

초광대역 시스템에 의한 WiMAX로의 간섭 및 송신 전력 제어 간섭 저감 방법 해석 연구

A Study on the Analysis of UWB Interference to WiMAX and Mitigation Method of Transmit Power Control

윤 영 근 · 주 상 호* · 최 익 권*

Young-Keun Yoon · Sang-Ho Ju* · Ik-Guen Choi*

요 약

본 논문에서는 3~10 GHz대 통신용 초광대역 시스템이 3.5 GHz대 고정(fixed) WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)에 미치는 간섭 영향에 대해 고찰하였고, WiMAX에 미치는 잠정적인 간섭을 줄이기 위해 초광대역 시스템의 송신 전력을 제어하는 방법을 제안하였으며, 몬테카를로 시스템 레벨 시뮬레이션을 통해 간섭 저감 효과를 분석하였다. 간섭 영향은 단위 면적 1 km² 내에 존재하는 다수의 초광대역 시스템과 단일 WiMAX 수신기를 가정하였을 때, 초광대역 시스템의 간섭에 의한 WiMAX의 outage 확률로 평가하였으며, 결과의 일례로써 초광대역 시스템의 밀도가 20 devices/km²이고 송신 전력 제어 동적 출력 범위가 30 dB일 때, 송신 전력 제어 방법을 적용한 경우 간섭 저감 방법을 적용하지 않는 경우보다 초광대역 시스템의 간섭에 의한 WiMAX의 outage 확률이 42 % 감소되는 효과를 보였다. 결론적으로 제안된 송신 전력 제어 방법은 초광대역 시스템이 WiMAX에 미치는 간섭 영향을 저감시킬 수 있음을 보였다.

Abstract

This paper presents the analysis of the potential ultra-wideband(UWB) interference to WiMAX at 3.5 GHz bands and the mitigation method using transmit power control(TPC) of UWB system. UWB interference effect is evaluated with WiMax's outage probability over UWB density when multiple UWB systems and single WiMAX receiver distribute in unit area of 1 km². When UWB distribution density is 20 devices/km² and the dynamic range of TPC is 30 dB, UWB interference effect with TPC is decreased by 42 % rather than that without mitigation scheme. Finally, we describe that the proposed TPC is an effective method to mitigate UWB interference to WiMAX.

Key words : Ultra-wideband, Interference, Mitigation, Power Control, Outage

I. 서 론

근거리 통신에서 저전력 및 다중 경로 페이딩 영향에도 강인한 특성을 가지는 UWB(Ultra-Wideband) 시스템의 중요성이 크게 부각되고 있다^[1]. 하지만, 넓은 대역폭으로 인해 기존의 고정, 이동 및 위성 등

과 같은 통신 시스템에 간섭 영향을 주지 않고, 주파수를 공유할 수 있는 UWB 무선 기술에 대한 관심이 높아지고 있으며, UWB 통신 시스템의 활성화를 위한 세계 각국의 주파수 정책도 빠르게 변모하고 있다^[2]. 미국의 연방통신위원회, 즉, FCC(Federal Communication Commission)는 최초로 UWB 시스템에

한국전자통신연구원 전파자원연구팀(Radio Resource Research Team, ETRI)

*충북대학교 전파공학과(Department of Radio Engineering, Graduate School, Chungbuk National University)

· 논문 번호 : 20070627-066

· 수정완료일자 : 2007년 8월 8일

대한 용도별 주파수 및 최대 송신 전력을 규정하였고, 그림 1에서 보듯이 통신 시스템은 동작 주파수 3.1~10.6 GHz, 최대 송신 전력 -41.3 dBm/MHz E.I.R.P.(Effective Isotropic Radiated Power)로 동작 특성을 제한 및 규제하였다^[3]. 반면, 유럽 CEPT(European Conference of Postal and Telecommunications)에서는 10 GHz 이하의 거의 모든 주파수대 할당되어 있는 통신 시스템에서 UWB 통신 시스템에 의한 간섭 영향을 평가하였으며, 허용 최대 송신 전력을 미국보다 더 엄격히 제한하여 규제할 것을 권고하였다^[4].

