

---

# 도심 환경에서 보호대역과 단말밀도를 이용한 주파수 공유성능 분석

조주필\*

Analysis of Frequency Sharing Performance using Guard Band and User Device  
Density in a Urban Environment

Juphil Cho\*

## 요 약

TV 방송 대역(white space) 내의 인접채널 간 WLAN과 WiBro 단말의 공존 가능성 파악을 위한 핵심 지표들을 얻기 위해 간섭분석을 수행하였다. 이를 위해 두 시스템의 각각에 해당하는 방사 및 블로킹 마스크, 안테나 높이 및 이득, 전송 전력 및 대역폭, 송수신 링크에 대한 채널모델 등 다양한 전송 파라미터를 적용하였다. 또한 이를 기반으로 인접채널에서 동작 가능한 사용자의 허용가능 전송 전력 및 서비스 단말 개수, 보호대역 변화에 따른 성능에 대해 분석을 수행하였다. 도심 환경을 고려하기 위하여 간섭원인 WLAN과 피간섭원인 WiBro 단말 부분에 각각 Extended Hata SRD, Extended Hata 모델을 적용하였다. 이를 통해 인접채널에서 각 단말이 어떻게 공존할 수 있는지를 확인할 수 있었다.

## ABSTRACT

We make an interference analysis to obtain a critical criteria for coexisting availability of WLAN and WiBro between adjacent channels can be used in TVWS(TV White Space). To meet this analysis, we set the various transmission parameters including the emission and blocking mask, antenna height and gain, transmission power and bandwidth, channel model etc. And, based on these parameters, we analyze on performances according to a variation of guard band, a number of service user and allowable transmit power of the user operating in the adjacent channels. In this paper, we consider a urban environment and apply a Extended Hata-SRD for WLAN and an interference link and Extended Hata model for WiBro, respectively. With these results, we can see how each system can be shared in an adjacent channel.

## 키워드

보호대역, 인접채널, Extended Hata, 최대허용송신출력

## Key word

Guard Band, adjacent channel, EXtended Hata, maximum allowable transmit output

---

\* 정회원 : 군산대학교 전파공학과(stefano@kunsan.ac.kr)

접수일자 : 2012. 03. 02

심사완료일자 : 2012. 04. 04

## I. 서 론

전 세계 지역별로 56MHz부터 862MHz 사이에 자리하고 있는 방송대역주파수는 낮은 전파 감쇄와 옥내외 수신안테나를 설계하기에 적절한 파장의 크기 등 소수의 기지국으로 넓은 지역을 담당해야 하는 서비스에 적합한 전파전파 특성을 지닌다. 또한 2000년 이후 IEEE802 표준화 기구를 중심으로 진행된 광대역 무선 접속망의 기술표준의 완성으로, 적절한 주파수만 제공될 경우 경제적인 서비스모델의 제공이 가능하게 된 기술적 배경이 자리 잡고 있다. 전 세계적으로 디지털 TV 방송 서비스로의 전환이 시행되고 있는 상황에서 해당 주파수 대역인 VHF (Very High Frequency)와 UHF (Ultra High Frequency) 스펙트럼 영역에서 새롭게 생성 가능한 TV 방송 대역(TVWS ; TV White Space)에 대해 미국 및 유럽, 일본을 비롯한 선진국들을 중심으로 향후 주파수 자원의 부족에 대처하기 위한 핵심 주파수 후보군으로서 그 관심이 증폭되고 있다.[1][2] 미국은, 2008년과 2010년 연방통신위원회 (FCC : Federal Communications Commission)의 두 차례에 걸친 TV 유휴대역 규격 발표를 통해 TVWS 데이터베이스와의 연동을 통한 광대역 무선통신 서비스의 실현이 가까워 졌음을 공식적으로 선언한 상태이다.[3] 또한 유럽도 Ofcom (Office of communications)를 중심으로 2007년 12월 'digital dividend' 주파수 대역을 발표하였고, 다양한 의견 수렴 과정을 거쳐 2010년 11월 TV 유휴대역 활용을 위한 관련 기술 및 비 먼허 기반 TV 방송대역 무선기기에 대한 사용방안 시행을 공식적으로 제안한 상태이다.[4]

