

5 GHz 대역 무선 랜 도입을 위한 전파간섭영향 및 데이터 전송률 측정연구

정희원 송 홍 종*, 김 동 구**

A study of the radio interference effect and data transmission rate measurement for 5 GHz frequency band Wireless LAN

Song Hong Jong*, Dong Gu Kim** *Regular Members*

요 약

이 논문에서는 기존에 운용되고 있는 5 GHz 대역의 무선통신 시스템에서 무선 랜 서비스를 시행할 경우 예상되는 5 GHz 대역 주파수의 간섭 특성과 전송률을 측정하여 분석하였다. 이를 위하여 5 GHz 대역의 레이더 전파 간섭 환경에서 패킷 데이터 손실률 및 수신레벨 측정과 주파수 특성을 분석하였다.

ABSTRACT

In this paper, It is analysed 5 GHz frequency interference characteristics and transmission rate if it is carry out the 5 GHz band wireless LAN service that the management of the 5 GHz band wireless communication system. We measure and analysis the packet data loss rate and power level of receiving signal effected by the interference signal under the 5 GHz band radar frequency environment

I. 서 론

초고속 무선 서비스에 대한 수요가 증가하면서 최근 5GHz 주파수 대역 활용에 대해 관심이 높아지고 있다. 특히, 차세대 무선 랜 기술인 5GHz 주파수 대역에 대해서는 유럽의 HIPERLAN/2, 미국의 IEEE802.11a 및 일본의 MMAC(Multimedia Mobile Access Communication)등에서 동 대역의 표준화 및 관련 기술 연구가 활발히 진행 중에 있으며 또한, 상호간 공동 표준안을 추진 중에 있다. 5GHz 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 5GHz 대역 무선 랜 시스템이 상용 서비스를 시행하기 위해서는 기존의 동 대역을 사용하고 있는 기상 및 위성 레이

더 등의 무선통신 시스템과의 주파수 간섭 문제가 발생한다.⁽¹⁾

이에 본 고에서는 5GHz 대역 무선 랜 시스템이 국내 전파환경에서 상용화 서비스를 수행할 경우 예상되는 실제 주파수 간섭 조건에서 패킷 손실률 및 수신 레벨을 측정하여 간섭현상을 분석하여 간섭 조건을 이해 할 수 있도록 수행하였다.

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 랜 을 포함한 무선 접속 망으로 위의 주파수 대역을 활용할 수 있도록 관련분야 연구에

* 정보통신부 전파연구소 (hjsong@rri.go.kr)

** 연세대학교 공과대학 기계전자공학부

논문번호: 202237-0516, 접수일자: 2002년 5월 16일

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 - 5.350GHz 5.470-5.725 GHz (HIPERLAN-2) 주파수 대역을 배정하였다. 또한 일본에서도 5.250-5.350 GHz, 5.725 - 5.850 GHz 대역을 할당하고 있으며 추가 대역을 검토중이다. 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.^[2]

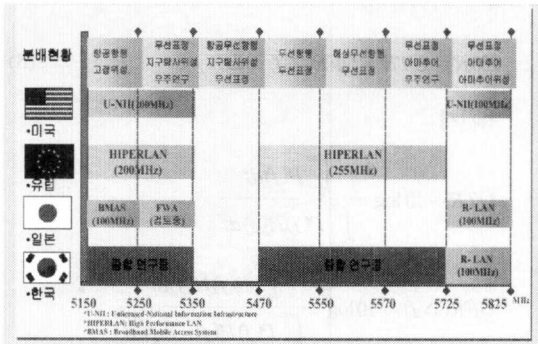


그림 1. 5 GHz 대역 주파수 분배 및 활용 계획

5 GHz 주파수 대역의 특징은 고주파이면서 실내와 실외에서 저속 이동성 지원이 가능하며 최대 54 Mbps의 고속 지원이 가능하고 회절성과 강우 감쇠에 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 상용화 시 기준에 사용되고있는 동 주파수 대역과의 간섭 및 공유방안에 대한 연구가 광대역 무선서비스 개시 전 완료되어야 할 것이다.^{[3], [4]}

III. 전파간섭 이론

효과적인 스펙트럼의 이용은 확률 통계적 성질을 갖는 환경적 파라미터와 시스템 파라미터를 분석하여 간섭을 줄임으로써 가능하다. 간섭을 분석하는데

표 1. 5GHz 대역의 주요 공유대상 및 주요 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 5.250 ~ 5.350 GHz 5.250 ~ 5.350 GHz	- 지상 400~600km 상공에서 동작 : 2차원 지형정보 고도정보 획득용 - 대략 1300km 상공에서 동작 : 지상의 고도측정 - 지상 700~800km 상공에서 동작 : 해저측정용 해안 및 해양 지역

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.

$$I = P_t + G_t + G_r - L_b(d) \tag{1}$$

여기서

I : 간섭전력

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

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

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]

1) FDR(Frequency dependent rejection) :

FDR은 원하지 않는 송신측 방사 스펙트럼을 수신기의 주파수 선택 커브에 의해 거절하는 정도를 나타내는 척도이다.