그림 1에서, 미국 FCC의 규제는 UWB 통신 시스템을 활성화하는 측면에서 동작 특성의 허용 가능한 최대 송신 전력의 제한 조건이 매우 완화되어 있어 UWB 통신 시스템에 의한 타 통신 시스템으로의 간섭 영향을 배제할 수 없으며, 유럽 CEPT의 경우, 너무 엄격하게 제한되어 있어 UWB 통신 시스템간 높은 데이터율로 서비스하기에는 매우 어려운 점이 있을 것으로 예상된다.

또한, 지금까지 명문화된 간섭 저감 기술로는 유럽내 제한 규제, UWB 시스템에 듀티 사이클(duty cycle)을 5% 이내로 매우 낮게 적용함으로써 간섭 영향을 줄이는 방법이 있으며, 이를 LDC(Low Duty Cycle)라 한다^[2]. 하지만, UWB 시스템에 LDC를 적용하게 되면, 초고속의 데이터 전송은 어렵게 되고

낮은 데이터 전송용으로 사용할 수밖에 없게 된다.

그 이외에 고려되고 있는 것이 간섭 회피 기술이 있고, 이는 3~5 GHz 대에서 협대역 또는 광대역 시스템으로부터의 신호가 UWB 통신 수신기에서 검출(detect)될 경우, 동 대역 내에서 UWB 통신 시스템은 신호 전력을 방사하지 않고 회피(avoid)함으로써 타 시스템에 간섭 영향을 주지 않는 기술로써, 이를 DAA(Detect & Avoid)라 한다^[5]. DAA 기술은 초기 연구 단계이므로, 구체적인 방법에 대해서는 아직 발표되지는 않았다.

그러므로, 본 논문에서는 중속 이상 또는 고속의 데이터 전송이 가능하면서도 효율적으로 간섭 영향을 저감시킬 수 있도록 하기 위해 UWB 통신 시스템의 최대 송신 전력을 적응적으로 제한하는 방법을 제안하였다. 그리고, 제안된 간섭 저감 기술에 대한 간섭 영향을 평가하고 분석함으로써, UWB 통신 시스템에 의한 고정(fixed) WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)로의 간섭 영향을 최소화할 수 있음을 증명하고자 한다. 구체적인 간섭 영향 평가는 예상할 수 있는 간섭 시나리오를 가정하고, 몬테카를로(Monte Carlo) 시스템 레벨 시뮬레이션을 수행한다. 이에 요구되는 시스템 파라미터 및 가정된 시나리오는 아래에서 설명하도록 한다.

II. 송신 전력 제어 기능을 갖는 UWB 시스템에 의한 간섭 분석

UWB 시스템에 의한 WiMAX로의 간섭 및 송신 전력 제어 간섭 제어 방법에 대한 해석을 위해 가정된 시나리오는 아래와 같다.

첫째, 그림 2에서처럼 단위 면적 1 km² 영역 내 다수의 UWB 통신 시스템들과 단일 WiMAX가 존재한다.

둘째, UWB 시스템들은 모두 활성화되어 3.1~10.6 GHz 대역에서 동작하고 있다.

셋째, UWB 시스템들은 균일 분포를 갖고 1 km² 영역 내 무작위로 위치한다.

상기 가정된 시나리오에서 단위 면적 1 km² 영역은 간섭 시뮬레이션 영역이라 정의되며, 실질적인 WiMAX 셀 서비스 영역과는 다른 개념이고, 단지 간섭 해석을 위해 정의되었다. 여기서, 간섭 시뮬레이션 영역을 단위 면적으로 설정한 이유는 다수의

