

# 2.4GHz ISM대역 IEEE 802.11b WLAN 과 IEEE 802.15.4 WPAN 상호 전파 간섭에 따른 성능 분석

천재영·박진아·박승근  
한국전자통신연구원

## A Performance Study on Radio Wave Interference between IEEE 802.15.4 WPAN and IEEE 802.11 WLAN in 2.4GHz ISM Band.

Jae-Young Chun, Jin-A Park and Seung Keun Park  
Electrics and Telecommunications Research Institute  
E-mail : jychun@etri.re.kr

### 요 약

차세대 홈네트워크 환경하에서는 다양한 데이터 통신 무선기기들이 홈/오피스에서 공존할 것이다. 예를들어 무선랜, 블루투스(bluetooth), 지그비(Zigbee), 무선 USB, UWB(Ultra Wideband) 등이 함께 주파수를 공유하게 될 것이며, 특히 ISM 대역은 서비스, 산업, 의료 용 등으로 다양한 응용이 가능하기 때문에 전파 간섭이 예상된다. 본 논문에서는 IEEE 802.11b 무선랜(WLAN)과 IEEE 802.15.4 저전력 저속 무선랜(WPAN) 무선기기에 대하여 간섭실험을 하였으며 두 무선기기가 상호 공존할 수 있는 공유 조건에 대해 분석하였다. 무선랜(WLAN)과 무선랜(WPAN)의 주파수 대역이 완전히 오버랩된 경우 간섭 레벨과 무선랜의 패킷 전송 횟수를 변화 시켜 상호간의 간섭 영향 정도를 측정하고 상호 무선기기간의 간섭 결과를 바탕으로 상호 무선기기간의 주파수 공유 조건을 제시하고자 한다.

### 키워드

전파, 간섭, 양립성, 공존성, WLAN, WPAN

### 1. 서 론

차세대 홈네트워크 환경 하에서는 다양한 무선 기기가 동일한 지역 혹은 인접한 공간에서 상호 간 주파수를 공유할 것이다. 예를 들어 블루투스(Bluetooth), 지그비(ZigBee), 무선랜(Wireless LAN), UWB(Ultra Wideband), 무선 USB(Wireless USB) 등 무선기기는 2.4 GHz 대역 주파수를 공유하는 무선기기로서 홈네트워크 환경 하에서 집안의 전등 소등용 리모컨, 원격 홈오트메이션 구현, 단거리 고속데이터 통신 등 다양한 방법으로 구현된 무선기기들이 공존할 경우 주파수 간섭이 예상된다. 차세대 홈네트워크 환경 하에서는 다양한 방법으로 구현된 무선기기들이 홈/오피스에 공존하기 때문에 주파수 배치, 채널 조정, 전계강도 및 이격거리 설정, 그리고 주파수 공유 기술 등이 고려되어야 한다.

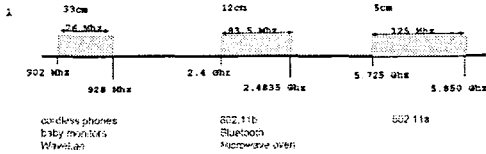
IEEE 802.15.4 무선랜과 IEEE 802.15.4 무선랜

(Wireless Personal Area Network)은 데이터 통신 방식으로 통신 채널이 비점유중인 시간에 패킷을 전송하기 때문에 상호 공존이 가능하다. 두 무선기기는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 방식을 사용하며 충돌이 발생하게 되면 임의의 시간동안 대기후 재전송을 시도한다. 본 논문에서는 무선랜과 지그비(ZigBee)기기간의 채널별 상호 간섭 정도와 단위 시간당 전송되는 패킷의 양을 조정하여 데이터의 처리율(throughput)의 변화량을 측정하여 상호 무선기기간의 공존성을 분석하고자 한다.

### II. ISM 대역 무선기기

무선랜(Wireless LAN)은 노트북 컴퓨터나 데스크탑 컴퓨터의 데이터 통신을 목적으로 활용된다. IEEE 802.15.4 무선랜(Wireless PAN) 기준을 준수

하는 저전력 저속 무선기기인 지그비(ZigBee)는 일반적으로 온도센서, 진동센서, 광센서와 같은 어플리케이션 디바이스와 결합하여 생태환경 감시, 재난감지, 홈오트메이션 응용기기 등으로 활용된다. <그림1>은 ISM 대역 주파수에 관한 예이다. <표1>은 IEEE 802.11b 무선랜과 IEEE.802.15.4 무선랜 기기의 표준 스펙 비교표이다.