2) FD(frequency distance)

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

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.^[8]

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

$$I = P_t + G_t + G_r - L_b(d) - FDR(\Delta f) \quad (2)$$

그리고

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

$\frac{H(f)=1$ 을 가정했을 때의 수신 간섭 전력
 Δf 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

$$\Delta f : f_i - f_r$$

여기서

f_i : 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 동조주파수를 벗어날 때 일어나는 추가적인 거절을 의미한다.

$$FDR = OTR + OFR(\Delta f) \text{ dB} \quad (3)$$

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.

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

B_R : 수신기 3dB 대역폭(Hz)

B_T : 송신기 3dB 대역폭(Hz)

$$K = 10 \text{ (Non-coherent 신호일 경우)}$$

$$= 20 \text{ (펄스 신호일 경우)}$$

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

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_k \quad (4)$$

신호의 간섭 원은 크게 다음 네 가지 형태로 분류할 수 있다.

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

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 $FDR(\Delta f \rightarrow 0) \rightarrow 0$ dB가 된다. 이러한 간섭 신호는 정상적인 수단에 의해서 여과될 수 없다. 서로 다른 전파 서비스에 있어서 동일채널 간섭 계산은 다르게 수행된다. 육상 이동 서비스에 있어서 동일 채널 국들은 최악의 경우 120Km 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. 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 신호사이의 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 합 수로서 표시되는 최소 거리 이격이다. 인접 채널 간섭 수준은 FDR(Δf)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.

$$L_b(d) + FDR(\Delta f) \geq P_t + G_t + G_r - I_M \quad (5)$$

4. 감도 감소 (Desensitization)

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

소 영향을 피하는 데 사용되는 통상적인 방법은 필터의 사용, 간섭국이나 피간섭국의 재배치, 또는 과도한 간섭 전력을 줄이는 것이다.

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

$$v_{in}(t) = A \cos 2\pi f_1 t + A \cos 2\pi f_2 t \quad (6)$$

증폭기의 출력은 다음과 같은 급소수로 표현될 수 있다.

$$v_{out}(t) = a_1 v_{in}(t) + a_2 v_{in}^2(t) + a_3 v_{in}^3(t) \quad (7)$$

이러한 출력은 많은 f_1, f_2 의 하모닉과 상호 변조 산물(Intermodulation products)로 구성된다. 이중에서 $2f_1 - f_2$ 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.^[8]

6. 간섭 확률

짧은 기간 내에서 간섭 확률은 다음과 같이 주어진다.

$$P(I) = \text{The probability } (A \cap B \cap C \cap D^*) \quad (8)$$

- 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 조건에서 만족스럽게 수신될 경우
- D* : D의 반대 경우

