

논문 2011-2-15

## 2.3 GHz 대역의 ISM 기기와 WiBro 서비스의 양립성 분석

### Compatibility between ISM Equipment and WiBro Service at 2.3 GHz band

심용섭\*, 이일규\*\*

Yong-Sup Shim, Il-Kyoo Lee

요 약 본 논문은 2.3 GHz 대역을 사용하는 ISM(Industrial Scientific Medical) 기기가 동대역을 사용하는 WiBro 서비스에 미치는 간섭 영향을 분석하여 ISM 기기로부터 WiBro 서비스를 보호하기 위한 보호 거리를 산출하였다. 간섭 시나리오로 ISM 기기의 간섭 파워는 CISPR(International Special Committee on Radio Interference) 11의 전계강도 기준치를 적용하였고 WiBro 수신기가 ISM 기기로부터 근접하는 경우를 구성하여 분석하였다. 그 결과 최악의 상황을 고려한 MCL(Minimum Coupling Loss) 분석시 14 m의 보호 거리와 통계적 간섭 확률을 바탕으로 한 MC(Monte Carlo) 분석시 간섭원의 수가 1개 일 때 간섭 확률 5 %를 만족하기 위해 10 m의 보호 거리가 각각 산출되었다.

**Abstract** This paper calculates protection distance to protect WiBro service from ISM(Industrial Scientific Medical) equipment which is used in the same frequency with WiBro. We analyze with a scenario that WiBro receiver is closed to ISM equipment which has interfering power of CISPR(International Special Committee on Radio Interference) 11 limit. As a result, the protection distance of 14 m was calculated by using MCL (Minimum Coupling Loss) for the worst case. And, the protection distance of 10 m was calculated to meet 5 % interference probability below by using MC(Monte Carlo) for statistic analysis in case of a interferer.

**Key Words :** 간섭 분석, ISM 기기, WiBro, 보호 거리

#### I. 서 론

최근에 전파기술의 급속한 발달로 인하여 국민 일상 생활 전반에 걸쳐 전파를 이용한 설비가 널리 사용되고 있다. 전파의 이용은 정보 전달과 에너지 전달로 구분되고 그에 따라 전파이용설비에는 아날로그와 디지털 신호의 전파를 이용한 통신기와 RF(Radio Frequency) 에너지를 이용한 통신용도외의 전파이용설비가 있다. 국내 전파법 58조에서는 전파이용설비를 통신 설비용 전파용

용설비와 산업·과학·의료 및 기타용으로 이용되는 통신설비의 전파이용설비로 나누고 있고 ITU-R (International Telecommunication Union - Radiocommunication)에서는 통신설비외의 전파이용설비를 ISM(Industrial Scientific Medical) 기기로 규정하고 있다<sup>[1]</sup>.

이에 따라 한국을 비롯한 다수 국가들이 ISM 대역에 적절한 출력의 규제를 통해 ISM 기기들을 널리 사용하고 있다. 뿐만 아니라, ISM 대역에는 WiBro, 무선랜, 블루투스 등의 소출력 무선기기들 또한 할당이 되어 있어 동대역을 사용하는 ISM 기기와 소출력 무선기기들 사이에 간섭 문제가 대두되고 있다.

특히, WiBro 서비스가 상용화됨에 따라 이동성을 가

\*준회원, 공주대학교/한국전자통신연구원

\*\*정회원, 공주대학교 전기전자제어공학부

접수일자: 2011.1.6, 수정일자: 2011.2.25

게재확정일자: 2011.4.15

지는 WiBro의 수신기가 공간적으로 ISM 기기에 근접할 경우, ISM 기기로부터 간섭의 영향에 노출되기 쉽다.

따라서, 본 논문은 WiBro의 사용자가 ISM 기기로 근접하는 시나리오를 설정하여 ISM 기기가 WiBro 수신기에 미치는 간섭 영향을 분석하였다. 분석된 간섭 영향을 바탕으로 ISM 기기로부터 WiBro 서비스를 보호하기 위한 보호 거리를 산출하였다.

