

블루투스 2.4GHz 비허가 무선기기와의 전파간섭 분석

박승근*, 박진아**, 조경록**

한국전자통신연구원*, 충북대학교**

Analysis of the Radio Interference Between Bluetooth and Unlicensed Radio Transmitters in the 2.4GHz Band

Seung-Keun Park*, Jin-A Park** and Kyoung-Rok Cho**

ETRI*, Chungbuk University**

E-mail : skpark@pec.etri.re.kr, japark@hbt.chungbuk.ac.kr

요 약

본 논문에서는 2.4GHz 대역의 무선LAN/영상전송장치와 블루투스의 전파간섭을 Monte-Carlo 방법을 사용해서 분석하였다. 컴퓨터 시뮬레이션의 결과에 의하면, 블루투스가 무선LAN/영상전송장치와 심각한 전파간섭을 피하기 위해서는 블루투스의 공중선 전력을 10mW로 제한하는 것이 필요하다.

ABSTRACT

In this paper, we analyzed the radio interference between Bluetooth and Wireless LAN/video transmitter in the 2.4GHz band with Monte-Carlo Method. The simulation results show that it is necessary to limit under 10mW of the Bluetooth power to avoid the harmful interference between Bluetooth and Wireless LAN/video transmitter.

키워드

Bluetooth, RLAN, Radio Interference, Monte-Carlo Method

1. 서 론

급격한 전파통신 기술의 발달로 인하여 근거리에서 다양한 용도로 사용할 수 있는 소출력(low power) 무선기기의 관심이 증가하고 있는데, 현재 세계적으로 주목을 받고 있는 대표적인 소출력 무선기기는 블루투스(Bluetooth)이다.

블루투스는 2.4GHz 대역의 주파수를 이용하여 10m 이내의 거리에서 컴퓨터, 프린터, 이동전화 단말기, PDA, 디지털카메라 등 각종 디지털 기기의 정보를 무선으로 교환하는 기기로서, 디지털 가전기기의 네트워킹 구성에도 가장 적절한 기술로 평가받고 있다.

위와 같은 블루투스의 활성화를 위하여 에릭슨, 노키아, 도시바, IBM 등은 SIG(Special Interest Group)을 결성하여 표준화를 진행하고 있는데, 현재까지의 회원 수는 2000여 개로 알려

지고 있으며, IEEE 802.15에서 SIG의 규격에 기초하여 공식적인 표준화 활동이 이루어지고 있다. 그리고 IEEE 802.15의 표준활동 분야는 다음과 같다.

- TG1 : 블루투스 1.X규격의 IEEE 표준화
- TG2 : 무선LAN과의 공유공존 방안
- TG3 : 고속 전송표준 (20Mbps)
- TG4 : 저속 전송표준 (300kbps)

특히, IEEE 802.15 TG2에서는 2.4GHz ISM 대역의 비허가 주파수를 사용하는 무선LAN과 블루투스의 공유방안을 연구하고 있는데, 현재까지 특별한 공유조건을 제시하지 못하고, 블루투스 무선LAN과의 전파혼신의 가능성만을 경고하고 있다.

국내에서 무선LAN은 전파법시행령 제30조에

의해서 비신고 무선기기로 분류되어 있는데, 현재 정보통신부에서는 블루투스과 무선LAN을 하나로 묶는 2.4GHz 데이터 전송용 무선기기의 기술적 조건을 마련 중에 있다.

그러므로 본 논문은 SIG의 규격에 기초하여 블루투스과 국내의 2400 ~ 2480MHz 주파수를 사용하는 무선LAN, 영상전송장치, 이동체 식별장치 등과 같은 특정소출력무선국용 무선기기와의 전파간섭을 Monte-Carlo 방법[1]으로 수행하여 국내 기술적 조건마련에 기초자료로 활용할 수 있도록 하였는데, 특히 블루투스의 공중선 전력에 따른 타 무선기기의 전파간섭 시뮬레이션 결과는 국내 공중선 전력의 기준치 마련에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.[8]

II. 주파수 현황 및 RF 규격

국내 2.4GHz 대역의 주파수 현황은 그림 1과 같으며, 블루투스의 RF규격은 표 1과 같다.

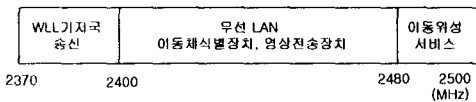


그림 74 국내 2.4GHz 주파수 현황

상기 (그림 1)을 보면, 현재 국내에서는 2400 ~ 2480MHz 대역을 무선LAN과 이동체 식별장치와 영상전송장치가 사용하고 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 2.4GHz 대역은 Microwave Oven 등과 같은 ISM 기기의 주파수이므로 블루투스과 전파간섭을 고려해야 하지만, ISM 기기는 통신설비가 아니므로 본 논문의 연구분야에서는 제외하였다.