IV. 전파환경 및 간섭 측정 방법

1. 측정 시스템 구성

5 GHz 대역의 전파환경 및 간섭 측정 구성은 아래의 그림 2. 와 같다. 송.수신단의 이격 거리는 측정

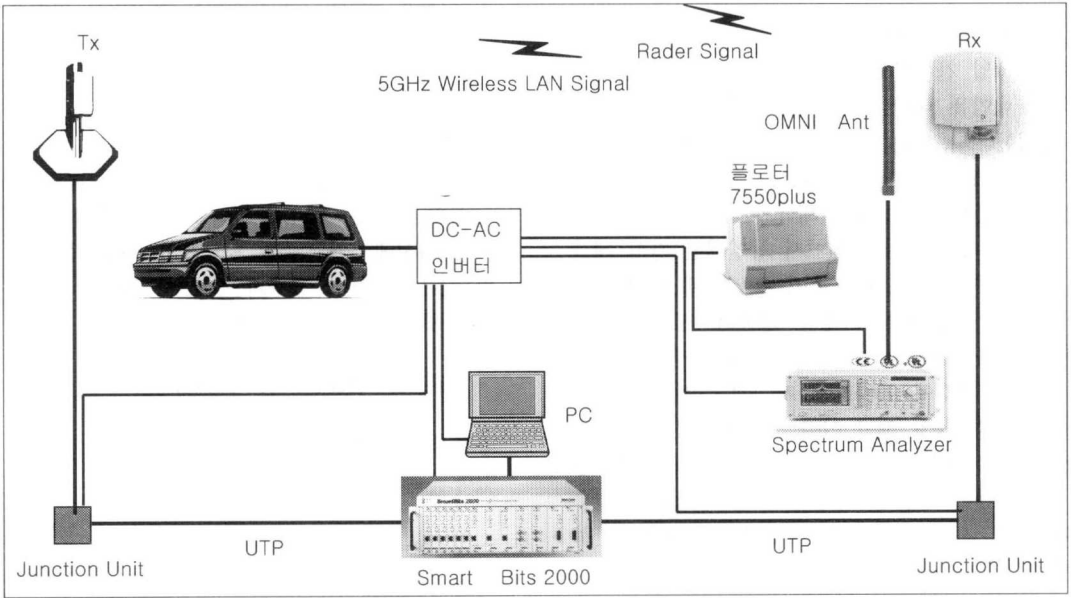


그림 2. 5 GHz 대역 전파간섭 측정 구성도

대상인 시험 시스템의 기준 규격 거리인 14m이며 송.수신단은 유.무선 통신시스템 성능시험장치인 BER Tester(Smart Bits 2000)에 UTP 인터페이스 되어있으며 BER Tester는 노트북에 의하여 조정된다. BER Tester는 Throughput, Packet loss, BER 등을 측정하여 통신 시스템의 성능과 신뢰성을 평가할 수 있는 장비이다. 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. 이러한 측정 장비들에 쓰이는 전원은 실외 현장 측정이므로 이동 차량에 의하여 공급된다. 이러한 측정 환경에서 사용되는 측정시스템의 송신 출력은 무선랜세스 송신단의 송신 주파수에 따라 자동 조절된다. 측정시스템의 데이터 소스 512 byte 크기의 packet이며 데이터 전송시간은 60 sec 이며 3회 반복하여 평균을 취하였다. 그리고 데이터 전송률은 5 Mbps로 사전에 시스템의 전송률 측정을 하여 최적의 전송률을 선택하였다. 그리고 BER tester를 이용하여 측정하게 되는 패킷 손실률은 다음과 같은 방법으로 계산된다.

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

간섭 신호원을 인가하지 않은 상태에서 측정된 결과 패킷 손실률은 0.000 (%)이다.

2. 실험용 장비 규격

표 2. 실험장비의 Radio Spec.

Frequency of operation	5.15 ~ 5.35 GHz	
RF bandwidth	200 Mhz	
Channelization	15 Mhz	
FCC 26 dB BW	17.5 Mhz(assumes QPSK with Raised Cosine Filtering, $\alpha = 0.35$)	typical
Output power into antenna	Lower-band 1.5 dBm (include 3.5dB backoff) Mid-band 8.5 dBm (include 3.5dB backoff) Upper-band 14.5 dBm (include 3.5dB backoff)	max
Spurious emissions	-17 dBm/Mhz within 10 Mhz of upper band -27 dBm/Mhz beyond 10 Mhz of upper band	max
Blocking rejection	60 dB fc ± 50 Mhz to ± 100 Mhz 70 dB fc + 100 Mhz to 8 GHz 70 dB fc - 100 Mhz to 4 GHz 8 dB DC to 4 GHz and 7 to 12 GHz	min
UN II band blocking level	-19 dBm	typical

Adjacent channel rejection	40 dB	min
Receiver noise figure	8 dB	max
Sensitivity	-82 dBm for 12 dB C/N	typical
AGC range	55 dB	"
AGC accuracy	±1 dB	"
AGC response time	<200 ns	"
Transmit/ receive switching time	<5 μs	"
Receive / transmit switching time	<2 μs	"
Channel switching time	<100 μs	"
Horizontal/ vertical antenna switching time	<5 μs	"

표 3. 실험장비의 모델 규격

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 throughput at 10-4 BER	max max
Adjacent channel rejection	25 dB	min
Channel delay spread	0.32 μs	min
Post cursor-cursor ratios	0.5	min
Burst detection threshold	10 dB CNR	max
Channel doppler spread	1 Hz	min

표 4. Transmitter Parameters

BAND	5.25-5.35	5.725-5.825
P1 amplifier point	16(dBm)	20(dBm)
Modulation backoff	4	4
Tx / Rx antenna gain	18(dBi)	18(dBi)
Losses	4(dB)	4(dB)
EIRP	26(dBm)	32(dBm)

표 5. Receiver Parameters

SNR	13.5 dB QPSK (10e-4 BER)
Rx noise figure	8.5 dB
Thermal noise floor	-174 dBm/Hz
Noise bandwidth	70.0 dB Hz (in 10 MHz)
Resultant sensitivity	-79 dBm

