

# ISM 기기와 무선랜의 양립성에 관한 연구

심용섭\*, 이일규\*\*, 조주필\*\*\*, 민경일\*\*\*\* 정희원

## Study on Compatibility between ISM Equipment and WLAN

Yong-Sup Shim\*, Il-Kyoo Lee\*\*, Juphil Cho\*\*\* and Kyoung-Il Min\*\*\*\* Regular Members

### 요 약

본 논문은 MCL(Minimum Coupling Loss)와 MC(Monte-Carlo) 방법을 이용하여 같은 주파수를 사용하는 ISM(Industrial Scientific Medical) 기기와 무선랜이 공간적으로 인접하여 사용될 경우의 간섭 영향 분석을 통해 ISM 기기로부터 무선랜을 보호하기 위한 보호 거리를 제시하였다. CISPR(International Special Committee on Radio Interference)에서 규정한 ISM 기기의 기준치를 간섭 파워로 설정하여 ISM 기기로부터 무선랜을 보호하기 위한 보호 거리를 산출하였다. 그 결과 최악의 상황을 고려한 MCL 분석시 105 m의 보호 거리와 통계적 간섭 확률을 바탕으로 한 MC 분석시 17 m의 보호 거리가 각각 산출되었다.

Key Words : Interference analysis, ISM, WLAN, Protection distance

### ABSTRACT

This paper analyzes the interference effect of ISM(Industrial Scientific Medical) equipment on WLAN in order to protect WLAN in interference environment which WLAN Station is close to ISM equipment. CISPR(International Special Committee on Radio Interference) radiation limit standard was used for interfering power of ISM equipment. Then, MCL(Minimum Coupling Loss) which is for the worst case and MC(Monte Carlo) which is based on statistic interference probability are used to get protection distance. As a result, the protection distance of 105 m was calculated by using MCL for the worst case. And, the protection distance of 17 m was calculated by using MC for statistic analysis.

## I. 서 론

전 세계적으로 전파 관련 기술이 눈부시게 발달하면서 일상 생활 가까이에 전파를 이용한 설비의 사용이 증가하고 있다. 이러한 전파 이용 설비는 정보 전달을 목적으로 하는 통신기기와 RF(Radio Frequency) 에너지를 이용한 전파응용 설비로 나눌 수 있다. ITU-R(International Telecommunication Union-Radiocommunication)은 전파응용설비 중에서도 산업·과학·의료 분야에 사용되는 설비를 ISM(Industrial Scientific Medical)기기로 정의하고 ISM 기기에 우선권을 부여한 ISM 대역을 지정하였다[1].

이에 따라 한국을 비롯한 다수 국가들이 ISM 대역에 적절한 출력의 규제를 통해 다양한 ISM 기기를 사용하고 있다. 이러한 상황에서 무선랜 및 블루투스 등의 소출력 무선기기들이 ISM 대역에 포획되면서 ISM 기기와 소출력 무선기기들 사이에 간섭이 발생하고 있다.

특히, 휴대용 노트북과 와이파이가 탑재된 스마트폰이 활성화 되면서 이동성이 뛰어난 무선랜이 ISM 기기와 인접하여 사용될 경우 ISM 기기의 방사 파워가 무선랜에 간섭으로 작용하게 된다.

이와 관련하여, 본 논문은 무선랜의 사용자가 ISM 기기로 근접하는 시나리오를 설정하여 무선랜에 미치는 ISM 기기의 간섭 영향을 분석하였다. 분석된 간섭 영향을 바탕으로 ISM 기기로부터 무선랜 서비스를 보호하기 위한 상호간섭에 이격 거리 즉, 보호 거리를 산출하였다. 산출된 보호 거리는 ISM 기기와 무선랜이 양립할 수 있는 방안의 기초 자료로 활용될 것이다.

## II. 간섭 시나리오

### 1. ISM 기기

ISM 기기는 주로 산업 환경에서 사용되었지만 최근에

\*공주대학교 정보통신공학과/한국전자통신연구원 (besttla@kongju.ac.kr), \*\*공주대학교 전기전자제어공학과 (leeik@kongju.ac.kr), 교신저자

\*\*\*군산대학교 전파공학과(stefano@kunsan.ac.kr), \*\*\*\*영동대학교 정보통신사이버경찰학과 (kyilmin@youngdong.ac.kr)