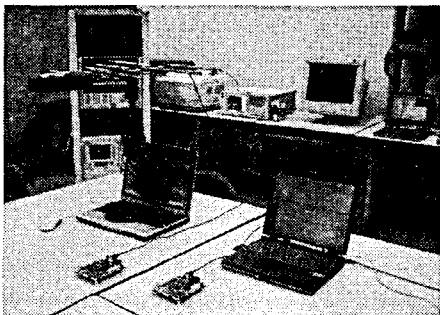
<그림1> ISM 대역 주파수

<표1> 2.4GHz ISM 대역 무선기기 사양 비교

	Data Rate	Number of channels	Interference avoidance method	Minimum quiet bandwidth required
Wi-Fi 802.11b	11 Mbps	13	Fixed channel collision avoidance	22 MHz
Bluetooth	7203 Kbps	79	Avoidance frequency hopping	15 MHz
Wireless USB	62.5 Kbps	79	Frequency agility	1 MHz
ZigBee	250 Kbps	16	Fixed channel collision avoidance	3 MHz

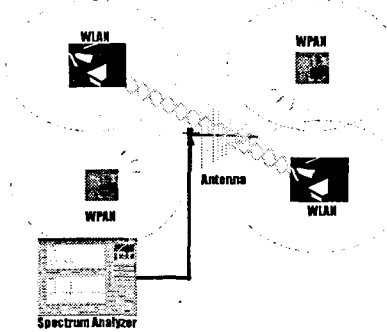
### III. RF 실험 환경

실험에 사용된 측정 장비는 다음과 같다. 무선랜은 크리웨이브사의 CW1000, 무선랜은 칩콘(Chipcon)사의 지그비 CC2420, ETS 사의 로그-피리어드 안테나, 스펙트럼 분석기, 무선랜 데이터 처리를 측정 프로그램 셰리엇(Chariot), 지그비 제어 응용프로그램 스마트 스튜디오(Smart Studio ver6.4)를 사용하였다. 실험은 차폐가 잘 구성된 실험실에서 각각의 무선기기에서 방사한 전파를 안테나를 통해 수신 받은 신호를 통해 관찰하였다. <그림2>IEEE 802.11b 무선랜과 IEEE 802.15.4 무선랜 기기간의 실험 사진이며, <그림3>는 실험



<그림2> 간섭 실험에 동원된 장비

구성도이다. 각각의 무선랜과 무선랜은 약 5m 이 격된 거리에서 전파 방사가 이루어 졌다.



<그림3> 간섭실험 구성도

### IV. 전파 간섭 실험

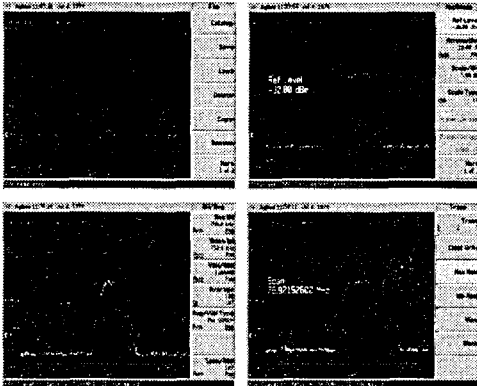
앞서 <그림1>과 <표1>에서 ISM 주파수 대역과 기기별 채널 분배 현황, 데이터 전송률에 대해 살펴보았다. 무선랜은 22MHz 점유주파수 대역폭을 가지며 2.4GHz 대역에서 13개의 채널이 있으며 지그비(ZigBee)의 경우 동일한 주파수 대역에서 3MHz 점유주파수 대역을 16개의 채널로 구분된다. 무선랜 1개의 채널의 크기는 무선랜 5개의 채널 크기에 해당되며 본 실험에서는 무선랜 특정 채널에 대해 지그비의 오버랩되는 5개의 채널에 대한 각각의 최대 최소 평균의 데이터 처리율(Throughput)를 측정하였다. <표2>는 본 논문에서 실험하고자 하는 채널에 대한 예이다.

