

2.4GHz ISM대역 통신방식에서의 간섭 연구

김영환, 김범무, 최명수, Tushar Keshav, 이연우, 정민아, 이성로

목포대학교

srlee@mokpo.ac.kr

Research on Interference in 2.4GHz ISM Band

Yeonghwan, Beommu Kim, Choi Myeong Soo, Tushar Keshav, Yeonwoo Lee, Min-a Jung, Seong Ro Lee

Mokpo National Univ.

요 약

최근 IEEE 802.11(Wi-Fi), IEEE 802.15.1(Bluetooth), IEEE 802.15.4(ZigBee) 등 2.4GHz 대역의 비허가 주파수 대역의 사용이 늘어나고 있다. 통신 방식은 다르지만 사용 주파수 대역이 동일하다는 관점에서 간섭의 영향을 피할 수 없기 때문에 각 기술간 간섭의 영향을 완화하고 간섭 상황에서 각 기술의 성능을 향상하기 위해 각 기술에 대한 상호 작용하는 것에 대한 연구가 진행 되어야 한다. 본 논문에서는 IEEE 802.11b/g, IEEE 802.15.1, IEEE 802.15.4가 2.4GHz 대역에서 상호간에 미치는 영향을 분석하기 위해 PER(Packet Error Rate) 분석을 수행하였다.

1. 서론

최근 다양한 무선기술의 등장과 확산으로 인하여 RF 스펙트럼의 가용성이 떨어지고 있다. 이러한 현상을 고려했을 때, 2.4GHz 대역의 비허가 주파수 대역의 사용이 늘어나고 있다. IEEE 802.11(Wi-Fi), IEEE 802.15.1(Bluetooth), IEEE 802.15.4(ZigBee)가 대표적인 예이다. 통신 방식은 다르지만 사용 주파수 대역이 동일하다는 관점에서 간섭의 영향을 피할 수 없다. 이 때문에 각 기술간 간섭의 영향을 완화하고 간섭 상황에서 각 기술의 성능을 향상하기 위해 각 기술에 대한 상호 작용하는 것에 대한 연구가 진행되어야 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 2.4GHz 대역에서 사용되는 WiFi, ZigBee, Bluetooth에 대한 기술을 분석하고, WiFi, ZigBee, Bluetooth가 2.4GHz 대역에서 상호 간섭에 미치는 영향에 대해 분석한 다음 모의실험을 통해 분석 결과를 보인 다음 3장에서 결론을 맺는다.

II. 본론

2.1. Wi-Fi

Wi-Fi는 하이파이(Hi-Fi, High Fidelity)에 무선기술을 접목한 것으로 고성능 무선통신을 가능하게 하는 무선랜 기술이다. 무선랜이란 네트워크 구축시 유선을 사용하지 않고 전파는 빛 등을 이용해 네트워크를 구축하는 방식이다. 실제 IEEE 802.11에서 802.11b, 802.11g, 802.11n은 블루투스나 ZigBee와 같이 2.4GHz ISM 대역을 사용한다. 실제 IEEE

802.11은 IEEE 802.15.1이나 IEEE 802.15.4보다 전송전력이 10~100배 더 크다. 비허가 대역인 2.4GHz ISM 대역의 무선통신 변조를 위한 두 가지 방법은 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)과 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)이다. 블루투스는 FHSS를 사용하는 반면에 Wi-Fi, ZigBee는 DSSS를 사용한다. Wi-Fi의 주 사용 목적은 데이터 처리량이다. Wi-Fi는 일반적으로 컴퓨터(또는 휴대용 단말기)를 LAN에 연결시키는데 사용된다[1]. 대부분의 Wi-Fi를 이용하는 단말기는 매일 충전을 하거나 벽 전원을 공급 받기 때문에 전력에 민감하지 않다.

2.2. 블루투스

블루투스는 휴대전화, PC 및 주변기기 등을 무선으로 접속하기 위한 통신규격으로 관련 지적소유권을 무상으로 제공하는 개방적인 기술이다. 특히 타 통신 시스템과의 상호 간섭은 확실하게 나타나지만 동일한 시스템만을 사용할 경우의 상호 간섭은 미세하다. 이러한 이유로 2.4GHz에서 네트워크를 설계하는 것은 시스템의 수가 증가함에 따라 주파수 간섭이 증가하고, 간섭 영향의 증가 양만큼 증가된 대역 마진을 해당 네트워크에 제공할 수 있어야 한다.

