

5 GHz 대역 무선 랜의 실내 간섭 영향에 따른 데이터 전송률 측정 연구

A Study of Data Transmission Rate Measurement in 5 GHz Band Wireless LAN under the Influence of the Indoor Interference

송 홍 종 · 박 유 식 · 신 용 섭

Hong-Jong Song · You-Sik Park · Yong-Sup Shin

요 약

이 논문에서는 기존에 운용되고 있는 5 GHz 대역의 무선통신 시스템과 무선 랜 시스템간의 전파 간섭 특성을 이해하기 위하여 실내 환경에서 간섭 실험을 수행하여 5 GHz 대역의 주파수 특성을 분석하였다. 신호 발생기에 의해 생성된 간섭 신호를 5 GHz 무선 랜 통신 시스템에 주사하여 주파수 간섭특성을 측정하였으며 전파 간섭의 주요간섭 요소로는 간섭원 주파수의 수신 레벨 이격, 간섭원 주파수 펄스의 주기 및 폭 이격 이다. 마지막으로 측정 시스템인 5 GHz 대역 무선 랜의 신뢰도를 확인하기 위하여 가변적인 데이터 전송률과 패킷 크기에 따른 전송률을 측정하였다. 이러한 측정 요소들을 측정하고자 하는 주파수 대역에서 패킷 손실률과 수신 레벨을 측정하여 간섭요인에 의한 특성을 분석하였다.

Key words : 5 GHz 주파수대역, 광대역 무선 랜, 주파수 간섭 및 공유, 실내간섭, BER, 수신레벨, 패킷손실

Abstract

In this paper, It is analysed 5 GHz frequency characteristics that carry out interference experimental under the indoor environments for understanding propagation interference between existing 5 GHz band wireless communication system and 5 GHz band wireless LAN system.

The interference signal which was generated by signal generator injected to 5 GHz Wireless LAN communication system measured interference characteristics and This radio propagation main interference factors were classified received power level separation by interference source frequency and interference source frequency pulse period & width separation. It is measured transmission rate according to variable data and packet size for conforming the quality of 5 GHz band wireless LAN system.

We measured the packet data loss rate and power level of received signal and analyzed its frequency characteristics effected by interference signal.

I. 서 론

초고속 무선 서비스에 대한 수요가 증가하면서 최근 5 GHz 주파수 대역 활용에 대해 관심이 높아

지고 있다. 특히, 차세대 무선 랜 기술인 5 GHz 주파수 대역에 대해서는 유럽의 HIPERLAN/2, 미국의 IEEE802.11a 및 일본의 MMAC(Multimedia Mobile Access Communication)등에서 동 대역의 표준화 및

정보통신부 전파연구소(Radio Research Laboratory, MIC)

· 논문 번호 : 20011114-161

· 수정완료일자 : 2002년 4월 8일

관련 기술 연구가 활발히 진행 중에 있으며 또한, 상호간 공동 표준안을 추진 중에 있다.^{[1],[2]}

5 GHz 주파수대역의 무선 랜은 최대 54 Mbps의 전송률을 가지며 광대역 ATM 및 IP 네트워크를 수용하고 150m 정도의 커버리지 영역을 갖는다. 그리고 서비스 지역 내에서는 저속의 이동성이 사용자에게 지원된다. 이러한 특징을 갖는 5 GHz 대역 무선 랜 시스템이 상용 서비스를 시행하기 위해서는 기존의 동 대역을 사용하고 있는 무선통신 시스템과의 주파수 간섭 문제 해결이라는 중요한 문제가 제기되고 있다.^{[3],[4]}

이에 본 고에서는 무선 랜 시스템의 실제 주파수 간섭 조건을 만족할 수 있는 실험환경을 실내에 설치하여 주파수 간섭 현상을 발생시킬 수 있는 요소들 즉, 간섭원 주파수의 파워 수신레벨, 펄스 주기 및 폭 등의 조건을 다양화하면서 패킷 손실률 및 수신 레벨을 측정하여 간섭현상을 분석하였다.^{[3],[4]}

II. 5 GHz 대역 주파수 이용 현황

ITU에서는 WRC-2000 회의에서 5.150~5.350 GHz 및 5.470~5.725 GHz 대역을 세계 공통으로 무선 랜 등의 고정접속시스템(FAS)용으로 분배를 검토하기로 결정하였다. 이에 따라 세계 각국은 WRC-2003 회의에서 5 GHz 대역의 주파수가 분배될 것으로 예상하고 무선 랜을 포함한 무선 접속망으로 위의 주파수 대역을 활용할 수 있도록 관련 분

야 연구에 몰두하고 있는 실정이다. 미국은 초고속 무선접속 인프라(NII)구축을 위한 주파수를 5.150~5.250 GHz, 5.250~5.320 GHz, 5.725~5.850 GHz 대역으로 결정하였으며 유럽의 ERC에서는 초고속 무선 멀티미디어 서비스를 위해서 5.150~5.250 GHz (HIPERLAN-1)

5.250~5.350, 5.470~5.725 (HIPERLAN-2) 주파수 대역을 배정하였다. 또한 일본에서도 5.250~5.350 GHz, 5.725~5.850 GHz 대역을 할당하고 있으며 추가 대역을 검토 중이다. 이러한 세계적 추세에 부응하여 국내에서도 5 GHz 대역을 이용한 무선 접속 사업에 대한 요구가 국내 통신 서비스업체와 제조업체에서 점차 증가되고 있어 주파수 특성에 대한 연구가 필요한 실정이다.

