

---

# 광대역 멀티미디어 시스템을 위한 WLAN 시스템의 간섭신호 억제방안에 대한 성능분석

김성철\*

Performance analysis on the interference suppression method for WLAN system in the presence of WPAN system for Broadband Multimedia system

Seong-Cheol Kim\*

## 요 약

2.4GHz 대역 무선통신망을 통해 서비스되는 WLAN과 WPAN시스템은 서로 동일한 환경하에서 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 분석하고 두 서비스간의 공존을 위한 WLAN 시스템에 대한 WPAN 시스템의 간섭을 최소화하기 위한 WPAN신호 주파수 성분을 제거하기 위해 null 신호를 제공할 수 있도록 하는 제안된 방법에 대한 성능을 심볼 오차 확률에 대해 성능을 분석 하였다.

## ABSTRACT

The WLAN and WPAN systems 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 and in order to minimize the effect of WPAN system signals on the WLAN system, proposed a method of suppressing the interference on the WLAN system. The analysis is illustrated by examining the symbol error rate versus signal to noise interference ratio in terms of the carrier frequency offset.

## 키워드

무선랜, 블루투스, 상호공존, 반송파 주파수 오프셋, 트랜스버설 필터, ISM

## Keyword

WLAN, Bluetooth, Coexistence, carrier frequency offset, transversal filter, ISM

## I. 서 론

컴퓨터의 수요와 보급의 증가로 인한 사용자들의 멀티미디어 통신서비스의 욕구 확산 등이 데이터 통신망의 체증을 불러오고 있다. 이것에 대한 해결 방안으로 가입자망의 고속화를 향한 다양한 기술이 제시되고 있다. 최근에 기존의 공중 전화망 사용자에게 무선 가입자 접속 망을 통해 전화, 팩스, ISDN(Integrated Services Digital Network)용 고속 데이터 서비스를 효율적으로 지원 할 수 있는 광대역 멀티미디어 시스템에 관심이 고조되고 있다.

또한 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 진행되었다. 여러 가지 무선 홈 네트워킹 중 가장 활발한 성장을 거듭해온 기술은 WLAN(Wireless Local Area Network)과 Bluetooth로 불리는 근거리 무선통신으로 대표되는 WPAN(Wireless Personal Area Network)이다. WLAN과 WPAN은 동일한 비허가 ISM(Industrial, Scientific and Medical) 대역을 이용하여 다양한 서비스를 제공한다. 이러한 WLAN(IEEE 802.11.x)과 WPAN(IEEE 802.15.x)의 무선 네트워크는 상보적 서비스를 제공할 수가 있고 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 본 논문에서는 두 서비스간의 공존을 위한 WLAN 시스템에 대한 WPAN 시스템의 간섭을 최소화하기 위한 방법에 대해 두 서비스간의 반송파 주파수 오프셋에 따른 간섭 전력과 다중경로 페이딩의 영향 등으로 인한 제안된 방법에 대한 성능을 심볼 오차 확률에 대해 성능 분석을 하고자 한다.

이를 위해, II장에서는 WPAN시스템과 WLAN 시스템의 프로토콜에 대한 개요를 통해 두 시스템의 기술을 비교한다. III장에서는 제안하는 시스템의 모델에 대해 설명하고 IV장에서는 근접한 두 시스템간의 주파수 오프셋에 따른 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하였으며, 마지막 V장에서 결론을 맺었다.