3. 측정 환경

1. 관악산 기상 레이더

1) 레이더 제원

표 6. 관악산 기상레이더 제원

구 분	관악산 기상레이더	비 고
해발고(m)	630m(관악산)	
주파수/운용시간	5340MHz/24시간	
관측방위각	360° 전방향	
유효탐지거리	240Km	
회전속도	초당 11° (1회 약33초)	
펄스반복주기	- 송 :1180ms - 룡 :250ms	
펄스폭 유지시간	- 송 :0.8ms - 룡 :2.0ms	
ANT 종류 및 이득	3.6m 파라보릭(43dB)	
출력	250Kw	

2) 레이더 측정환경

① 레이더 국소 및 전파 측정지점 내역

표 7. 레이더 국소 및 전파측정지점 현황

Site명		위도	경도	해발고
레이다 국소	관악산기상 레이다	37-26-33	126-58-00	630m
전파 측정 지점	전파연구소	37-32-00	126-57-34	30m
	검단산	37-27-18	127-11-23	542m
	뚝섬유원지	37-31-52	127-03-47	10m
	봉천기지국	37-28-48	126-57-08	40m
	행주산성	37-35-37	126-49-51	120m

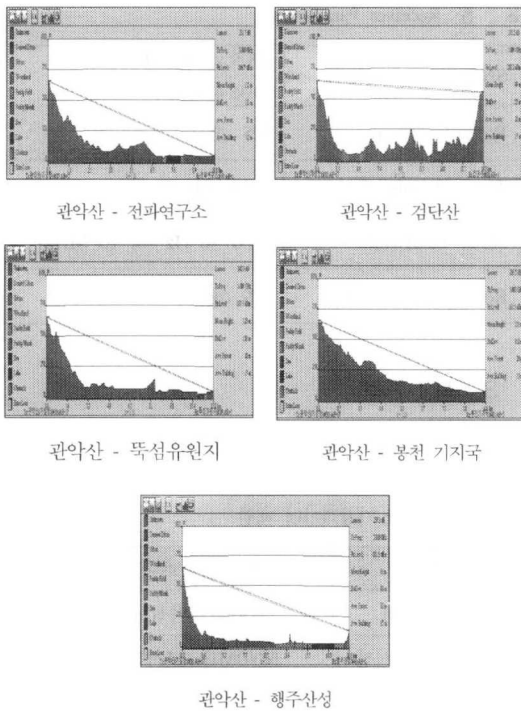


그림 3. 관악산 기상 레이더 측정지점 전파경로도

3) 전파 환경

① 레이더 전파 환경

관악산 기상레이더는 해발고 630M인 관악산정상에 위치하여 24시간 전파를 발사하고 있으며 관측 방위각은 360도 전방향, 회전속도는 초당 11° (1회 약33초)를 가지며 유효탐지거리는 240 km이다.

② 전파 측정지점 전파 환경

간접 측정을 수행한 관악산 기상레이더 전파 영역의 전파 측정 지점은 총 5곳이며, 각 지역별 전파 측정 환경은 다음과 같다.

(가) 전파 연구소

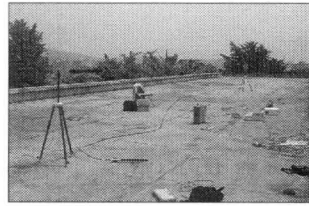


그림 4. 전파연구소 전파측정환경

- 전파연구소 3층 옥상에서 전파측정을 시행하였으며, 관악산 방향으로 LOS(Line of Sight)를 확인한 구간이다.
- 관악산 기상레이더는 176° 방향으로 약 10 km 떨어진 곳에 위치해 있다.

(나) 검단산



그림 5. 검단산 전파측정환경

- 검단산 KT중계소에서 전파측정을 시행
- 관악산 기상레이더는 266° 방향으로 약 20 Km 떨어진 곳에 위치

(다) 뚝섬유원지

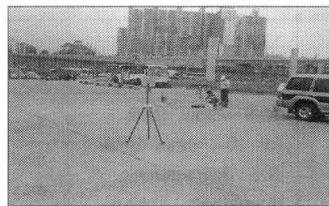


그림 6. 뚝섬유원지 전파측정환경

- 한강 뚝섬유원지에서 전파측정을 시행
- 관악산 기상레이더는 220° 방향으로 약 13Km 떨어진 곳에 위치

(라) 서울이동통신 봉천 기지국 옥상

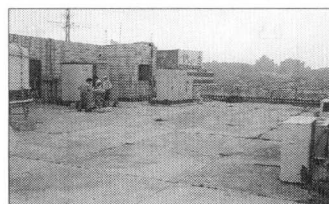


그림 7. 서울이동통신 봉천 기지국 전파측정환경

- 서울이동통신 봉천 기지국 9층 옥상에서 전파 측정을 시행하였으며, 관악산 방향으로 Los (Line of Sight)를 확인
- 관악산 기상레이더는 163° 방향으로 약 4.4Km 떨어진 곳에 위치