5 GHz 주파수 대역의 특징은 고주파이면서 실내와 실외에서 저속 이동성 지원이 가능하며 최대 54 Mbps의 고속 지원이 가능하고 회절성과 강우 감쇠

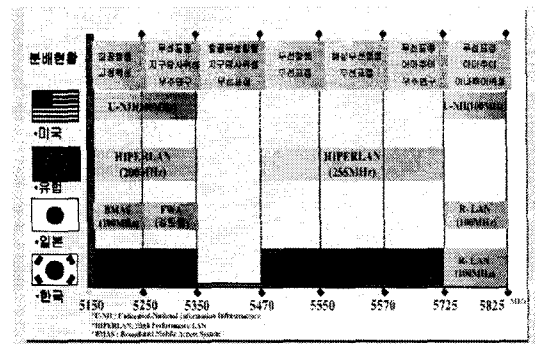


그림 1. 5 GHz 대역 주파수 분배 및 활용 계획

표 1. 5 GHz 대역의 주요 공유대상 및 간섭원

간섭원의 종류	동작 주파수	용도
기상 레이더 - Airborne meteorological radar - Ground-based weather radar system	5.250 ~ 5.850 GHz	- 기상 측정 - 항공기 운항을 위한 대기상태 측정 - 허리케인 연구 및 조사용
항공용 레이더 - Aeronautical radio navigation radars	5.350 ~ 5.460 GHz	- 항공 안전용 - 항공기의 안전 비행을 위한 항공 시스템용
무선 위치 추적용 레이더 - Radio location radars	5.250 ~ 5.850 GHz	- 우주선 및 비행기 tracking - 국가보안, 다국간 안보용
위성업무 시스템 - SAR (Synthetic Aperture Radar) - SRA (Spaceborne Radar Altimeter) - Spaceborne scatterometer system	5.250 ~ 5.570 GHz	- 지상 400~600 km 상공에서 동작 2차원 지형정보 및 고도정보 획득용
	5.250 ~ 5.350 GHz	- 대략 1,300 km 상공에서 동작 지상의 고도 측정용
	5.250 ~ 5.350 GHz	- 지상 700~800 km 상공에서 동작 해저측정용 / 해안 및 해양 지역

에 강한 면을 갖는다. 그리고 이러한 특성을 갖는 5 GHz 주파수 대역의 현재 사용중인 용도를 살펴보면 기상 관측용, 항공 안전지원용, 위성레이더로써 지형정보 획득, 지상고도 측정, 해저지형 측정 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 이와 같이 여러 용도로 사용이 되고있어 무선 랜 용도로 5 GHz 주파수 대역을 사용할 경우 심각한 간섭 현상을 초래할 수 있어 주파수 간섭 현상에 대한 연구가 필요하다.

Ⅲ. 전파간섭 이론

효과적인 스펙트럼의 이용은 확률 통계적 성질을 갖는 환경 적 파라미터와 시스템 파라미터를 분석하여 간섭을 줄임으로써 가능하다. 간섭을 분석하는데 있어 중요한 파라미터로는 중심주파수, 캐리어주파수들간의 이격, 주파수 안정도, 방사신호의 형태(아날로그 또는 디지털 여부, 변조방법), 송신전력, 안테나의 e.i.r.p., 주어진 대역폭 밖의 방사 등이 있으며, 안테나의 특성 파라미터로는 안테나 유효높이, 편파에 대한 방사패턴, 전후방비, 주 빔의 각 등이 고려되어야 한다.^{[5],[6]}

간섭 전력을 결정하기 위해 보통 다음의 식이 사용된다.

$$I = P_t + G_t + G_r - L_b(d)$$

위의 식은 간섭전력의 주파수 대역이 피 간섭 국의 수신기 대역보다 좁아서 주파수 여과 없이 모든 주파수 성분이 수신되어 간섭 전력으로 작용할 때 사용할 수 있다. 만일 간섭 전력의 주파수 대역이 피 간섭 국의 수신기 대역폭보다 크거나 일부 겹치는 경우라면 이러한 영향을 고려해야 한다.

3-1 주파수 간섭

주파수 간섭을 설명하기 위해서는 여러 가지의 주파수와 주파수 이격 거리에 대하여 원하는 신호, 간섭 신호, 그리고 수신기 특성 사이의 상호작용을 정량적으로 표현할 필요가 있다.^{[7],[8]}

3-1-1 FDR(Frequency Dependent Rejection)

FDR은 원하는 송신측 방사 스펙트럼을 수

신기의 주파수 선택 커브에 의해 거절하는 정도를 나타내는 척도이다.

3-1-2 FD(Frequency Distance)

FD는 간섭기와 피 간섭기의 동조주파수 차이의 함수로서 요구되는 최소 주파수 이격을 나타낸다.

3-1-3 상대적인 전파 주파수 보호비

원하는 송신캐리어가 Δf 의 주파수 차이를 가질 때의 보호비와 주파수 차이가 없을 때의 보호비 차이를 dB로 표시한 것이다.

FD와 FDR은 간섭기와 수신기 사이의 간섭 결합 정도를 나타내는 척도이며 전파 간섭 평가에 필요한 기본 파라미터이다. 이것들은 만족스러운 수신기 성능에 요구되어지는 간섭기와 수신기 사이의 최소 주파수 이격이나 거리 이격에 대한 추정 값을 제공함으로써 동일/인접 채널 주파수 공유나 기타 채널 간섭 문제들을 해결하는데 도움을 준다.

