
2.4 GHz ISM대역 채널 환경에서 무선 데이터 시스템 간의 상호 간섭 영향 분석

김성철*

Analysis on the impact of Mutual Interference between the Wireless Data
communication systems within the 2.4GHz ISM Band Channel environment

Seong-Cheol Kim*

요 약

2.4GHz 대역 무선통신망을 통해 서비스되는 WLAN과 Bluetooth시스템은 서로 동일한 환경 하에서 상호 보완적인 서비스를 제공하고 있다. 이러한 두 시스템의 상호 패킷이 시간과 가우시안 거리의 불확실성에 존재할 경우 시스템 간에 충돌이 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 두 시스템간의 상호 공존의 방법을 도모하기위해 상호 간섭의 영향을 분석하고자한다. 반송파 주파수 오프셋에 따른 신호 대 잡음간섭신호에 의한 심볼 오차확률의 분석을 통해 두 시스템간의 간섭영향을 분석 하였다.

ABSTRACT

The WLAN(IEEE 802.11b) and Bluetooth(IEEE 802.15.1) employed on 2.4GHz ISM band wireless networks provide complementary services within the same environments. Coexistence between the networks will be impaired, if the mutual packets are uncertainty associated the timing or gaussian distance. This paper analyzes the impact of the mutual interference on the services performance in order to develop a method of coexistence between the WLAN and Bluetooth. The analysis is illustrated by examining the symbol error rate versus signal to noise interference ratio in terms of the carrier frequency offset.

키워드

WLAN, Bluetooth, Coexistence, carrier frequency offset, symbol error rate, ISM

1. 서 론

최근 사회적 이슈로 대두되고 있는 2.4GHz 대역 무선 홈 네트워킹 시스템 기술은 유무선 상에서 정보를 빠른 시간 내에 더 정확하게 얻기 위해 많은 연구와 표준화가 진행되고 있다.

여러 가지 무선 홈 네트워크 중 가장 활발한 성

장을 거듭해온 기술은 WLAN(Wireless Local Area Network)과 Bluetooth로 불리는 근거리 무선 통신으로 대표되는 WPAN(Wireless Personal Area Network)이다. WLAN과 WPAN은 동일한 비허가 ISM(Industrial, Scientific and Medical) 대역을 이용하여 다양한 서비스를 제공한다. 이러한 WLAN(IEEE 802.11b)과 WPAN(IEEE 802.15.1)의 무선 네트워크는 상보적 서비스를 제공할 수가 있

고 또한 동일한 환경 내에 설치가 될 수 있다[1,2]. 이와 같이 동일한 환경, 동일한 주파수에서 서비스가 될 경우 서비스간의 상호 간섭을 야기할 수 있을 것이다[3]. 따라서 상호간의 간섭의 영향을 최소화하여 공존할 수 있도록 하여야 한다. 본 논문에서는 두 서비스간의 공존할 방법을 모색하기 위한 전 단계로 두 서비스간의 반송파 주파수 오프셋에 따른 간섭 전력과 다중경로 페이딩의 영향 등으로 인한 심볼 오차 확률에 대한 성능 분석을 하고자 한다.

이를 위해 II장에서는 Bluetooth와 WLAN의 프로토콜에 대한 개요를 통해 두 시스템의 기술을 비교한다. III장에서는 분석하고자하는 시스템의 모델에 대해 설명하고 IV장에서는 근접한 두 시스템간의 주파수 오프셋에 따른 상호 간섭의 영향을 시뮬레이션을 통해 분석하였으며, 마지막 V장에서 결론을 맺었다.

II. 2.4GHz 대역 무선 데이터 전송 시스템

1. WLAN(IEEE 802.11b) 시스템

본 절에서는 WLAN 시스템의 표준과 관련하여 물리계층과 MAC 계층 프로토콜을 살펴 보보면 IEEE802.11 표준에서는 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum), DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum), IrDa의 세 가지 서로 다른 물리계층의 전송방법을 규정하고 있다. FHSS와 DSSS 시스템의 전송전력은 최대치1Watt로 정의되고, 수신감도는 -80dBm으로 규정되어있다. 안테나 이득은 최대치 6dBm으로 제한된다.

FHSS 시스템에서 각각의 신호는 한 반송파주파수에서 미리 규정된 의사 랜덤시퀀스에 의해 다른 주파수로 도약한다. 송수신국은 서로 동기화 되어 동일한 주파수열로 도약하게 된다. 채널 간격이 1MHz로써 2.4~2.4835GHz의 주파수 대역을 사용함으로써 79개의 채널을 갖게 되며 각 도약주파수가 유지되는 시간은 각 국가의 규정에 따라 정해진다.

