

DSSS 방식용 무선 LAN에 대한 전파 잡음의 영향

The Effect of Electromagnetic Noise on the Wireless LAN Using Direct Sequence Spread Spectrum

김 채 영 · 박 정 근 · 박 승 근*

Che-Young Kim · Jeung-Keun Park · Seng-Keun Park*

요 약

본 논문에서는 전파 잡음에 노출된 무선 랜의 데이터 전송 속도 저하(低下)가 일어나는 원인과 주파수 이격(離隔)에 따른 간섭 정도가 달라지는 이유를 설명하였고, 또한 현저한 전송 속도 저하를 일으키는 간섭파의 전계 강도 수치를 측정하였다. 연구에 사용된 두 대의 무선 랜 및 한 대의 AP(Access Point)가 무선 통신망을 형성하였다. 사용된 전파 간섭의 종류는 동일 채널 간섭 및 인접 채널 간섭이었고, 각 경우에 대한 전계 강도 임계 수치를 도출하였다. 두 경우의 전파 간섭에 대한 전계 강도 임계 수치를 조사한 결과, 그 값은 54 dBuV/m @3 m이었고, 이 수치는 현행 국내 기준치인 30.9 dBuV/m @3 m보다 높은 값이었다. 이는 802.11b 무선 랜에 관한 한은, 국내의 소출력 무선기기 규정치는 23.1 dB 만큼 과도하게 설정되었음을 의미하는 것이다.

Abstract

In this paper, we investigate the cause of throughput degradation on the wireless local area network(WLAN) and the reason of interference level change attributed to the spanned frequency in the presence of electromagnetic interference. We also measured and quantified the electric field strength of interference which yields the abrupt change of the throughput. Two units of WLAN and one unit of AP(Access Point) are configured to maintain the radio link. As the sources of interference, both the co-channel and adjacent-channel interference are considered and the critical values of electric field are provided for each case. Our experimental observations show that the signal strength generated from these interference sources is at most less than 54 dBuV/m @3 m in order to coexist between WLANs and other low power radio devices without any noticeable throughput decreases. Based on our empirical results, as far as 802.11b WLAN is concerned, we believe that the current domestic limit of the signal strength for an extremely low power radio device, 30.9 dBuV/m @3 m, can be increased as much as 23.1 dB.

Key words : Wireless LAN, Interference, Throughput

I. 서 론

무선 랜(wireless LAN) IEEE 802.11b의 표준안이 확정된 이후 그 수요가 증가하고 있다. 무선 랜은 ISM(Industrial, Scientific, and Medical) 대역을 사용하

며^[1], 동일 대역 내에서 동작하는 여러 종류의 무선 기기들로 인해서 전파 간섭을 겪게 된다. 그 전파 간섭의 대표적인 종류는 동일 채널 간섭과 인접 채널 간섭이며, 이들 간섭의 결과로서 나타나는 현상은 무선 랜의 데이터 전송 속도(throughput) 저하(低下)

「이 논문은 BK21에서 지원하였음.」

경북대학교 전자·전기·컴퓨터공학부(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

*한국전자통신연구원 스펙트럼 공학연구팀(Spectrum Engineering Research Team, Radio Technology Research Department, Broadcasting & Telecommunications Convergence Research Laboratory)

· 논문 번호 : 20080320-037

· 수정완료일자 : 2008년 6월 16일

이다^{[2]~[4]}. 그러므로 동종(同種) 및 이종(異種) 무선 기기간의 전파 간섭을 최소화하기 위해서는 간섭의 원인 규명이 필요하며, 또한 전파 간섭을 현저히 야기시키는 간섭 전파의 전계 강도 임계치를 조사해야 할 필요성이 대두된다. 이와 관련된 선행 연구들을 살펴보면, 국내외의 전파 법규를 분석하여 국내의 소출력 무선기기의 규제치를 상향 조정해야 한다는 연구 결과와 무선 랜과 무선 기기간의 전파 간섭을 통해 무선 랜의 전송 속도에 미치는 영향을 측정하는 연구들이 있다^{[5],[6]}. 하지만, 본 논문에서는 무선 랜의 전파 간섭 실험 결과를 통해 임계치를 제시하였다.

무선 랜은 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum) 방식을 이용하여 데이터를 전송한다. 송신 무선 랜에서는 데이터를 BPSK 변조한 후, 이를 반송파에 실은 다음 유사 잡음 코드(PN code)를 곱해 원 데이터(original data)를 확산(Spreading)시켜 송출한다^[7]. 송출된 전파는 무선 매체(無線媒體)를 통하여 수신 무선 랜에 도달된다. 수신 무선 랜에서는 송출된 전파를 수신 안테나로 수신한 후에 송신 무선 랜과 동일한 유사 잡음 코드를 통해 확산된 데이터를 역확산(despreading)시키고, 전파 송출시 사용되었던 반송파를 제거하여 원 데이터를 복구하게 된다. 이 과정에서 전송 속도 저하에 현저한 영향을 주는 부분은 전파의 형태가 유지되는 무선 매체이다. 그러므로 무선 랜에서의 전파 간섭에 의한 전송 속도 저하 현상을 조사하기 위해서는 무선 매체에서 일어나는 간섭 현상을 분석할 필요가 있다.