수신기에서의 간섭 전력 수준은 송수신 안테나의 이득과 전송손실의 함수이며 다음 식에 의해 보통 표현된다.

$$I = P_t + G_t + G_r - L_b(d) - FDR(\Delta f)$$

여기서

P_t : 간섭국의 송신 전력 (dBW)

G_t : 수신국 방향으로의 간섭국 안테나의 이득

G_r : 간섭국 방향에 대한 수신국 안테나의 이득

$L_b(d)$: 간섭국과 수신국 사이의 이격 거리 d 에 대한 기본 전송손실

그리고

$$FDR(\Delta f) = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} P(f) df}{\int_0^{\infty} P(f) H(f + \Delta f) df}$$

$$= \frac{H(f) = 1 \text{을 가정했을 때의 수신 간섭 전력}}{\Delta f \text{의 송수신 중심주파수 이격을 갖을 때 실제로 수신되는 간섭 전력}}$$

여기서

$P(f)$: 최대값 1로 정규화된 간섭전력 스펙트럼 밀도 (Power spectral density) (W/Hz)

$H(f)$: 수신기 주파수 선택성 또는 수신기 주파수 응답

$$\Delta f : f_t - f_r$$

여기서 f_t : 간섭기 동조 주파수

f_r : 수신기 동조 주파수

FDR은 동조 거절 (OTR : On-tune rejection)과 오프셋 주파수 거절 (OFR : Off-frequency rejection)로 나누어질 수 있다. OFR은 간섭기와 수신기가 동조 주파수를 벗어날 때 일어나는 추가적인 거절을 의미한다.

$$FDR = OTR + OFR(\Delta f) \text{ dB}$$

여기서

$$OTR = 10 \log \frac{\int_0^\infty P(f) df}{\int_0^\infty P(f) H(f) df}$$

$$OFR(\Delta f) = 10 \log \frac{\int_0^\infty P(f) H(f) df}{\int_0^\infty P(f) H(f + \Delta f) df}$$

OTR은 보정 계수라고도 불리며 종종 다음 식으로 근사화 된다.

$$OTR = K \log \left(\frac{B_T}{B_R} \right) \quad B_R \leq B_T$$

여기서

B_R : 수신기 3 dB 대역폭(Hz)

B_T : 송신기 3 dB 대역폭(Hz)

$K = 10$ (Non-coherent 신호일 경우)

$= 20$ (펄스 신호일 경우)

여러 개의 간섭이 존재하는 경우에는 아래와 같이 각각의 간섭전력을 더해 줘야 한다.

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_k$$

신호의 간섭 원은 다음 네 가지 형태로 분류할 수 있다.

- 동일 채널(Co-channel)
- 인접 채널(Adjacent-channel)
- 감도 감소(Desensitization)
- 상호 변조(Inter-modulation)

3-2 동일 채널 간섭(Co-Channel Interference)

동일 채널 간섭은 원하는 신호와 간섭 신호가 IF 증폭기 대역폭 내의 같은 채널 안에서 존재함으로써 발생한다. 원하는 신호와 간섭 신호가 겹치기 때문에 $FDR(\Delta f \rightarrow 0) \rightarrow 0 \text{ dB}$ 가 된다. 이러한 간섭 신호는 정상적인 수단에 의해서 여과될 수 없다. 서로 다른 전파 서비스에 있어서 동일채널 간섭 계산은 다르게 수행된다. 옥상 이동 서비스에 있어서 동일 채널 국들은 최악의 경우 120 Km 정도의 거리 이격을 갖는 사례가 있으나 이 거리는 지형이나 사용 주파수 조건에 따라 차이가 난다. 셀룰러 전파 시스템에서는 동일 채널 이격 거리가 훨씬 짧다(수 Km). 고정 서비스에 있어서 안테나의 지향성은 동일 채널 간섭 수준을 계산하는 데 중요한 역할을 한다(특히, 지상 국과 지구 국간의 동일 채널 간섭 계산에).

3-3 인접 채널 간섭(Adjacent-channel Interference)

인접 채널 간섭은 인접 채널에서 운용되는 간섭 신호나 송신기 불요·방사에 기인한다. 인접채널 간섭 수준은 수신기의 RF 신호 거절 특성에 따라 다르다. 인접 채널 간섭영향은 원하는 신호와 간섭 신호 사이의 상호 작용의 결과로 나타난다. 이러한 것들은 FD(Frequency Distance), FDR(Frequency Dependant Rejection) 이나 상대적 RF 보호비에 의해 나타낼 수 있다.

FD는 송신기와 수신기의 동조 주파수 차이의 합수로서 표시되는 최소 거리 이격이다. 인접 채널 간섭 수준은 $FDR(\Delta f)$ 에 의존한다. 보호비란, 원하는 신호와 간섭 신호가 같은 주파수를 사용하거나 Δf 의 주파수 차이를 가질 때 최소로 요구되어지는 그들의 비이다.

특정 수신기의 허용할 수 있는 최대 간섭 전력 (IM)이 결정된다면 수신기 성능은 아래 조건이 성립하여야 보장된다.

$$L_s(d) + FDR(\Delta f) \geq P_t + G_t + G_r - I_M$$

3-4 감도 감소(Desensitization)

간섭 송신기가 수신기에 매우 근접하여 위치하고 있을 때 감도 감소가 발생할 수 있다. 만약 간섭 신

호가 매우 크다면 수신기는 포화 상태가 될 수 있다. 감도 감소는 FDR(Δf)에 영향 받는다.

시스템 설계자는 이러한 유해한 간섭을 제거할 수 있는 수신기 주파수 선택 특성을 결정한다. 이러한 감도 감소 영향을 피하는 데 사용되는 통상적인 방법은 필터의 사용, 간섭국이나 피간섭국의 재배치, 또는 과도한 간섭 전력을 줄이는 것이다.