## II. 2.4GHz 대역 무선 데이터 전송 시스템

### 2.1. WLAN 시스템

본 절에서는 WLAN 시스템의 표준과 관련하여 물리계층과 MAC 계층 프로토콜을 살펴보면 IEEE 802.11 표준에서는 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum), DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum), IrDa의 세 가지 서로 다른 물리계층의 전송방법을 규정하고 있다[4,5]. 모든 물리계층 전송방법과 전송속도에 공통으로 적용되는 MAC 계층의 규격은 국(Station)간의 통신을 조정하며 망에 접속하고자 하는 사용자들의 행동을 제어하는 프로토콜을 규정한다. 기본 MAC 프로토콜 운용을 묘사하는DCF(Distributed Coordination Function)는 캐리어 센스 다중접속 충돌회피(CSMA/CA)시스템을 기반으로 한다. MAC 계층과 물리계층 충돌 회피 절차를 이행하기 위해서 서로 협력한다. 물리계층은 매체 전송 데이터를 통해 수신된 에너지를 샘플링하여 채널이 클리어 되어 있는지 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 802.11송신기와 동일한 반송파형 식임을 확인 시켜주기 때문에 매우 선택적이다. 가상 캐리어 센스 메커니즘 또한 MAC 계층에 제공된다. 그것은 매체 상에서의 앞으로의 통신 흐름을 예견하기 위해 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 업데이트 한다. 통신은 무선노드중 하나가 짧은 RTS 프레임에 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.

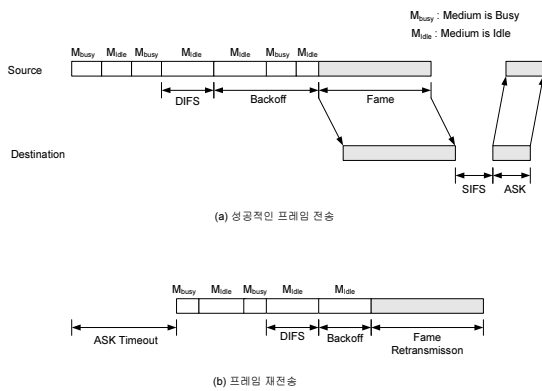


그림 1. WLAN 프레임 전송 구성  
Fig.1 WLAN frame format for transmission

만일 국(station)이 송신할 데이터를 보유하고 있다면 CSMA/CA 알고리즘을 이용하여 채널이 유휴 상태가 될 때까지 대기한다. 만일 매체가 한주기 동안 DIFS(DCF Interframe Space)보다 더 유휴 상태가 되면, 국은 그 프레임을 송신하기 전에 백오프 절차로 진행하게 된다. 성공적인 프레임 수신 하에서, 목적국(destination station)은 SIFS다음의 ACK프레임을 반송시킨다. 그 백오프 창은 구간 $[0, CW(\text{Contention Window})]$ 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 유휴 상태가 된 후에 다시 재개된다. 만일 ACK가 ACK 타임아웃 구간 범위 내에 수신되지 않는다면, 그 국은 데이터프레임 혹은 ACK가 손실되었다고 가정하게 되고 기본 접속 과정을 반복함으로써 데이터프레임의 재전송을 요구하게 된다.

## 2.2. WPAN 시스템

먼저 기본 개념을 살펴보면 WPAN시스템은 PC 주변 장치들을 10~100m 근거리에서 무선으로 연결하기 위한 하나의 무선 인터페이스 규격이며 2.4GHz 대역의 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 대역에서 1MHz 간격으로 79개의 채널을 사용한다. 전송방식으로는 다른 기기와의 간섭을 없애기 위해 대역확산 방식의 일종인 주파수 도약(Frequency Hopping)방식을 사용하는데 1초에 1600번의 주파수 도약을 한다. 주파수 호핑은 반송파가 패킷 단위로 변한다.

동기식 음성 링크와 비동기식 데이터 링크가 별도로 정의 되어있고 TDMA 방식인 음성 채널은 3개가 있다. 최대 데이터 전송속도는 양방향 대칭일 때 432.6Kbps, 비대칭일 때 마스터/슬레이브 송신 속도가 각각 721.0/57.6Kbps 이다. 채널은 마스터 디바이스의 48비트 주소와 Bluetooth 클럭으로부터 전달된 식별 의사랜덤 주파수 호핑 시퀀스로 정의된다. 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.

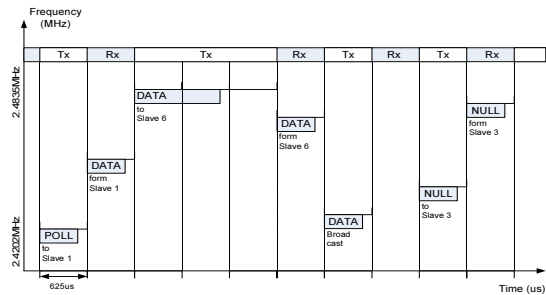


그림 2. 마스터의 TX/RX 호핑 시퀀스  
Fig. 2 TX/RX hopping sequence for Master

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 차지

한다. 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. 전송 에러 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 분석하기 위한 수신기 시스템을 나타낸다.