본 논문에서는 IEEE 802.11b 무선 랜의 시스템과 통신 방식에 대해 설명을 하였고, 전파 간섭하의 전송 속도 측정 시스템 구축에 관한 기술을 하였다. 무선 매체 내에서 인위적인 전파 간섭을 일으켜서 전송 속도 저하 현상을 조사하였다. 먼저, 13개의 무선 랜 채널 중에서 4개 채널(3 CH, 6 CH, 9 CH, 13 CH)에 인위적인 동일 채널 전파 간섭 신호를 야기시킨 후에 간섭 전계 강도 변화에 따른 각 채널의 데이터 전송 속도(throughput)의 변화를 측정하였다. 그 다음에는 4개 채널에 인위적인 인접 채널 간섭을 일으킨 다음 간섭 전파의 주파수 이격(離隔)에 따른 데이터 전송 속도의 변동을 측정하였다. 이 과정에서 무선 랜의 통신 방식인 DSSS 방식 하에서 전송 속도 저하

가 일어나는 원인과 주파수 이격에 따라 간섭 정도가 다른 이유를 설명하였다. 실험을 통해 측정된 데이터를 TP(Transition Point)와 BP(Blocking Point)를 사용하여 분석하고 임계치를 도출하였다. 이를 사용하여, IEEE 802.11b DSSS 방식의 무선 랜에 관한 FCC가 제시한 전계 강도 임계치 및 국내 규정치의 타당성 여부에 대한 논의를 하였다.

II. 본 론

2-1 IEEE 802.11b 무선 랜 스펙트럼

본 논문에서 사용한 IEEE 802.11b 무선 랜(wireless LAN)은 스펙트럼 확산 방식(SS: Spread Spectrum)을 이용하여 데이터를 전송한다. SS 방식에는 기저 대역 신호를 어떻게 확산시키느냐에 따라서 직접 스펙트럼 확산 방식(DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum), 주파수 호핑 스펙트럼 확산 방식(FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum) 및 DSSS 방식과 FHSS 방식을 조합한 hybrid 방식으로 구분된다. 본 논문에서는 DSSS 통신 방식을 사용한 IEEE 802.11b 무선 랜을 사용하였다.

그림 1은 무선 랜의 주파수 범위와 각 채널이 점유한 대역폭을 보이고 있다. IEEE 802.11b 무선 랜의 대역 범위는 ISM 대역인 2.4~2.4835 GHz이다. 그리고 채널은 13개로 구성되어 있다. 한 채널의 대역폭은 5 MHz이지만 데이터 전송시는 확산되므로 확산 대역폭은 22 MHz가 된다. 특정 채널의 데이터를 송출하기 위해서는 그 특정 채널의 대역폭은 확산되어야만 하므로, 이때 그 특정 채널은 인접 채널과 스펙트럼이 중복되어 인접 채널 간섭이 발생됨을 그림 1로부터 알 수 있다. 따라서 인접 채널의 전파 간섭 영향을 받지 않고 사용할 수 있는 채널의 수는 3개가 된다. 이는 본 논문의 인접 채널 간섭 실험을 통해서도 확인할 수 있었다.

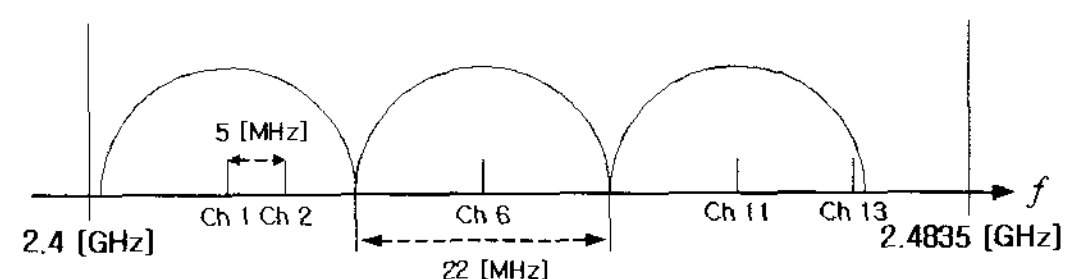


그림 1. DSSS 방식의 무선 랜 채널
Fig. 1. Wireless LAN channels using the DSSS method.

IEEE 802.11b 무선 LAN의 최대 전송 속도는 11 Mbps이지만, 전형적인 전파 환경 하에서는 대략 5.5 Mbps 정도의 전송 속도를 유지한다. 전송 속도를 결정하는 것은 변조 방식 및 채널 코딩이다. 그 방식에 따라서 11 Mbps, 5.5 Mbps, 2 Mbps, 1 Mbps 4가지의 전송 속도가 사용된다. 11 Mbps와 5.5 Mbps 전송 속도에서는 CCK(Complementary Code Keying) 변조 방식이 사용되며, 2 Mbps 전송 속도에서는 DQPSK(Differential Quadrature Phase Shift-Keying) 변조 방식이 사용된다. 그리고 1 Mbps 전송 속도는 DBPSK(Differential Binary Phase Shift-Keying)의 변조 방식이 사용된다^[1]. 또한, 전송 속도는 무선 랜이 겪는 전파 간섭의 정도에 의해서 좌우된다.

자유 공간상에서 무선 랜의 통상적인 전송 거리는 70~100 m이다. 그리고 무선 랜의 수신 안테나 단자에서의 최소 입력 전력 레벨은 -76 dBm 이상이 되어야 한다. 무선 매체로 전달되는 송신 출력은 국가마다 차이가 있으며, 한국과 일본의 경우는 10 mW/MHz로 규정되어 있다^[1].