DSSS 시스템에서의 송신기는 데이터 열을 심볼 열로 변환시키는데, 이때 각각의 심볼은 22MHz의 광대역으로 확산된 신호이다. 기본적인 데이터 전송 속도와 그에 따른 변조형식을 표1에 기술하였다. 5.5Mbps와 11Mbps의 고속의 전송속도는 PPM(Pulse-Position Modulation)과 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)을 결합한 형태인 CCK 변조방법에 의해 가능하게 된다[4,5]. 모든 물

리계층 전송방법과 전송속도에 공통으로 적용되는 MAC 계층의 규격은 국(Station)간의 통신을 조정하며 망에 접속하고자 하는 사용자들의 행동을 제어하는 프로토콜을 규정한다[6].

표 1. 데이터 속도에 따른 변조방법
Table.1 Modulation type for each data rate

Data Rate	Modulation Type
1Mbps	DBPSK
2Mbps	DQPSK
5.5Mbps	CCK
11Mbps	CCK

기본 MAC 프로토콜 운용을 묘사하는 DCF(Distributed Coordination Function)는 캐리어센스 다중접속 충돌회피(CSMA/CA) 시스템을 기반으로 한다. MAC 계층과 물리계층 충돌 회피 절차를 이행하기위해서 서로 협력한다. 물리계층은 매체 전송 데이터를 통해 수신된 에너지를 샘플링 하여 채널이 클리어 되어있는지 판정하기 위해 CCA(Clear-Channel Assessment) 알고리즘을 사용한다. 이것은 안테나에서의 RF신호의 전력을 측정하여 RSSI(Received Signal Strength Indicator)로 널리 알려져 있는 수신신호강도 측정기로 수신 신호량을 판정함으로써 이루어질 수가 있다. 또한 캐리어 센스는 채널이 이용가능한지 판정키 위해 사용되어질 수 있다. 이러한 기술은 전송 신호가 802.11 송신기와 동일한 반송파형식을 확인 시켜주기 때문에 매우 선택적이다. 가상 캐리어 센스 매커니즘 또한 MAC 계층에 제공된다. 그것은 매체 상에서의 앞으로의 통신 흐름을 예견하기위해 RTS(Request-to-Send)와 CTS(Clear-to-Send)의 메시지 교환을 이용한다. 그리고 또한 국(station)에서의 이용 가능한 NAV(Network Allocation Vector)를 업데이트한다. 통신은 무선노드중 하나가 짧은 RTS 프레임을 보냄으로써 성립된다.

수신국은 송신자의 주소를 반향하는 CTS 프레임을 송신한다. 만일 CTS프레임이 수신되지 않는다면, 충돌이 일어났다고 판단되어져 RTS 과정이 다시 시작된다. 가상 캐리어 센스 루틴이 사용되어졌는지 아닌지 불문하고 MAC 계층은 그림 1과 같은 기본 접속절차를 이행하는 것이 필수적이다. 만일 국(station)이 송신할 데이터를 보유하고 있다면 CSMA/CA 알고리즘을 이용하여 채널이 유향 상태가 될 때까지 대기한다. 만일 매체가 한주기 동안 DIFS(DCF Interframe Space)보다 더 유향 상태가 되면, 국은 그 프레임을 송신하기 전에 백오프

절차로 진행하게 된다. 성공적인 프레임 수신 하에서 목적국(destination station)은 SIFS다음의 ACK 프레임을 반송시킨다. 그 백오프 창은 구간 [0,CW(Contention Window)]에 균일분포 랜덤 값에 기반을 둔다. 여기서 만일 매체가 백오프 슬롯 동안에 활성 상태에 있다면, 그 백오프 절차는 보류되어 질 것이다. 이러한 절차는 그 매체가 DIFS 주기 동안 유희 상태가 된 후에 다시 재개된다. 만일 ACK가 ACK 타임아웃 구간 범위 내에 수신되지 않는다면, 그 국은 데이터프레임 혹은 ACK가 손실되었다고 가정하게 되고 기본 접속과정을 반복함으로써 데이터프레임의 재전송을 요구 하게 된다.