향후 TV 유휴대역에서 이상적인 무선 통신 서비스의 상용화를 위해 정부를 비롯한 통신 서비스 및 단말업체 등에서 우선적으로 해결해야 할 중요 선결 과제는 기존에 본 대역에서 보호되어야 할 방송 및 방송보조 서비스와 TV 유휴대역을 이용하는 무선 통신 서비스와의 상호 공존 문제이다. 이를 위해 미국 연방통신위원회에서는 방송 서비스의 인접 대역에 위치하고 있는 TV 방송대역 무선단말인 WSD (White Space Device)의 방사 마스크 규정과 여타 간섭 보호 규격을 마련한 상태이다. 또한 유럽에서도 전반적인 무선통신 서비스의 중립성 여부를 확보하기 위한 WAPECS(Wireless Access Policy for Electronic Communication Services) 전파관리 정책을 바탕으로 기존의 고정된 무선통신 환경에서의 간섭규정

을 탈피하여 향후 전파자원의 효율적 사용을 위한 다양한 기술 개발 및 간섭분석 연구를 활발히 진행하고 있다.[5][6]

본 논문에서는 WiBro(Wireless Broadband)와 WLAN (Wireless LAN)의 인접 채널 공유를 가능케 하기 위해 필요한 핵심 분석 파라미터 및 그를 활용한 특성 분석을 수행하였다. 도심환경을 고려하기 위하여 WLAN과 간섭 경로에는 Extended Hata-SRD 모델, WiBro에는 Extended Hata 채널모델이 적용되었으며 두 시스템의 주파수는 동일채널이 아닌 인접채널에서 동작하는 것으로 가정하였다. 이를 위해 채널간 일정한 보호구간이 존재하게 되며, 공유파라미터의 성능 분석시 보호구간과의 관계 또한 분석되었다. WLAN과 WiBro 단말이 각각 간섭원, 피간섭원으로 동작되어 시스템의 최적화를 위한 공유 핵심 파라미터의 적절한 값을 찾기 위한 시뮬레이션이 수행되었다. 인접채널간 이중 통신시스템의 공유 파라미터로서 WLAN UE와 WiBro MS 사이의 단말분포와 보호대역 고정시 간섭확률 5%를 만족시키기 위한 최대 허용 송신 출력 레벨값을 이용하였다. Extended Hata 채널을 적용한 주 결과값들은 자유공간 채널 모델 환경과 IEEE 802.11 채널 모델을 기반으로 한 일부 실험결과들과 비교되었으며, 실제 필드에서의 적용에 대한 효율적인 기술방안을 도출하는데 본 논문의 결과들은 좋은 분석 자료가 될 것이다.

## II. 공유 핵심 파라미터 설정 및 시나리오

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. 전파 모델 및 실제 성능 분석은 Extended Hata 계열 채널모델들을 적용하여 수행되었다. WiBro 실험 채널 모델은 해당 시스템의 수신 sensitivity인 -90.6 dBm 에 해당하는 값을 적용하여 와이브로 시스템의 서비스 영역을 계산하였다. 또한, WLAN 단말의 출력은 23dBm을 적용하였으며 피간섭원인 WiBro 단말의 출력은 25dBm이며 잡음지수는 7dB, 대역폭은 10MHz로 설정하였으며 인접채널 사용에 따른 보호대역(guard band)을 고려하였다.