2-2 IEEE 802.11b 무선 랜의 신호 전송 과정

그림 2는 무선 랜의 송신부(좌측 시스템), 무선 매체(중간) 및 수신부(우측 시스템)를 보이고 있다. 송신부에서는 송출하고자 하는 메시지를 채널 인코딩하여 이진 데이터로 변환한다. 변환된 이진 데이터를 반송파로 변조한 다음 PN Code(Pseudo Random Noise)가 곱해지며, 이를 확산 변조라고 한다. 이 과정에서 대역폭은 22 MHz로 확산되며, 확산된 그 신호는 무선 매체에 올려진다. 무선 매체에 올려진 신호는 무선 랜의 수신부에 도달된다. 도달된 그 신호에는 송신부의 PN 코드와 동일한 코드가 곱해져서 역확산된다. 그리고 반송파가 제거된다. 그 후 검파 회로를 거친 다음 채널 디코딩을 거쳐서 원 데이터(original data)가 복원된다. 이 때 무선 매체를 통하

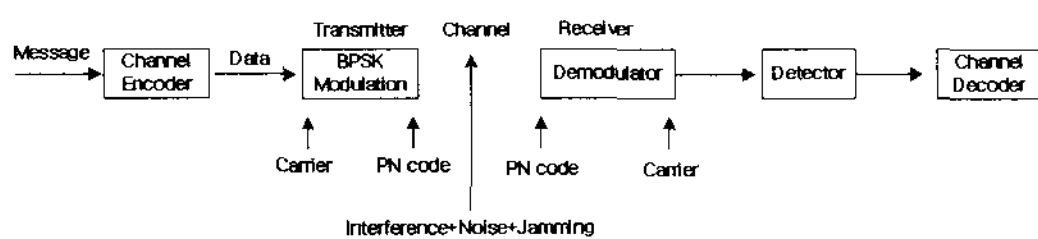


그림 2. DSSS 방식의 구성도
Fig. 2. Block diagram of the DSSS method.

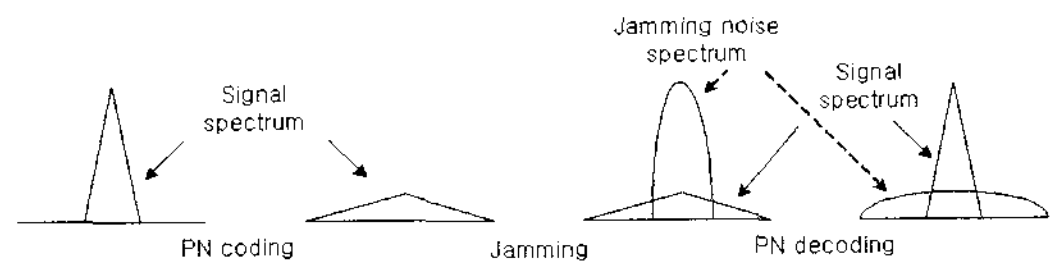


그림 3. 확산과 역확산
Fig. 3. Spreading and despreading.

여 잡음, 전파 간섭 및 혼신 등이 발생하므로 수신 무선 랜은 희망하는 신호 이외에 원하지 않는 간섭 신호 역시 수신하게 된다.

그림 3은 확산 전후의 신호 및 간섭 신호의 스펙트럼 변화를 보이고 있다. 좌측 그림은 신호 만에 대한 스펙트럼 변화이고, 우측 그림은 신호 및 잡음에 대한 스펙트럼 변화이다. 좌측 그림에서 확산되기 이전의 신호는 높은 진폭과 좁은 대역폭을 갖고 있지만 확산된 후에는 진폭은 낮아지고 대역폭은 확장되는 것을 볼 수 있다. 그 후 확장된 대역폭을 가진 신호가 무선 매체에 올려져서 신호 송신이 이루어진다. 무선 매체를 통한 신호 전송 과정에서 전파 간섭이 발생된다. 우측 그림은 신호 및 잡음이 역확산된 이후의 스펙트럼을 보이고 있다. 역확산된 이후에는 신호의 진폭은 다시 증가되고 대역폭은 좁아져서 초기의 신호와 동일한 형태를 갖게 된다. 즉, 신호 복원이 이루어진 것이다. 그 반면, 높은 진폭을 가졌던 잡음의 진폭은 낮아지면서 또한 대역폭이 확산된 것을 볼 수 있다. 즉, 잡음의 영향이 현저히 감소되었음을 볼 수 있다. 상기의 과정에 의해서 원리적으로는 양질의 신호 수신에 항상 가능할 것처럼 보이지만 여기에는 한계가 있다. 잡음 진폭이 일정 크기 이상으로 커질 경우와 스펙트럼 중복성이 일정 부분 확대가 되면 더 이상의 간섭 제거가 불가능하여서 전송 속도는 현저히 저하된다. 그러므로 간섭 전파가 전송 속도에 미치는 영향 분석이 필요하게 된다.