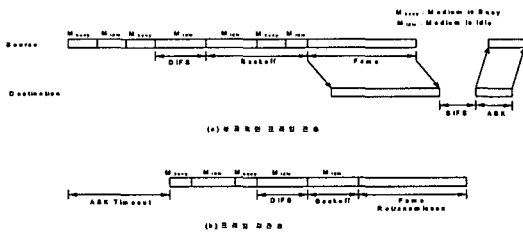


그림 1. WLAN 프레임 전송 구성
Fig. 1 WLAN frame format for transmission

2. Bluetooth(IEEE 802.15.1) 시스템

먼저 기본 개념을 살펴보면 Bluetooth는 작고 PC 주변장치들을 10~100m 근거리에서 무선으로 연결하기 위한 하나의 무선 인터페이스 규격이며 2.4GHz 대역의 ISM대역에서 1MHz 간격으로 79개의 채널을 사용한다. 전송방식으로는 다른 기기와의 간섭을 없애기 위해 대역확산 방식의 일종인 주파수 도약 방식을 사용하는데 1초에 1600번의 주파수 도약을 한다. 주파수 호핑은 반송파가 패킷 단위로 변한다. 동기식 음성 링크와 비동기식 데이터 링크가 별도로 정의 되어있고 TDMA방식인 음성 채널은 3개가 있다. 최대 데이터 전송속도는 양방향 대칭일 때 432.6Kbps, 비대칭일 때 마스터/슬레이브 송신 속도가 각각 721.0/57.6Kbps 이다. 망 구성은 단거리 점대점 점대다점 모두 가능하고 2~8개 단말기로 이루어지는 피코넷과 2개 이상의 피코넷으로 이루어지는 스캐터넷 등의 네트워크 위상 구조가 규정되어있다. Bluetooth 시스템은 1Mbps/ser의 CBR(Channel Bit Rate)에서 동작하고 변조는 GFSK(Gaussian filtered Frequency Shift Keying)이며 $h_f=0.32$ 와 $BT=0.5$ 로 규정되어 있다. B는 가우시안 저역 통과필터의 3dB 대역폭이며 T는 비트 주기이다. Bluetooth 피코넷의 같은 채널에서 두 개 혹은 그이상의 유닛들이 통신하는

것은 한 개의 유닛이 마스터가 되고 나머지 다른 유닛이 자연적으로 슬레이브가 되어 운용된다(최대 7개의 유닛이 활성화 된다). 채널은 마스터 디바이스의 48비트 주소와 Bluetooth 클럭으로부터 전달된 식별 의사랜덤 주파수 호핑 시퀀스로 정의 된다. 피코넷에 존재하는 슬레이브들은 각자의 타이밍과 마스터로의 상위 접속 설정으로 동기화 된다. 접속 모드에서는 마스터가 마스터와 슬레이브 전송을 교환하는 폴링방식을 사용하기 위한 채널 처리를 제어한다. 슬레이브 패킷은 항상 마스터 패킷 전송 후에 일어난다. 그림 2는 마스터의 TX/RX 채널 슬롯을 보여준다.

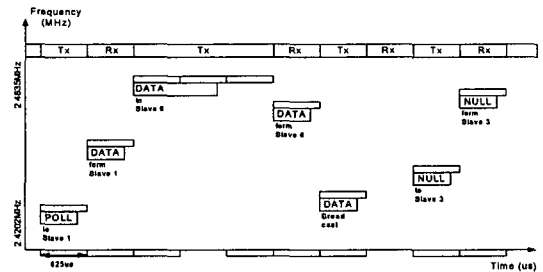


그림 2. 마스터의 TX/RX 호핑 시퀀스
Fig. 2 TX/RX hopping sequence for Master

SCO(Synchronous Connection-Oriented) 링크와 ACL(Asynchronous Connection-less) 링크의 두 가지 방법에 의해 마스터와 슬레이브 사이에서의 접속설정이 된다. SCO 링크는 마스터와 슬레이브 사이에서 대칭적 점대점 접속을 한다. 이때 마스터는 시간 슬롯 T_{SCO} 로 정의된 일정한 시간 간격으로 TX 슬롯에 SCO 패킷을 보낸다. 슬레이브는 다음 TX에 SCO 패킷으로 응답한다. T_{SCO} 는 HV1, HV2 또는 HV3 패킷 형식 각각을 위해 2,4,6 타임 슬롯 중 하나를 할당한다. SCO 패킷의 3가지 형식 모두는 음성 교환이 64Kbps로 정의 되는데, 패킷 손실이나 에러의 경우 결코 재전송하지 않는다.

ACL 링크는 피코넷에서 마스터와 활성화된 슬레이브간 비대칭적 점대점 접속이다. 몇몇 패킷 형식들은 ACL을 위해서도 정의되었다. 즉 DM1, DM2, DM3 패킷이 타임의 1,3,5 구간 각각을 차지한다. ARQ(Automatic Repeat Request) 절차는 ACL 패킷을 적용한다. 여기서 패킷들은 소스에서 수신되는 ACK 응답이 긍정일 때까지 손실의 경우로 인정하여 재전송한다. 여기서 ARQN 비트는 이전 패킷이 성공적으로 수신되었는지 아닌지에 따라 1 혹은 0을 할당한다. 게다가, 시퀀스 개수 (SEQN) 비트는 패킷열안에 있는 데이터 패킷들의

순차적인 요구와 수신기의 필터 출력으로 인한 재전송을 제공하기 위해 패킷 헤더를 사용한다. 전송에러 접속(Forward Error Correction, FEC)은 약간의 SCO와 에러 정정으로 인한 ACL 패킷들 그리고 ACL 재전송 수의 감소위해 사용한다.