(마) 행주산성

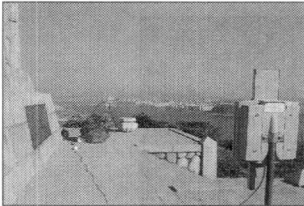


그림 8. 행주산성 전파측정환경

- 행주산성 정상에서 시행하였으며, 관악산과 Los(Line of Sight)를 확인
- 관악산 기상레이더는 약150° 방향으로 약 21Km 떨어진 곳에 위치

2. 군산 기상 레이더

1) 레이더 제원

표 4. 군산 기상레이더 제원

구분	군산 기상레이더	비고
해발고(m)	220m(오성산)	
주파수/운용시간	5340MHz/24시간	
관측방위각	360° 전방향	
유효탐지거리	240Km	
회전속도	초당 11° (1회 약33초)	
펄스반복주기	- 숲 :1180ms - 룡 :250ms	
펄스폭 유지시간	- 숲 :0.8ms - 룡 :2.0ms	
ANT 종류 및 이득	3.6m 파라보릭(43dB)	
출력	250Kw	
편파	V	

2) 레이더 측정환경

① 레이더 국소 및 전파 측정지점 내역

표 5. 레이더 국소 및 전파측정지점 현황

Site명		위도	경도	해발고
레이더 국소	군산기상 레이더	36-00-35	126-47-09	220m
전파 측정점	옥마산	36-18-52	126-38-14	580m
	논산	36-12-39	127-03-40	30m
	익산	35-56-59	126-57-08	50m
	경암여상	35-58-57	126-44-44	40m
	죽성동	35-58-54	126-42-41	40m
	오산남교	35-55-30	126-53-40	16m
	김제	35-48-34	126-53-18	15m

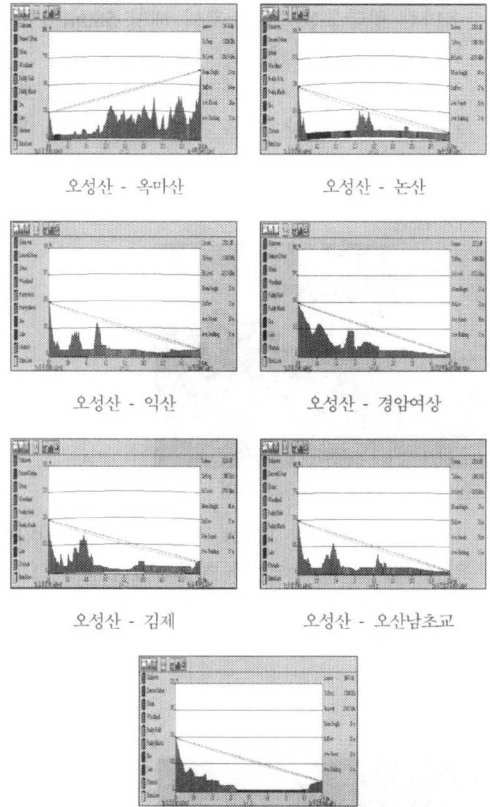


그림 9. 오성산 기상 레이더 측정 지점 전파 경로도

3) 전파 환경

① 레이더 전파 환경

군산 기상레이더는 해발고 220M인 오성산 정상에 위치하여 24시간 전파를 발사하고 있으며, 관측 방위각은 360도 전방향, 회전속도는 초당 11° (1회 약33초)를 가지며 유효탐지거리는 240km이다.

② 전파 측정지점 전파 환경

간섭 측정을 수행한 군산 기상레이더 전파 영역의 전파 측정 지점은 총 7곳이며, 각 지역별 전파 측정 환경은 다음과 같다.

(가) 옥마산

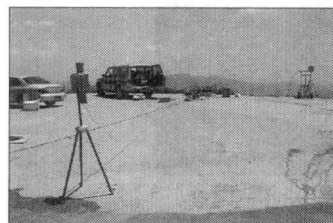


그림 10. 옥마산 전파측정 환경

- 옥마산 한국통신 중계소로써 해발 580m이고 KT 막사 옆에서 측정을 시행하였다.
- 군산 기상레이다 방향으로는 장애물이 없으며, 158° 방향으로 약 37km 지점에 레이더가 위치해 있다.