2-3 측정 시스템의 구성 및 전파 환경 설정

그림 4는 측정 시스템의 개요도이다. 전파 간섭 실험을 위해서 두 대의 노트북 내에 장착된 무선 랜과 한 대의 AP(Access Point)로서 무선 통신망을 형성하였다. 그리고 신호 발생기와 혼 안테나를 사용하여 간섭 전파를 송출하였다. 측정은 경북대학교 전자공학과 내의 전파무반사실에서 행해졌고, 무반

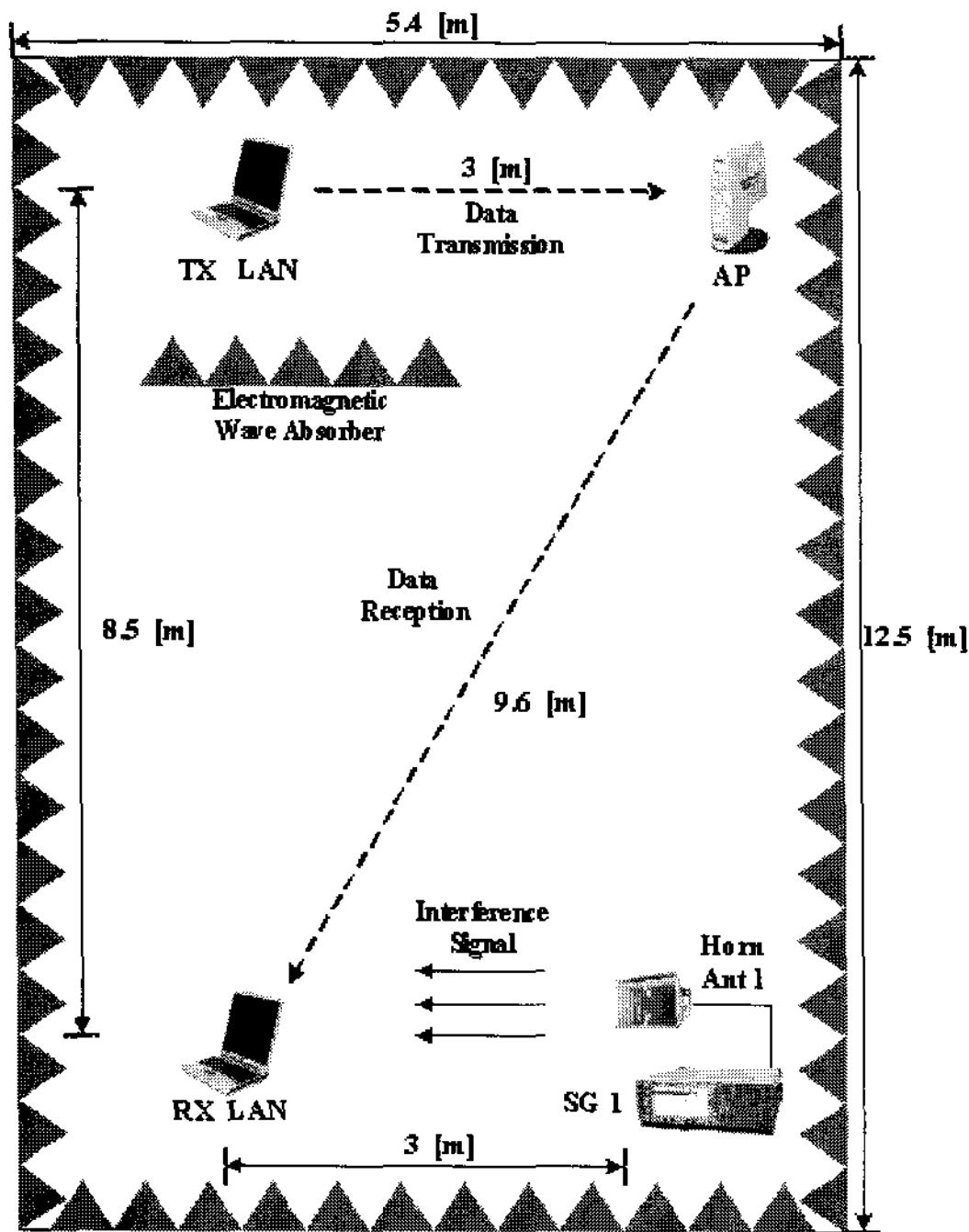


그림 4. 측정 시스템의 개요도
Fig. 4. Diagram of measurement system.

사실의 크기는 5.4×12.5×4 m³이다. 그림 4에서 TX LAN은 AP에게 데이터를 보내는 송신 무선 랜이고, RX LAN은 AP로부터 데이터 전송을 받는 수신 무선 랜이다. 송신 무선 랜과 AP 사이의 거리는 3 m이고, AP와 수신 무선 랜 간의 거리는 9.6 m이다. 그림 4에 보인 점선은 두 대의 무선 랜과 한 대의 AP로 형성된 무선 통신망간에 전송되는 데이터 신호를 의미하며, 실선은 혼 안테나에서 수신 무선 랜으로 향하는 간섭 전파를 의미한다. 송신 무선 랜에서 수신 무선 랜으로 직접 도달되는 데이터 신호는 차단하고, AP가 전송한 신호만이 수신 무선 랜에 도달되도록 하기 위하여 송신 및 수신 무선 랜 사이에 전파 흡수체를 설치하였다. 측정에 사용된 장치들의 주요 제원은 표 1에 주어져 있다. 전파 간섭에 의한 전송 속도 측정은 네트워크 측정 프로그램인 IPerf를 사용하였다. 이 프로그램은 구성된 무선망의 데이터 전송 속도를 매초 측정하여, 측정된 데이터 전송 속도 군(group)에 대한 평균값을 출력한다^[8].