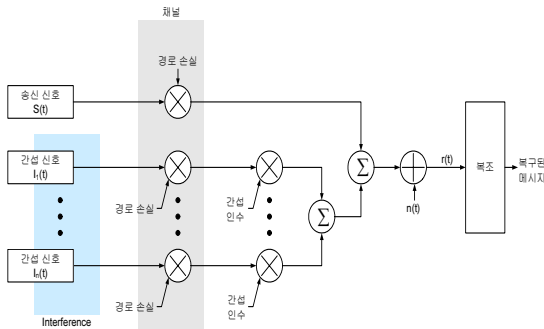


그림 3. 시스템 모델  
Fig. 3 System Model

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

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

여기서  $s(t)$ 는 원하는 송신 신호를 나타내며,  $\alpha$ 는 다중경로 채널에 의한 경로 손실이며, 전파지연은 일정하다고 간주한다.  $I_k(t)$ 는 간섭신호를 나타내며,  $\beta_k$ 는 경로 손실을 의미한다. 또한  $\gamma_k$ 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.

반송파 주파수 오프셋에 따른 간섭 신호의 억압에 대한 이론적인 모델을 위한 값은 식(2)와 같다. 여기서  $T_c$ 는 대역확산을 위한 PN코드의 주기를 나타내며,  $f_{offset}$ 은 주파수 오프셋이며,  $sinc(t)$ 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 상승 코사인 필터를 적용하였다[6]. 그림 4는 주파수 오프셋에 따른 간섭 신호의 억압 정도를 그래프로 표현하였다.

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

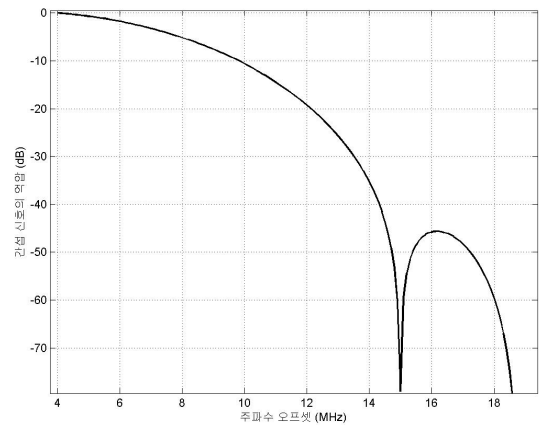


그림 4. 주파수오프셋에 따른 간섭 신호 억압  
Fig. 4 Interference suppression with frequency offset

본 논문에서 제안하는 WLAN 시스템의 성능에 영향을 미치는 간섭신호인 WPAN 시스템의 신호를 완화하기 위한 간섭억제를 위한 수신기의 구조는 그림 5와 같다. 이는 그림 3의 마지막 단인 복조기 부분에 해당한다. 그림6은 조절 가능한 트랜스버설 필터로서 필터의 최적 계수는 측정된 후 필터의 성능향상 시 사용하게 된다.