III. 시스템 모델

그림 3은 상호 간섭 영향을 분석하기위한 수신기 시스템을 나타낸다.

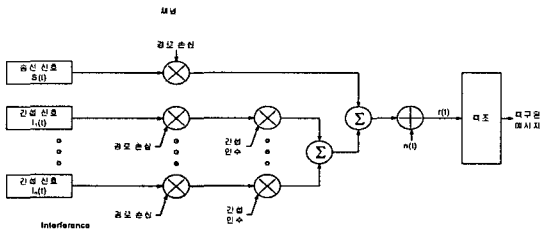


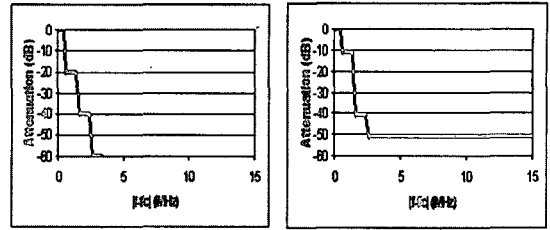
그림 3. 시스템 모델
Fig. 3 System Model

잡음과 간섭신호가 더해진 수신신호 $r(t)$ 는 식 (1)과 같이 표현된다.

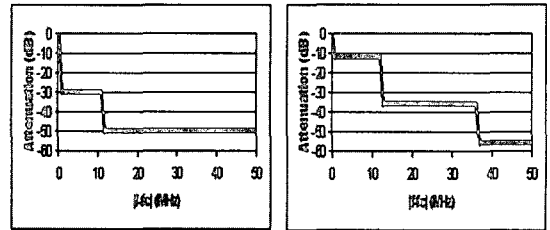
$$r(t) = as(t) + \sum_{k=1}^N \beta_k \gamma_k I_k(t) + n(t) \quad (1)$$

여기서 $s(t)$ 는 원하는 송신 신호를 나타내며, a 는 다중경로 채널에 의한 경로 손실이며, 전파지연은 일정하다고 간주한다. $I_k(t)$ 는 간섭신호를 나타내며, β_k 는 경로 손실을 의미한다. 또한 γ_k 는 전송 표준 마스크와 원하는 신호로부터의 주파수 오프셋 효과를 결합하여 결정된 간섭신호의 감쇄 영향을 나타내는 간섭 인수를 나타낸다. $n(t)$ 는 AWGN(Additive White Gaussian Noise)을 나타낸다.

IEEE 802.11b 표준과 IEEE 802.15.1 표준에서 정의하는 송수신 마스크는 그림 4와 같으며, 주파수 오프셋에 따른 상호 간섭을 고려한 수신기에 대한 3가지 경우의 간섭 인수를 계산하여 표2와3에 나타내었다. 간섭 인수는 주파수 오프셋이 0 인 곳을 1로 정의 하였다. 802.11b 5.5Mbps와 11Mbps 시스템에 미치는 802.15.1 패킷의 간섭 영향을 계산 할 때에는 WLAN 시스템에서 적용한 변조 기법인 CCK 코딩 이득 8dB의 효과도 고려하였다.



(a) Tx Mask for 802.15.1 (b) Rx Mask for 802.15.1



(c) Tx Mask for 802.11 (d) Rx Mask for 802.11

그림 4. 송수신 마스크

Fig. 4 TX/RX MASK

표2.주파수 오프셋에 따른 Bluetooth 수신기의 간섭
Table. 2 Spectrum factor for bluetooth receiver

송신기	수신기	주파수 오프셋(d) MHz		
		1	2~11	12
802.11b	802.15.1	8.0433E-02	1.0079E-03	1.7943E-05

반송파 주파수 오프셋에 따른 간섭 신호의 억압에 대한 이론적인 모델을 위한 값은 식(2)와 같다.