<표2> 실험하고자 하는 주파수 채널

	IEEE 802.15.4 WPAN(ZigBee)		IEEE 802.11b WLAN(Wi-Fi)	
	CH	Center Frequency (MHz)	CH	FCC channel Frequency (MHz)
2.4 GHz Band	1	2405	1	2412
	2	2410	2	2417
	3	2415		
	4	2420	3	2422
	5	2425		
	6	2430		
	~	~	~	~
16	2480	13	2472	

실험에서 무선랜은 최대 데이터 전송효율을 낼 수 있도록 Ad hoc 네트워크로 구성하였다. 전파 간섭이 없었을 때 최대 데이터 전송률은 약 5.5Mbps로 데이터 통신이 이루어 졌다. 지그비(ZigBee)의 경우 최대 전송률은 250Kbps 이고 50 msec 마다 규칙적으로 패킷을 전송하였다. <그림3>은 각각의 무선랜 채널에 대해 무선랜의 채널에 오버랩 시켰을 경우 로그-피리어드 안테나를 통해 수신된 신호를 스펙트럼 분석기로 캡처한

이미지들이다. 첫 번째 그림은 지그비의 30바이트 랜덤 데이터를 반송파 신호에 실어 변조된 스펙트럼이다. 그림2.3.4는 지그비의 1번 채널(2405MHz), 3번 채널(2415MHz), 6(2430MHz)번 채널을 무선랜의 1번 채널(2412MHz)에 대해 오버랩된 신호를 캡처한 이미지들이다.



<그림3> 무선랜과 무선랜의 채널별 간섭

다음의 <표3>는 각각의 무선랜 1번 채널에 대한 지그비의 1번(2405MHz), 2번(2410MHz), 3번(2415MHz), 4번(2420MHz), 5번(2425MHz), 6번(2430MHz) 채널에 대해 간섭 측정된 결과를 최대, 최소, 평균으로 구분하여 측정하였다. 분석결과 무선랜1번 채널에 대해 지그비 2번 채널에서 무선랜의 전송 처리율(Throughput)이 가장 낮게 측정되었으며 간섭이 심하게 발생된다. 지그비의 채널이 6번(2430MHz) 이상에서는 원래 간섭이 없었을 경우의 무선랜의 데이터 전송률(Throughput)에 근접한 결과를 보여주었다.

<표3> 무선랜 데이터 처리율 측정 결과

	Average (MHz)	Minimum (MHz)	Maximum (MHz)
CH1 (2405MHz)	3.644	0.942	4.938
CH2 (2410MHz)	2.863	0.094	5.000
CH3 (2415MHz)	4.022	0.824	4.908
CH4 (2420MHz)	3.797	1.891	4.819
CH5 (2425MHz)	4.130	2.469	4.849
CH6 (2430MHz)	4.659	3.077	5.263

(단위: Mbps)

앞서 채널별 간섭에 따른 데이터 전송률의 변화량을 측정하였다. 무선랜과 지그비의 무선 채널 중 가장 간섭이 심한 채널에 대해서 초당 패킷의 전송횟수의 변화에 따른 간섭률을 측정하였다. 측정은 50 msec, 100 msec, 200 msec, 500 msec 단위로 패킷을 일정한간격으로 전송하였다. 전송되는

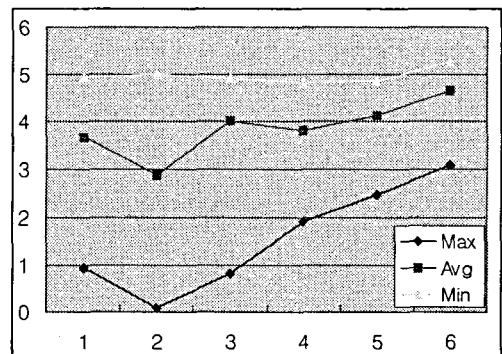
데이터의 크기는 30바이트이고 패킷의 크기는 64바이트로 고정하였으며 전송 데이터는 랜덤한 문자열이다. 간섭 실험 측정 결과는 다음의 <표4>와 같다.

<표4> 단위 시간당 패킷량에 따른 무선랜 처리율

	Average (MHz)	Minimum (MHz)	Maximum (MHz)
20 packet/second	2.863	0.094	5.000
10 packet/second	3.713	2.145	4.908
5 packet/second	4.328	2.216	4.878
2 packet/second	3.612	2.116	4.849

실험결과 50 msec 단위로 지그비의 데이터 패킷을 전송했을 경우 간섭률이 높게 나타난다. 단위시간당 최소 전송률을 관찰하면 단위시간당 100msec 이상으로 전송했을 경우 최소값에 미치는 영향이 적은 것으로 나타났다. 또한 평균값 역시 100msec 이상으로 전송했을 경우 데이터 전송률에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 이 실험에서 지그비의 송신전력은 최대 4dBm 까지 프로그래머블 어플리케이션으로 조정이 가능하기 때문에 출력전력은 최대값으로 설정하였으며, 평균 패킷 전송률은 10000개의 패킷이 송신단에서 수신단으로 전송되었을 경우 97.5%로 거의 모든 패킷이 안정적으로 송신됨을 확인할 수 있었다. 참고로 본 실험에서는 1쌍의 지그비 모듈을 사용했는데, 1쌍을 모두 송신 모드로 설정하고 UTP 모드로 데이터 패킷을 일방적으로 송신하였을 경우 단위 시간당 25 msec의 패킷을 전송하게 되는데 무선랜의 통신 링크 설정에도 지연을 줄만큼 충분한 간섭 효과가 있는 것으로 측정되었다.