## II. 간섭 시나리오

### 1. 간섭원 ISM 기기

초기에는 산업 환경에서 ISM 기기가 주로 사용되었지만 최근에는 전자레인지, 초음파 세척기, 진공포장기와 같은 생활편의용 제품이 등장하고 의료장비의 발달로 자기공명영상장치(MRI : Magnetic Resonance Imaging), 고주파 치료기, 온열기 등 생활 가까운 곳에서 ISM 기기가 활용되고 있다<sup>[2]</sup>.

간섭원 역할을 하는 ISM 기기의 간섭 파워를 설정하기 위해 CISPR(International Special Committee on Radio Interference)의 전계강도 기준치를 이용하였다. CISPR 11에서 규정한 ISM 전계강도 기준치 중에서 WiBro 서비스의 수신대역(2345 MHz ~ 2355 MHz)을 사용하는 2종 A급 기기에 해당하는 전계강도 기준치는 1 MHz의 대역폭당 110 dBuV/m이다<sup>[3]</sup>. 이 기준치로부터 식 (1)을 이용하여 환산된 간섭 전력 -34.85 dBm을 구할 수 있다.

$$P(dBm) = E(dBuV/m) - 20\log F(MHz) - 77.2 \quad (1)$$

여기서, P : 방사 전력, E : 전계강도, F : 주파수

식 (1)로부터 산출된 -34.85 dBm의 ISM 간섭 파워가 WiBro의 수신 전대역에 방사되는 경우를 가정하여 분석하였다.

### 2. 피간섭원 WiBro

WiBro 서비스는 국가별로 2.3 ~ 2.5 GHz 대역에 걸쳐 운용되고 있으며, 고속 전송속도와 더불어 탁월한 이동성을 바탕으로 휴대 인터넷 및 광대역 서비스 시장을 주도하고 있다. 피간섭원으로써, 2.3 GHz 대역을 이용하

는 국내의 WiBro 서비스 특징을 표 1에 나타내었다<sup>[4]</sup>.

표 1. WiBro의 특징  
Table 1. Characteristic of WiBro

항 목	특 성
주파수	2350 MHz
송신파워	43 dBm
대역폭	10 MHz
안테나 높이	1.5 m
안테나 이득	0 dBi
수신감도	-86.6 dBm
전파 모델	자유 공간
보호비(C/I)	13 dB
변조방식	OFDM
전송속도	50 Mbps
전송거리	1000 m

표 1의 특징들을 바탕으로 시나리오를 구성하여 ISM 기기와 WiBro 서비스 사이의 간섭을 분석한다.

### 3. 간섭 환경

간섭 환경은 그림 1에서 보듯 피간섭링크의 Wt(Wanted transmitter)가 Vr(Victim receiver)에 원하는 신호를 송신하고 간섭링크의 It(Interfering transmitter)가 간섭 신호를 방사하는 환경이다.

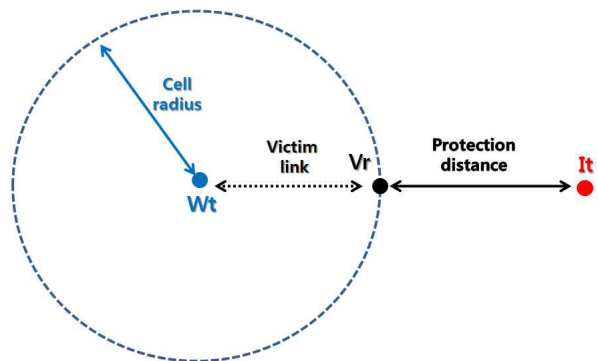


그림 1. 간섭 환경  
Fig.1. Interference environment

이동성을 갖는 Vr이 Wt의 셀 가장자리(edge)에 위치할 경우, Wt의 원하는 신호는 최소가 되고 Vr과 It가 근접함에 따라 It의 간섭 신호로 인해 Vr의 수신 성능이 열화된다<sup>[5]</sup>. 이를 방지하기 위해, It의 간섭 신호로부터 이

격 되어 간섭의 영향을 받지 않는 보호 거리가 요구된다. 본 분석에서 It는 ISM 기기이고 Vr이 WiBro 수신기를 나타내며, It와 Vr 사이의 이격 거리에 따라 간섭의 영향이 달라진다.

