

논문 2011-48TC-10-2

방송채널에서 이중 통신시스템간 간섭의 영향 분석

(Analysis on Effect of Interference between Different Communication Systems in Broadcasting Channel)

김인환*, 백흥기**, 조주필***

(Inhwan Kim, HeungKi Baik, and Juphil Cho)

요 약

TV방송대역에서 와이브로와 무선랜간의 주파수 간섭에 따른 영향이 본 논문에서 고려되었다. 단, 각 시스템의 사용 주파수는 동일채널내에서 동작된 것으로 가정하였다. 동일채널 간섭에 있어서 와이브로 이동단말기의 최대 송신출력을 25 dBm으로 제한하는 경우 WiBro 이동단말과 무선랜 단말간 최소한 210 m의 이격거리가 요구되었다. 본 분석 결과는 TV 방송대역에서 와이브로와 무선랜을 동시에 사용하기 위한 주파수 처리 기법에 있어서 적합한 참고 및 기준으로 사용될 것이다.

Abstract

The effect of frequency interference situation between WiBro and WLAN in TV White Space band was taken into account in this paper. We assumed the using frequency in each system is applied in co-channel. When it comes to co-channel interference case, the minimum distance between WiBro ME and WLAN UE should be at least 210m if the maximum transmitter power of WiBro UE of 25dBm is limited. Analysis results of this paper can provide efficient reference and guideline to make spectrum plan for deploying WiBro and WLAN in TVWS

Keywords : WiBro, WLAN, TVWS, guard band

I. 서 론

현재 상용화되고 있는 이동통신 시스템들은 각각의 주파수 자원의 한계성에 따라 다른 시스템이 사용하고 있는 채널에 대한 가용성 여부가 중요한 기술적 해결사항으로 떠오르고 있다. 이를 위해 Cognitive Radio(CR; 무선인지)기술과 같은 주파수 공유기술과 CR기술의 구체적인 적용대역중의 하나인 TV white space등에 대한 현황을 살펴볼 필요가 있다. 실제로, 일부 스펙트럼들은 소비자들에게 좀 더 나은 고급 무선 서비스를 제공코자

하는 회사에 경매가 되어지고 있다^[1]. TVWS(TV White Space)는 VHF와 UHF 밴드내에 위치하고 있어서 다음과 같이 무선 통신을 위해 매우 바람직한 몇 가지 중요한 속성을 가지고 있다 : ① 우수한 전파 성능 ② 건물 투과성 향상 ③ 비가시 환경에서의 전파 ④ 광대역 광대역 페이로드 용량^[2]. 본 논문은 Wireless LAN (WLAN)과 Wireless Broadband (WiBro)이 DTV 대역에서 작동한다고 가정한다. 또한, WLAN은 481 MHz 이상에서 작동하는 것으로 가정하고 WiBro는 WLAN과 동일채널에서 작동한다고 가정한다. 그리고 이전의 가정들을 바탕으로 하여 WLAN과 WiBro가 잠재적으로 서로를 간섭한다고 가정한다. 본 논문은 WLAN과 WiBro의 간섭 영향을 와이브로 이동 단말이 WLAN에 간섭을 미치는 경우와 와이브로 기지국이 무선랜 단말에 영향을 끼치는 경우의 두 가지 시나리오에 대해 분석하였다. 따라서, WLAN UE와 WiBro MS 사이의 보

* 학생회원, 전북대학교 전자공학과
(Chonbuk National University)

** 정회원, 전북대학교 전자정보공학부
(Chonbuk National University)

*** 정회원-교신저자, 군산대학교 전파공학과
(Kunsan National University)

접수일자: 2011년7월13일, 수정완료일: 2011년10월18일

호 거리, WiBro MS와 BS의 최대 허용 전송 전력 및 보호대역등이 각각 실험에서 주요 고려사항으로 이용되었으며, 본 실험은 SEAMCAT을 사용하여 진행되었다. 또한, 간섭 영향을 미치는 인자들로는 각 시스템 단말기뿐만 아니라 기지국들도 간섭에 영향을 끼치는 요소들로 결과를 보이고 있다.

II. 시스템 개요

1. WLAN

WLAN은 일반적으로 기존의 유선 LAN을 확장된 것이다. WLANs들은 유선망의 가장자리에 access point(AP) 장치를 부착하도록 되어있다. 클라이언트들은 기존의 이더넷 어댑터에 기능면에서 유사한 무선 네트워크 어댑터를 사용한 AP로 통신을 할 수 있다.