접수일자 : 2011년 3월 28일, 수정완료일자 : 2011년 4월 14일, 최종게재확정일자 : 2011년 4월 27일

는 초음파 세척기, 진공 포장기, 전자레인지와 같은 생활 편의용 제품이 등장하고 의료장비의 발달로 자기공명영상 장치(MRI : Magnetic Resonance Imaging), 고주파 치료기, 온열기 등 다양한 ISM 기기들이 활용되고 있다[2]. 간섭원 역할을 하는 ISM 기기의 간섭 파워를 설정하기 위해 CISPR(International Special Committee on Radio Interference)의 전계강도 기준치를 이용하였다. CISPR는 전자파장해에 관한 국제협약에 따라 국제 무역진흥을 위하여 다양한 전기·전자기기 및 정보기기 등에서 방사되는 전자파장해 관련 측정방법 및 한계치를 연구하는 일을 담당한다[3].

CISPR 11에서 규정한 ISM 기기의 전계강도 기준치 중에서 무선랜 서비스가 사용되는 주파수 대역(2400 ~ 2483.5 MHz)의 전계강도 기준치는 1 MHz의 측정 대역폭당 110 dBuV/m이다. 이 기준치는 식 1을 이용하여 환산된 간섭 전력 -34.86 dBm을 구할 수 있다[4].

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

여기서, P : 방사 전력, E : 전계 강도, F : 주파수

### 2. 무선랜

방송통신위원회는 주파수 대역 2400 ~ 2483.5 MHz에 걸쳐 총 83.5 MHz 대역폭에 13개 채널을 갖는 무선랜 서비스를 할당하였다. 13개 채널중에 채널 1번(중심 주파수 2412 MHz)만을 선택하여 분석하였다[5]. 2.4 GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11 기반의 무선랜 특징을 표 1에 나타내었다[6],[7].

표 1. 무선랜의 특징

항 목	특 성
주파수(Ch 1)	2412 MHz
송신파워	23 dBm
대역폭	22 MHz
수신감도	-82 dBm
송신 안테나 높이	3 m
수신 안테나 이득	0 dBi
전파 모델	자유 공간
변조방식	DSSS/CCK
전송거리	70 ~ 100 m
보호비(C/I)	19 dB
잡음지수	3 dB

### 3. 간섭 환경

간섭 분석을 위해 간섭 환경에 분포하는 Wt(Wanted transmitter), Vr(Victim receiver), It(Interfering transmitter)의 환경을 그림 1에 나타내었다[8].

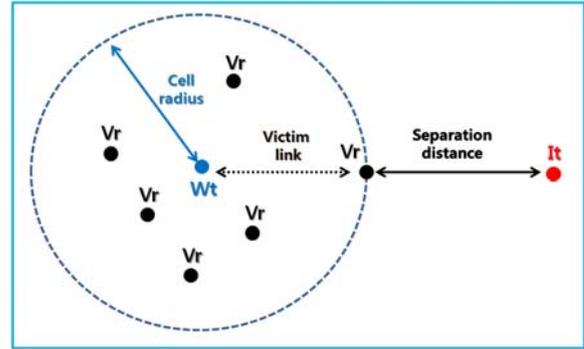


그림 1. 간섭 시나리오

MCL(Minimum Coupling Loss) 분석의 경우, It와 Vr이 고정된 위치에서 It의 간섭 신호가 경로 손실을 거쳐 Vr에 간섭을 주지 않는 수준으로 감쇄되는 보호 거리를 산출하였고 MC(Monte Carlo) 분석의 경우, 그림 1과 같이 Vr이 Wt의 셀 커버리지 안에서 랜덤하게 위치할 경우 각각에 대한 It와의 간섭을 통계적으로 분석한다. 간섭 환경에서 It는 ISM 기기이고 Vr이 무선랜의 수신기를 나타내며, It와 Vr 사이의 적정 보호 거리를 산출한다.

## III. 간섭 분석 방법

### 1. 기존 간섭 연구의 추이

ISM 대역의 간섭 연구를 비롯한 전반적인 전파 간섭 연구를 살펴보면, 기존 MCL에 간섭 전력의 변화를 고려한 A-MCL(Advanced-MCL) 방법을 이용한 연구[9], MC 방법을 이용한 동종 혹은 이종 무선기기 사이의 간섭 연구[10],[11],[12], 실제 측정을 통한 무선랜 사이의 간섭 연구[13] 등이 진행된바 있다.

상기와 관련하여 기존의 전파 간섭 연구가 동종 혹은 이종 통신기기들 사이의 간섭에만 집중되었고 ISM 기기와 같은 비통신기기와 통신기기 사이의 간섭 연구가 미진한 실정이다.