### III. 간섭 분석 방법

#### 1. MCL(Minimum Coupling Loss)

송·수신기의 활동성을 고려하지 않는 최악의 경우를 분석하기 위해 사용되는 MCL 방법은 다소 엄격한 기준으로 제시되며 그 산출 과정은 다음과 같다<sup>[6]</sup>.

우선, CISPR 11의 규격으로부터 산출된 ISM 기기의 간섭파위를 무선랜 수신 대역폭당 간섭 파워로 변환하기 위해 다음 식 (2)를 이용한다.

$$\text{간섭 신호}/10\text{MHz} = -34.85 + 10\log\left(\frac{10}{1}\right) \quad (2)$$

대역폭으로 환산된 간섭 파워에 수신기의 안테나 이득, 케이블 손실, 수신감도를 고려하여 MCL을 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$MCL = P_I + G_R - L_C - P_{Sen.} + 10\log N \quad (3)$$

여기서,  $P_I$  : 간섭 송신 파워,  $G_R$  : 수신기 이득,  $L_C$  : 케이블 손실,  $P_{Sen.}$  : 수신 감도,  $N$  : 간섭원 수

구해진 MCL은 식 (4)의 자유공간 손실 모델에 대입하여 사용 주파수(F)에 따른 보호 거리(D)를 산출한다.

$$MCL = 20\log(D) + 20\log(F) - 27.56 \quad (4)$$

여기서, F : MHz, D : m

#### 2. MC(Monte Carlo)

##### 가. 간섭 확률 계산

ITU-R의 보고서 SM.2028에 기술된 MC 방법은 최적의 스펙트럼 관리를 위해 유럽에서 주로 사용되는 통계적 분석 방법으로 다양한 무선 통신 시나리오를 구성하고 서비스별 특성 파라미터를 입력하여 실제 환경에 가까운 분석을 제공한다<sup>[7]</sup>.

전파 환경에서 dRSS(desired Received Signal

Strength)와 iRSS(interfering Received Signal Strength)는 시간에 따라 랜덤하게 변하기 때문에 각각의 독립적 시행을 통해 통계적 분석이 요구된다. 그림 2는 간섭을 판정하는 과정으로 각각의 시행에서 생성된 dRSS와 iRSS의 비율은 통신이 가능한 기준으로 설정된 C/I를 초과하는지 비교한다.

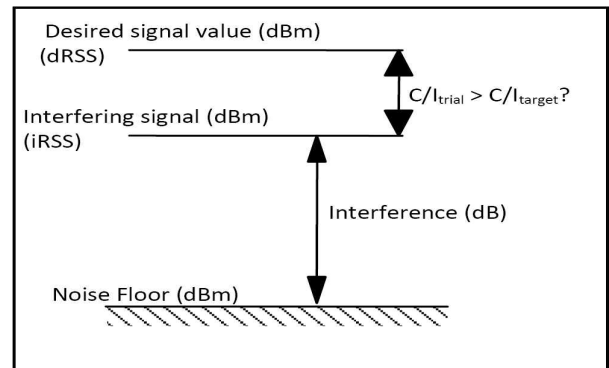


그림 2. C/I 값의 비교  
Fig 2. Comparison of C/I

각 시행의 C/I값과 기준 C/I값의 비교를 반복하여 통신이 가능할 확률(P)을 식 (5)와 같이 산출한다.

$$P = P\left(\frac{dRSS}{iRSS} > \frac{C}{I} \mid dRSS > Sensitivity\right) \quad (5)$$

간섭 확률은 식 (6)과 같이 1에서 앞서 구한 통신이 가능한 확률을 뺀 값으로 계산된다.

$$\text{간섭 확률} = 1 - P \quad (6)$$

##### 나. dRSS 계산

피간섭원의 원하는 신호 dRSS는 다음 식 (7)을 이용해서 계산된다.

$$dRSS = P_{wt} + G_{wt} + G_{vr} - PL \quad (7)$$

여기서,  $P_{wt}$  : 원하는 신호,  $G_{wt}$  :  $W_t$  이득,  $G_{vr}$  :  $V_r$  이득,  $PL$  : 경로 손실

##### 다. iRSS 계산

피간섭원 Vr에 수신되는 간섭 신호 iRSS는 불요방사, 블러킹, 상호변조로 구분되는데 본 분석에서 상호변조 간섭은 고려되지 않았으며 불요방사에 의한 간섭은 그림

3과 같다.