(나) 논산

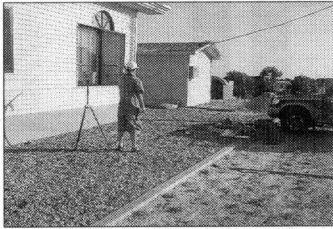


그림 11. 논산 전파측정 환경

- 4번 국도 좌측 약 100m 지점에 위치한 민가에 안테나를 설치후 측정을 시행하였다.
- 군산 기상레이다 방향으로는 장애물이 없으며 228° 방향으로 약 33Km에 레이더가 위치해 있다

(다) 익산



그림 12. 익산 전파측정환경

- 23번 국도 이리공고 맞은편 현대1차 APT 15층 옥상에서 야간 측정을 시행하였으며 시내 중심지인지라 주위에 아파트가 많은 환경이다.
- 군산 기상레이다 방향으로는 장애물이 없으며 294° 방향으로 약 16Km에 위치해 있다.

(라) 경암여상(APT)

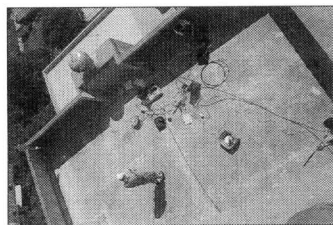


그림 13. 경암여상 전파측정환경

- 경암 여상이 있던 곳에 지금은 APT가 건립되

어 있었으며, 따라서 이곳 APT 14층 옥상에서 측정을 시행하였다.

- 군산 기상레이다 방향으로는 장애물이 없으며 50° 방향으로 약 5Km지점에 오성산 기상청 레이더가 위치해 있다.

(마) 죽성동

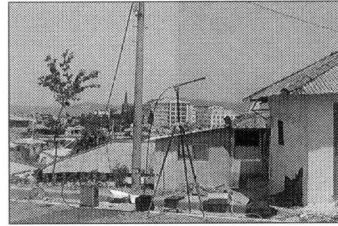


그림 14. 죽성동 전파측정환경

- 군산 역에서 멀지 않은 언덕에서 측정을 하였으며, 북동쪽으로 금강 하구둑이 있고 북서쪽으로는 장계산 넘어 서해 바다가 있다.
- 군산 기상레이다 방향으로는 장애물이 없으며 65° 방향으로 약 7Km지점에 레이더가 위치해 있다.

(바) 오산 남 초교

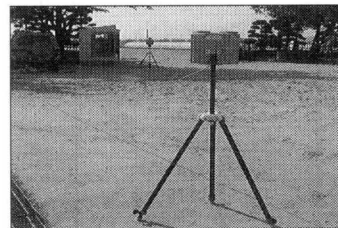


그림 15. 오산 남 초교 전파측정환경

- 군산에서 김제방향으로 26번 국도를 따라가다 보면 전군 주유소에서 약 100m 떨어진 지점에 위치해 있고, 주위에는 논이 많다.
- 군산 기상레이다 방향으로는 장애물이 없으며 314° 방향으로 약 14Km지점에 레이더가 위치해 있다.

(사) 김제

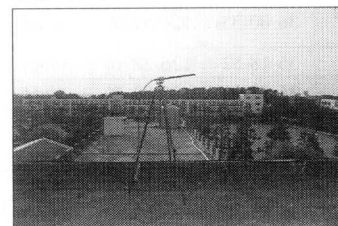


그림 16. 김제 전파측정환경

- 김제 상교의 위치에 현 덕암 중고가 위치해 있으며, 학교 4층 옥상에서 측정을 시행하였다.
- 군산 기상레이더 방향으로는 장애물이 없으며, 앞 야산을 넘어 338° 방향으로 약 24Km지점에 레이더가 위치해 있다.

V. 측정 결과 및 분석

1. 관악산 기상레이더 측정 결과

- ① 송신 주파수 : 5.340 GHz
- ② 스펙트럼분석기: RBW : 300 KHz
VBW : 300 KHz,
SWP : 50 ms

표 6. 관악산 기상레이더 수신레벨 측정 결과

전파 측정점	방위 각 (°)	앙각 (°)	측정 레벨 (dBm)	거리 (Km)	peak 주파수 (GHz)	주파수 이격 (MHz)
전파 연구소	176.4	3.3	-38.17	10.1	5.3385	1.5
			-39.50		5.3385	1.5
			-40.83		5.3386	1.4
검단산	266.0	0.0	-25.17	19.7	5.3385	1.3
뚝섬 유원지	220.8	2.6	-51.17	13.0	5.3380	2.0
봉천 기지국	163.0	7.6	-28.50	4.4	5.3385	1.5
행주 산성	144.5	1.1	-29.67	20.6	5.3387	1.3
			-29.00		5.3385	1.5
			-29.50		5.3387	1.3