전파 간섭에 따른 무선 랜의 전송 속도를 측정하기 위해서는 세 가지 사전(事前) 작업이 필요하다.

표 1. 측정 장치의 제원
Table 1. List of test equipments.

Device	Model number
Wireless NIC	Samsung SWL 2,700 M 11 b/g mini PCI WLAN
AP	BUFFALO Air Station 11 Mbps Wireless Broadband Router WBR-B11
Signal Generator	Agilent E4432B Signal Generator
Antenna	ETS · LINDGREN Double-Ridged Wave-guide Horn
Program	IPerf
Test	Chamber in Kyungpook National University

첫 번째는 적정 수준의 수신 감도가 설정되어야 한다. 수신 감도가 너무 높게 설정되면 수신 무선 랜은 전파 간섭 레벨에 둔감해지므로 전송 속도 변화가 작아진다. 그 반면에 너무 낮게 설정하면 무선 통신망 자체가 형성되지 않는다. 본 실험에서는 IEEE 802.11 규정에 명시된 수신 안테나 단자에서의 최소 입력 레벨인 -76 dBm 이하로 설정하였다. 적정 수준의 수신 감도 설정을 위해서 수신 무선 랜과 AP 간의 거리를 조정하였고, 또한 AP의 출력 레벨을 조정하였다. 두 번째는 무선 랜에 도달된 간섭 전력의 측정이다. 이를 위해서 그림 4에 보인 수신 무선 랜을 제거한 후, 그 위치에 혼 안테나와 스펙트럼 분석기를 설치하였다. 이를 보인 것이 그림 5이다. 간섭 전력 측정시는 혼 안테나 및 수신 무선 랜 안테나의 이득과 케이블 손실을 감안하였다. 세 번째는 정현파 신호 발생기를 이용한 간섭 전파의 송출이며, 이를 보인 것이 그림 4의 실선이다. 이 신호는 무변조의 반송파만을 가지는 신호이며, DSSS 방식의 무선 수신기에 미치는 간섭 영향이 다른 종류의 간섭 신호보다 크기 때문에 사용하였다^[7]. 본 실험에서 사용된 간섭 전계 강도는 0~90 dBuV/m 범위 내에서 가변되도록 하였다.

그림 5에서 간섭원의 역할을 하는 신호 발생기 출력이 -15 dBm인 경우, 수신 혼 안테나를 통해서 스펙트럼 분석기에 수신된 전력은 -49.8 dBm이었다. 이로부터 두 안테나 사이의 자유 공간 손실을 계산하면,

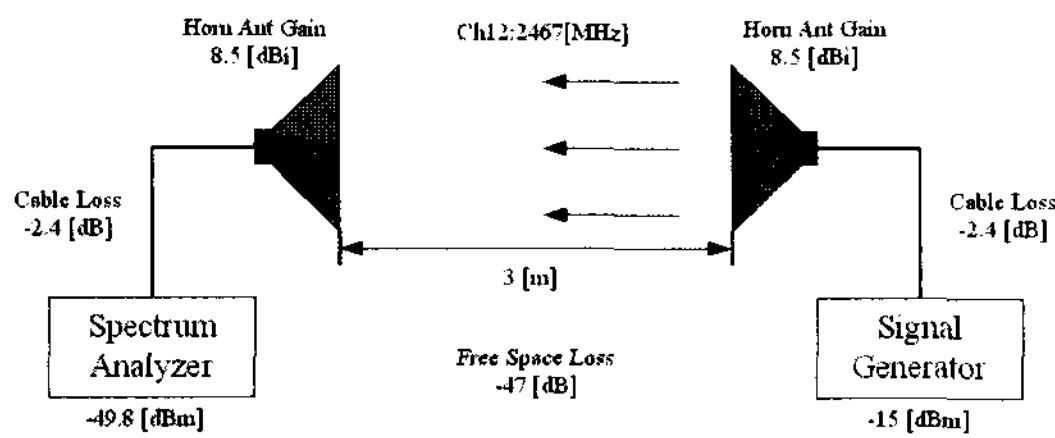


그림 5. 간섭 전파의 수신 전력 측정
Fig. 5. Receiving power measurement of the EM interference.

$$\begin{aligned}
 & -15 \text{ dBm} + (-2.4) \text{ dB} + 8.5 \text{ dBi} \\
 & + 8.5 \text{ dBi} + (-2.4) \text{ dB} + L \text{ dB} \\
 & = -49.8 \text{ dBm} \quad (1)
 \end{aligned}$$

이 된다. 단 L 은 자유 공간 손실이다. 식 (1)에서 8.5 dBi는 혼 안테나 이득을 나타내며, 2.4 dB는 선로 손실을 의미한다. 그리고 -15 dBm은 신호 발생기의 송출 전력이고, -49.8 dBm은 혼 안테나를 통해서 스펙트럼 분석기에 수신된 전력이다. 식 (1)로부터 자유 공간 손실을 계산하면 $L = -47 \text{ dB}$ 이 된다. 자유 공간 손실, 혼 안테나 이득, 그리고 선로 손실을 고려하여 무선 랜이 수신한 간섭 전파의 전력을 구하면,

$$\begin{aligned}
 & -15 \text{ dBm} + (-47) \text{ dB} + (-7.5) \text{ dB} + 2.4 \text{ dB} \\
 & = -67.1 \text{ dBm} \quad (2)
 \end{aligned}$$

