

ISM 대역에서 무선 헤드셋과 WiFi 간의 양립성 분석

조인경 · 김태윤* · 장재웅 · 장경덕 · 문귀원

Analysis on Compatibility between wireless headset and WiFi in ISM bands

In-Kyoung Cho · Tae-Youn Kim* · Jae-Woong Jang · Kyung-Duk Jang · Guee-Won Moon

Space Test Division, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 305-806, Korea

요 약

본 논문은 ISM (Industry Science and Medical) 대역에서 동시 다발적으로 운용 가능성이 높은 무선 헤드셋 수신기 시스템과 WiFi (Wireless Fidelity) 시스템간의 간섭 영향을 분석하였다. WiFi는 IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) 802.11b 규격을 바탕으로 하여 특성 및 파라미터를 적용하였으며, 분석방법으로는 최소결합손실(MCL; Minimum Coupling Loss) 방법과 몬테카를로(MC; Monte Carlo) 방법을 사용하였다. MCL 방법을 통해서 무선 헤드셋의 수신기와 WiFi기기의 송신기 간의 보호이격거리를 도출하였으며, 통계적 분석을 바탕으로 한 MC 방법을 이용해서 5%이하의 간섭 확률을 만족시켜 주기 위한 단일 간섭원에 따른 보호이격거리 도출 및 희생원의 셀 반경에 따른 허용 가능한 최대 간섭원 수를 도출하였다. 분석 결과는 ISM 대역에서 사용되고 있는 무선 헤드셋 시스템 및 기타 소출력 기기들의 공유방안으로 활용될 것으로 기대된다.

ABSTRACT

This paper analyzed interference impact between wireless headset and Wireless Fidelity which get a high possibility of simultaneously operating in the Industry Science Medical(ISM) bands. Analysis methods of Minimum Coupling Loss(MCL) and Monte Carlo(MC) were applied by using the characters and parameters referenced to Institute of Electrical and Electronic Engineers(IEEE) 802.11b. The protection distance between interferer (WiFi transmitter) and victim (Wireless headset receiver) was calculated through the MCL. The protection distance was obtained for the case of single interferer, and the maximum allowable number of multiple interferers was computed according to the cell radius of a victim system to meet 5% below of interference probability by using a statistical analysis based on the MC method. The analysis results are expected to be used as a guideline to coexist the wireless headset and low power devices in the ISM band.

키워드 : 산업 과학 의료 분야, 무선 헤드셋, 와이파이, 최소결합손실, 몬테카를로

Key word : Industry Science and Medical, Wireless headset, Wireless Fidelity, Minimumm Coupling Loss, Monte Carlo

접수일자 : 2014. 10. 14 심사완료일자 : 2014. 11. 06 게재확정일자 : 2014. 11. 21

* **Corresponding Author** Tae-Youn Kim (E-mail : kity@kari.re.kr, Tel : +82-42-860-2851)

Space Test Division, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 305-806, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.2.272>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