표 3. 주파수 오프셋에 따른 WLAN 수신기의 간섭 인수
Table. 3 Spectrum factor for WLAN receiver

송신기	수신기	주파수오프셋(d)MHz				
		11	12	13	14	Other
802.15.1	802.11b (1,2 Mbps)	1.0	7.3197 E-02	3.5219 E-04	2.5219 E-04	2.5119 E-06
802.15.1	802.11b (5.5,11Mbps)	1.0	1.1601 E-02	5.5818 E-05	3.9969 E-05	3.9811 E-07

여기서 T_c 는 대역확산을 위한 PN코드의 주기를 나타내며 f_{offset} 은 주파수오프셋이며 $\text{sinc}(t)$ 함수는 CW(Continuous Wave)톤의 확산 결과를 의미하며 $G(f)$ 는 PN chip 펄스 정형 필터의 푸리에

변환을 의미하며, 본 논문에서는 $\alpha=0.3$ 인 상수 코사인 필터를 적용하였다. 그림 5는 주파수 오프셋에 따른 간섭 신호의 억압 정도를 그래프로 표현하였다.

$$10 \log_{10} \left(\frac{\sin c(f_{\text{offset}} T_c) G(f_{\text{offset}})^2}{|G(0)|^2} \right) \text{ (dB)} \quad (2)$$

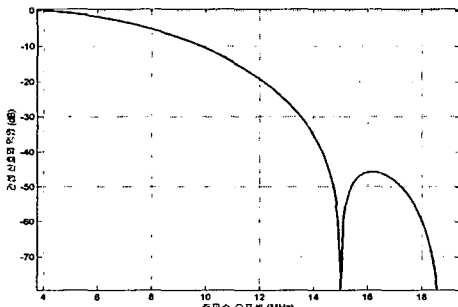


그림 5. 주파수오프셋에 따른 간섭 신호 억압
Fig. 5 Interference suppression with frequency offset

WLAN의 1Mbps 데이터 속도의 변조형식은 DBPSK 변조형식을 사용하므로 DBPSK의 심볼 오차 확률은 식(3)와 같다. 한편 WLAN DSSS 시스템에서는 심볼이 11칩 시퀀스로 확산되기 때문에 심볼에너지인 E_s 에 11을 곱해줌으로써 심볼오차 확률을 얻을 수 있다[7,8].

$$P_{1Mbps - SYMBOL} = Q(\sqrt{11 \times SNIR}) \quad (3)$$

2Mbps 데이터 속도의 변조형식은 DQPSK 변조를 사용하므로 DQPSK 시스템의 심볼 오차 확률은 식(4)과 같다.

$$P_{2Mbps - SYMBOL} = Q(\sqrt{5.5 \times SNIR}) \quad (4)$$

5.5Mbps 데이터 속도의 심볼 오차 확률과 11Mbps 데이터 속도의 심볼 오차 확률은 각각 식 (5), 식 (6)와 같다.

$$SER_{CCK 5.5Mbps} = 14 \times Q(\sqrt{SNIR}) + Q(\sqrt{SNIR}) \quad (5)$$

$$SER_{11} = 24 \times Q(\sqrt{SNIR}) + 16 \times Q(\sqrt{SNIR}) + 174 \times Q(\sqrt{SNIR}) + 16 \times Q(\sqrt{SNIR}) + 24 \times Q(\sqrt{SNIR}) + Q(\sqrt{SNIR}) \quad (6)$$

IV. 시스템의 성능분석

1. Bluetooth 시스템에 의한 WLAN 시스템의 성능 분석

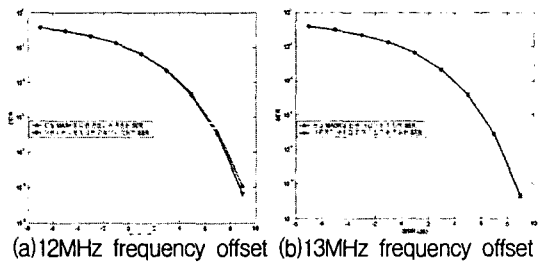
Bluetooth가 Class 1, Class 2일 때 IEEE 802.15.1 표준에서 규정한 송수신 마스크에 따른 간섭 인수와 식 (2)에 따른 간섭 인수를 적용하여 주파수 오프셋이 각각 12MHz, 13MHz, 및 14MHz 이상의 주파수 오프셋일 때의 WLAN 수신기에 미치는 성능 분석 결과를 각각 그림 6,7에 나타내었다. 결과를 보면 알 수 있듯이 실제 송수신 마스크에 따른 간섭 영향 분석 결과와 식 (3)를 적용한 경우의 결과는 거의 일치함을 알 수 있다.