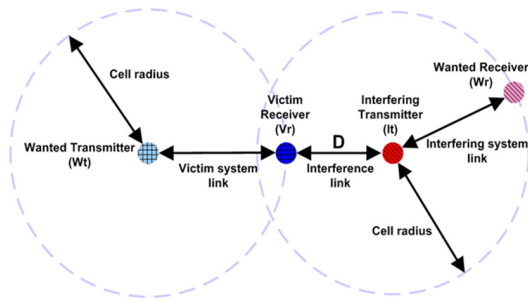


그림 1. 시스템간의 셀 공유 시나리오  
Fig. 1 Scenario of cell sharing between two systems

그림 1은 본 논문에 적용된 셀 이용 패턴을 보이고 있다. 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. 간섭환경에서 전파용용설비는 통신기기가 아니므로 Vr가 될 수 없고 It로만 설정할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 WLAN 단말이 It, WiBro 단말이 Vr에 해당되며 그림 2와 같은 시스템간 공유 시나리오에서 간섭 확률이 0%부터 희생 단말로부터의 최대 허용구간까지를 나타내는 안전 간섭 영역을 두어 실험결과를 얻었다. 안전 간섭 영역에서 간섭확률은 간섭단말들의 다양한 밀도 분포에 의해 측정될 수 있는데 간섭송신기의 밀도는 50, 100, 150, 200개/km<sup>2</sup>로 다양한 경우를 설정하여 실험을 수행하였다.

본 논문에서는 SEAMCAT을 사용하여 앞에서 제안된 간섭 시나리오에 따라 시뮬레이션 결과를 고찰하였다.[7]

### III. 모의 실험

주파수 공유 분석시 적용된 WLAN 시스템의 공유 성능 분석을 위해 WiBro 기지국의 송신출력은 33 dBm, 이동단말의 송신출력은 25dBm으로 가정하였다. 또한, WLAN 단말의 요구 기본 출력은 23 dBm으로 설정하였

다. 표 1은 본 논문에서 사용된 WLAN과 WiBro 시스템의 주요 파라미터들을 보이고 있다.

표 1. 시스템의 주요 변수  
Table. 1 Main parameters of each system

Parameter	Value	Units
<b>WiBro</b>		
Center Frequency	185/481/687	MHz
Bandwidth	10	MHz
<b>Base station (BS)</b>		
Transmit power	33	dBm
Antenna height	30	m
<b>Mobile Stations (MS)</b>		
Transmit power	25	dBm
Sensitivity	-90.6	dBm
<b>WLAN</b>		
Center Frequency	185/481/687	MHz
Reception B/W	22	MHz
Rx. Sensitivity	-55.33	dBm
Output Power	23	dBm

모의실험에 이용된 각각의 시스템에 있어서 서로 다른 링크에 대한 전파 모델은 별도로 다음과 같이 가정된다: Victim 링크인 WiBro 시스템을 위해 확장형 Hata 모델이 사용되었고 (Wt: 원하는 송신기(Wanted transmitter) → Vr: 희생(Victim) 수신기), 확장형 Hata 모델은 간섭 링크인 WLAN(It: Interfering transmitter → Wr: Wanted receiver), 확장형 Hata SRD model은 간섭링크(It: 간섭 송신기 → Vr: 희생 수신기)에 각각 적용되었다. 각 단말들간의 보호 구간은 최소 1m 이상으로 설정하였다. DMB/DTV 채널에서 세가지의 독립적 주파수인 185/481/687 MHz에 대해 인접채널에서 송신 단말기 및 수신 단말의 분포와 보호 대역을 고정시 간섭확률을 5%를 만족키 위한 최대 허용 송신 출력 레벨을 구하였다. 현재 유럽 및 관련 기술을 개발하는 회사들이 상용화 관점에서 계측을 할 때 사용하는 간섭확률의 기준이 5%이며 본 논문에서도 그 기준을 사용하였다. 그림 2는 간섭 송신기인 WLAN의 스펙트럼 마스크를 보이고 있다. 주파수 오프셋이 -11 ~ 11 인 경우 감쇠값은 0 dBc 이고, ±22인 경우 -50 dBc 임을 확인할 수 있다.