표 1 블루투스의 RF규격

항목	규격
변조	GFSK(BT=0.5)
주파수 호핑율	1600hop/sec
공중선 전력	0dBm(Class 1) 4dBm(Class 2) 20dBm(Class 3)
수신감도	-70dBm(1%BER)

2.4GHz 대역의 스펙트럼 확산방식의 무선 LAN표준규격은 표 2와 표 3과 같이 유럽 ETSI의 ETS 300 328과 미국 IEEE의 IEEE 802.11b 규격

이 있는데, 본 논문에서는 IEEE 802.11b의 RF 규격을 Monte-Carlo 방법에 사용하였다.

표 2 IEEE 802.11b의 FHSS 특성[3]

No. of channels	79
Peak EIRP	-10dBW
No. of hop sequence	78(3 sets of 26)
RF channel bandwidth	1MHz(20dB)
Minimum frq. sep between consecutive hops	6MHz
Minimum hop rate	ETS 300 328
Maximm data rate	3Mbit/s(over the air)
Receiver sensitivity	-83dBm(1Mbit/s, 2FSK)
	-75dBm(2Mbit/s, 4FSK)
	-67dBm(3Mbit/s, 8FSK)

표 3 IEEE 802.11의 DSSS 특성[3]

Spreading sequence	11bit Barkercode
Peak EIRP	-20dBW/MHz
Coding gain	10.4dB
RF bandwidth	22MHz
C/I	1Mbps BPSK : 0dB 2Mbps QPSK : 3dB 11Mbps QPSK : 7.8dB
Maximum data rate	11Mbit/s
Receiver sensitivity	-70dBm (10^{-5} BER) ¹⁵

국내의 이동체 식별장치와 영상전송장치의 표준규격은 없지만, 현재까지 국내 영상전송장치 제조업체에 문의한 RF 규격은 표 4와 같다. 그리고 2.4GHz 대역의 이동체 식별장치의 수는 미비한 것으로 조사되어 본 연구대상에서는 제외하였다.

표 4 이동 및 영상 무선기기 RF 특성

항목	이동체식별장치	영상전송장치
공중선 전력	300mW	10mW
채널간격	26MHz	20MHz
수신감도	-70dBm	-70dBm

III. 전파간섭 모형

본 논문에서는 그림 2와 같은 전파간섭 구성도를 중심으로 시뮬레이션을 하였다.

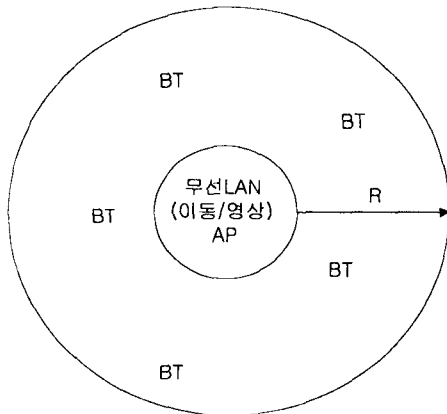


그림 75 전파간섭 모형도

그림 2에서 BT는 블루투스를 의미하며 BT가 확률적으로 분포하고 있음을 나타낸다. AP는 무선LAN과 이동체식별장치 및 영상전송장치의 Access Point를 나타내고, R(m)은 각 무선기기의 공중선 전력에 따른 서비스 반경을 표현한다.

본 전파간섭에서는 무선LAN의 단말기와 BT의 전파간섭 보다는 무선LAN의 AP와 BT간의 전파간섭을 중심으로 분석하였다. 그리고 전파분석에 사용된 전파경로, L_{path} 식은 IEEE 802.15에서 권고하고 있는 아래 식을 사용하였다.[5]

$$L_{path} = 40 + 20 \log(R), \quad R \leq 8.5m$$

$$L_{path} = 25.3 + 36 \log(R), \quad R > 8.5m$$

또한, 무선LAN의 서비스 반경(R) 안에 있는 BT의 활성 무선기기 수는 포아송 분포로 가정하였고, BT로부터 발사된 전파가 AP에 수신되는 간섭전력에 사용된 식은 참고문헌 [2]를 인용하여 식(1)과 같이 정의하였다. 참고문헌 [2]에서는 L_{fade} 를 상수 값으로 고정하였으나, 본 논문에서는 전파의 다중경로(multipath) 환경을 고려하여

L_{fade} 를 확률변수로 정의하였다.[2]

$$P_{rx} = P_{tx} - L_{path} - L_{fade} + G_{tx} + G_{rx} \quad (1)$$

식(1)에서 P_{rx} 는 BT로부터 발사되어 AP에 수신된 간섭전력을 말하고, P_{tx} 는 BT의 공중선 전력을 표현하며, L_{path} 는 경로손실을, L_{fade} 는 페이딩 마진을 나타내는데, 본 논문에서는 slow fading인 log-normal 분포와 Rayleigh 분포로 가정하여 시뮬레이션 하였다. 또한, G_{tx} 는 BT의 송신 공중선 이득이며, G_{rx} 는 AP의 송수신 공중선 이득이다.