3-5 상호 변조에 의한 간섭 분석(Inter-Modulation Interference Analysis)

상호 변조는 전파 장비의 증폭 단계에 있어서의 비 선형성에 의해 종종 발생한다. 예를 들면, 아래와 같은 두 개의 정현파 신호로 구성된 전압이 비 선형 증폭기에 입력된다면

$$v_{in}(t) = A \cos 2\pi f_1 t + A \cos 2\pi f_2 t$$

증폭기의 출력은 다음과 같은 급소수로 표현될 수 있다.

$$v_{out}(t) = a_1 v_{in}(t) + a_2 v_{in}^2(t) + a_3 v_{in}^3(t)$$

이러한 출력은 많은 f_1, f_2 의 하모닉과 상호 변조 산물(Intermodulation products)로 구성된다. 이 중에서 $2f_1 - f_2$ 와 $2f_2 - f_1$ 의 주파수를 갖는 정현파 성분이 기본 f_1 과 f_2 에 매우 근접하게 되어서 증폭기 출력에 왜곡을 발생하게 된다.

상호 변조 간섭은 많은 송신기와 수신기가 작은 동일 지역 내에 위치할 때 자주 발생한다. 종류에는 송신기 상호 변조간섭과 수신기 상호 변조간섭이 있다.

3-6 간섭 확률

짧은 기간 내에서 간섭 확률은 다음과 같이 주어진다.

$$P(I) = \text{The probability } (A \cap B \cap C \cap D^*)$$

- A : 원하는 송신기가 송신할 경우
- B : 원하는 신호가 간섭 신호 없이 만족스럽게 수신될 경우
- C : 다른 장비에 의해서 간섭 신호가 발생될 경우
- D : 원하는 신호가 간섭 신호가 존재한다는 조건

에서 만족스럽게 수신될 경우
 D^* : D의 반대 경우

IV. 실내간섭 측정방안 및 환경

4-1 측정 방안

실제 5 GHz 대역 무선 랜용 주파수를 실외에서 사용할 경우 간섭의 주요 요인으로는 기존에 사용되고 있는 레이더 전파의 간섭이라고 할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 실제 레이더 신호를 에뮬레이션하여 실제 상황에서 발생할 수 있는 여러 가지 간섭 조건을 변화시켜 가면서 실내에서 측정하였다.

본 실험에서 제시한 측정 간섭의 조건은 첫째, 간섭원 주파수의 파워 수신레벨 변화에 따른 5 GHz 시스템의 패킷 손실률을 측정하였으며 둘째는, 간섭원 주파수 펄스 주기의 변화에 따른 5 GHz 시스템의 패킷 손실률을 측정하였고 셋째는, 간섭원 주파수 펄스 폭의 변화에 따른 5 GHz 시스템의 패킷 손실률을 측정하였다. 그리고 측정중인 5 GHz 무선 랜 시스템의 신뢰성을 확인하기 위한 실험으로 측정 시스템의 최적 데이터 전송률을 찾기 위한 실험을 진행하였으며 또한, 패킷 손실률 측정 시 가장 적합한 패킷의 크기를 알아보기 위한 실험을 실시하였다.

4-2 측정 환경

5 GHz 대역 무선 주파수 간섭 측정이 수행된 장소는 서울시 용산구 원효로 3가에 있는 전파연구소 전파 환경 측정실 2층 건물 복도이며 전체적인 건물의 재질은 콘크리트이고 건물의 앞면은 유리창으로 되어 있다. 또한 건물 천장의 재질은 석고 판넬이며, 바닥은 디럭스 타일 재질로 구성되어 있다. 송.수신단의 이격 거리는 측정대상인 5 GHz 시험 통신시스템의 기준 거리인 14 m이며 송.수신단은 유.무선 통신시스템 성능시험장치인 BER Tester(Smart Bits 2000)에 UTP 인터페이스 되어 있으며 BER Tester는 노트북에 의하여 조정된다. BER Tester는 Throughput, Packet loss, BER 등을 측정하여 통신 시스템의 성능과 신뢰성을 평가할 수 있는 장비이다.

수신 단에는 5 GHz 주파수 대역의 간섭 신호가

Signal Generator를 사용하여 실제 레이더 신호를 에뮬레이션 한 신호가 입력되며 이 신호는 OMNI Antenna를 통해서 송신된 후 수신 단에서 수신한다. 또한, 수신 단의 바로 앞단에서는 수신되는 원 신호와 간섭 신호를 OMNI Antenna를 통해서 수신한 후 Spectrum Analyzer에 의하여 수신 파형을 분석한다. 그리고 이 신호를 Plotter를 이용하여 출력한다. 그림 2의 실내 간섭 측정 환경에서 사용되는 설정 값은 다음과 같다. 통신채널 주파수는 5.200GHz이며 간섭원의 펄스 신호는 관악산 기상 레이더 신호를 에뮬레이션하였으며 펄스의 주기는 250 ms 펄스의 폭은 2 ms 펄스의 지연은 2.02 μ s이다. 측정 송수신단의 이격 거리는 14m이며 무선접속 송신단의 출력은 송신 주파수에 따라 자동 조절된다. 간섭원과 무선 접속 수신단과의 거리는 1.90m이고 간섭원과 스펙트럼분석기 수신안테나와의 거리는 1.26 m이다. 전송률을 측정하는 데이터의 크기는 일반적으로 데이터 통신에 많이 사용되는 512 byte size packet이며 데이터의 전송 시간은 60sec (3회 반복하여 평균을 취함)로 하였다. 데이터의 전송률은 5 Mbps 크기로 하였다.