그러므로 본 논문은 비통신설비로 구분되는 ISM 기기와 무선랜의 통신기기 사이의 간섭 연구라는 차별성을 가진다.

### 2. MCL 방법

MCL 방법은 신뢰성을 갖는 결과를 제시하진 못하지만 계산 과정이 간단하여 간섭 분석시 발생 가능한 최악의 경우를 나타낼 때 사용된다[14].

MCL 분석을 위해, CISPR 11의 규격으로부터 산출된 ISM 기기의 간섭 파워를 무선랜 수신대역폭(22 MHz)으로 변환하기 위해 식 2를 이용한다[15].

$$\text{잡음 전력 밀도} = -34.86 + 10\log(22) \quad (2)$$

무선랜 대역폭으로 환산된 ISM 기기의 간섭 파워에 수신기의 안테나 이득, 케이블 손실, 수신감도를 고려하여 MCL을 식 3과 같이 구할 수 있다[16],[17].

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

여기서,  $P_I$ : 간섭 송신 파워,  $G_R$ : 수신기 이득,  $C/I$  신호대 간섭비,  $L_C$ : 케이블 손실,  $P_{Sen.}$ : 수신감도,  $N$ : 간섭원 수

구해진 MCL은 식 4의 자유공간 손실 모델에 대입하여 사용 주파수(F)에 따른 보호 거리(D)를 산출한다[18].

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

여기서, F : MHz, D : m

### 3. MC 방법

MC 방법은 통계적인 원리를 이용하여 시나리오에 필요한 각 파라미터를 입력하기 때문에 다양하고 복잡한 무선 통신의 간섭 분석에 적합하고 산출된 결과의 신뢰성이 높은 분석이다[19],[20]. 이러한 MC 방법을 기초로 한 ECO(European Communication Office)에서 배포한 SEAMCAT(Spectrum Engineering Advance Monte Carlo Analysis Tool)을 이용하였다.

전파 환경에서 dRSS(desired Received Signal Strength)와 iRSS(interfering Received Signal Strength)를 각각의 독립적인 시행을 통해 통계적으로 분석한다. 그림 2는 각각의 시행에 대한 dRSS와 iRSS를 계산하여 통신이 가능한 기준 C/I와 비교를 나타낸다.

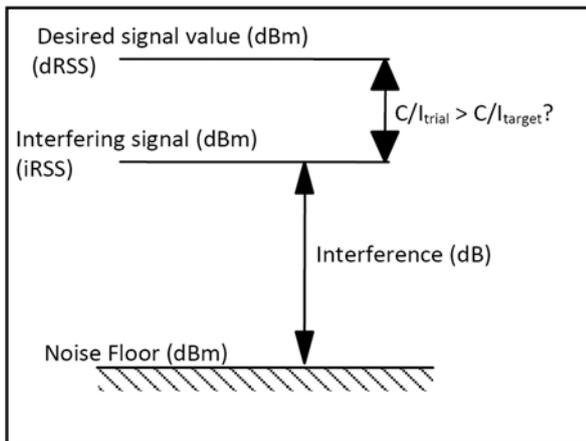


그림 2. C/I 값의 비교

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

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

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

$$\text{간섭 확률} = 1 - P \quad (6)$$

## IV. 간섭 분석 결과

### 1. MCL 분석 결과

최악의 경우에 대한 분석으로 간섭원 수에 따른 보호 거리를 식 4를 이용하여 구한 후, 표 2와 그림 3에 나타내었다.

표 2. MCL 방법을 이용한 보호 거리

간섭원 수	1	2	3	4	5
MCL(dB)	80.57	83.58	85.34	86.59	87.56
보호 거리 (m)	105.59	149.32	182.86	211.16	236.11

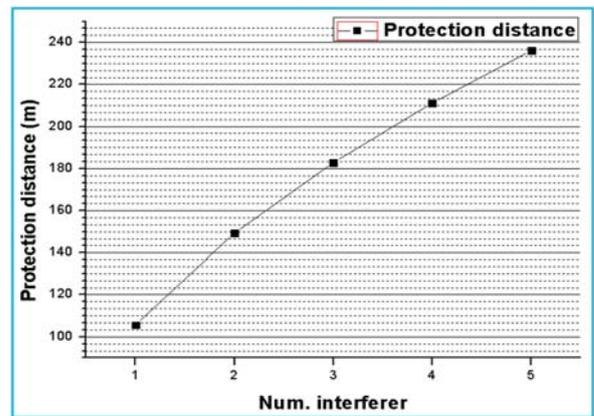


그림 3. 간섭원 수에 따른 보호 거리

표 2와 그림 3에서 보듯, 증가된 간섭원 수에 따라 간섭이 증가하여 요구되는 보호 거리가 증가함을 알 수 있으며 간섭원수가 1개 일 때의 보호 거리는 약 105 m로 산출되었다. 따라서 ISM 기기로부터 무선랜의 수신기를 105 m 이격시킴으로써 ISM 기기에서 방사되는 간섭 영향을 제거하여 안정된 무선랜의 통신을 보장할 수 있다.