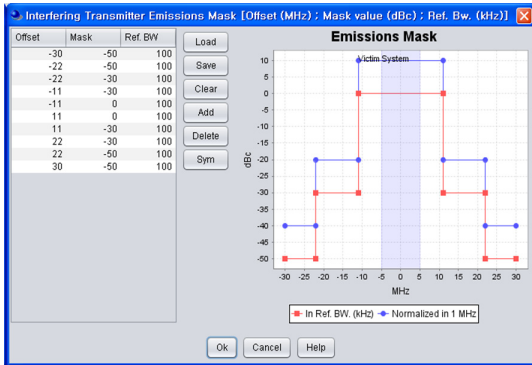


그림 2. 간섭 송신기 emissions mask 셋업  
Fig. 2 Interfering transmitter emissions mask setup

단일 WLAN UE가 WiBro MS에 간섭 영향을 미치는 경우, 23dBm의 WLAN 단말의 전송전력 및 25 dBm의 WiBro MS의 전송 전력에 따라, WiBro MS와 WLAN UE 사이의 보호 거리는 5%의 허용 간섭 확률을 만족시키도록 구해져야 한다. Extended Hata 채널 모델에서 각 단말 분포와 보호 대역을 고정한 경우 성능 구형 가능 구간인 간섭 확률 5%를 만족키 위한 WLAN UE의 최대 허용 송신 출력 레벨의 상관 성능을 그림 3-5에서 보이고 있다.

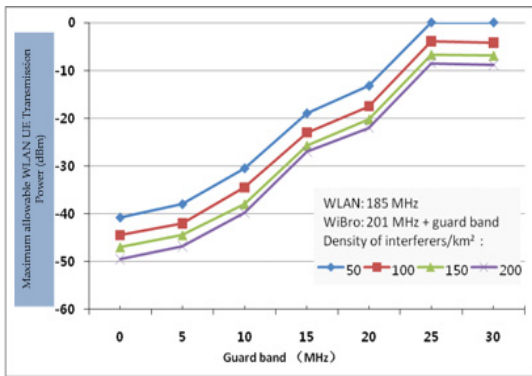


그림 3. 단말밀도와 보호대역에 따른 최대허용 송신 출력레벨  
Fig. 3 Maximum allowable transmit power according to UE density and guard band

그림 3은 WLAN의 중심주파수가 185MHz, WiBro의 중심주파수가 201MHz 인 경우에 간섭 단말의 분포를 제곱킬로미터당 50, 100, 150, 200 개로 변화시키면서

간섭원인 WLAN의 최대허용 출력 레벨을 보이고 있다. 전체적으로 모든 단말 분포값에 있어서 요구 성능을 만족하는 23dBm의 출력을 보이지 못함을 확인할 수 있다. 전체적인 성능에서 보호대역 손실이 상당하여 본 조건과 같은 경우 실제 채널 공유에는 기술적 해결이 요구될 것으로 파악된다. 그림 4와 5는 각각 WLAN 및 WiBro의 중심 주파수가 전체에서 중간주파수 대역에 해당하는 각각 481, 497 MHz과 고주파수 대역에 해당하는 각각 687, 671 MHz인 경우, WLAN의 최대허용 출력 레벨, WiBro의 요구 보호 대역의 크기를 보이고 있다.

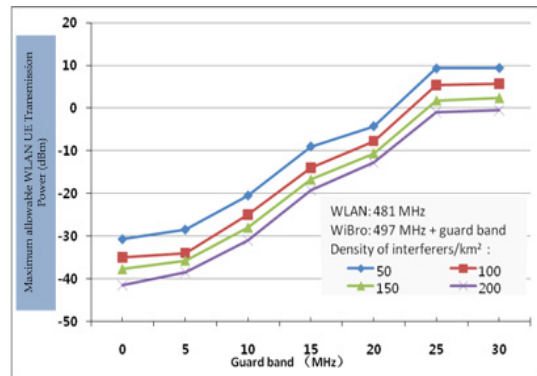


그림 4. 단말밀도와 보호대역에 따른 최대허용 송신 출력레벨  
Fig. 4 Maximum allowable transmit power according to UE density and guard band