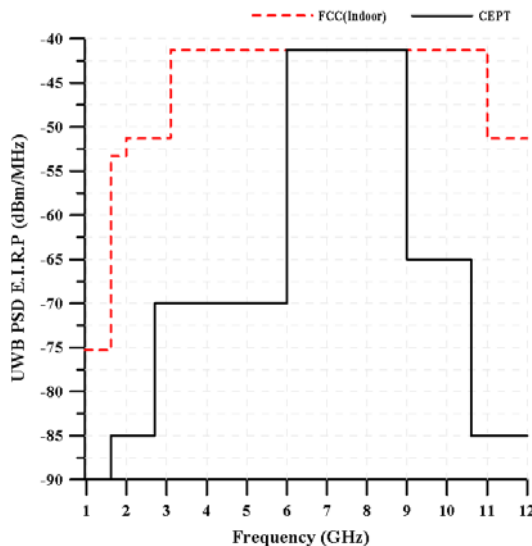


그림 1. UWB 시스템의 방사 마스크
Fig. 1. UWB emission masks.

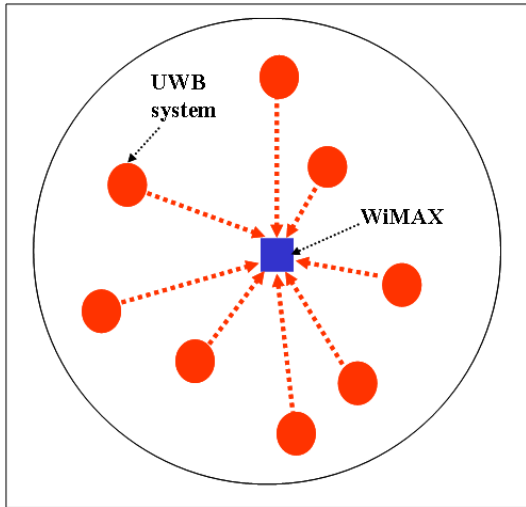


그림 2. WiMAX와 UWB 시스템들간 간섭 분석 시나리오

Fig. 2. Scenario for interference analysis between UWB systems and a WiMAX.

UWB 시스템의 분포 밀도(density)를 ‘단위 1 km² 면적 당 UWB 통신 시스템의 총 수’로 정의하였기 때문이다. 이는 시뮬레이션 결과, 도출시 UWB 시스템에 의한 WiMAX의 간섭 영향을 UWB 시스템의 밀도에 따른 WiMAX의 outage로 평가하므로, 간섭 시뮬레이션 영역 설정시 다수의 UWB 시스템의 영향을 고려할 수 있기 때문이다.

표 1과 표 2는 WiMAX 시스템의 일반적인 시스템 파라미터 및 특성을 보여주고 있다⁶⁾.

UWB 시스템에 대한 피 간섭체로써 WiMAX는 3.5 GHz대에 할당되어 있는 광대역 시스템으로 직교 주파수 분할 다중화 방식, 즉, OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식이며, 고정(fi-

표 1. OFDM 기반의 WiMAX 파라미터

Table 1. WiMAX parameters based on OFDM.

파라미터	값
중심 동작 주파수	3.5 GHz
채널 대폭	7 MHz
OFDM 총 FFT 크기	256
사용된 데이터 서브캐리어의 수	200
프레임 길이	5 msec
다중 변조 모드	7 mode

표 2. WiMAX의 다중 변조 모드 정의

Table 2. Definition on multi-modulation modes of WiMAX.

모드 정의	변조	FEC	목표 S/N
1	BPSK	1/2	6.4
2	QPSK	1/2	9.4
3		3/4	11.2
4	16QAM	1/2	16.4
5		3/4	18.2
6	64QAM	2/3	22.7
7		3/4	24.4

xed) 환경에서 기본 7개의 다중 변조 모드 방식을 지원하고 있다.

표 2에서 보듯이, 각 변조 모드별 신호 대 잡음비는 각기 다르게 정의되며, 서비스 환경이 나빠질 경우, 설정된 변조 방식 및 FEC(Forward Error Correction)를 바꾸어 WiMAX 기지국과 단말간 서비스가 지속적으로 유지될 수 있도록 지원한다.

그림 3에서는 간섭 저감 방법으로 제안된 UWB 시스템의 송신 전력 제어, 즉, TPC(Transmit Power Control) 기능을 적용할 경우, 구체적인 동작 단계를 설명하였다.