BER tester를 이용하여 측정하게 되는 패킷 손실

률은 다음과 같은 방법으로 계산된다.

$$\text{패킷 손실률} = \frac{(\text{송신측에서 전송한 패킷} - \text{수신측에서 수신한 패킷 수})}{(\text{송신측에서 전송한 패킷수})} * 100$$

(단, 패킷 손실률을 측정하기 위해 5 Mbps 전송률로 60초 동안 512 byte 크기의 패킷을 전송함)

간섭 신호원을 인가하지 않은 상태에서 측정할 결과는 무 간섭 시 패킷 손실률 0.000 (%) 그리고 무간섭 시 원 신호 수신레벨 -55.67 (dBm) 이다.

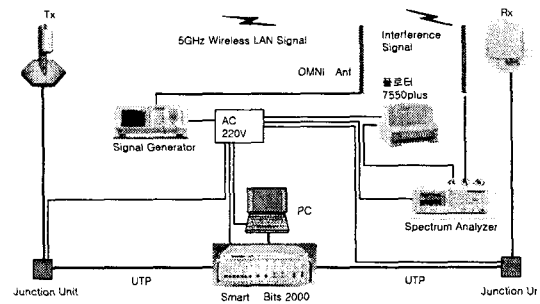


그림 2. 5 GHz 실내 간섭 측정 구성도

4-3 실험용 주요장비 규격

1) AB-Access RF Data.

	Access Point	Subscriber Unit	Notes
Frequency	5.25~5.35 and 5.725 to 5.825 GHz		Five 15 MHz channels per band. A single antenna covers both frequency bands
Duplex scheme	Time Division Duplex(TDD)		Significant advantages in hardware simplicity and traffic flexibility
Polarization	Harizontal / Vertical		Software-switchable
Gain	18 dBi		Link reciprocity eases transceiver requirements
Half power beamwidth	60° × 70°	18° × 18°	Access point is flat-sector while subscriber terminal is a spot-beam
Front-to-back ratio	25 dB	30 dB	Necessary to protect rear access point antenna on same color from transmitter intermodulation
Sidelobe suppression	15 dB	15 dB	Minimizes amount of energy radiated away from main lobe
Null-fill	15 dB	N/A	Energy taken from above horizon to fill nulls below horizon and reduce coverage loss

2) Radio Spec.

Channel data rate	25 Mbps	
BER performance	13.5 dB CNR for 10 ⁻⁴ BER	max
ARQ performance	10 ⁻⁹ output BER for 10 ⁻⁴ input BER 10% degradation in throughput at 10 ⁻⁴ BER	max max
Adjacent channel rejection	25 dB	min
Channel delay spread	0.32 μ s	min
Post cursor-cursor ratios	0.5	min
Burst detection threshold	10 dB CNR	max
Channel doppler spread	1 Hz	min

V. 실내간섭 측정 결과 분석

5-1 측정 결과

5-1-1 간섭 주파수의 수신레벨 변화에 따른 5 GHz 무선 랜의 패킷 손실률 측정시험

간섭 원 펄스신호의 주기는 250 ms, 폭은 2 ms, 시간지연은 2.02 μ s 이며 수신 레벨은 -20 / -30 / -40 / -50 / -60 / -70 (dBm) 변화하면서 측정하였다. 무 간섭 시의 원 신호 수신레벨은 -55.67 (dBm)이며 기타 사항은 측정 조건과 같다.

간섭주파수 이격 (GHz)	간섭원 수신 레벨(dBm)						
	-20	-30	-40	-50	-60	-70	
패킷 손실률 (%)	5.184	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.186	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.188	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.192	0.432	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.194	0.436	0.427	0.440	0.083	0.000	0.000
	5.196	0.443	0.441	0.447	0.102	0.000	0.000
	5.198	0.446	0.439	0.437	0.443	0.000	0.000
	5.200	0.443	0.434	0.403	0.421	0.000	0.000
	5.202	0.435	0.437	0.441	0.437	0.000	0.000
	5.204	0.436	0.442	0.431	0.443	0.000	0.000
	5.206	0.441	0.407	0.443	0.019	0.000	0.000
	5.208	0.437	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.210	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.212	0.218	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5.214	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
5.216	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

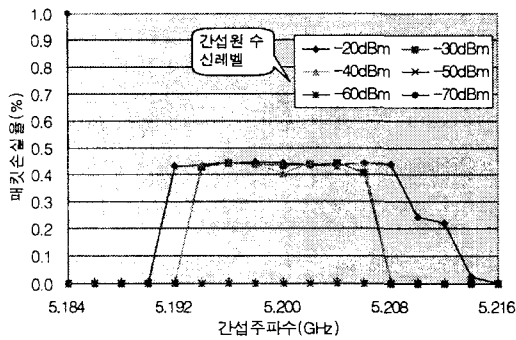


그림 3. 간섭원 주파수의 수신레벨 변화에 따른 무선 랜의 패킷 손실률 측정

위와 같은 측정 조건을 가지고 실제 무선 랜 시스템에서 간섭 조건으로 발생할 수 있는 레이더 주파수를 에뮬레이션 한 간섭 원의 수신레벨 변화를 주면서 측정한 결과 간섭 원의 수신레벨이 상대적으로 높은 -20 dBm 인 경우 패킷 손실률이 간섭 측정 주파수 대역인 5.190~5.216 GHz의 넓은 주파수 범위에 걸쳐 높게 발생하고 있음을 알 수 있으며 또

한, 중심 주파수인 5,200 GHz에서 상하로 멀어질수록 패킷 손실률이 적게 발생하고 있음을 알 수 있다. 간섭 원의 수신레벨이 -40 dBm 까지는 어느 정도 일정한 정규 분포를 이루면서 간섭 주파수에 의한 패킷 손실률이 점점 줄어들면서 발생한다. 간섭 원의 수신레벨이 -50 dBm 이하가 될 경우 간섭 주파수의 영향을 거의 받지 않고 수신 단에서 패킷이 정상적으로 수신되고 있다.