표 5는 포아송 분포의 평균을 포함하여 Monte-Carlo 시뮬레이션에 사용된 파라미터를 정리한 것이다.

표 5 Monte-Carlo 시뮬레이션 파라미터

항목	AP Rx		Bluetooth(Tx)
	RLAN	영상	
공중선 전력	24dBm	10dBm	0dBm
			10dBm
			20dBm
수신감도	-70dBm (FH:-75dBm)		-70dBm
안테나이득	3dBi	17dBi	0dBi
Monte-Carlo 파라미터			
시행 수	10000		
중심주파수	2450 MHz		
포아송분포	평균 = 2, 4, 8		
페이딩분포	로그-정규분포, 레일리분포		

IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 전파간섭의 주요 파라미터는 다음과 같이 정리할 수 있다.

- BT의 공중선 전력
- AP 서비스반경 안의 활성 BT 수
- AP Rx와 BT Tx의 거리분포
- Fading Margin의 분포형태

상기와 같은 파라미터를 중심으로 Monte-Carlo 실험을 수행하였는데, AP 수신부(Rx)의 전파간섭 기준치는 무선LAN의 방식과 영상전송장치에 따라 다르다. 특히, 스펙트럼 확산방식인 무선LAN의 경우에는 Processing Gain을 고려해야 한다. 전파간섭의 기준치는 수신기의 전파간섭 영향

의 관점에 따라서 조금씩 다를 수 있지만, 본 연구에서는 표 6과 같이 각 전송방식에 따른 AP 수신기의 전파간섭 기준치를 정하였다.

표 6 AP 전파간섭 기준치

DS RLAN	FH RLAN	영상전송장치
-55dBm/MHz	-50dBm/MHz	-70dBm/MHz

표 6의 DS 기준치는 -70dBm/22MHz를 정규화하여 -57dBm/MHz로 변환한 후 C/I비 8dB를 뺀 후 다시 Processing Gain 10dB를 더하여 -55dBm/MHz로 정하였다. FH 기준치는 수신감도 -67dBm/MHz에 Processing Gain 19dB를 더하고 C/I비 2dB를 빼서 -50dBm/MHz로 구하였다. 그리고 영상전송장치의 간섭 기준치는 MHz로 정규화한 값과 C/I비를 동일하게 가정하여 -70dBm/MHz로 설정하였다.

그러므로 여러 가지 상황을 고려한 시뮬레이션 결과에 대해서 각 무선기기의 전파간섭 기준치를 적용시켜 분석하였고, 그 결과는 각 시뮬레이션 결과마다 세 개의 세로줄로 표시되어 있다.

그림 3은 블루투스의 전력에 따른 간섭확률을 나타내며, lamda=2는 무선LAN의 반경(R) 안에 블루투스가 2개 존재한다는 것을 의미한다.

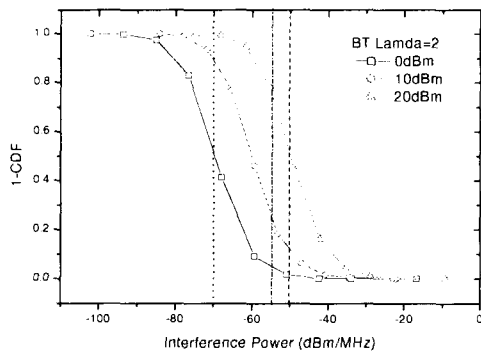


그림 76 공중선 전력별 간섭효과

그림 4는 블루투스의 전력을 0dBm으로 고정시키고, 무선LAN의 서비스 반경 안에 존재하는 블루투스 수에 따른 간섭전력을 분석한 것을 나타낸다.

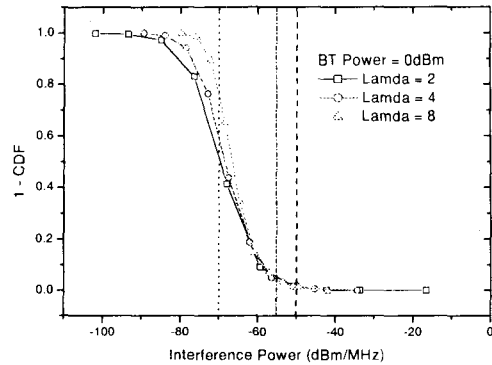


그림 77 BT 수의 변화에 따른 간섭효과

그림 5는 블루투스의 전력을 0dBm으로, 무선LAN의 서비스 반경 안에 존재하는 블루투스의 수를 2개로 고정시켰을 때, 블루투스가 존재하는 거리에 따른 간섭확률을 나타낸다.