### 2. MC 분석 결과

MC 방법을 통해 송·수신기의 이동성을 고려한 통계적 분석으로부터 얻어진 간섭 확률을 간섭원 수와 보호 거리에 따라 표 3과 그림 4에 나타내었다.

표 3. MC 방법을 이용한 간섭 확률

간섭원수	보호 거리에 따른 간섭 확률(%)				
	5(m)	10(m)	20(m)	30(m)	40(m)
1	16.51	8.13	3.65	2.02	1.48
2	24.65	13.03	6.37	3.93	2.44
3	29.90	17.07	8.24	5.12	3.50
4	33.65	20.34	9.80	6.51	4.55
5	37.63	22.55	11.37	7.82	5.35

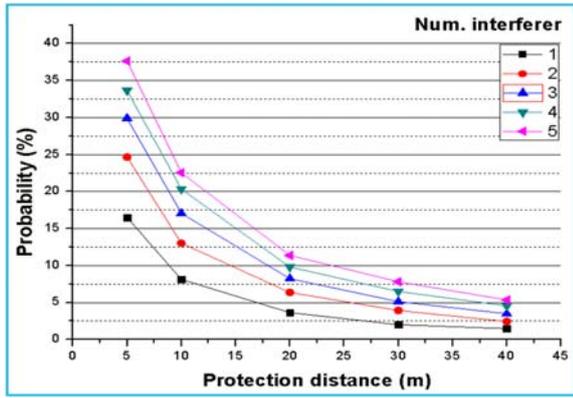


그림 4. 보호 거리에 따른 간섭 확률

표 3과 그림 4에서 알 수 있듯이, 증가된 간섭원의 수에 따라 간섭 확률이 증가하여 간섭 확률 5% 이하를 만족하기 위한 보호 거리가 증가함을 알 수 있으며 간섭원 수가 1개 일 때 보호 거리는 약 17 m로 산출되었다. 따라서 ISM 기기로부터 무선랜의 수신기를 17 m 이격시킴으로써 ISM 기기에서 방사되는 간섭으로 인한 무선랜의 성능 열화를 방지할 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 ISM 대역을 사용하는 ISM 기기와 동대역을 사용하는 무선랜 서비스와의 양립성에 대해 분석하였다. 분석 방법으로 MCL과 MC를 이용하여 ISM 기기의 간섭 신호로부터 무선랜의 수신기를 보호하기 위한 보호 거리를 도출하였다. 그 결과, MCL 방법을 이용한 최악의 경우에는 105 m의 보호 거리가, MC 방법을 이용한 통계적 분석의 경우에는 17 m의 보호 거리가 산출되었다. 본 분석 결과는 ISM 기기로부터 무선랜 서비스를 보호하기 위한 방안으로 활용될 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

[1] 박경구, 이현승, "ISM(2.4GHz)의 전파간섭 측정 결과 및 대처방안", 전파방송저널, pp. 16-31, 2008년 8월.  
 [2] 박진아, 박승근, "ISM 기기의 전파간섭 모형 및 방사 기준치 분석", 전자통신동향분석, 제24권, 제6호, pp.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, pp.36-37, Jun. 2004.  
 [4] 박승근, 박진아, "국내 ISM 산업 활성화를 위한 제도 개선 방향", 전자통신동향분석, 제22권, 제2호, pp.102-113, 2007년 4월.