결론적으로 위의 측정 시스템에서는 간섭 주파수의 수신레벨이 -50 dBm 이하일 경우 간섭 원의 영향을 받지 않고 무선 랜 시스템이 정상 동작됨을 알 수 있다.

5-1-2 간섭 주파수의 펄스 주기 변화에 따른 5 GHz 무선 랜의 패킷 손실률 측정시험

간섭 원 펄스신호의 폭은 2 ms, 시간지연 2.02 μ s 이다 그리고 펄스주기는 250 / 100 / 50 / 25 / 10 (ms) 이며 기타 사항은 측정 조건과 같다.

실제 상황에서 측정할 때 간섭 펄스의 주기도 또한 하나의 간섭 요소가 될 수 있다. 이에 따라, 이번 실험에서는 간섭 펄스의 주기를 조절하면서 5 GHz 무선 랜 시스템의 간섭에 미치는 영향의 정도를 파

간섭주파수 이격 (GHz)	간섭펄스주기 이격(ms)					
	250	100	50	25	10	
패킷 손실률 (%)	5.184	0.000	0.067	0.455	0.580	0.848
	5.188	0.000	0.468	1.533	3.194	7.995
	5.192	0.432	1.112	2.224	4.400	11.098
	5.196	0.443	1.129	2.207	4.446	11.091
	5.200	0.443	1.102	2.207	4.349	10.931
	5.204	0.436	1.109	2.197	4.372	10.914
	5.208	0.437	1.101	2.139	4.458	11.039
	5.212	0.218	1.101	2.116	4.404	11.015
	5.216	0.000	0.973	1.986	3.072	8.944
	5.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

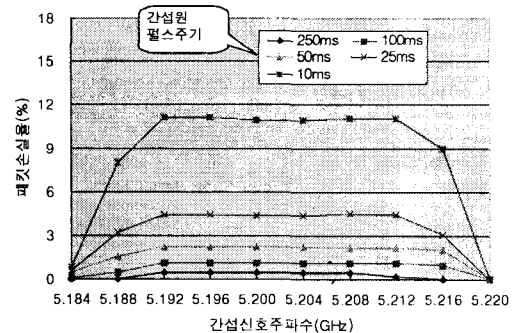


그림 4. 간섭원의 펄스 주기 변화에 따른 무선 랜의 패킷 손실률 측정

악하였다. 간섭 원의 펄스 주기가 가장 짧은 10 ms 일 때 패킷 손실률이 예상대로 가장 높았다.

그리고 간섭 원의 펄스주기가 점점 길어지면서 정규화 된 분포를 이루면서 펄스 주기에 의한 패킷 손실률이 점점 줄었으며 또한 간섭 주파수대역도 단축되고 있음을 알 수 있다. 간섭 원의 펄스 주기가 250 ms 정도 되었을 때는 중심 주파수대역인 5.2 GHz 부근에서 패킷 손실이 거의 발생하지 않는다.

결론적으로, 간섭 신호는 펄스의 주기가 250 ms 이상으로 길어질 경우 간섭의 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있다.

5-1-3 간섭 주파수의 펄스 폭 변화에 따른 5 GHz 무선 랜의 패킷 손실률 측정 시험

간섭 원 펄스신호의 주기는 250 ms, 시간지연은 2.02 ns 펄스 폭은 0.5 / 2 / 10 / 50 (ms)이다.

기타 사항은 측정 조건과 같다.

실제 간섭 조건 하에서 측정을 할 때 간섭 펄스 폭의 크기도 하나의 간섭 요소가 될 수 있다. 이에 따라, 이번 실험에서는 간섭 펄스 폭의 크기를 조절하여 5 GHz 시스템에 미치는 간섭 상태를 파악하였다. 간섭 원 펄스 폭의 크기가 가장 큰 50 ms 일 때

간섭주파수 이격 (GHz)	간섭펄스폭 이격(ms)				
	0.5 ms	2 ms	10 ms	50 ms	
패킷 손실률 (%)	5.184	0.000	0.000	1.149	6.996
	5.188	0.000	0.000	1.796	9.584
	5.192	0.000	0.432	1.804	9.507
	5.196	0.000	0.443	1.753	9.711
	5.200	0.009	0.443	1.779	9.728
	5.204	0.009	0.436	1.770	10.180
	5.208	0.000	0.437	1.779	9.763
	5.212	0.000	0.218	1.796	9.541
5.216	0.000	0.000	1.753	8.682	

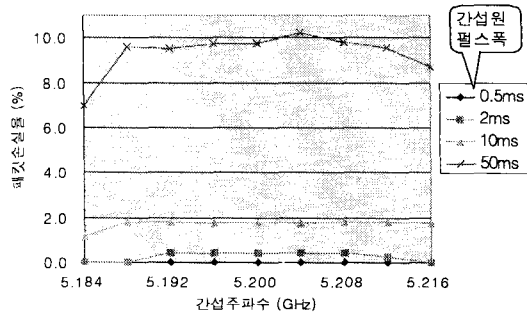


그림 5. 간섭원의 펄스 폭 변화에 따른 무선 랜의 패킷 손실률 측정

패킷 손실률은 예상이 불가능 할 정도로 높았으며, 간섭 원의 펄스 폭의 크기가 점점 적어지면서 패킷 손실률이 점점 적어지는 것을 알 수 있다. 간섭 원의 펄스 폭의 크기가 0.5 ms가 되었을 때는 중심 주파수인 5.2 GHz 주파수 대역에서 패킷 손실이 거의 발생하지 않음을 알 수 있다.