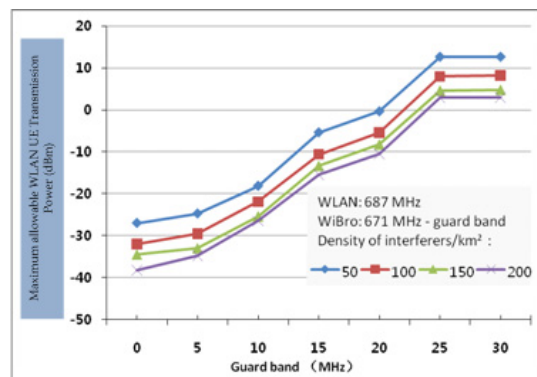


그림 5. 단말밀도와 보호대역에 따른 최대허용 송신 출력레벨  
Fig. 5 Maximum allowable transmit power according to UE density and guard band

WLAN의 중심주파수가 185 MHz인 경우와 비교시 전체적인 간섭원 분포에서 10dBm 가량 개선된 성능을 보이고 있으나, 역시 모든 단말 분포값에 있어서 요구 성능을 만족하는 23dBm의 출력을 보이지 못함을 확인할 수 있다. 두 실험결과가 동일한 패턴을 보이는 이유는 중간 주파수 대역을 넘는 경우에 있어서 인접채널을 공유하는 성능이 포화 상태에 도달한 것으로 WLAN이 간섭원, WiBro가 피간섭원으로 작용하며 도심환경을 고려한 조건에서는 실제 양호한 결과 도출이 어려운 것으로 분석된다.

전체적인 성능 고찰을 위해 그림 6, 7의 결과는 비교 분석하기로 한다. 상기의 분석은 그림 6과 7의 기존 결과에 기반한 것으로 그림 6은 그림 3 - 5의 결과와 같이 WLAN이 간섭원, WiBro가 피간섭원이고 적용 채널모델은 자유공간이다. 또한 그림 7은 WLAN이 피간섭원, WiBro가 간섭원으로 동작한 경우의 실험결과이며, 그림 3 - 5와 같이 Extended Hata 채널모델이 적용되었다. 그림 6은 그림 5의 결과와 비교될 수 있는데, 두 결과는 채널모델만 다르고 나머지 조건은 동일한 상황으로, 세 가지 중심주파수의 실험 결과에 있어서 가장 고주파인 그림 6의 경우 상대적으로 매우 개선된 성능을 보임을 확인할 수 있다. 가장 성능이 우수한 단말분포가 50의 경우 보호대역이 12MHz 가량임을 확인할 수 있다. 이외에도 논문에 보인 것 같고 있으나 저주파와 중간 주파수 대역에서도 그림 3 - 5의 결과와 비교해 실제 필드에서 적용될 수 있는 실험결과를 보임을 알 수 있었다.

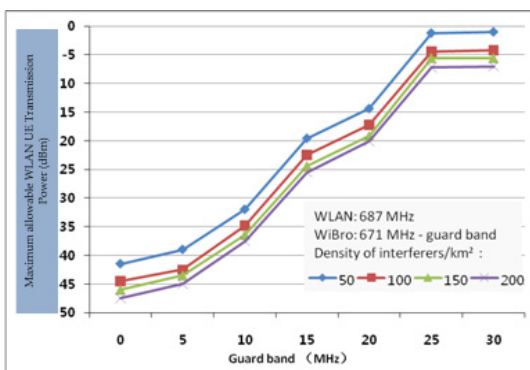


그림 6. 단말밀도와 보호대역에 따른 최대허용 송신 출력레벨  
 Fig. 6 Maximum allowable transmit power according to UE density and guard band

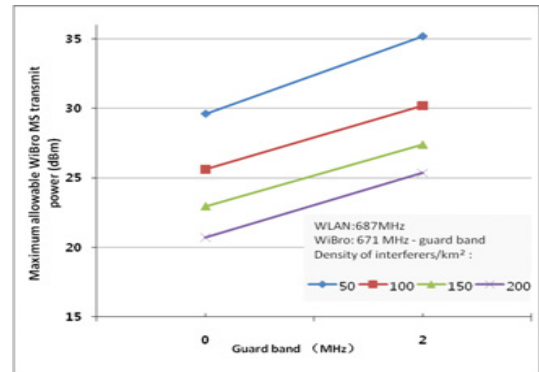


그림 7. 단말밀도와 보호대역에 따른 최대허용 송신 출력레벨  
 Fig. 7 Maximum allowable transmit power according to UE density and guard band