가 된다. 식 (2)에서 -15 dBm은 간섭원의 송신 전력이고, -47 dB는 자유 공간 손실이다. 그리고 2.4 dB는 선로 손실을 나타낸다. 그리고 -7.5 dB는 혼 안테나 이득 8.5 dBi와 수신 무선 랜의 안테나 이득 1 dBi 간의 차이이다. 그림 5는 두 개의 혼 안테나와 스펙트럼 분석기를 이용한 간섭 전파의 수신 전력 측정에 적합한 형태이다. 실제로 측정해야 될 전력은 무선 랜이 수신한 전력이므로, 수신 혼 안테나와 수신 무선 랜 안테나 이득간의 차이인 -7.5 dB가 식 (2)에 사용되어야 한다. 그리고 그림 5에 보인 수신 측 선로 손실 역시 무선 랜인 경우는 나타나지 않으므로 이 점 역시 고려되어야 한다. 이 점이 반영된 항이 식 (2)에 보인 선로 손실 2.4 dB이다. 식 (2)에 보인 -67.1 dBm은 식 (3)에 보인 $P_r \text{ dBm}$ 이 된다.

2-4 측정 결과

ISM 대역에서 동작하는 무선 랜에 외부로부터 인가될 수 있는 허용 전파 강도의 상한치는 전계 강도로서 규제되어 있다. 국내 정보통신부(MIC: Ministry of Information and Communication Republic of Korea) 고시 제2007-49호 제3조에 의하면 그 값은 30.9 dBuV/m이다. 그리고 외국의 경우 CISPR 22에서는 50 dBuV/m로 되어 있고, FCC에서는 54 dBuV/m로 되어 있다^{[5],[9],[10]}. 즉, 국내 규제치와 외국 규제치 간에는 최대 23.1 dB라는 큰 차이가 존재한다. 그 차이를 계속 유지할 것인지 혹은 국내 법규를 개정할 것인지를 판단할 경우 기술적 근거를 제시하고자 함도 본 연구 목적의 일부분이었다. 이를 위해서는 측정된 수신 전력을 수신 전계 강도로 변환시켜 보아야 하며 그 변환식은 다음과 같다^[11].

$$\begin{aligned}
 E \text{ dB}\mu\text{V/m} &= P_r \text{ dBm} - G_r \text{ dB} \\
 &+ 20 \log f \text{ MHz} + 77.212 \text{ dB} \quad (3)
 \end{aligned}$$

여기서 P_r 은 간섭 전파의 수신 전력이고, E 는 변환된 전계 강도이다. 그리고 G_r 은 수신 무선 랜의 안테나 이득이며, f 는 측정 채널의 중심 주파수이다. 식 (3)에 의해서 간섭 전파의 전력은 수신 전계 강도로 변환된다.

2-4-1 동일 채널 간섭 실험

동일 채널(co-channel) 간섭 측정을 하기 위하여서 피측정 채널(즉, victim channel)의 중심 주파수와 인위적인 외부 간섭 전파의 중심 주파수를 일치시켰다. 그 후, 그림 4에 보인 전파 환경 하에서 무선 랜의 4개 채널(3 CH, 6 CH, 9 CH, 13 CH)에 대한 간섭파의 세기에 따른 무선 랜의 전송 속도 변화를 측정하였다. 여기서 간섭파의 세기란 간섭 전파가 가진 전계 강도를 가리킨다. 수신 전력을 측정한 후에 그 수치를 식 (3)을 이용하여 간섭 전계 강도로 변환시키며, 그 값이 그림 6에 보인 가로 축이 된다.

그림 6은 간섭 전계 강도가 증가함에 따라서 전송 속도가 어떻게 변화되는지를 보이는 측정치이다. 그림 6의 측정 결과에서 간섭파의 전계 강도가 약 54 dBuV/m에 도달되기 이전까지는 전송 속도의 변화가 거의 없는 것을 볼 수 있다. 이는 54 dBuV/m 이하의 간섭 전파는 무선 랜의 전송 속도에 영향을 주