WLANs는 개인 가정 및 회사, hotspot(커피숍, 회의실 및 공항 등)에서 널리 사용되고 있다. WLAN 수신기의 차단 응답은 표 1에 요약되어 있으며, 각 주파수 오프셋에 대한 감쇠치를 보이고 있다.^[4]

표 1. 차단 응답
Table 1. Blocking response.

Frequency offset [MHz]	Attenuation [dBr]
±11	0
±25	38
±50	53
>50	63

2. WiBro

WiBro는 국제 표준 IEEE802.16e에 대한 한국 서비스 이름이며 WLAN과 비교시, WiBro는 보행속도뿐만

표 2. WiBro MS의 스펙트럼 마스크 @Pout=25dBm
Table 2. WiBro MS spectral mask @Pout=25dBm.

Frequency offset [MHz]	Attenuation [dBc]	Reference Bandwidth [kHz]
-5~+5	0	10000
±5.45	-36	100
±10.9	-42	100
±15.12	-48	100
±20.26	-52	100
±80 assumed	-82	100

표 3. WiBro BS의 spectral mask
Table 3. Spectral mask of WiBro BS.

Frequency offset from centre	Allowed emission level	Measurement bandwidth
$5 \leq \Delta f < 6$ MHz	-13 dBm	100 kHz
$6 \leq \Delta f < 25$ MHz	-13 dBm	1 MHz
$25 \leq \Delta f < 70$ MHz (assumed)	-28 dBm	1 MHz

아니라 차량 이동속도 상황에서도 서비스가 제공되고 보다 넓은 서비스범위까지 이동성을 지원한다. WiBro MS에 대한 Spectral mask는 표 2에 요약되어 있다^[5].

WiBro BS(Base Station)에 대한 Spectral mask는 표 3에 요약되어 있다^[6]. 각각의 중심주파수에 대한 주파수 오프셋과 허용 출력치와 적용 주파수 대역폭을 기술하고 있다.

III. WLAN과 WiBro간 간섭 시나리오 및 방법

도심에서의 실내 환경이 기본으로 가정되었으며, 두 개의 시나리오가 가정되었다.

Scenario 1: WiBro MS가 WLAN UE에 간섭을 제공한다. 이 시나리오는 그림 1과 그림 2의 각각의 두 가지 시나리오로 나누어진다.

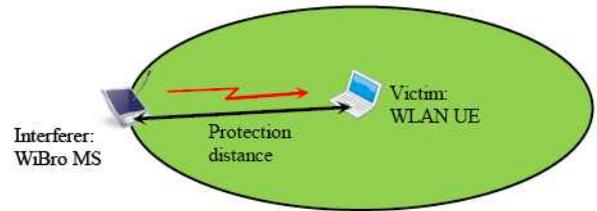


그림 1. WLAN UE의 단일 WiBro 단말 간섭 시나리오
Fig. 1. Scenario of single WiBro MS interferences with WLAN UE.

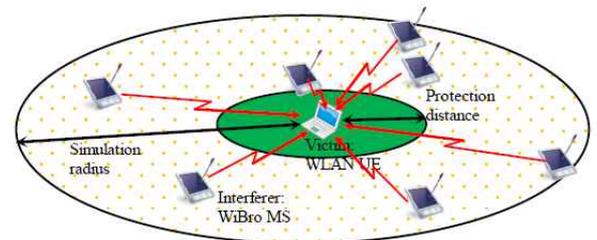


그림 2. WLAN UE의 다중 WiBro 단말 간섭 시나리오
Fig. 2. Scenario of multiple WiBro MSs interfere with WLAN UE.

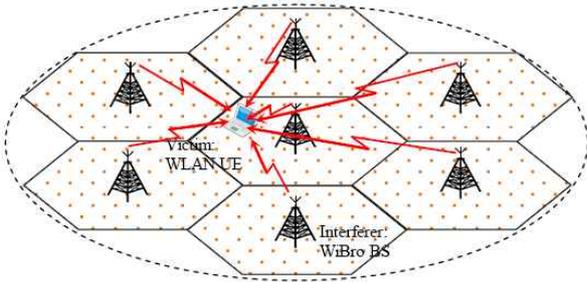


그림 3. WLAN UE에 대한 다중 WiBro BS 간섭 시나리오

Fig. 3. Scenario of multiple WiBro BS interferences with WLAN UE.

그림 1은 단일 WLAN 단말과 단일 WiBro 간의 간섭영향을 보이고 있으며 가장 기본적인 경우에 해당이 된다. 그림 2는 확장된 형태로 하나의 무선랜 단말에 여러개의 WiBro 단말들이 간섭 영향을 보이고 있다. 이 경우 각각의 단말들은 보호 거리가 계산되어지도록 설계되었다.