블루투스는 1Mbps의 데이터 속도로 라디오 채널을 통해 음성 및 데이터 패킷을 모두 전송할 수 있으며, 동작 범위 10m 이내를 커버할 수 있는 단거리 개인 영역 네트워크(PAN)이다. 전송전력 Tx는 1mW로 매우 낮다. 변조방식으로는 가우시안 주파수 천이 키잉(GFSK) 변조 기술을 사용하고, 같은 주파수 스펙트럼에서 다른 기기의 동작으로부터의 간섭을 줄이기 위한 기술로 주파수 호핑 확산 스펙트럼(FHSS) 기술을 사용한다. 블루투스에서의 간섭은 회복이 가능하거나 다양한 공존기술

을 사용하여 이를 피할 수 있다[2].

2.3. ZigBee(IEEE802.15.4)

IEEE 802.15.4 표준은 2.4GHz의 ISM 대역에서 낮은 전송속도로 동작하는 PHY계층과 MAC계층을 정의한다. 이 표준에서 2 MHz의 대역과 3 MHz의 채널 간 겹 밴드를 가지는 16개의 채널을 정의하고 있다. 또한 내보내지는 바이트는 두 개의 4비트 심볼로 나뉘며, 각 심볼은 16개의 의사 랜덤, 32개의 칩 시퀀스중 하나에 매핑된다. O-QPSK를 사용하는 칩 시퀀스의 무선 인코딩은 250 Kbps로 전송한다.

IEEE 802.15.4 무선방식은 사용자 정의에 의한 수신된 32개 칩 시퀀스와 유효한 SFD 시퀀스 사이의 최대 헤밍거리를 제어하는 상관 임계값을 제공한다[3]. 이 임계값이 높으면, 수신된 신호는 이상적인 신호에 일치해야 한다. 따라서, 신호대 잡음비는 높아야 한다. 반면에 이 임계값이 낮으면, 수신기는 손상된 패킷이나 채널 잡음을 해석하는 것에 의한 낮은 신호대 잡음비를 감수해야 한다[4].

2.4. WiFi(IEEE802.11)와IEEE802.15.1

본 실험을 위해 DSSS 방식을 사용하고 11Mbps의 전송속도를 제공하는 WLAN 시스템을 고려하였다. 각각의 WLAN 패킷이 응답과 정보를 지속적으로 스트리밍하고 있는 다음에 있다고 가정하였고, 데이터 교환이 비대칭이라고 가정하였다. 블루투스 피코넷을 고려하여 WLAN 수신기의 p_e 값을 10^{-3} 으로 설정하였고, 패킷이나 해당 응답이 제대로 수신되지 않았을 경우에 WLAN 패킷의 전송이 실패했다고 가정하였다. 블루투스 시스템에서 $T_{BI} = 625\mu s$, $T_{BP} = 366\mu s$ 로 설정했다. 음성 트래픽에서 전화 통화가 활성화되는 동안 음성 패킷은 여섯 개의 시간 슬롯마다 양방향으로 전송된다. 데이터 트래픽의 경우 $366\mu s$ 길이의 짧은 데이터 패킷이 사용된다.

그림 1은 블루투스 음성 링크 간섭의 영향에 의한 WLAN의 패킷 오류 확률을 보여준다. 확률 곡선은 WLAN 패킷 페이로드의 값들에 대해 블루투스 트래픽 부하의 다른 값을 보여준다. 또한 WLAN 패킷 오류 확률은 상당히 높으며, 보다 큰 페이로드가 고려될수록 증가함을 보여준다. 그러나, 트래픽 제어 알고리즘을 WLAN 시스템에 적용한다면 상당한 성능개선이 될 수 있을 것이다.

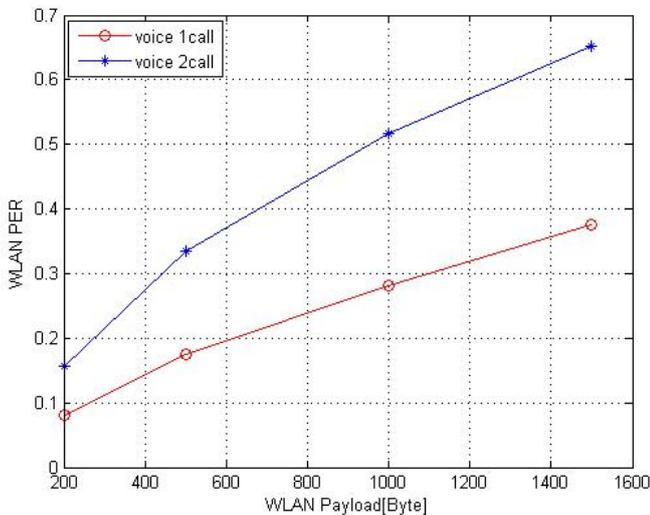


그림 1. 블루투스 음성통화시 WLAN의 패킷 에러 확률

2.5 WiFi(IEEE802.11)vs.IEEE802.15.4

본 실험을 위해 ZigBee 엔드 디바이스에서 ZigBee 코디네이터로 500개의 ZigBee 데이터 패킷을 지속적으로 전송하였다. WLAN에서는 7번 채널에 해당하는 2442MHz 채널을 사용하였다. 고정된 ZigBee 네트워크는 서로 다른 중복 채널에서 동작한다. 실제적으로 WLAN 중심주파수에서 오프셋이 각각 2MHz, 3MHz, 7MHz, 8MHz인 18번 채널(2440MHz), 19번 채널(2445MHz), 17번 채널(2435MHz), 20번 채널(2450MHz)을 사용하였다.