ISM(Industrial Scientific and Medical) 대역은 전기 통신 이외에 산업, 과학, 의료 등의 분야에서 사용하기 위해 할당된 주파수 대역을 말하며, 특히 근거리통신이나 측정용 주파수 대역으로 인증 과정이나 허가 과정 없이 전 세계적으로 공용으로 사용 가능한 대역이다. 이에 따라 ISM 대역에는 자유롭게 사용할 수 있는 시스템인 WiFi(Wireless Fidelity), 블루투스 등의 소출력 기기가 할당되어 사용될 수 있는데, 이때 동시에 많은 소출력 기기들이 운용됨에 따라 동 대역 및 인접 대역에서 사용하는 시스템들 간의 간섭 문제가 제기되고 있다. 그 중 대표적인 서비스인 WiFi는 IEEE 802.11b 기반의 2.4 GHz 대를 사용하는 무선 LAN 서비스로서 무선 접속 장치가 설치된 곳에서 전파나 적외선 전송 방식을 이용하여 일정 거리 안에서 무선 인터넷을 할 수 있는 근거리 통신망으로 스마트폰이나 노트북, 태블릿 PC, 게임기, 자동차 등을 통해서 누구나 쉽게 사용할 수 있는 시스템이다. 또한, 블루투스 시스템도 WiFi와 더불어 많이 사용하고 있는 시스템 중 하나이다. 스마트폰의 이용률이 급격히 증가하면서 블루투스가 스마트폰의 기본 기능으로 탑재되어 반드시 필요한 기기로 인식되고 있다. 영화를 보거나 음악을 들을 때 사용하는 헤드셋 또는 이어폰은 휴대폰 등의 모바일기가 출시되면서 사용량이 점차 증가하였으며, 블루투스 기능이 있는 스마트 기기의 보급이 확산 되면서 블루투스 기능이 있는 무선 헤드셋과 같은 모바일용 주변기기 역시 증가하고 있다[1]. 따라서 본 논문에서는 동시 다발적으로 사용 가능성이 높은 ISM 대역에서의 WiFi와 무선 헤드셋간의 양립성 분석을 수행하였으며 간섭영향 분석방법으로는 최소결합손실방법과 몬테카를로방법을 적용하였다. 최소결합손실 방법을 통해서 희생원의 수신기와 간섭원의 송신기 간의 보호이격거리를 도출하였고, 몬테카를로 통계적 분석을 바탕으로 한 MC 방법을 이용해서 5% 이하의 간섭 확률을 만족시켜 주기 위한 단일 간섭원에 따른 보호거리 도출 및 희생원의 셀 반경에 따른 허용 가능한 최대 간섭원 수를 도출하였다[2].

II. 희생원 및 간섭원의 시스템 특성

2.1. 희생원 성능 파라미터

희생원은 블루투스 통신방식을 이용하는 무선 헤드셋으로 설정하였다. 현재 블루투스의 무선 주파수는 전 세계적으로 사용할 수 있는 ISM 대역인 2.4 GHz 대 주파수에 할당되어있지만, 각 나라마다 조금씩 사용되는 주파수의 차이가 있다. 스페인, 프랑스와 같은 경우에는 2471 ~ 2497 MHz 주파수 대역에서 23개의 채널을 각각 1 MHz의 대역폭을 두고 사용하고 있다. 하지만 미국과 유럽의 대부분의 나라들은 2400 ~ 2483.5 MHz의 주파수 대역을 사용하고 있으며, 79개의 채널을 각각 1 MHz의 대역폭을 두고 있다. 또한, 우리나라도 이와 같은 방식을 사용하고 있다.

본 논문에서 사용되어질 무선 헤드셋은 대중화 되고 있는 무선전화, 컴퓨터, 태블릿 등 각종 디지털 기기와 함께 사용되어질 때를 가정하여 분석하였다. 아래 표 1은 간섭 분석을 위해 설정한 무선 헤드셋 시스템 성능 특성이다.

표 1. 무선 헤드셋 시스템 성능 특성

Table. 1 Performance characteristics of Wireless Haedset

파라미터	단위	값
주파수	MHz	2412
대역폭	MHz	1
송신전력	dBm	4
수신감도	dBm	-82
열잡음	dBm	-94
송신 안테나 높이	m	0
수신 안테나 이득	dBi	0
보호비(C/I)	dB	11
전파 모델	-	Free space

2.2. 간섭원 성능 파라미터

간섭원은 2.4 GHz 대역을 이용하는 IEEE 802.11b의 최고 속도 11 Mbps 규격을 가진 WiFi 시스템이다. WiFi의 채널 대역폭은 22 MHz 이기 때문에 동시에 사용할 수 있는 채널의 수는 할당된 개수보다 작다. 채널이 중첩되면 전파간섭이 일어나는 원인이 되므로 채널이 중첩되지 않고 사용할 수 있는 비중첩 채널수는 3개 정도이다. 아래 그림 1은 IEEE 802.11b의 비중첩 채널이다. 그 중에서 본 논문에서는 간섭분석을 위해서 무

선 헤드셋 주파수를 고려한 2412 MHz 대역을 선정하였다.