표 7. 관악산 기상레이더 간섭영향 측정결과

전파 측정점	주파수 편차 (MHz)	간섭 측정레벨 (dBm)	무선 랜 수신레벨 (dBm)	패킷 손실	비 고
전파 연구소	8.5	-38.17	-42.17	측정 불가	무선랜 동작 불능
	8.5	-39.50	-42.33	"	
	8.6	-40.83	-42.67	"	
검단산	8.5	-25.17	측정불가	"	우 천
뚝섬 유원지	8.0	-51.17	-46.17	0%	
봉천 기지국	8.5	-28.50	-47.67	0%	
행주 산성	8.7	-29.67	-47.00	측정 불가	무선랜 동작 불능
	8.5	-29.00	-46.50	0%	
	8.7	-29.50	-46.67	0%	

2. 관악산 기상레이더 측정 결과분석

관악산 기상 레이더의 송신 중심주파수는 5.340 GHz이고 측정 장소별 거리와 레이더 신호 수신레벨과

의 상관관계를 살펴보면 전파연구소에서 측정한 수신 레벨은 앙각이 3.3° 이고 송신 레이더로부터 거리가 10.1 km 일 때 -38 ~ -40(dBm)으로 측정되었다. 검단산에서는 거리가 19.7 km이며 앙각이 0.0° 일 때 수신 레벨은 25.17(dBm)으로 측정되었다. 같은 결과는 행주산성이 한강의 뚝섬유원지보다 거리가 멀지만 측정 레벨은 더 높게 수신되는 값으로부터도 판단할 수 있다. 이러한 결과로부터 레이더 신호와 동대역의 무선통신 시스템에 간섭의 영향을 주는 레이더 신호의 요소는 레이더와의 거리보다는 레이더의 출력을 얼마만큼 LOS(Line Of Sight)상에서 수신하느냐가 더 중요한 간섭의 요소임을 알 수 있다.

간섭의 영향 측정시험 시 전파연구소와 검단산 지점에서는 데이터 전송률 측정이 불가하였으며, 뚝섬유원지, 봉천기지국, 행주산성 지점에서는 주파수의 편차가 8.0 ~ 8.7 MHz일 때 무선 랜의 데이터 전송률 측정 시 패킷 손실률은 0%로 정상적으로 5 GHz 대역 무선 랜이 동작하고 있음을 알 수 있다. 여기서는 무선 랜의 수신레벨이 -42 ~ -47 (dbm) 이고 레이더 간섭원의 수신레벨이 -29 (dbm) 정도로 높게 측정되었으나 간섭원의 영향을 받지 않고 있음을 확인할 수 있다. 이 결과는 무선 랜과 간섭 레이더와의 주파수 편차가 있을 경우 간섭원의 수신레벨의 영향이 적어짐을 알 수 있는 데이터이다. 또한, 관악산 기상레이더의 송신 주파수는 5.340 GHz 이지만 수신주파수 측정시의 주파수가 평균 1.5 MHz 정도 감쇄 이격된 측정값이 수신됨을 알 수 있다.

3. 군산 기상레이더 측정 결과

- ① 송신 주파수 : 5.340 GHz
- ② 스펙트럼분석기: RBW : 300 KHz
VBW : 300 KHz,
SWP : 50 ms

표 8. 군산 기상레이더 수신레벨 측정 결과

전파 측정점	방위 각 (°)	앙각 (°)	측정 레벨 (dBm)	거리 (Km)	peak 주파수 (GHz)	주파수 이격 (MHz)
옥마산	158.5	-0.4	-33.17	36.4	5.3416	1.6
논산	228.0	-0.1	-41.33	33.3	5.3417	1.7
익산	294.1	0.4	-36.50	16.4	5.3418	1.8
경남 여상	50.1	2.1	-38.50	4.7	5.3419	1.9
죽성동	65.0	1.3	-34.50	7.4	5.3417	1.7
오산남 초교	314.0	0.7	-29.00	13.6	5.3419	1.9
김제	337.5	0.2	-46.00	24.1	5.3420	1.0

표 9. 군산 기상레이더 간섭영향 측정결과

전파 측정점	주파수 편차 (MHz)	간섭 측정레벨 (dBm)	무선랜 수신레벨 (dBm)	패킷 손실	비 고
옥마산	11.6	-33.17	-41.69	0%	
논산	11.7	-41.33	-44.54	0%	
익산	11.8	-36.50	-42.67	0%	
경암 여상	11.9	-38.50	측정 불가	측정 불가	무선랜 동작 불능
죽성동	11.7	-34.50	-42.54	0%	
오산남 초교	11.9	-29.00	-40.42	0%	
김제	12.0	-46.00	-41.55	0%	