하나의 WLAN 채널의 중심주파수에서 오프셋이 2MHz, 3MHz, 7MHz, 8MHz인 4개의 중복되는 ZigBee 채널이 있다. 고정된 전송전력을 갖는 WLAN 신호 아래 ZigBee 네트워크의 PER을 얻을 수 있다. 그림 2에서 알 수 있듯이 802.11b와 802.11g 오프셋이 2MHz인 ZigBee 채널은 WLAN 중심주파수와 가장 가까운 채널로 가장 심각한 간섭을 받고 있고, 오프셋이 8MHz인 ZigBee 채널이 가장 작은 간섭을 받고 있으며, 비 중복 채널은 간섭으로부터 영향을 전혀 받지 않음을 알 수 있다. 결론적으로 오프셋 주파수가 클 때 간섭 전력은 작아지며, 간섭의 영향이 작아지게 된다.

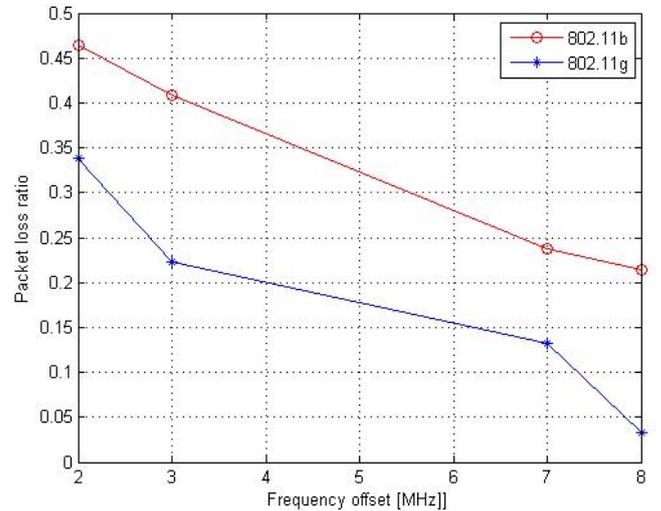


그림 2. ZigBee 코디네이터와 WLAN AP의 거리가 3m일 때 패킷 손실 비율

III. 결론

본 논문에서 IEEE 802.11 WLAN 시스템과 블루투스 시스템간의 간섭의 영향을 계산하기 위한 계산 모델을 제시하였고, 분석하였다. 블루투스 시스템에서는 음성과 데이터 링크 모두를 고려하였다. 결과적으로, 블루투스의 피코넷이 활성화 되었을 때 WLAN 시스템은 높은 패킷 오류 확률을 보였다. 또한 WLAN과 ZigBee 시스템간의 간섭의 영향을 계산하기 위해 모델을 제시하고 분석하였다. 오프셋이 2MHz인 ZigBee 채널은 WLAN 중심주파수와 가장 가까운 채널로 가장 심각한 간섭을 받고 있고, 오프셋이 8MHz인 ZigBee 채널이 가장 작은 간섭을 받고 있으며, 비 중복 채널은 간섭으로부터 영향을 전혀 받지 않음을 알 수 있다. 결론적으로 오프셋 주파수가 클 때 간섭 전력은 작아지며, 간섭의 영향이 작아지게 된다. 향후 연구로는 본 논문의 결론을 바탕으로 간섭의 영향을 줄일 수 있는 방안에 대해 연구하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2011-0022980)

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011-0023364)

참 고 문 헌

- [1] IEEE Computer Society. Local and metropolitan area networks - Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications.
- [2] Alec Woo, David E. Culler. "A Transmission control Scheme for Media Access in Sensor Networks", MobiCom '01 Proceedings of the 7th annual international conference on Mobile computing and networking, Rome, Italy, July 16-21, 2001.
- [3] http://www.chipcon.com/files/CC2420_Data_Sheet_1_3.pdf
- [4] C. F. Chiasserini, R. R.. Rao, "Performance of IEEE 802.11 WLANs in a Bluetooth Environment", IEEE Wireless Communications and Networking Conference 2000(WCNC 2000), Chicago, Sept. 2000.