그림 1. WiFi 시스템의 비중첩 채널
Fig. 1 Non-overlapping channels of WiFi system

아래 표 2는 간섭 분석을 위해 설정한 WiFi 시스템 성능 특성을 나타내었다[3, 4].

표 2. WiFi의 시스템 성능 특성
Table. 2 Performance characteristic of WiFi

파라미터	단위	값
주파수	MHz	2412
열잡음	dBm/Hz	-100
송신전력	dBm	10
대역폭	MHz	22
수신감도	dBm	-83
수신 안테나 높이	m	0.5
수신 안테나 이득	dBi	0
전파 모델	-	Free space

간섭원인 WiFi 시스템의 송신기에 대한 스펙트럼 마스크와 방사전력레벨은 IEEE 802.11b 의 표준에 의해 다음 그림 2와 같이 설정되었다[5, 6].

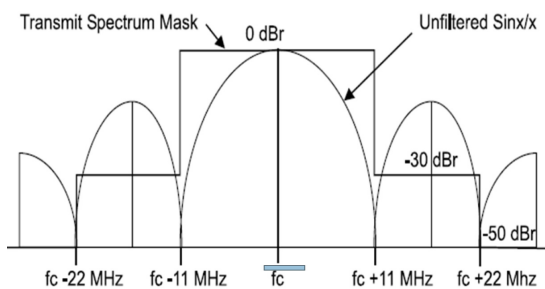


그림 2. WiFi 시스템의 스펙트럼 마스크
Fig. 2 Spectrum mask of WiFi system

III. 간섭 분석 방법

3.1. 간섭 시나리오

본 분석을 하기 위한 간섭시나리오는 그림 3과 같다.

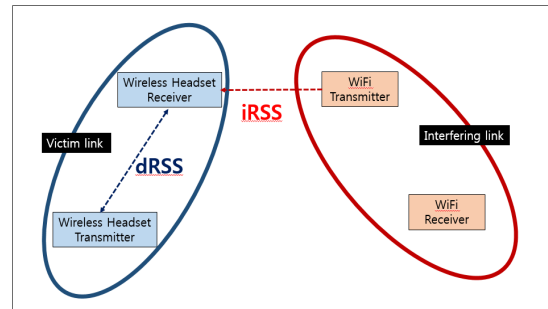


그림 3. 간섭 시나리오
Fig. 3 Interference scenario

3.2. 최소결합손실 방법

실제상황을 고려하여 희생원의 송신기와 수신기간의 이격거리를 1m 로 고려한 수신감도를 적용하였을 때, 희생원의 수신기와 간섭원의 송신기간 보호이격거리를 도출하였다. 따라서 보호이격거리를 도출하기 위해서 경로손실, 송신전력, 수신감도 및 전파모델을 적용하였다. 경로 손실(PL)은 식 (1)과 같다[7].

$$PL[\text{dB}] = P_T - P_{sen} \quad (1)$$

여기서 P_T 는 송신전력이고, P_{sen} 은 수신 감도를 나타낸다.

경로 손실로부터 희생원의 수신기와 간섭원의 송신기간의 보호이격거리를 산출하기 위해 식 (2)를 이용한다[8].

$$PL[\text{dB}] = 10 \log \left\{ \frac{(4\pi)^2 d_0^2}{\lambda^2} \right\} + (10 * n) \log \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (2)$$

여기서 d 는 송수신기 간 보호이격거리, d_0 는 기준거리, n 은 경로손실계수를 나타낸다. 본 분석에서는 희생원인 무선헤드셋과 간섭원인 WiFi 간의 간섭 영향을 최악의 상황을 고려한 최소결합손실 방법으로 수행하기위 해 전파환경 모델로서 자유공간 모델($n=2$)을

이용하였다.