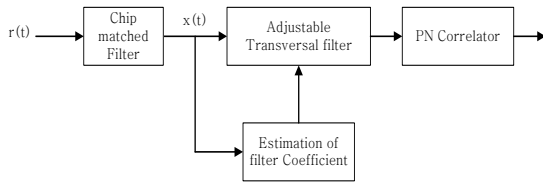


그림 5. 간섭억제 WLAN 수신기 구성도  
Fig. 5 WLAN receiver for interference suppression

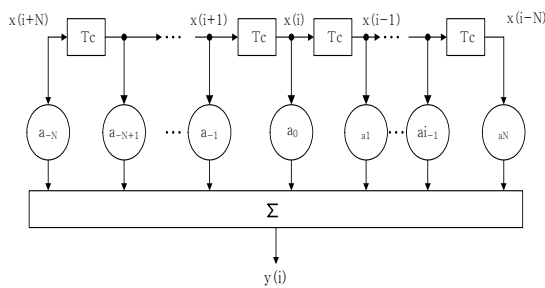


그림 6. 조절가능한 트랜스버설 필터구성도  
Fig. 6 Adjustable Transversal Filter 구성도

제안한 방법에 대한 기본개념은 WLAN 시스템에 수신되는 해당하는 WPAN 신호 주파수에 대해 주파수 성분을 제거하기 위해 null 신호를 제공할 수 있도록 하는 것이다. 그러나 신호는 각 패킷 전송마다 새로운 주파수로 도약하기 때문에 WLAN 수신기는 WPAN 전송기의 주파수 도약 패턴 및 타이밍을 파악할 필요가 있다. 이러한 정보는 WLAN 수신기의 일부로 WPAN 수신기를 이용해 봄으로써 얻을 수 있다. 이러한 해석은 물리 계층에서의 해결점이므로 이는 MEHTA MAC 계층의 해결책과 통합될 수 있다.

간섭신호가 단일 톤인 경우를 가정해 보자. 조절가능한 트랜스버설 필터에서의 중앙 탭을 고려해볼 때, i 번째 샘플링 시간에서의 샘플신호는 식 (3)과 같다.

$$x_i = d_i + V_j \cos(2\pi f_i T_c + \theta) + n_i \quad (3)$$

$T_c$  는 대역확산을 위한 PN코드의 주기,  $d_i$  는 신호 진폭이고,  $V_j$  와  $f_j$  는 간섭의 진폭과 주파수이다.  $\theta$  는 균일 분포를 갖는 임의의 위상각이다. 간섭신호가 stationary 한 경우 오류를 최소화할 수 있는 최적화된 가중치 탭 (tap weights)을 찾기 위해 Wiener 해석법을 이용할 수 있

다. 이들 최적화 탭 계수들( $a_{k,opt}$ )은 식(4)의 해로부터 구할 수 있다[7].

$$\sum_{k=-N, k \neq 0}^N r(l-k)a_{k,opt} = r(l), \quad l = -N, \dots, -1, 1, \dots, N \quad (4)$$

여기서  $r(m) = E\{x_i x_{i-m}\}$  : 자기상관 함수,  $x_i$  는 그림 6에 나타난 표본신호이다.

PN시퀀스가 충분히 길다고 가정하면 서로 다른 탭에서의 PN신호 표본들은 서로 상관성이 없다. 이런 경우 최적의 탭 가중치 값은 식(5)와 같이 표현된다.

$$a_{k,opt} = 2A \cos(k\omega T), \quad \omega = 2\pi f_i \quad (5)$$

이때 A는 식 (6) 과 같다.

$$A = \frac{J}{2(S + \sigma_n^2) + J[2N - 1 + \frac{\sin(2N+1)\omega T}{\sin\omega T}]} \quad (6)$$

여기서 S: 신호전력, J: 간섭전력,  $\sigma_n^2$  : 잡음전력 이다.

#### IV. 시스템의 성능분석

성능분석을 위해 정합여과기 입력에서의 신호, 잡음, 간섭신호 값을 이용하였고 성능을 높이고 복잡도를 줄이기 위해 필터의 탭 수(N)는 32로 하였다. 적응필터를 위한 필터 탭계수 예측치 값은 식(5),(6)을 이용하여 모의실험을 하였다. 그림 7 WPAN 시스템 간섭 신호 하에 WLAN 시스템의 성능을 비트오차 확률측면에서 모의실험 한 결과이다. 이 결과는 간섭신호의 억압을 위한 방법을 적용하지 않은 결과이다. 결과를 보면 알 수 있듯이 모든 간섭신호의 주파수 오프셋에 있어서 수용 가능한 성능을 내기 위해서는 약 -5dB의 CIR(Carrier to Interference ratio) 값이 요구됨을 알 수 있다. 그리고 만약 주파수 오프셋이 약 5MHz 이상인 경우는 약 -11dB의 CIR 값이 요구됨을 알 수 있다. 그림 8은 본 연구에서 제안한 방법의 수신기 구조에서의 성능결과를 나타낸다.