[5] 조평동, "초보자를 위한 무선랜 길라잡이", 초고속무선랜포럼, pp.10-13, 2009년 12월.  
 [6] 3COM Corporation, "IEEE 802.11b Wireless LANs", 3COM, pp.3-9, 2009.  
 [7] Guido R. Hiertz, "The IEEE 802.11 Universe", IEEE Standards in Communications and Networking", pp.62-64, Jan. 2010.  
 [8] ECO, "SEAMCAT Handbook", CEPT, pp.56, Jan. 2010.  
 [9] 정우기, 윤현구, 조한신, 임재우, 육종관, 박한규 "차세대 이동통신 시스템의 주파수 공유분석을 위한 개선된 MCL 방법", 한국전자파학회논문지, 제17권, 제3호, pp.307-316, 2006년 3월.  
 [10] 김영환, 어필선, 양훈기, 박승근, 강봉순, 김영수, 육종관, "몬테카를로(Monte-Carlo) 방법을 적용한 수동형 900MHz 대역의 RFID 간섭 분석", 전자공학회논문지, 제43권, 제1호, pp.9-18, 2006년 1월.  
 [11] 김근오, 박계각, 조주필, 차재상, 이민호, 김지형, 이정훈, 김성권, "Intra-wireless 어선통신용 무선기기간 간섭확률분석에 관한 연구", 한국지능시스템학회학술대회논문집, 제18권, 제1호, pp.243-246, 2008년  
 [12] 김성권, "Monte-Carlo 기반의 간섭분석에 관한 연구", 한국전자통신학회 논문지, 제3권, 제2호, pp.61-67, 2008년 5월  
 [13] Jin-A Park, "Analysis of Spectrum Channel Assignment for IEEE 802.11b Wireless LAN", WPMC2002, v.2002, n.3, pp1073-1077, 2002.  
 [14] 정신교, "WiBro(휴대인터넷)용 주파수 연구", 한국전파진흥협회, pp.13-18, 2004년 12월.  
 [15] ERC Report 104, "Compatibility between Mobile Radio Systems operating in The range 450-470MHz and Digital Video Broadcasting -Terrestrial(DVB-T) System operating in UHF TV Channel 21(470-478MHz)", ECC within CEPT, pp.54, June. 2007.  
 [16] ERC Report 101, "A comparison of the minimum coupling loss method, enhanced minimum coupling loss method, and the monte-carlo simulation", ERC, pp.25-26 May. 1999.  
 [17] Philp A. Dafesh, Paul Hanson, and Robert yowell, "A portable UWB to GPS emission simulator", IEEE. pp.405-413, Apr. 2004.  
 [18] Mike Reynolds, Andy Rhoades, Jeremy Klein, "PMSE Spectrum Usage Rights & Interference Analysis", SAGENTIA. pp.14, June. 2008.  
 [19] CEPT Administrations, "Monte-Carlo Simulation methodology for the use in sharing and compatibility studies between different radio

services or systems”, ERC within the CEPT, pp55-59, Feb. 2000.

[20] ERC Report 101, “A comparison of the minimum coupling loss method, enhanced minimum coupling loss method, and the monte-carlo simulation”, ERC, pp.25-26, May 1999.

**저 자**

심 용 섭 (Yong-Sup Shim) 정회원



2005년 2월 : 공주대학교 전기전자공학과 학사졸업  
 2010년 2월 : 공주대학교 정보통신공학과 석사졸업  
 2010년 9월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 위촉연구원

2011년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> RF 시스템, 전파 간섭, EMC

이 일 규 (Il-Kyoo Lee) 정회원



1994년 2월 : 충남대학교 전자공학과 석사졸업  
 2003년 2월 : 충남대학교 전자공학과 박사졸업  
 1997년 9월 ~ 2004년 : 한국전자통신연구원 선임연구원

2004년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수

<관심분야> RF 부품 및 시스템, 안테나 및 전파 전파, 전파 간섭

조 주 필 (Juphil Cho) 정회원



1992년 2월 : 전북대학교 정보통신공학과 학사졸업  
 1994년 2월 : 전북대학교 전자공학과 석사졸업  
 2001년 2월 : 전북대학교 전자공학과 박사졸업

2000년 12월 ~ 2005년 3월 : 한국전자통신연구원 이동통신연구단 선임연구원  
 2006년 ~ 2007년 한국전자통신연구원 초빙연구원  
 2005년 4월 ~ 현재 : 군산대학교 전파공학과 부교수

<관심분야> Cognitive Radio, MIMO, AMC, MMR, Advanced LTE 핵심기술>

민 경 일 (Kyoung-Il Min) 정회원



1984년 8월 : 충남대학교 전자공학과 석사졸업  
 1995년 8월 : 충남대학교 전자공학과 박사졸업  
 1996년 9월 ~ 현재 : 영동대학교 정보통신사이버경찰학과 부교수

<관심분야> RF 시스템, RFID/USN 기술, 안테나 및 전파 전파