Scenario 2: WLAN과 인접한 7개의 WiBro BS들이 간섭을 끼치는 것을 그림 3에서 보이고 있다.

그림 3은 간섭영향을 주는 인자로 단말이 아닌 WiBro 기지국들을 가정하고 있다. 각각의 시나리오에 대한 영향 분석은 SEAMCAT을 통해서 이루어졌는데 기본적으로 Monte-Carlo simulation 방법에 기반을 두고 있으면 이들은 인접 주파수 대역의 무선 통신 시스템들 사이의 실적인 공유 및 호환성 연구에 대해 서로 다른 radio 간섭 시나리오의 통계적 모델에 대한 허용을 기준하고 있다. SEAMCAT의 기본 방법론은 간략하게 다음과 같이 설명할 수 있다^[7].

간섭이 발생하는 기준은 victim(피간섭) 수신기(V_r)가 최소 허용 값 이하의 간섭 비율 carrier(C/I)을 갖도록 설정된다. 피간섭 단말의 C/I 계산을 위해서, I에 방해 받는 신호 강도(i_{RSS}) 뿐만 아니라 C에 해당하는 피간섭 단말의 원하는 신호 강도/ $dRSS$ 를 확립하는 것이 필요하다. 그림 4는 다양한 신호 레벨을 보여준다. 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. noise floor에 간섭을 추가한다. 원하는 신호의 강도와 간섭 신호의 차이점은 dB로 측정되고, 신호 간섭 비율로 정의 된다. 만약 간섭이 발생하지 않으려면 간섭비율은 C/I 임계값 이상으로 설정이 되어야 한다.

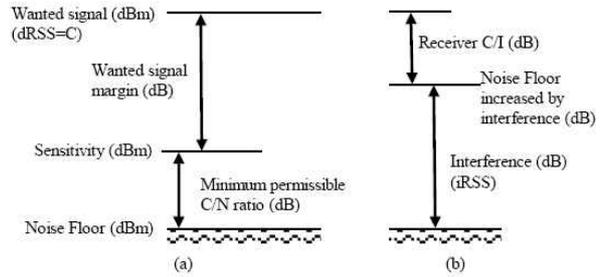


그림 4. 간섭 발생 여부를 결정하는데 사용되는 신호 레벨

Fig. 4. The signal levels used to determine whether or not interference is occurring.

Monte Carlo 실험 기법은 간섭이 발생하거나 하지 않는 경우를 기록하고 그 조건을 확인하는 데 사용된다.

IV. 모 의 실험

모의실험에 이용된 각각의 시스템에 있어서 WLAN

표 4. WLAN의 주요 변수들

Table 4. Main parameters of WLAN.

Parameter	Value	Units
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	Degree
Antenna Peak Gain	6	dBi
Antenna Pattern	Omni-directional	
Output Power	23	dBm

표 5. WiBro의 주요 변수들

Table 5. Main parameters of WiBro.

Parameter	Value	Units
Frequency	Co/adjacent 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

의 주요 매개 변수는 표 4에 가정되어 있다.

WiBro의 주요 매개 변수는 표 5에 기술되어 있다.

서로 다른 링크에 대한 전파 모델은 별도로 다음과 같이 가정된다: Victim 링크인 WLAN 시스템을 위해 확장형 Hata SRD 모델이 사용되었고 (Wt: Wanted transmitter → Vr: Victim receiver), 확장형 Hata 모델은 간섭 link인 WiBro(It: Interfering transmitter → Wr: Wanted receiver), 확장형 Hata SRD model은 간섭링크(It: interfering transmitter → Vr: Victim receiver)에 각각 적용되었다. 이전에 도입된 시스템 매개 변수를 기초로 하여, 간섭 시나리오와 5% 미만의 간섭 확률을 WLAN의 성능 요구 사항에 대한 허용 수준으로 선택하였고, WLAN UE와 WiBro간의 동시 사용을 위해 동일채널에서 각각의 인접 채널 간섭을 SEAMCAT으로 평가하였다.

– 동일 채널 간섭

WLAN UE 및 WiBro간 시스템에서 co channel interference의 시나리오는 481 MHz 이상의 동일한 주파수로 WiBro와 WLAN을 동시에 운영하는 것으로 가정한다. 그리고 WiBro MS 및 WLAN UE 사이의 보호 거리 및 WiBro MS 와 BS의 최대 허용 전송 전력을 계산하였다. WLAN UE에 단일 WiBro MS 간섭이 영향을 미치는 경우, 25 dBm의 WiBro MS의 지정된 전송 전력에 따라, WiBro MS와 WLAN UE 사이의 보호 거리는 5%의 허용 간섭 확률을 만족시키도록 구해져야 한다. WLAN UE을 방해하는 WiBro MS의 간섭확률과 WiBro MS와 WLAN UE 사이의 보호 거리 사이의 관계는 그림 5에서 보이고 있다.