다음의 <그림4>은 이미 앞서 제시한 <표3>의 데이터 값을 그래프화 한 것이다. 무선랜 1번 채널에 대해서 지그비 채널 1번 ~ 6번까지 간섭 측정 결과를 최대·최소, 그리고 평균으로 구한 값을 그래프화 한 것이다. 현실적으로 무선랜 1번 채널에 대해 지그비 2번 채널을 중첩 사용하지



<표3> 무선랜 데이터 처리율 측정 결과

않을 경우 그 외 다른 채널에서 전파 간섭의 영향이 무선랜 데이터 통신에 심각한 영향을 미치지 않는 것으로 나타난다. 참고로 위의 실험 결과는 이미 앞서 설명하였듯이 무선랜 전체 채널에 대한 간섭 실험의 결과가 아니기 때문에 모든 무선랜 채널에 대해 일반화 할 수 없다. 다만 본 실험에서는 제한된 채널만을 가지고 무선랜과 지그비 무선기기가 상호 공존 여부에 대한 기초 실험에 불과하다. 실험의 결과에서 알 수 있듯이 무선랜과 IEEE 802.15.4 무선랜 표준을 따르는 지그비 모듈은 음성 데이터 통신기기처럼 특정 채널을 완전 점유하여 통신하는 무선기기가 아니다. 따라서 상호 무선기기는 동일한 주파수 대역을 사용중이더라도 시간 영역에서는 완전히 점유되지 않기 때문에 상호간 비 점유 시간에 데이터 통신이 이루어진다면 상호 공존이 가능하다. 본 논문에서는 상호 무선기기간의 전파 간섭 실험을 통하여 두 무선기기간의 공존성에 대해 분석하였다.

## V. 결 론

차세대 홈네트워크 환경 하에서는 다양한 무선 기기들이 상호 공존하여 연동 될 수 있다. 특히 2.4 GHz ISM 대역은 국제적으로 동일하기 때문에 다양한 서비스·산업·의료용 등 다양한 무선 기기들이 존재할 수 있다. 차세대 홈네트워크 환경 하에서는 단거리 무선 통신기기들이 다수 존재할 수 있는데 심지어 TV 리모컨, 전등의 소등·소멸, 원격도어 등이 대표적인 예이다. IEEE 802.15.4 무선랜은 단지 전파 통신을 위한 인터페이스에 대한 기술기준일 뿐 현실적으로 다양한 종류의 센서가 탑재되어 운용될 것이다.

본 논문에서는 홈네트워크 환경 하에서 무선랜과 IEEE 802.15.4 무선랜 표준을 따르는 지그비 무선기기와의 상호 공존성에 대한 실험을 하였다. 두 무선기기는 데이터 통신을 하며 할당된 주파수 채널중 데이터 통신이 필요할 경우에만 링크가 형성되어 통신이 이루어진다는 사실에 근거하여 시간적으로 상호간에 공유가 가능하다는 전제하에 실험을 하게 되었다. 실험에서 IEEE 802.11b 무선랜의 1번 채널과 IEEE 802.15.4 무선랜 기준을 따르는 지그비의 채널 1번 ~ 6번까지의 간섭 실험을 하였으며 지그비 채널 2번을 50 msec 로 데이터 패킷의 전송한 경우를 제외하고는 그 외의 채널에서 무선랜의 데이터 통신에 영향이 적었다. 논문의 실험결과를 토대로 무선랜과 지그비 무선기기와의 공존 가능성을 검토하였다. 향후 홈네트워크에서는 IEEE 802.11a/b/g 무선랜, 블루투스, 지그비, 무선 USB, UWB, ISM 기기 등 홈네트워크 환경을 구성하는 무선기기간의 상호 공존성을 검토하기 위해서는 더 많은 현장 실험이 필요할 것이다.

## 참고문헌

- [1] D.Leskaroski, W.B.Mikhael, "Frequency Planning and Adjacent Channel Interference in a DSSS Wireless Local Area Network, Nortel Networks and Harris/Intersil Corporation