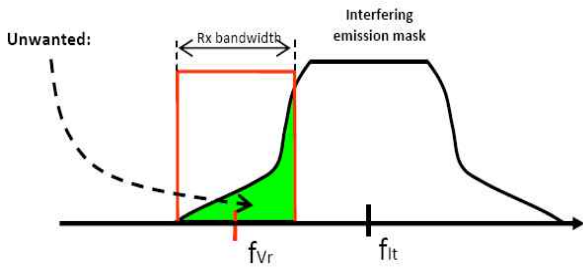


그림 3. 불요방사 간섭  
Fig. 3. Unwanted emission interference

그림 3에서 알 수 있듯이, 색칠된 부분이 간섭원의 대역외 방사 신호가 피간섭 수신 대역폭에 들어왔을 때의 간섭으로 불요방사에 의한 간섭 신호는 식 (8)로 계산된다.

$$iRSS = P_I + P_{I-t} + G_I + G_{vr} - PL \quad (8)$$

여기서,  $P_I$  : 간섭신호,  $P_{I-t}$  : 대역통과필터에 수신된 간섭 신호,  $G_I$  : It 이득,  $G_{vr}$  : Vr 이득,  $PL$  : 경로 손실

블로킹 간섭은 그림 4와 같이 Vr의 수신 필터 마스크의 특성으로 인해 대역외 간섭 신호가 수신 필터로 들어오는 경우를 말한다.

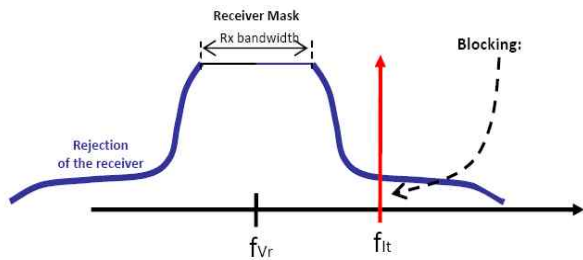


그림 4. 블러킹 간섭  
Fig. 4. Blocking interference

블러킹 간섭은 식 9를 이용하여 계산된다.

$$iRSS_{block} = P_I + G_I - PL - a_{vr}(\Delta f) + G_{vr} \quad (9)$$

여기서,  $P_I$  : 간섭 신호,  $G_I$  : It 이득,  $PL$  : 경로손실,  $a_{vr}$  : 필터감쇄,  $G_{vr}$  : Vr 이득

## IV. 간섭 분석 결과

### 1. MCL을 이용한 보호 거리

최악의 경우에 대한 분석으로 간섭원 수에 따른 보호 거리는 식 4를 이용하여 산출하였으며, 이를 표 2와 그림 5에 나타내었다.

표 2. Protection distance  
Table 2. Protection distance

간섭원수	1	2	3	4	5
MCL(dB)	62.75	65.76	67.52	68.77	69.73
보호 거리(m)	13.93	19.70	24.12	27.86	31.11

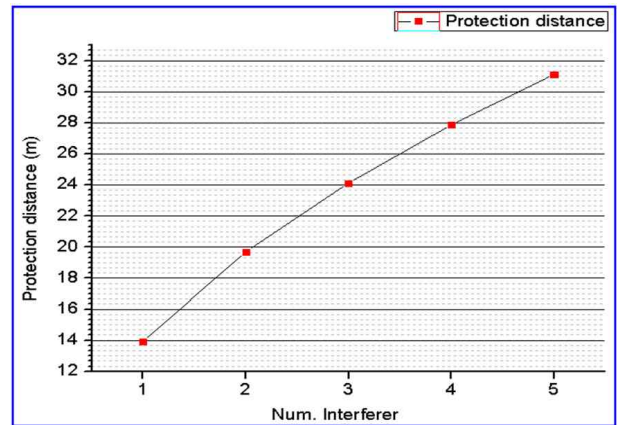


그림 5. 보호 거리  
Fig. 5. Protection distance

표 2와 그림 5에서 보듯, 간섭원 수가 1개 일 때, 보호 거리는 약 14 m로 산출되었다.