하지만, 그림 3 - 6과 같이 WLAN이 간섭원으로 동작하는 경우엔 동일단말이 피간섭원으로 영향을 받는 경우와 비교해 전체적으로 성능이 저하됨을 확인할 수 있었다. 그림 7은 그림 5의 결과와 비교될 수 있는데, 채널 모델 조건은 같지만 피간섭원과 간섭원이 각각 WLAN 및 WiBro인 경우의 실험결과를 보이고 있다. 그림에서 처럼의 중심 주파수가 각각 687, 671 MHz의 고주파인 경우, 단말분포가 50의 경우뿐만 아니라, 100의 경우에도 보호대역 없이도 성능을 보임을 확인하였으며, 150, 200개의 밀도분포에서도 약 1, 2MHz의 최소 보호대역만을 요구하여 매우 우수한 성능 향상의 효과를 보임을 알 수 있었다. 이러한 그림 3 - 7과 같은 자유공간과 Extended Hata 채널모델에서의 실험이 극한적인 상황에서의 채널 공유를 위한 기술개발에 도움이 될 것으로 생각한다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 방송주파수 대역내에서 WiBro와 WLAN간의 인접채널 공유를 위한 성능 분석을 수행하였다. WiBro 단말에 대해 WLAN 이동단말이 간섭원으로 작용하였으며 Extended Hata 채널 모델에서 각 단말 분포와 보호 대역을 고정한 경우 성능 구현 가능 구간인 간섭 확률 5%를 만족키 위한 최대 허용 송신 출력 레벨의 상관 성능을 검증하였다. 전체적으로 Extended Hata

모델을 기반으로 WLAN이 간섭원으로 동작하는 경우 인접채널을 공유하는 데는 보호대역을 상당히 할당하더라도 실제 성능 구현에 어려움이 있을 것으로 파악되었다. 이는 다른 채널모델의 결과와 WLAN이 피간섭원으로 동작하는 결과들과 비교하여 분석되었다. 같은 채널모델에서 간섭원으로 WiBro가 동작하는 경우엔 실험결과가 양호한 것으로 분석되어, 향후 방송대역에서 이중시스템의 인접채널 공유에 대한 방안으로 사용할 수 있을 것이다. 이러한 결과를 기반으로 방송통신대역의 인접채널간 시스템 공존을 위한 보호대역 배치 방안을 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

## 저자소개



조주필(Juphil Cho)

2001년 : 전북대학교 전자공학과  
공학박사

2000년 ~ 2005년 : ETRI 이동통신  
연구단 선임연구원

2006년~2007년 : ETRI 초빙연구원

2011년 : 미국 USF, 교환교수

2005년~ 현재 : 군산대학교 전자공학과 부교수

※관심분야 : Cognitive-Radio, 주파수 융합기술, LTE

## 참고문헌

- [1] FCC, "Mobile Broadband : The Benefits of Additional Spectrum," *OBI Technical Paper Series*, October 2010.
- [2] Spectrum Bridge, "Improving Access to High Speed Broadband," *White Spaces Success Stories*.
- [3] FCC, "Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands," Second Report and Order and Memorandum Opinion and Order, FCC no. 08-260, Nov. 2008.
- [4] Ofcom, "Digital Dividend : Cognitive Access, Consultation on License-exempting Cognitive Devices using Spectrum," Feb. 2009.
- [5] ECC, "DRAFT CEPT Report 019 Draft Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate to develop least restrictive technical conditions for frequency bands addressed in the context of WAPECS," December 2007.
- [6] Aegis Systems, "Digital Dividend-Interference Analysis of Mobile WiMAX, DTT & DVB-H Systems," *Final Report for OFCOM*, Nov. 2007.
- [7] *SEAMCAT Handbook*, January 2010, ECO.