파장은 다음과 같이 식 (3)으로부터 산출된다.

$$\lambda [m] = c / f \quad (3)$$

여기서, c 는 빛의 속도, f 는 희생원 시스템의 주파수를 의미한다.

3.3. 몬테카를로 방법

몬테카를로 분석 방법을 적용한 것이 Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool (SEAMCAT) 시뮬레이션 툴이다[9-11]. 설정된 환경조건 및 시스템 성능 파라미터 등을 SEAMCAT에 적용하여 간섭 확률을 바탕으로 희생원을 보호하기 위한 간섭원으로부터의 보호이격거리를 도출한다.

희생원 시스템보호를 위한 간섭 확률은 다음 과정을 통해 산출한다. 간섭확률은 식 (4)와 같이 표현된다.

$$P_I = 1 - P_{NI} \quad (4)$$

여기서 P_I 는 희생원 수신기에서의 간섭 확률이고, P_{NI} 는 희생원 수신기에서의 비간섭 확률을 의미한다. C/I 보호비를 고려하였을 때[12], P_{NI} 는 식 (5)와 같다.

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

여기서, $dRSS$ (desired Received Signal Strength)는 원하는 신호의 수신 신호 세기이고, $iRSS$ (interference Received Signal Strength)는 간섭신호의 수신 신호 세기이며 $Sensitivity$ 는 원하는 신호의 수신감도이다.

이를 $P(A|B)=P(A \cap B)/P(B)$ 와 같이 정의하면, P_{NI} 는 식 (6)과 같으며, 간섭 확률이 산출되어진다[9].

$$P_{NI} = \frac{P\left(\frac{dRSS}{iRSS} > (C/I), dRSS > Sensitivity\right)}{P(dRSS > Sensitivity)} \quad (6)$$

IV. 간섭 분석 결과

4.1. 최소결합손실 방법을 이용한 간섭 분석 결과

실제 상황을 고려한 간섭원의 송신기와 희생원의 수신기간의 보호이격거리를 도출한다. 먼저 희생원의 송수신기간의 이격거리를 1 m 로 하였을 때 희생원의 수신감도레벨은 -36.15 dBm, 최대 허용 가능한 간섭신호레벨은 -47.15 dBm 로 산출하였다. 따라서 두 시스템이 동일한 주파수 2412 MHz 대역에서의 결합손실은 식(1)을 적용하여 44.15 dB 를 도출하였으며, 도출된 결합손실은 식(2)에 적용하여 간섭원으로부터의 보호이격거리는 1.58 m 로 분석되었다.

4.2. 몬테카를로 방법을 이용한 간섭 분석 결과

1) 단일 간섭원으로부터의 보호이격거리 도출

희생원의 인접대역에서 간섭원의 보호이격거리에 따른 간섭 확률을 가정하였다. 표 3 및 그림 4는 보호이격거리 변화에 따른 간섭 확률을 분석하여 요약하였다.

표 3. 이격거리에 따른 희생원 간섭 확률

Table. 3 Protection distance vs. Interference probability of Victim system

이격거리 (m)	간섭확률 (%)
2.00	14.7
2.05	13.8
2.10	11.78
2.15	10.22
2.20	9.57
2.25	9.01
2.30	7.76
2.35	7.21
2.40	6.42
2.45	5.42
2.50	4.82

분석결과 간섭확률 5 % 이하를 만족하기 위해서는 적어도 2.5 m 이상의 보호이격거리가 요구됨을 확인하였다.

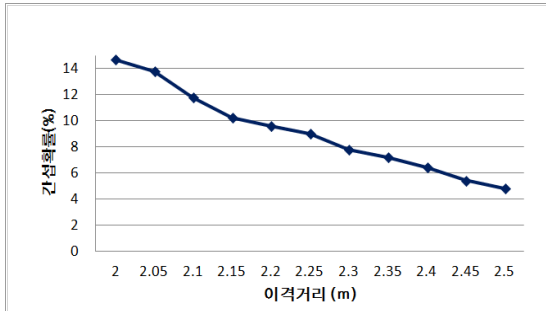


그림 4. 이격거리에 따른 희생원 간섭 확률
Fig. 4 Protection distance vs. Interference probability of Victim system

2) 희생원의 셀 반경에 따른 간섭 확률 도출

희생원의 셀 반경이 10 m, 20 m 일 경우에 간섭원의 개수를 변화시키면서 5 % 이하의 간섭 확률을 만족하는 간섭원 수를 구하여 표 4 및 그림 5에 요약하였다.