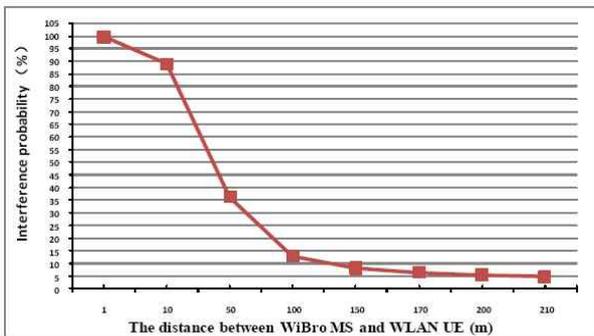


그림 5. 간섭 확률 대 WiBro MS와 WLAN UE 사의 거리

Fig. 5. Interference probability vs. the distance between WiBro MS and WLAN UE.

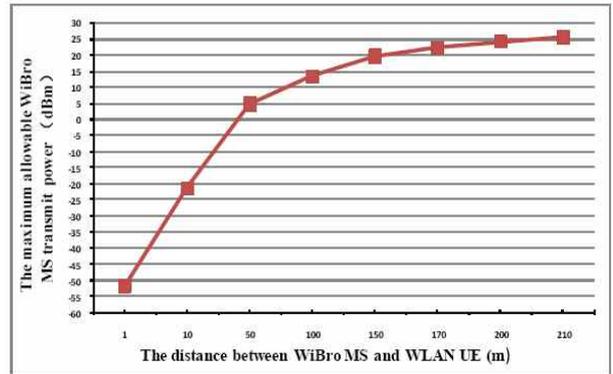


그림 6. WiBro MS의 최대 허용 전송 전력 vs WiBro MS와 WLAN UE 사이의 거리

Fig. 6. The maximum allowable transmit power of WiBro MS vs. the distance between WiBro MS and WLAN US.

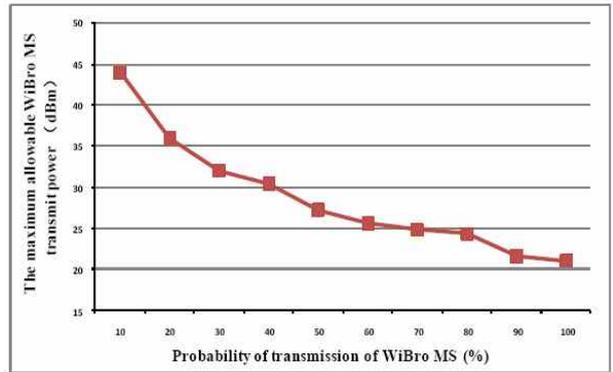


그림 7. WiBro MS의 최대 허용 전송 전력 대 WiBro MS의 duty cycle

Fig. 7. The maximum allowable WiBro MS transmit power vs. duty cycle of WiBro MS.

그림 5에서 보여 주는 것처럼 지정된 WiBo MS에 사용되는 25dBm의 송신 전력의 경우, WiBro MS와 WLAN US 간의 보호 거리는 481 MHz 대역에서 고려하는 경우 210 미터 이상이어야 함을 알 수 있다.

또한, WiBro MS와 WLAN UE에 다른 필요한 보호 거리에 따라, WiBro MS의 해당하는 최대 허용 송신 전력 허용치를 simulation을 통해 알아 낼 수 있다. WiBro MS의 최대 허용 송신 전력과 필요한 보호 거리 사이의 관계는 그림 6에 있는 그림에서 확인 할 수 있다.

WiBro MS와 WLAN UE 간의 보호 거리는 210m 이고 481 MHz 이상에 해당하는 경우에는 그림 6에서 보여주고, 25 dBm의 지정된 전송 전력을 WiBro MS에 허용되는 최대 전송 전력으로 나타낼 수 있다. 또한, WLAN 단말과 함께 다중 WiBro MSs간 간섭이 발생

하는 경우 각각 10/km²의 송신기의 밀도와 1m의 보호 거리로 가정을 한다. 또한 WiBro MS의 전송 확률은 WiBro MS의 duty cycle로 정의된다. 따라서 WiBro MS의 duty cycle을 10%에서 100%으로 가정한다. 그렇다면 WiBro 이동 단말의 최대 허용 전송 전력은 WiBro MS의 다른 duty cycles을 충족시키도록 simulation을 통해 계산된다. WiBro MS의 최대 허용 전송 전력 및 WiBro MS의 duty cycles 사이의 관계는 그림 7에 보이고 있다.