결론적으로, 간섭 신호 펄스의 폭이 작아질수록 간섭 주파수의 영향이 적음을 알 수 있다.

5-1-4 5 GHz 주파수 대역 시험용 무선 랜 시스템의 전송률에 따른 패킷 손실률 측정시험

펄스의 주기는 250 ms, 펄스의 폭은 2 ms, 펄스의 시간지연은 2.02 μ s 이며 데이터 전송률은 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 (Mbps)이며 기타 사항은 측정 조건과 같다.

간섭주파수 이격 (GHz)	전송률이격					
	5 Mbps	6 Mbps	7 Mbps	8 Mbps	9 Mbps	10 Mbps
패킷 손실률 (%)	5.184	0.000	0.000	0.000	0.000	2.584
	5.188	0.000	0.000	0.000	0.000	2.381
	5.192	0.432	0.381	0.344	0.295	2.381
	5.196	0.443	0.375	0.347	0.327	2.388
	5.200	0.443	0.375	0.333	0.320	2.381
	5.204	0.436	0.387	0.350	0.316	2.378
	5.208	0.437	0.350	0.342	0.302	2.385
	5.212	0.218	0.342	0.331	0.294	2.384
5.216	0.000	0.000	0.000	0.000	2.384	

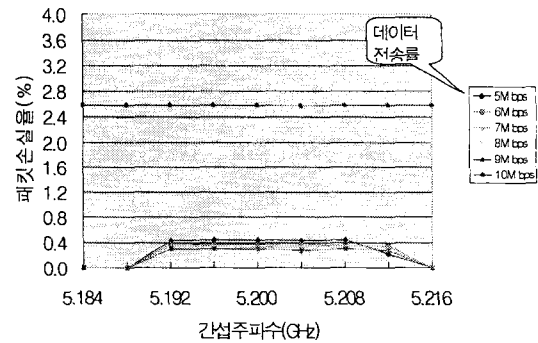


그림 6. 전송률 변화에 따른 무선 랜의 패킷 손실률 측정

위의 실험은 전파간섭 특성보다는 측정중인 5 GHz 무선 랜 시스템의 성능을 시험하는 측정이라 할 수 있다. 측정이 진행중인 5 GHz 통신 시스템은 실험장비 규격에 제시된 것처럼 최대 데이터 전송률이 25 Mbps이나 본 실험에서는 위의 실험을 통하

여 알 수 있는 바와 같이 데이터 전송률이 10 Mbps 이하인 경우 안정적인 데이터 전송률이 나타나고 있어 본 실험을 위한 측정에서는 가장 안정적인 5 Mbps급 데이터 전송률을 선택하여 간섭 현상들을 측정하게 되었다.

결론적으로, 이 실험은 최적의 데이터 전송률을 찾기 위한 실험이라고 할 수 있다.

5-1-5 5 GHz 주파수 대역 시험용 무선 랜 시스템의 최적 패킷 전송률 측정시험

펄스의 주기는 250 ms, 펄스의 폭은 2 ms, 펄스의 지연은 2.02 μ s 이며 데이터 전송률은 5 Mbps이고 전송데이터 패킷크기는 64 / 128 / 256 / 512 / 1024 / 1280 / 1518 (byte)이며 기타 사항은 측정 조건과 같다.

간섭주파수 대역 (GHz)	패킷크기 (byte)						
	64	128	256	512	1024	1280	1518
5.184	45.433	7.947	0.000	0.026	0.151	0.062	0.148
5.188	45.504	8.070	0.203	0.289	0.602	0.644	0.739
5.192	45.596	8.174	0.300	0.443	0.786	0.915	0.936
5.196	45.558	8.146	0.221	0.426	0.803	0.852	0.912
5.200	45.600	8.170	0.300	0.451	0.786	0.873	0.936
5.204	45.580	8.151	0.300	0.426	0.753	0.852	0.985
5.208	45.532	8.241	0.278	0.477	0.736	0.811	0.961
5.212	45.514	8.160	0.322	0.468	0.635	0.894	0.936
5.216	45.378	8.158	0.283	0.443	0.769	0.894	0.985
5.220	45.379	7.938	0.000	0.000	0.017	0.000	0.074

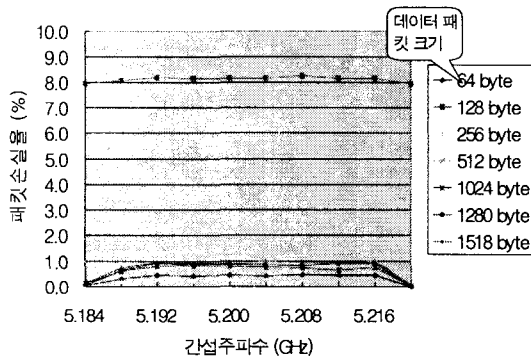


그림 7. 전송 데이터의 패킷 크기 변화에 따른 무선 랜의 패킷 손실률 측정

위의 실험은 전파간섭 특성보다는 측정중인 5 GHz 무선 랜 시스템에서 패킷 손실 측정을 위한 최적의 데이터 패킷의 크기를 알아보기 위한 측정이다. 측정이 진행중인 무선 랜 시스템에서 데이터의 패킷 크기를 64~1518 byte의 크기로 가변하면서 측정된 결과 데이터의 패킷 크기가 128 byte일 경우

에는 패킷손실률이 높아서 선택할 수가 없었으며 그 이외의 패킷 단위에서는 비교적 무난한 손실률이 측정되었으나 512 byte 패킷 사이즈가 데이터 전송을 할 경우 가장 패킷크기의 단위가 무난하게 판단되어 선택하게 되었다.