가. 주파수 오프셋에 따른 간섭 영향 분석

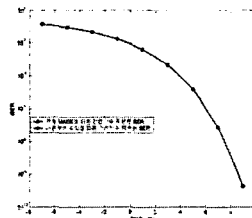
표 4. IEEE 802.15.1 표준 Bluetooth 송신 전력 등급
Table. 4 Transmitter power class for Bluetooth

전력 등급	최대 출력 전력	최대 설정에 대한 최소 출력
Class 1	100mW(20dBm)	1mW(0dBm)
Class 2	2.5mW(4dBm)	0.25mW(-6dBm)
Class 3	1mW(0dBm)	-

IEEE 802.15.1 표준에 의하면 Bluetooth는 송신 전력 등급에 따라 표 4와 같이 분류한다. 본 논문에서는 Class 1과 Class 2의 경우의 성능을 분석하였다.

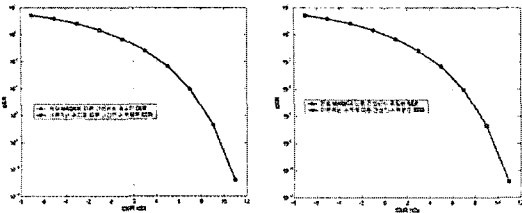


(a)12MHz frequency offset (b)13MHz frequency offset

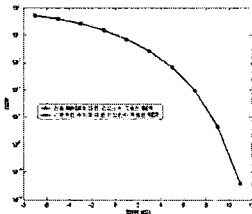


(c) higher than 14MHz frequency offset

그림6. 주파수 오프셋에 따른 심볼 오차확률(Class1)
Fig. 6 Symbol error rate with frequency offset(Class1)



(a)12MHz frequency offset (b)13MHz frequency offset



(c) Higher than 14MHz frequency offset

그림7. 주파수 오프셋에 따른 심볼 오차확률(Class2)
Fig. 7 Symbol error rate with frequency offset(Class2)

1) Bluetooth Class 1 신호가 간섭 신호로 작용할 때

그림 8은 Bluetooth Class1 신호가 간섭신호로 작용할 때 WLAN 2Mbps 시스템의 성능 분석 결과를 나타내었다. WLAN 2Mbps 시스템은 직접 대역 확산 방식으로 확산 코드는 11Mbps이기 때문에 주파수 오프셋은 11MHz, 12MHz, 13MHz와 14MHz이상의 주파수 오프셋에 대해 성능 분석을 하였다.

이 시뮬레이션 결과를 보면 Bluetooth의 주파수 오프셋이 11MHz일 경우에는 Bluetooth 신호의 대역폭이 1MHz 이므로 WLAN 신호의 대역내에 (In-band) 간섭 신호 성분이 존재하기 때문에 심볼 오차 확률이 현저하게 나빠짐을 알 수 있다. 주파수 오프셋이 12MHz인 경우에는 낮은 신호 대 간섭 잡음비 에서는 간섭신호가 없을 때와의 성능 차이가 없으나 높은 신호 대 간섭 잡음비의 경우 10^{-8} 심볼 오차 확률을 얻기 위해서는 간섭신호가 존재할 경우 약 2.3dB 정도의 높은 SNIR이 요구된다.

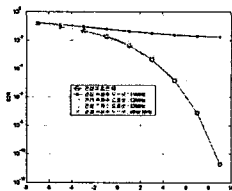
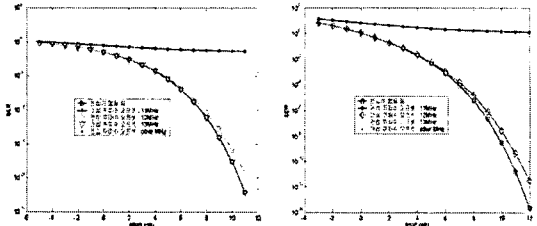


그림 8. 주파수 오프셋에 따른 WLAN(2Mbps) 시스템의 심볼 오차 확률

Fig. 8 Symbol error rate for WLAN(2Mbps) with frequency offset

이와 같은 결과는 간섭 신호의 전력이 클 경우에 시스템에 미치는 영향이 커짐을 알 수 있다. 그리고 주파수 오프셋이 13MHz에서부터는 Bluetooth 대역폭이 WLAN 대역폭을 벗어나서 가우시안 거리보다 넓기 때문에 거의 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

그림 9는 각각 WLAN 5.5Mbps, 11Mbps 시스템에 미치는 간섭 영향을 나타내었다. 각각의 WLAN 시스템의 변조 방식은 CCK 변조이다. 따라서 약 8dB의 코딩 이득을 갖는다. 이 시뮬레이션 결과를 보면 WLAN(2Mbps)시스템과 마찬가지로 Bluetooth의 신호가 WLAN시스템의 대역 내에 존재할 때 즉, 주파수 오프셋이 11MHz일 때 간섭신호의 영향이 크다는 것을 알 수 있다.