표 4. 희생원 반경과 간섭원 수에 따른 간섭 확률
Table. 4 Interference Probability vs. cell radius of Victim system and the number of interferer

희생원 셀반경 (m)	간섭원 수 (개)	간섭 확률 (%)
10	1	1.98
10	2	5.70
10	3	8.85
10	4	9.51
10	5	12.02
20	1	0.45
20	2	1.08
20	3	1.59
20	4	2.48
20	5	3.63
20	6	4.50
20	7	5.37
20	8	6.54
20	9	7.02
20	10	7.85

간섭 확률 5 % 를 만족시키기 위한 허용 가능한 간섭원 수는 희생원의 셀 반경이 10 m 일 경우에는 1개, 20 m 일 경우에는 6개로 요구됨을 확인할 수 있다.

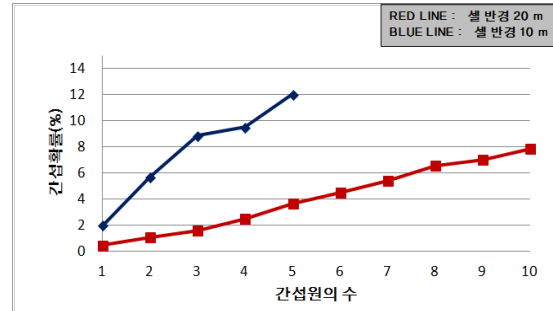


그림 5. 희생원 반경과 간섭원 수에 따른 간섭 확률
Fig. 5 Interference Probability vs. cell radius of Victim system and the number of interferer

V. 결 론

본 논문에서는 2.4 GHz 대역인 ISM 대역에서 무선 헤드셋과 WiFi 시스템을 동시에 사용할 경우의 간섭 영향 분석을 하였다. 먼저, 최악의 상황을 고려한 자유공간 전파모델을 적용하여 최소결합손실 방법에 의한 보호 이격 거리를 이론적으로 분석하였다. WiFi의 송신 기로부터 무선 헤드셋을 보호하기 위한 최소 보호이격 거리는 1.58 m 로 도출하였다. 두 번째, 통계적 분석을 바탕으로 한 몬테카를로 방법을 이용한 결과 유령우편 전기통신 주관청 회의 산하 전자통신위원회에서 제시하고 있는 간섭확률 5 % 이하를 만족하기 위한 보호이격 거리가 2.5 m 로 산출되었다. 또한, 실제상황을 고려한 다중 간섭원을 가정하여, 희생원의 셀 반경에 따른 허용 가능한 간섭원수를 산출하였다. 희생원 셀 반경이 10 m 인 경우에는 1개의 간섭원이 허용 가능하였고, 셀 반경 20 m 인 경우에는 6개의 허용 가능한 간섭원 수를 얻어졌다.

본 연구에서 제시한 간섭 분석 시나리오, 간섭 분석 방법 및 결과는 향후 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위한 ISM 대역활용 방안 및 주파수공유 방안 연구를 위해 기여할 수 있을 것이다. 또한, 앞으로 ISM 대역에서 이용 가능성 있는 다양한 소출력 무선기기들의 주파수 공유를 위해 보호 이격 거리도출 뿐만 아니라 시간 영역에서의 제어 방법을 통한 공유 방안 등에 대한 다양한 연구가 필요하다.

REFERENCES

[1] Valueadd, “Wireless machine market tendency”, *Korea Electronics Technology Institute*, May 2013.