4. 군산 기상레이더 측정 결과 분석

군산 기상레이더의 송신 중심 주파수는 5.340 GHz 이며 본 연구를 위한 측정 거리가 4.7 ~ 36.4 km 일 때, 수신 측정레벨은 -29 ~ -46(dBm)의 범위에서 측정되었으며 수신 측정 주파수의 편차는 1.0 ~ 1.9 MHz 범위였다. 군산 기상 레이더의 수신레벨 측정 시에도 수신레벨이 기상 레이더와의 거리보다는 LOS가 확실한 측정지점의 수신레벨이 더 높음을 알 수 있다. 즉 레이더와의 거리가 4.7 km인 경암 여상은 36.4 km의 옥마산 측정지점보다 수신레벨이 더 낮게 나타남을 알 수 있다. 이를 통하여 얻을 수 있는 결론은 5 GHz 대역의 무선 랜 서비스를 위한 셀 planning 작업 시 기존의 동 대역 레이더와의 물리적 거리보다는 LOS 정도를 파악하는 사항이 중요할 것으로 판단된다.

레이더 주파수가 간섭 원으로 동작할 시의 측정 결과는 무선 랜의 수신레벨이 -40 ~ -44 (dBm)일 때 간섭 원의 수신레벨이 -46 ~ -29 (dBm)으로 전반적으로 더 높게 측정되었으나 무선 랜에서의 패킷 손실은 발생하지 않음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 주파수 편차가 11 ~ 12 MHz 정도 되었음을 감안할 때 주파수 지정과 셀 planning시 참고할 만한 결과가 될 것으로 판단된다.

IV. 결론

이 논문에서는 5 GHz 주파수 대역의 초고속 무선 랜이 상용화 될 경우 기존의 항공 및 기상용 레이더 등에 사용되고 있는 5 GHz 주파수 대역과의 간섭 및 공유방안의 특성을 분석하기 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 대역의 무선통신 시스템에서 전파의 간섭 조건을 이해하는데는 일부분 참고가 가능할 것이다. 5 GHz 주파수 대역의 초고속 무선 랜 서비스를 위하여 간섭 문제를 고려한 셀 planning을 수행할 경우 DFS(Dynamic Frequency Selecting) 혹은 TPC(Transfer Power Control) 알고리즘을 채택할 때는 간섭 원과의 단순한 거리보다는 LOS 정도를 고려하여야 할 것이며 또한, 간섭원 주파수와 이격 정도를 고려한다면 최적의 초고속 무선서비스를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 5 GHz 주파수 대역 무선 랜 시스템에 대한 전파 간섭특성 연구는 표준화가 진행 중인 IEEE802.11b, 802.11h 혹은 HIPERLAN II 규격 표준화 기관에서 간섭 및 공유 방안에 대하여 활발하게 연구가 진행되고 있으며, 본 논문은 국내의 5 GHz 주파수 대역 서비스 실시에 대비한 동 주파수 대역의 국내 전파환경 및 간섭특성을 이해하는데는 도움이 될 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] ITU-R, "General Principles and Methods for Sharing Between Radio Services" *ITU-R Recommendation SM.1132*, 1995
- [2] 임재우, 신용섭 정보통신부 전파연구소 "주파수 이용효율을 고려한 고정업무와 이동업무에서의 전파간섭 및 공유방안 연구" 2001년도 하계 통신학회
- [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.Takamizawa, "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] 이범선, 조삼모, 유명완, 박정일, 신윤미 한국전자통신연구원 "ITU-R에서의 주파수공유 관련 기준 분석" 한국전자파학회 수탁 연구과제
- [7] ITU-R 권고 337-3 의 부속서

송 홍 종(Hong-Jong Song)

정회원



1992년 2월 : 전남대학교

물리학과 (이학사)

1994년 2월 : 전남대학교

전자공학과 (공학석사)

1994년 1월~1998년 3월 :

현대전자 정보통신연구소

주임연구원

1998년 9월~현재 : 연세대학교 전기·전자공학과
박사과정 재학 중

2000년 11월~현재 : 정보통신부 전파연구소 재직 중
<주관심 분야> 광대역정보통신망, 초고속통신망, 통
신 시스템 설계, 광대역 무선통신시스템 등

김 동 구(Dong-Gu Kim)

정회원

한국통신학회 논문지 제 27권 제6B호 참조