(a) at 5.5Mbps

(b) at 11Mbps

그림 9. 주파수 오프셋에 따른 WLAN시스템의 심볼 오차 확률

Fig. 9 Symbol error rate for WLAN with frequency offset

주파수 오프셋이 12MHz 인 경우 10^{-8} 의 심볼 오차 확률을 유지하기 위해서는 간섭 신호가 없을 때 보다 약 0.8dB 높은 SNIR을 요구한다. 이는 2Mbps 시스템에 비해 작은 값의 SNIR이 요구된다는 것이다.

이와 같은 결과는 5.5Mbps와 11Mbps 시스템의 경우는 CCK 변조로 인한 코딩이득의 결과로 나타나는 현상으로 생각된다. 그리고 2Mbps 시스템과 마찬가지로 주파수 오프셋이 13MHz에서부터는 Bluetooth 대역폭이 WLAN 대역폭을 벗어나서 가우시안 거리보다 넓기 때문에 거의 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

2) Bluetooth Class 2 신호가 간섭 신호로 작용할 때

그림 10은 Bluetooth Class 2 신호가 간섭 신호로 작용할 때 주파수 오프셋에 따른 WLAN 2Mbps, 5.5Mbps, 11Mbps 시스템의 성능 분석 결과를 나타내었다. WLAN 2Mbps, 5.5Mbps, 11Mbps 모두의 시뮬레이션 결과를 보게 되면

Bluetooth Class 1 시스템의 경우와 마찬가지로 13MHz 이상의 주파수 오프셋에서는 가우시안 거리를 만족하기 때문에 WLAN 시스템 성능에 거의 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그러나 주파수 오프셋이 11MHz인 경우, Bluetooth 신호 성분이 WLAN 신호의 대역 내(In-band)에 간섭신호로 존재하지만 Class 1 시스템에 비해 매우 작은 전력을 가지므로 WLAN 시스템에 미치는 영향은 Class 1 시스템에 비해 크지 않음을 알 수 있다.

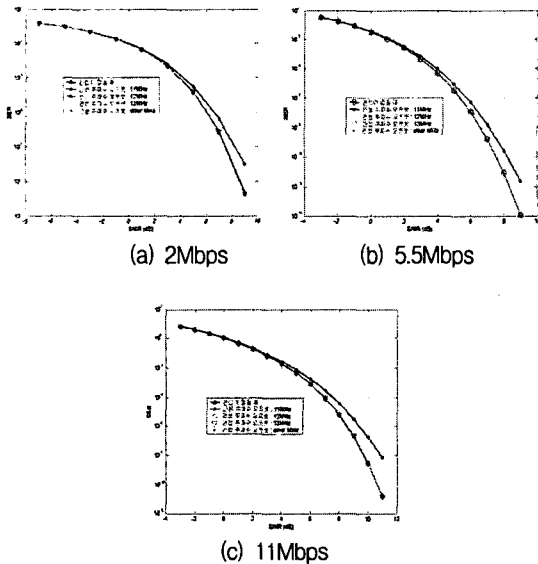


그림 10. 주파수 오프셋에 따른 Bluetooth class 2 간섭신호에 의한 WLAN 시스템의 심볼 오차 확률
 Fig. 10 Symbol error rate for WLAN with frequency offset due to bluetooth class2

2. WLAN 시스템에 의한 Bluetooth 시스템의 성능 분석

그림 11은 WLAN 시스템의 신호가 간섭 신호로 작용할 때 Bluetooth Class 1 시스템의 성능 분석 결과를 나타낸다.

Bluetooth 시스템은 주파수 호핑 방식으로 83.5MHz의 대역에서 1MHz 채널 간격으로 분할되어, 최대 가용 채널 대역폭을 얻기 위해 1Mbps의 데이터 속도를 가진다. 본 논문에서는 호핑 주파수가 변하지 않는 경우, 즉 고정된 RF 반송파 주파수를 가질 경우의 성능을 WLAN 시스템의 간섭 신호의 주파수 오프셋이 1MHz, 2MHz, 11MHz, 12MHz 이상인 경우에 대한 성능 분석을 하였다.

먼저 그림 11의 Class 1 시스템에 대한 시뮬레이션 결과를 살펴보면 WLAN 시스템의 반송파 주파수 오프셋이 1MHz일 경우 WLAN 시스템의 대역

폭이 22MHz 이고 Bluetooth 시스템의 대역폭이 1MHz이므로 Bluetooth Class 1 시스템의 전력 스펙트럼 밀도가 WLAN 시스템의 대역폭을 고려한 전력에 비해 상대적으로 크기 때문에 Bluetooth Class 1 시스템이 WLAN 시스템의 성능저하에 미치는 영향에 비해 성능저하가 심하지 않음을 볼 수 있다.