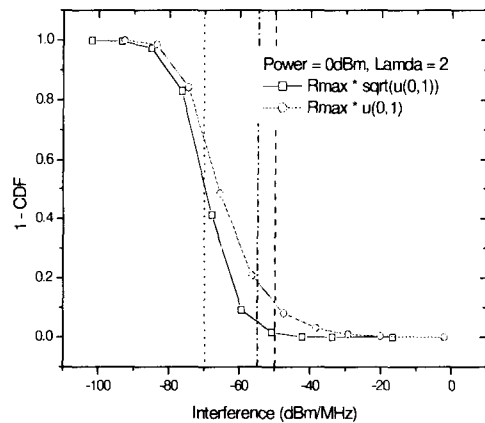


그림 78 BT Tx의 거리분포에 따른 간섭효과

그림 6은 블루투스의 전력을 0dBm 그리고 무선LAN의 서비스 반경 안에 존재하는 블루투스의 수를 2개로 고정시켰을 때, 페이딩 마진, Lfade가 Gaussian 분포를 갖는 경우와 log-normal 분포를 갖는 경우에 따라 간섭확률을 분석한 것이다.

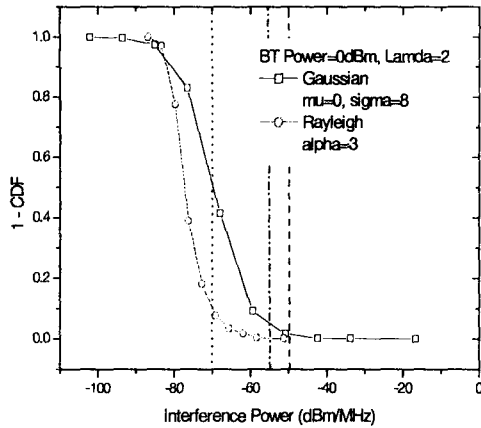


그림 79 페이딩 분포의 간섭효과

본 논문에서 분석한 전파간섭 시뮬레이션 결과에 의하면, 공중선 전력과 페이딩 분포 그리고 BT와 AP의 거리에 의해서 간섭전력이 크게 변화된다는 것을 알 수 있다.

그리고 100mW(20dBm)의 공중선 전력을 사용하는 BT의 경우에 대해서는 무선LAN과 영상전송장치에 심각한 전파간섭을 일으키는 사실을 확인할 수 있었으므로, BT의 공중선 전력을 10dBm 이하로 운영하는 것을 신중히 검토할 필요가 있다. 만약에 BT의 공중선 전력을 100mW로 허락한다면, BT를 이동형이 아닌 고정형 형태로 설치하여 공중선 빔 패턴 등을 통하여 무선LAN과의 전파간섭을 최소화해야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 2.4GHz 대역의 BT와 타 무선기기와의 전파간섭을 Monte-Carlo 방법을 사용하여 시뮬레이션 하였다. 그 결과에 의하면, BT의 공중선 전력은 10mW이하로 하는 것이 바람직하다. 만약에 10mW 이상의 공중선 전력을 할 경우에는 고정형 형태로 운영해야 될 것으로 판단된다. 그리고 BT와 타 무선기기 AP와의 전파간섭 유무는 BT와 AP와의 거리분포와 페이딩 분포에 크게 영향을 받는 사실을 확인하였다.

참고문헌

[1] ERC Report 68 Monte-Carlo Radio Simulation Methodology, ERO, 1999
 [2] J. C. Haartsen, S. Mattisson, "Bluetooth -

A New Low Power Radio Interference Providing Short-Range Connectivity," IEEE PROC Vol.88, No. 10, Oct 2000

[3] IEEE 802.11b Standards, 1999
 [4] IEEE 802.15 Tutorials, 2000
 [5] C. Andren, "11Mbit/s Modulation Techniques", Proc. of 6th Annual Wireless Symposium, p.142, 1998
 [6] C. Andren, "Short PN Sequence for DSSS Radios", Harris Semiconductors Technical Brief, Nov., 1997
 [7] ETS 300 328 Technical characteristics and test conditions for data transmission equipment operating in the 2.4GHz ISM band and using spread spectrum modulation techniques, ETSI, 1996
 [8] 정보통신부 고시 제2000-45호
 특정소출력무선국용 무선기기의 기술적 조건, 정보통신부 전파감리과, 2000년