이때, UWB 시스템은 인근 WiMAX 신호를 검출하여 존재 여부를 완전(perfect)하게 판단할 수 있는 능력을 보유하고 있다고 가정하였다.

- 단계 1: 전력 온(on)된 UWB 시스템은 그림 3에 서처럼 초기에 주파수 채널 이용 가능성을 확인하는 과정을 수행한다. 이는 인근에 분포되어 동작하고 있는 WiMAX의 존재 여부를 판단하여 원하는 주파수 채널을 UWB 시스템이 사용할 수 있는지를 결정하게 된다.

WiMAX의 존재 여부는 전력 온(on)된 UWB 시스템이 신호 레벨 검출기(①)를 통해 인근 WiMAX의 신호를 검출(②)과 임계 전력과 비교를 통한 판단(③)을 통해 결정한다.

- 단계 2: UWB 시스템이 단계 1에서 인근 WiMAX의 존재 여부를 판단한 후, WiMAX가 존재하지 않는다고 판단되면, UWB 시스템은 할당 및 지정된 최대 송신 전력 -41.3 dBm/MHz E.I.R.P를 송신(④)한다. 이는 미국 FCC가 규제한 최대 평

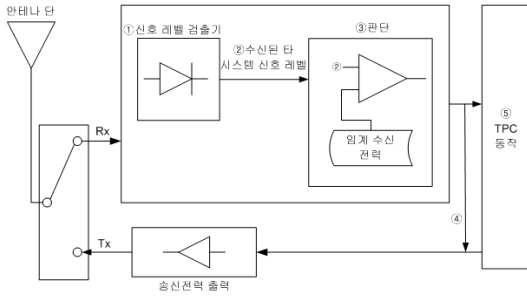


그림 3. UWB 시스템의 TPC 동작도
Fig. 3. Diagram of TPC operation in UWB system.

균 송신 전력의 레벨이다. 반대로, WiMAX가 존재한다고 판단되면, UWB 시스템은 WiMAX로의 간섭 영향을 줄이기 위해 제안된 간섭 저감 방법인 단계 3의 TPC 기능을 수행한다.

- 단계 3: 간섭 저감을 위해, UWB 시스템의 송신 전력은 최대 -41.3 dBm/MHz 에서부터 동적 출력 범위(dynamic range) 내에서 제어된다(⑤). 즉, 동적 출력 범위가 30 dB 일 경우, UWB 시스템의 최대 송신 전력은 -41.3 dBm/MHz 이며, 최소는 -71.3 dBm/MHz 이다. 여기서, UWB 시스템의 송신 전력은 동적 출력 범위 내에서 적응적으로 제어되게 된다.

III. 시뮬레이션

표 3은 간섭 영향 평가를 위해 설정된 파라미터들이며, 분석은 몬테카를로 시스템 레벨 시뮬레이션을 이용하였고, 간섭 영향은 UWB 시스템의 밀도 N (devices/km²)에 대한 WiMAX outage 확률로 평가하였다.

이때, WiMAX outage는 UWB 시스템에 의해 간섭 신호가 WiMAX 보호비 기준 $-6 \text{ dB}^{[2]}$ 를 초과하여 WiMAX에 수신될 경우 발생된다.

그림 4는 UWB 시스템에 간섭 저감 방법으로 TPC 기능을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우를 비교한 것이다.

그림 4에서 보듯이 UWB 시스템의 밀도가 증가함에 따라 WiMAX의 outage 확률은 간섭 저감 방법의 적용 여부에 상관없이 급속도로 증가함을 알 수 있다.

일례로 그림 4(a)에서 WiMAX 단말 안테나의 이

표 3. 송신 전력 제어에 의한 간섭 영향 평가를 위해 정의된 WiMAX와 UWB 시스템의 파라미터들

Table 3. Parameters for WiMAX and UWB system defined for the interference effect by the transmit power control analysis.