[2] ECC REPORT 207, “Adjacent band co-existence of SRD in the band 863-870 MHz in light of the LTE usage below 862 MHz”, *CEPT*, January 2014.

[3] Seong-kweon Kim, “Interference analysis based on the Monte-Carlo Method,” *Korea Information and Communications Society*, pp.58, May 2008.

[4] In-Kyoung Cho, Il-Kyoo Lee, Ju-Phil Cho, “Coexistence between Wireless Fidelity and Wireless Microphone in TV Band”, *KSII Transactions on internet and information systems*, Vol. 6, no. 3, pp. 906-918, March 2012.

[5] IEEE Std 802.11TM-2007, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications”, *IEEE*, pp. 569.

[6] Ju-Phil Cho, Il-Kyoo Lee, “Analysis of Maximal Transmitter Power according to Distance between Hetero Systems Co-using a Co-channel”, *Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 15, no. 12, pp. 2505-2510, December 2011.

[7] ERC REPORT 101, “A comparison of the minimum coupling loss method, enhanced minimum coupling loss method and the Monte Carlo simulation”, *CEPT*, May 1999.

[8] Recommendation ITU-R SM.1757, "Impact of devices using ultra-wideband technology on systems operating within radiocommunication services", *International Telecommunication Union*, May 2006.

[9] ECO, "SEAMCAT Handbook", *CEPT*, Jan. 2010.

[10] European Radio communications Office, "SEAMCAT Software Version 2.1 User Manual", *European Radio communications Office*, 23 February 2004.

[11] ERC REPORT 68,"Monte-carlo simulation methodology for the use in sharing and Compatibility studies between different radio services or systems", *CEPT*, February 2000.

[12] Ju-Phil Cho, Il-Kyoo Lee, “Analysis of Interference Probability according to Distance between Communication Systems in Co-channel”, *Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 15, no. 11, pp. 2307-2312, November 2011.



조인경(In-Kyoung Cho)

2009년 2월 : 공주대학교 정보통신공학부(공학사)
 2012년 2월 : 공주대학교 정보통신공학과(공학석사)
 2012년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 정보통신공학과(공학박사과정)
 2011년 ~ 2012년 : 한국전자통신연구원 클라우드기저국연구팀 위촉연구원
 2012년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 위성기술연구단 우주시험실 연구원
 ※관심분야 : 전파간섭, RF 시스템, 위성환경시험



김태윤(Tae-Youn Kim)

1999년 2월 : 단국대학교 전자공학과(공학사)
 2001년 2월 : 단국대학교 전자공학과(공학석사)
 2012년 9월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 위성기술연구단 우주시험실 선임연구원
 ※관심분야 : 위성 EMC 설계, 위성통신, 초고주파 공학



장재웅(Jae-Woong Jang)

2000년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
 2002년 2월 : 광주과학기술원 기전공학과(공학석사)
 2002년 ~ 2007년 : 국방과학연구소 연구원
 2007년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 위성기술연구단 우주시험실 선임연구원
 ※관심분야 : 위성 EMC 설계, 위성통신, 초고주파 공학



장경덕(Kyung-Duk Jang)

2006년 2월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부(공학사)
2008년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과(공학석사)
2008년-2010년 : LG 전자 주임연구원
2010년-현재 : 한국항공우주연구원 위성기술연구단 우주시험실 선임연구원
※관심분야 : 위성 EMC 설계, 안테나 공학, 초고주파 공학



문귀원(Guee-Won Moon)

1989년 2월 : 서울대학교 항공공학(공학사)
1991년 2월 : 서울대학교 항공공학(공학석사)
2001년 2월 : 서울대학교 항공우주(공학박사)
1992년-1998년 : (주)현대자동차 선임연구원
1999년-2001년 : 서울대학교 정밀기계설계공동연구소 연구원
2001년-2001년 : 서울대학교 항공우주신기술연구소 특별연구원
2001년-현재 : 한국항공우주연구원 위성기술연구단 우주시험실 책임연구원
※관심분야 : 안테나 EMC / CPTR 시험