그림7의 결과와 비교해 보면 알 수 있듯이 모든 주파수 오프셋의 경우에도 성능이 상당히 개선되었음을 알 수 있다. 가장 최악의 상황인 주파수 오프셋이 1MHz 인 경우에 비트오차확률 성능이  $10^{-3}$ 을 만족하기 위한 CIR 값은 약 -20dB가 됨을 알 수 있다.

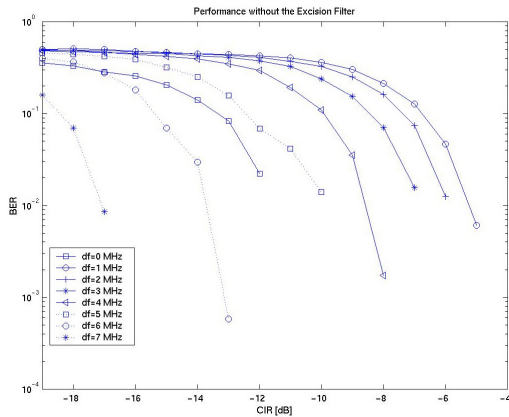


그림 7. WPAN 간섭신호하의 WLAN시스템 성능  
Fig. 7. WLAN system Performance with WPAN Interference

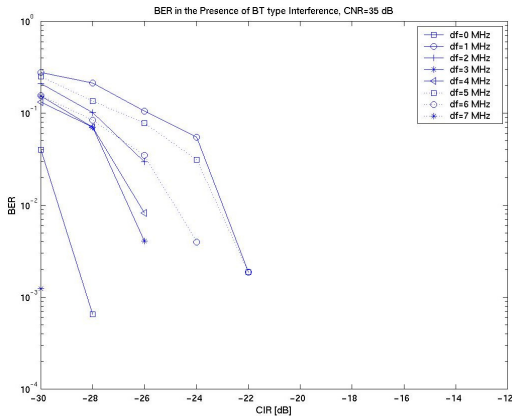


그림 8. WPAN 간섭신호하의 간섭제거기법을 적용한 WLAN시스템 성능  
Fig. 8. WLAN system Performance with WPAN Interference with suppression filter

## V. 결론

여러 가지 무선 홈 네트워크 시스템중 가장 활발한 성장을 거듭해온 WLAN시스템과 Bluetooth로 불리는 근거리 무선통신으로 대표되는 WPAN시스템에 있어서 두 서비스간의 공존을 위한 WLAN 시스템에 대한 WPAN 시스템의 간섭을 최소화하기 위한 방법에 대해 두 서비스간의 반송파 주파수 오프셋에 따른 간섭 전력과 다중경로 페이딩의 영향 등으로 인한 제안된 방법에 대한 성능을 심볼 오차 확률에 대해 성능 분석하였다. 이를 위해 각 시스템의 기본 개요와 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 확인하였고 본 논문에서 제안한 간섭억제 방법을 적용하였을 경우 주파수 오프셋이 최악상황인 경우에도 상당한 성능향상 개선이 됨을 알 수 있었다. WLAN 시스템은 직접대역확산방식으로 넓은 대역폭을 계속적으로 사용하고 있기 때문에 주파수 도약 방식의 Bluetooth 시스템에서 발생하는 도약 패딩에 대한 사전예측 방법에 대한 보다 효율적인 방법을 연구하여 상호 간섭을 줄일 수 있는 연구가 앞으로 더 진행되어야 할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- [1] IEEE, "IEEE standard for wireless LAN medium access control and physical layer specifications," IEEE Std 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] IEEE Std. 802-11, IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, 2001 Edition.

- [5] Eldad Perahia, "IEEE 802.11n Development: History, Process, and Technology," IEEE Communications Magazine, Jul.2008, pp.48-55
- [6] Jack, K. Homes, "Coherent Spread Communication", Wiley interscience, Inc. 1982.
- [7] J. Proakis, Digital Communications, 3 ed. NY: McGraw-Hill, 1995.

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 철도전기시스템학과  
부교수

※ 관심분야: CDMA 이동통신, 통신이론, 차세대  
광대역 이동 멀티미디어 시스템