과가 간섭확률 5%를 만족했을 때 두 단말간 이격거리가 가장 최소화되는 것을 확인할 수 있었다. 공유 가능성이 가장 힘들었던 185MHz의 경우에도 간섭이 없는 것으로 인정되는 5% 확률을 만족하기 위한 이격거리가 287m임을 확인하였다.

그림 11은 앞선 실험과 달리, 간섭과 희생 단말이 바뀐 환경의 결과를 보이고 있다. 간섭단말은 WLAN 이고, 희생 단말이 WiBro 이동단말이다. Extended

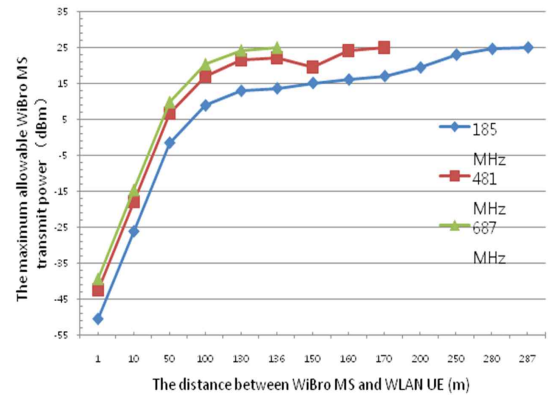


그림 10. IEEE 802.11 채널모델에서 단말간 이격거리에 따른 간섭 송신기 최대송신전력

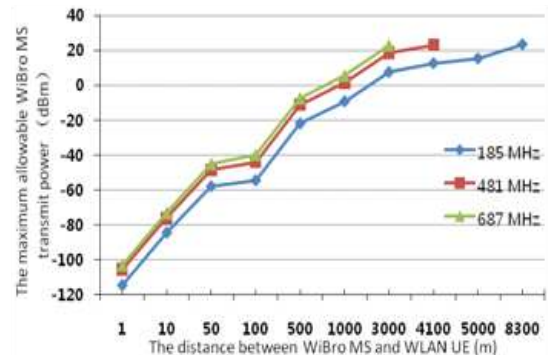


그림 11. Extended Hata 채널 모델에서 단말간 이격 거리에 따른 간섭 송신기 최대 송신 전력(I= WLAN 단말 출력 23 dBm, Vr=WiBro 이동단말)

Hata 채널 모델이 적용된 경우로, 가장 양호한 성능을 보이는 687MHz 대역에서조차 간섭확률 5%를 만족하기 위해서는 3km 정도가 유지되어야 함을 확인하였다. 즉, 간섭원으로 WLAN이 동작하는 경우 전체적인 성능을 향상시키는데 기술적 해결이 요구됨을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 방송대역에서 휴대 서비스 간 공유 주파수 대역을 효율적으로 활용하기 위해 이기종 시스템간의 주파수 공유 시나리오를 정립하고, 이에 따른 핵심 공유 파라미터를 선정하여 공유 시나리오별 최적 파라미터 값을 구하였다. 동일 주파수 대역을 공유하는 시나리오에 대해서 상호 공존가능성 분석을 자유공간 채널 모델, Extended hata 채널 모델 및 IEEE 802.11 채널 모델을 적용하여 수행하였다.

단말기 이격 거리에 따른 간섭 확률 분석에서는 WiBro UE의 최대 전송 전력을 25dBm으로 한정하고 WiBro MS와 WLAN UE 사이의 가장 양호한 채널 모델을 사용하는 경우, 최소 거리가 136m 유지되면 채널 공유가 가능했으며, 간섭 단말이 WLAN인 경우 공유 가능성은 쉽지 않음을 확인하였다. 단말간 이격거리에 따른 간섭원의 최대 송신전력 분석에서는 IEEE 802.11 채널 모델이 가장 성능이 개선되는 것을 확인할 수 있었고, 실제적으로 사용이 용이하고, 이종 시스템간의 공존으로 개선된 성능을 적용됨을 확인하였다.

본 논문에서 분석한 공유시나리오에서의 상호 공존성 결과는 향후 동일 주파수 환경에서 다양한 통신 프로토콜을 이용하는 무선기기에 대한 상호 공존 조건을 마련하는 기술 개발 시 활용할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 민준기 외 3인, “Cognitive Radio 기술 기반의 TV White space 대역 WRAN 시스템의 RF 송신기 구현,” 한국통신학회, 무선통신 제35권 제 5호, pp. 496-503, 2010.
- [2] FCC-02-328A1, *Additional Spectrum for Unlicensed Devices Below 900 MHz and in the 3GHz Band*, 2002.
- [3] ECC within the CEPT, *Share and Adjacent Band Compatibility between UMTS/IMT-2000 in the Band 2500-2690 MHz and Other Services*, Granada, 2004.
- [4] IEEE 802.22 WG, *Functional Requirements for the 802.22 WRAN Standard*, 2005.
- [5] ERO, *SEAMCAT S/W Version 2.1 User Manual*, 2004.
- [6] Muninov, “Software Design of Packet Analyzer based on Byte-filtered Packet Inspection Mechanism for UW-ASN,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 14, No. 12, pp. 1572-1582, 2011
- [7] WiMAXforum, *Mobile WiMAX Part I*, 2006.
- [8] Guido R. Hiert, *The IEEE 802.11 Universe, IEEE Standards in Communications and Networking*, 2010.



조 주 필

2001년 전북대학교 전자공학과
공학박사
2000년~2005년 ETRI 이동통신
연구단 선임연구원
2006년~2007년 ETRI 초빙연구원
2011년~2012년 미국 USF

Visiting Professor

2005년~현재 군산대학교 전파공학과 부교수

관심분야 : 통신신호처리, Cognitive Radio, 주파수융합
기술, LTE