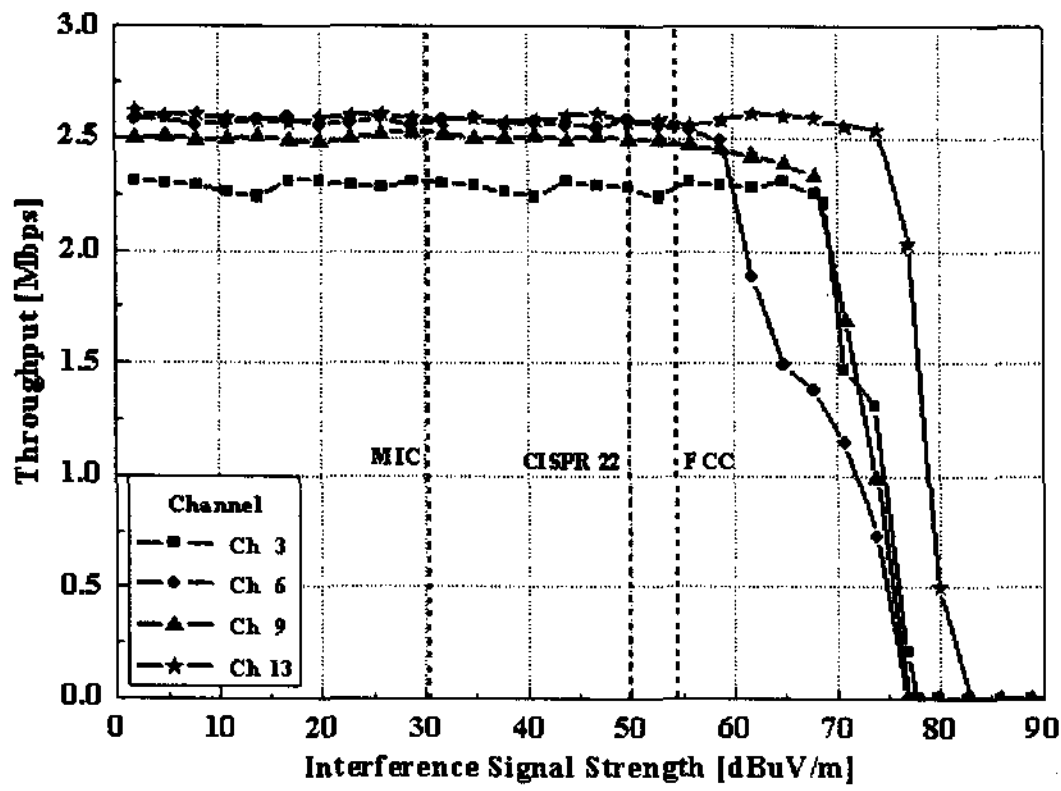
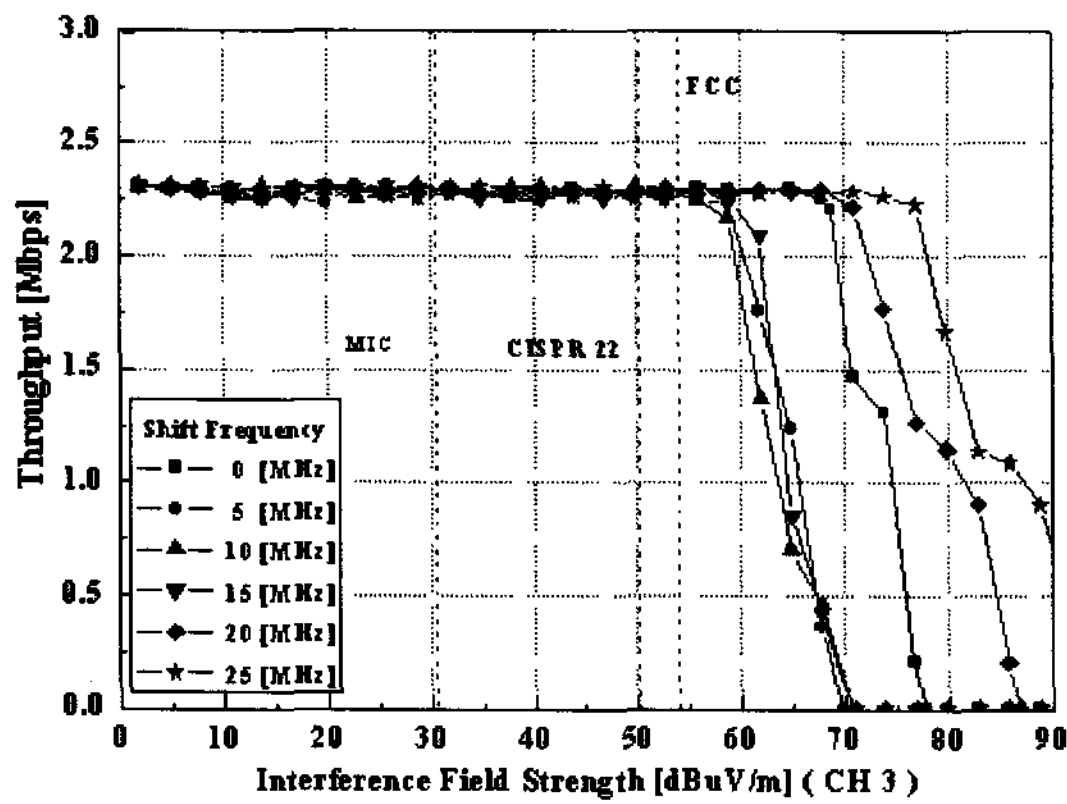