결론적으로, 이 실험은 최적의 전송 데이터 패킷 크기를 찾기 위한 실험이라고 할 수 있다.

VI. 결 론

이 논문에서는 5 GHz 주파수 대역의 무선 랜이 상용화 될 경우 기존의 항공 및 기상용 레이다 등에 사용되고 있는 5 GHz 주파수 대역과의 간섭 및 공유방안의 특성을 분석하여 도출하기 위하여 수행한 연구 결과이다. 위의 시험 결과는 본 시험에 사용된 무선 랜 시스템의 5 GHz 간섭 원에 대한 측정값으로써 그 결과 값을 전체 무선 랜 시스템으로 확장하거나 일반화할 수는 없을 것이지만, 5 GHz 통신 시스템에서 전파의 간섭 조건을 이해하는데는 일부분 참고가 가능할 것이다. 이의 실험에 사용된 통신시스템의 경우 간섭 원의 주파수와 관계없이 각 채널당 frequency hopping이 random하게 진행되고 FEC 등의 알고리즘을 적용하여 Packet loss가 일정하게 발생하는 결과를 보여주고 있다.

이 실험에서는 5 GHz대 간섭 주파수의 간섭 조건을 간섭 원의 파워수신 레벨, 간섭 펄스 주기, 간섭 펄스 폭 등 실제 상황에서 발생할 수 있는 간섭 조건을 에뮬레이션 하여 실험을 진행하였다. 실험 측정의 결과는 이러한 간섭 조건이 각각 주어질 때 측정대상 시스템에서 패킷의 손실이 어느 정도 발생하는가를 측정하여 적절한 간섭 조건을 찾았다. 또한, 측정 시스템의 신뢰성을 파악하기 위하여 전송률을 가변적으로 조절하는 루프 백 테스트를 진행하여 가장 적절한 전송률을 (5Mbps) 선택하여 실험을 수행하였고 무선 랜 시스템에서 최적의 패킷 전송률을 찾는 실험도 진행하였다.

이러한 5 GHz 주파수 대역 무선 랜 시스템에 대한 전파 간섭특성 연구는 표준화가 진행중인 IEEE802.11b 혹은 HIPERLAN II 규격의 통신 시스템이 상용화시기에 부합하여 더욱 활발하게 연구가 진행되어야 할 것으로 보이며 본 논문이 5 GHz 주

파수 대역 특성을 이해하는데는 일부분 참고가 될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] ITU-R, "General Principles and Methods for Sharing Between Radio Services", *ITU-R Recommendation SM.1132*, 1995.

[2] 임재우, 신용섭, "주파수 이용효율을 고려한 고정업무와 이동업무에서의 전파간섭 및 공유방안 연구", 하계 통신학회논문집, 2001년.

[3] H. Hashemi, "The Indoor Radio Propagation Channel", *Proc. IEEE*, vol. 81, no. 7, pp. 943-967, July 1993.

[4] T. S. Rappaport, S. Y. Seidel, and K. Takami zawa, "Statistical Channel Impulse Response

Models for Factory and Open Plan Building Radio Communication System Design", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 39, no. 5, pp. 794-807, May 1991.

[5] D. Parsons, *The Mobile Radio Propagation Channel*, John Wiley & Sons, New York, 1992.

[6] S. Y. Seidel and T. S. Rappaport, "914 MHz Path Loss Prediction Models for Indoor Wireless Communications in Multifloored Buildings", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 40, no. 2, pp. 207-217, Feb. 1992.

[7] 이범선, 조삼모, 유명완, 박정일, 신윤미, "ITU-R에서의 주파수공유 관련 기준 분석", 한국전자과학회 수탁 연구과제보고서, 한국전자통신연구원, 1999년.

[8] ITU-R 권고 337-3의 부속서.

송 홍 중

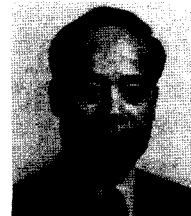


1992년 2월: 전남대학교 물리학과 (이학사)
 1994년 2월: 전남대학교 전자공학과 (공학석사)
 1994년 1월~1998년 3월: 현대전자 정보통신연구소 주임연구원

1998년 9월~현재: 연세대학교 전기·전자공학과 박사과정

2000년 11월~현재: 정보통신부 전파연구소 공업연구사
 [주 관심분야] 광대역 무선통신시스템, 무선 랜, 전파간섭 및 공유 기술 등

박 유 식



1990년 2월: 한국방송통신대학교 전자계산학과 (이학사)
 2000년 9월: 숭실대학교 정보과학대학원 정보통신학과 석사과정
 1992년 3월~현재: 정보통신부 전파연구소 전파환경 연구과 통신사무관

[주 관심분야] EMI/EMS 규격 및 제도, 전자파 차폐물질 차폐특성, 전자파 환경 측정 및 예측기술 등

신 용 섭



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1982년 11월: 체신부 전파관리국 주파수과 (통신사무관)
 1984년 12월: Bell 연구소 파견 근무
 1992년 5월: 정보통신부 서기관

1993년 10월: 체신부 전파관리국 기술과장

1996년 7월: 정보통신부 정보통신정책실 기술기준과장

1997년 2월: 정보통신부 이사관

2000년 1월: 정보통신부 정보화기획실 정보보호기획과장

2000년 2월: 연세대학교 산업대학원 전자공학과 (공학석사)

2000년 6월~현재: 정보통신부 전파연구소 연구소장

2001년 2월~현재: 연세대학교 전기·전자공학과 박사과정

[주 관심분야] 전파전파 특성연구, 전파전파 모델링, 전파간섭 및 공유기술 등