WLAN UE에 WiBro MS에서 간섭 상황은 WiBro MS의 duty cycle이 최악의 경우는 100%임을 그림 7에서 보여주고 있다. 결과적으로, 최대 허용 WiBro MS의 21 dBm의 송신 전력은 481 MHz 이상에 해당하는 것을 알아 낼 수 있다. 또한 WLAN UE와 간섭을 미치는 인자로 다중 WiBro 기지국들의 시나리오가 고려되어야 한다.

즉, WLAN UE에 가장 가까운 7개의 와이브로 기지국들이 간섭 영향을 끼치는 것으로 가정한다. WiBro BS의 최대 허용 송신 전력은 표 6에 요약되어 있다. 표 6은 5%의 간섭 확률을 만족시키기 위해 WiBro 기지국의 최대 허용 전송 전력은 481 MHz 대역에서 -4.96 dBm 이상이면 안 됨을 보이고 있다. 이를 바탕으로 실제 설계시 최대 송출 전력값을 조절할 수 있을 것이다.

표 6. WiBro BS의 최대 허용 전송 전력
Table 6. The maximum allowable transmit power of WiBro BS.

Frequency	481 MHz
Maximum allowable transmit power of WiBro BS	-4.96 dBm

V. 결 론

TV 방송대역채널내에서 WiBro와 WLAN간의 주파수 간섭문제를 해결할 수 있는 주요 파라미터 및 이 값을 이용한 영향 분석이 행해졌다. 동일채널 내 주파수 간섭의 경우, WiBro 단말기들의 최대 전송 전력을 25dBm으로 한정하면 WiBro 이동단말과 WLAN 사용자 단말간 최소 거리는 210m가 됨을 알 수 있었다. 단, WiBro 기지국의 전송 전력은 -4.96 dBm으로 감소됨이 확인되었다. 분석을 위한 간섭 시나리오를 크게 두가지로 나누어 그 영향을 고찰하였으며, 간섭인자로 설정된 WiBro 단말과 기지국의 각각의 조건 및 간섭 영향을

분석하였다. 이를 기반으로 향후 인접채널에서의 간섭 영향이 이루어지면 보다 나은 실제 시스템으로의 적용이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.dtv.gov/whatisdtv.html>
- [2] *White Space Report 2Q 2010* "United States TV White Spaces: Usage & Availability Analysis," Spectrum Bridge, Inc.
- [3] Seong-kweon Kim, "Interference Analysis based on the Monte-Carlo Method," *ICCCN*, Aug., pp.61-64, 2005.
- [4] Ling Zang, "System and circuit design techniques for wlan-enabled multi-standard receiver," *CNC*, pp.85-89, 2005.
- [5] ADL5570 : 2.3 GHz to 2.4 GHz WiMAX Power Amplifier, 2007.
- [6] "TDD-TDD Interference Analysis Involving Synchronized WiMAX Systems," WiMAX Forum18, Sep. 2009.
- [7] *SEAMCAT Handbook*, Jan. 2010, ECO.

저 자 소 개



김 인 환(학생회원)
 2010년 군산대학교 전자정보
 공학부 졸업.
 2010년~현재 전북대학교 대학원
 전자공학과 석사과정
 <주관심분야 : Cognitive Radio,
 MIMO, WiBro, WLAN>



백 흥 기(정회원)
 1977년 서울대학교 전자공학과
 학사
 1979년 서울대학교 전자공학과
 석사
 1987년 서울대학교 전자공학과
 박사
 1981년~현재 전북대학교 공과대학 전자공학부
 교수
 <주관심분야 : 디지털신호처리, 적응 신호처리,
 통신신호처리>



조 주 필(정회원)
 1992년 전북대학교 정보통신
 공학과 공학사.
 1994년 전북대학교 전자공학과
 공학석사
 2001년 전북대학교 전자공학과
 공학박사.

2000년~2005년 한국전자통신연구원
 이동통신연구단 선임연구원
 2006년~2007년 한국전자통신연구원 초빙연구원
 2005년~현재 국립군산대학교 전파공학과 부교수
 <주관심분야 : Cognitive Radio, MIMO, AMC,
 MMR, Advanced LTE 핵심기술>