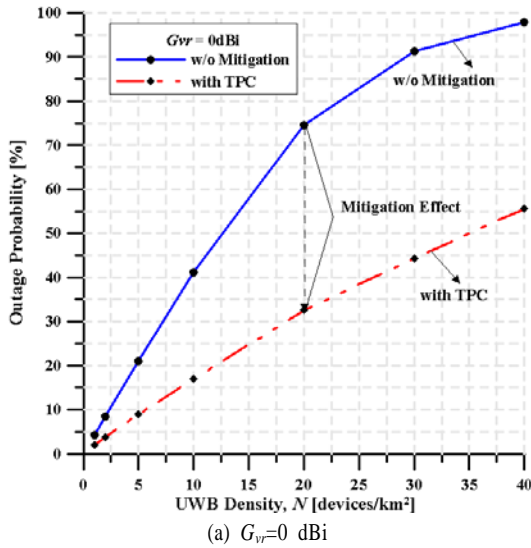
파라미터들	값
고려된 주파수	3.5 GHz
간섭 시뮬레이션 영역	단위 면적 1 km^2
WiMAX 단말 안테나 이득, $G_{vr}^{[2]}$	0 dBi/8 dBi
UWB 시스템 안테나 이득	0 dBi
UWB 시스템 TPC 동적 출력 범위	30 dB
UWB 시스템 최대 송신 전력 ^[3]	-41.3 dBm/MHz E.I.R.P
UWB 시스템과 WiMAX간 경로 손실 모델 ^[2]	자유 공간 손실 모델
간섭 시뮬레이션 영역 내 UWB 시스템 분포 특성	균일 무작위 분포
WiMAX 보호비 ^[2]	-6 dB

득이 0 dBi이고 간섭 저감 방법을 적용하지 않은 경우일 때, UWB 밀도 $N=10 \text{ devices/km}^2$ 이면 WiMAX outage는 41 %, $N=20 \text{ devices/km}^2$ 이면 WiMAX outage는 74 %이다.

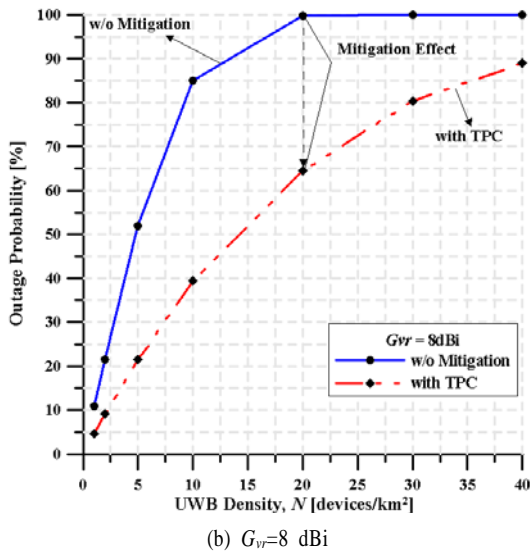
반면, 그림 4(a)에서 WiMAX 단말 안테나의 이득이 0 dBi이고, 간섭 저감 방법인 TPC를 적용할 경우, UWB 밀도 $N=10 \text{ devices/km}^2$ 이면 WiMAX outage는 17 %, $N=20 \text{ devices/km}^2$ 이면 WiMAX outage는 32 %이다. 즉, TPC 기능을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우를 비교한 결과, UWB 밀도 $N=10 \text{ devices/km}^2$ 일 경우 24 % 감소, $N=20 \text{ devices/km}^2$ 일 경우 42 % 감소를 단적으로 볼 수 있다.

그림 4(b)는 WiMAX 단말 안테나 이득 G_{vr} 을 8 dBi로 할 경우에 그림 4(a)에서 G_{vr} 을 0 dBi로 할 경우와 상대적인 WiMAX outage 특성을 비교한 것이다.

일례로, 그림 4(b)에서 WiMAX 단말 안테나의 이득 G_{vr} 이 8 dBi이고, 간섭 저감 방법을 적용하지 않은 경우일 때, $N=20 \text{ devices/km}^2$ 이면 WiMAX outage는 99 %이고, 간섭 저감 방법인 TPC를 적용할 경우, $N=20 \text{ devices/km}^2$ 이면 WiMAX outage는 64 %이다.