### 2. MC를 이용한 보호 거리

MC 방법을 통해 송·수신기의 이동성을 고려한 통계적 분석으로부터 얻어진 간섭 확률을 간섭원수와 보호 거리에 따라 표 3과 그림 6에 나타내었다.

표 3. 간섭 확률  
Table 3. Interference probability

간섭원 수	보호 거리에 따른 간섭 확률(%)				
	5(m)	10(m)	20(m)	30(m)	40(m)
1	17.72	5.34	1.23	0.60	0.32
2	33.03	10.37	2.72	1.22	0.74
3	46.21	15.56	4.17	1.76	1.07
4	58.40	21.09	5.37	2.43	1.41
5	66.68	26.34	6.07	2.82	1.64

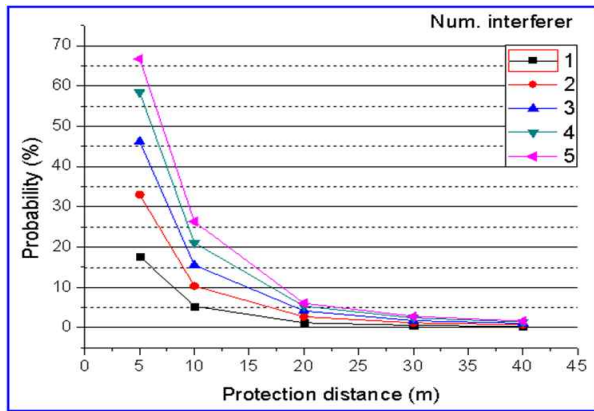


그림 6. 간섭 확률  
Fig. 6. Interference probability

표 3과 그림 6에서 보듯, 간섭원의 수가 1개 일 때 간섭 확률 5% 이하를 만족하기 위해서는 약 10 m의 보호 거리가 요구됨을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 ISM 대역을 사용하는 ISM 기기와 동대역을 사용하는 WiBro 서비스와의 양립성에 대해 분석하였다. 분석 방법으로 MCL과 MC를 이용하여 ISM 기기의 간섭 신호로부터 WiBro의 수신기를 보호하기 위한 보호 거리를 도출하였다. 그 결과, MCL 방법을 이용한 경우에는 14 m의 보호거리와 MC 방법을 이용한 경우에는 10 m의 보호거리가 산출되었다. 본 분석 결과는 ISM 기기로부터 WiBro 서비스를 보호하기 위한 방안으로 활용될 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박승근, 박진아, “국내 ISM 산업 활성화를 위한 제도개선 방향”, 전자통신동향분석, 제22권, 제2호, pp.102-113, 2007년 4월.
- [2] 박진아, 박승근, “ISM 기기의 전파간섭 모형 및 방사 기준치 분석”, 전자통신동향분석, 제24권, 제6호, p.133-143, 2009년 12월.
- [3] CISPR, “Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment-electromagnetic disturbance characteristics limits and methods of measurement”, CISPR Publication 11, June.2004
- [4] WiMAXforum, “Mobile WiMAX-Part I:A Technical Overview and Performance Evaluation”, WiMAXforum, August. 2006.
- [5] ECO, “SEAMCAT Handbook”, CEPT, 2010.01.
- [6] 정신교, “WiBro(휴대인터넷)용 주파수 연구”, 한국전파진흥협회, 12월, 2004.
- [7] CEPT Administrations, “Monte-Carlo Simulation methodology for the use in sharing and compatibility studies between different radio services or systems”, ERC within the CEPT, Feb, 2000.

## 저자 소개

### 심 용 섭(준회원)



- 2005 : 공주대학교 정보통신공학부 전기전자정보공학과(공학사)
- 2010 : 공주대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)
- 2010 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 전자과환경팀 위축연구원
- 2011 ~ 현재 : 공주대학교 대학원

정보통신공학과(박사과정)

<주관심분야 : RF 시스템, 전파간섭, EMC>

### 이 일 규(정회원)



- 1994 : 충남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2003 : 충남대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1997 ~ 2004 : ETRI 선임연구원
- 2007 ~ 2008 : Georgia Institute of Technology 교환교수

• 2004 ~ 현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수

<주관심분야 : RF 부품 및 시스템, 안테나 및 전파전파, 전파 간섭>