반면 Bluetooth Class 2 시스템인 경우는 주파수 오프셋이 1MHz인 경우 WLAN 시스템이 미치는 영향이 상당히 큼을 알 수 있다.

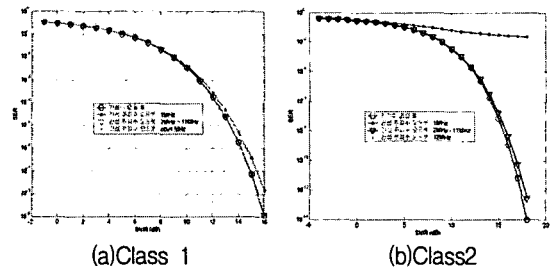


그림 11. 주파수 오프셋에 따른 WLAN 간섭신호에 의한 Bluetooth 시스템의 심볼 오차 확률
 Fig. 11 Symbol error rate for Bluetooth with frequency offset due to WLAN

VII. 결 론

본 논문은 최근 사회적 이슈로 대두고 있는 무선 홈네트워크 시스템인 WLAN과 Bluetooth 송수신기의 패킷들이 동일한 대역 내에 존재할 때, 심볼 오차 확률로써 각 변조기의 수신 성능을 분석하였다. 이를 위해 각 시스템의 기본 개요와 IEEE 802.11b 표준과 IEEE 802.15.1 표준에서 정의한 송수신 마스크에 대해 살펴보았고 무선 수신기의 성능 지표인 심볼 오차 확률에 대해 살펴보았다.

간섭 신호의 주파수 오프셋이 각 시스템의 신호 대역 내에 침범할 정도로 근접해 있을 때 즉 가우시안 거리를 만족하지 않을 때 간섭 신호가 없는 수신기의 심볼 오차 확률에 비해 수신 성능 저하가 많음을 확인 하였고, 가우시안 거리를 만족할 때의 수신기는 성능 저하가 거의 없다는 것을 알 수 있었다. 또한 WLAN 시스템에서 5.5Mbps와 11Mbps 시스템의 경우 CCK 변조로 인한 코딩이득으로 인해 1Mbps와 2Mbps 시스템에 비해 간섭 신호가 있을 때의 성능저하가 적다는 것을 알 수 있었다.

Bluetooth의 송신 신호가 WLAN 수신기의 대역

폭 내로 접근 하였을 때, 연구 결과에서 보았듯이 Bluetooth의 송신전력 등급이 낮을수록 WLAN 수신기에 미치는 영향이 작음을 알 수 있었다.

따라서 Bluetooth Class 1 시스템의 서비스가 WLAN 시스템 서비스와 공존할 경우 WLAN 시스템은 직접대역확산방식으로 넓은 대역폭을 계속적으로 사용하고 있기 때문에 주파수 도약 방식의 Bluetooth 시스템에서 효과적인 도약 패턴을 발생시켜 상호 간섭을 줄일 수 있는 연구가 앞으로 진행되어야 할 것으로 생각된다.

IEEE International Symposium on Circuits and Systems.

[6] IEEE Std. 802-11, IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specification, 2001 Edition.
 [7] Jack, K. Homes, "Coherent Spread Communication", Wiley interscience, Inc. 1982.
 [8] J. Proakis, Digital Communications, 3 ed. NY: McGraw-Hill, 1995.

참고문헌

[1] IEEE "IEEE standard for wireless LAN medium access control and physical layer specifications,"IEEEStd 802.11-1997, 1997.
 [2] B. SIG, "Specification of the Bluetooth System,"Doc No. 1.C.47/1.0 B, 1/12/99 1999.
 [3] Howitt, "Bluetooth performance in the presence of 802.11b WLAN," Journal of selected Areas of Communications, 2001.
 [4] Tseng C.C.and Liu, C.L "Complementary Sets of Sequences", IEEE Trans. on Information Theory, vol. IT-18, No. 5, September 1972.
 [5] Halford, K., Halford, S., Webster, M., and Andren, C., "Complementary Code Keying for RAKE-based Indoor Wireless Communication," Proceedings of the 1999

저자소개



김성철(Seong-cheol Kim)

1987년 고려대학교 전자공학과 학사
 1989년 고려대학교 전자공학과 석사
 1989년~1994년: 삼성전자(주) 근무

1997년 고려대학교 전자공학과 박사
 1997년~현재: 우송대학교 디지털 정보통신학과 부교수
 ※관심분야 : CDMA 이동통신, 통신이론, 차세대 광대역 이동 멀티미디어 시스템