(a) $G_{vr}=0$ dBi



(b) $G_{vr}=8$ dBi

그림 4. WiMAX의 outage.
Fig. 4. Outage in WiMAX.

즉, TPC 기능을 적용하지 않고, WiMAX 단말 안테나의 이득을 0 dBi(그림 4(a))와 8 dBi(그림 4(b))인 경우에 대해 비교해 볼 때, WiMAX 단말 안테나 이득이 클수록 UWB 시스템의 간섭에 민감함을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 UWB 시스템에 의한 WiMAX로의 간섭 영향을 저감시키기 위해 송신 전력 제어(TPC)

방법을 제안하고, 시스템 레벨 시뮬레이션을 통해 제안된 간섭 저감 방법을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우를 비교하여 그 효과를 보였다. 해석 결과, UWB 시스템에 의한 WiMAX로의 간섭은 UWB 시스템의 밀도 및 WiMAX 단말 안테나의 이득에 따라 그 영향이 다르게 나타남을 알 수 있었다.

결론적으로, UWB 시스템의 송신 전력을 적응적으로 제어하는 간섭 저감 방법은 UWB 시스템에 의한 WiMAX로의 간섭 영향을 수십 퍼센트 이상까지 감소시킬 수 있었으며, UWB 시스템과 타 통신 시스템과의 주파수 공유가 간섭 저감 기술로 인해 가능하리라 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] R. A. Scholtz, R. Weaver, E. Homier, J. Lee, P. Hilmes, A. Taha, and R. Wilson, "UWB radio deploying challenges", in *Proc. IEEE Int. Symp. on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications*, vol. 1, pp. 620-625, Sep. 2000.
- [2] Young-Keun Yoon, Heon-Jin Hong, and Ik-Guen Choi, "Analysis on the effects of interference mitigation for ultra-wideband coexistence with BWA", *Journal of The Korea Electromagnetic Engineering Society*, vol. 6, no. 2, pp. 117-122, 2006.
- [3] FCC, "Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems", *FCC 02-48 First Report and Order(R&O)*, Feb. 2002.
- [4] CEPT, "Final CEPT report in response to the second EC mandate to CEPT to harmonise radio spectrum use for ultra-wideband systems in the European union", *RSCOM05-73*, Brussels, Nov. 2005.
- [5] ITU-R, Impact of Devices Using Ultra-Wideband Technology on Systems Operating within Radiocommunications Services, ITU-R Task Group 1/8, Document 1/88-E, Oct. 2005.
- [6] IEEE802, "Part 16: Air interface for fixed broadband wireless access systems", *IEEE802.16TM-2004*, Oct. 2004.

윤 영 근



1997년 2월: 충북대학교 전기공학과 (공학사)
1999년 2월: 충북대학교 전파공학과 (공학석사)
2007년 8월: 충북대학교 전파공학과 (공학박사)
2000년 4월~현재: 한국전자통신연구원

구원 선임연구원
[주 관심분야] 전파공학, 통신공학, 스펙트럼 공학

최 익 권



1974년 2월: 서울대학교 자원공학과 (공학사)
1986년 9월: 미국 오하이오주립대학교 전자공학과 (공학박사)
1976년 6월~1979년 6월: 육군 제3사관학교 교수부 물리학 교관
1981년 9월~1986년 8월: 미국 오하

이오주립대 Electro Science Laboratory 연구조교
1986년 9월~1987년 8월: 미국 매사추세츠주립대학교 Antenna Laboratory 연구원
1987년 9월~1993년 8월: 한국전자통신연구원 전파공학 연구실실장
1993년 9월~1994년 3월: 전북대학교 정보통신공학과 조교수
1994년 3월~현재: 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
[주 관심분야] 안테나

주 상 호



2007년 2월: 충북대학교 전자공학과 (공학사)
2007년 3월~현재: 충북대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] 초고주파 회로설계, 능동 위상 배열 시스템