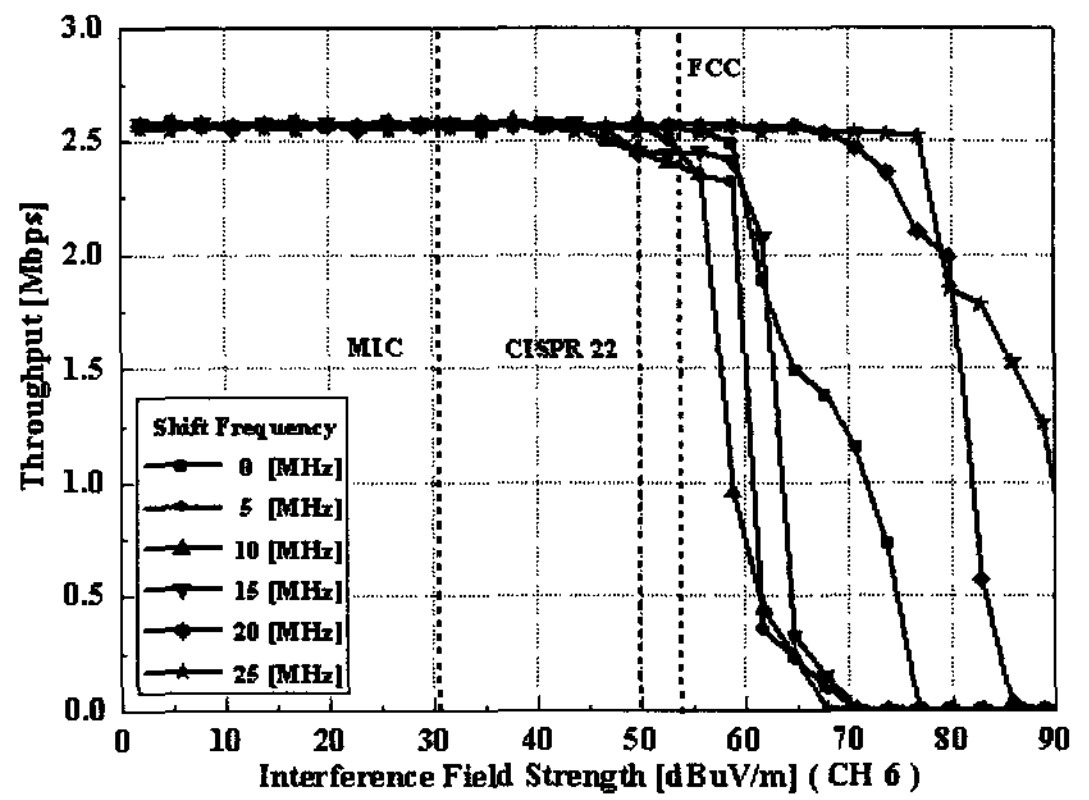
그림 6. 동일 채널 간섭하의 전송 속도 변화
 Fig. 6. The throughput change affected by the co-channel interference.

지 않는다는 것을 의미한다. 그러나 이 수치 이상이 되면 그 이후의 전계 강도에 대해서는 전송 속도가 줄어드는 것을 볼 수 있다. 여기서 흥미로운 점은 54 dBuV/m은 곧 FCC의 규제치란 점이다. 국내의 법령 및 법규에 나타난 규제치의 경우, 그 수치에 대한 기술적 근거가 결여되어 있다. 그림 6은 기술적 배경에 대한 설명 없이 단지 규정치만 주어진 FCC의 무선 랜 관련 수치가 타당하다는 것을 보여주는 실험적 사례가 된다.

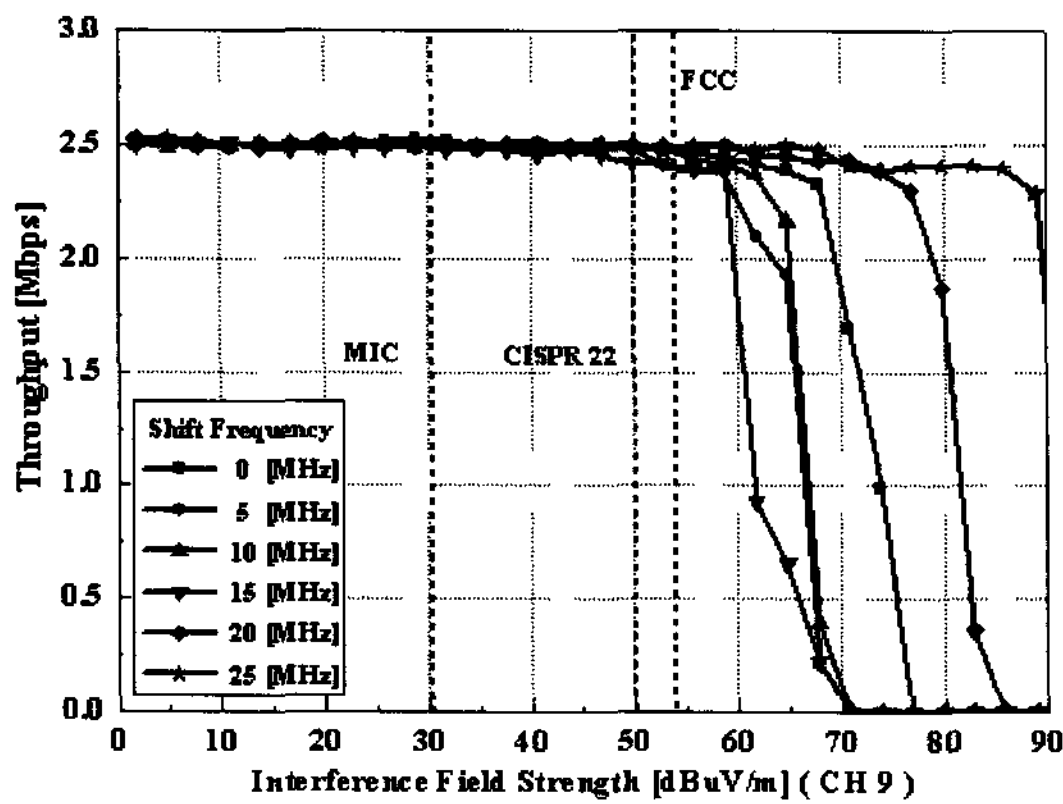
그림 6에는 각 채널 별로 전송 속도 차이가 나타나 있는데, 이는 다음처럼 설명할 수 있다. 측정 시 무선 랜의 13개 채널 중에서 4개 채널에 대해 전송 속도를 측정하였다. 이때 4개의 채널 중 각각의 채널



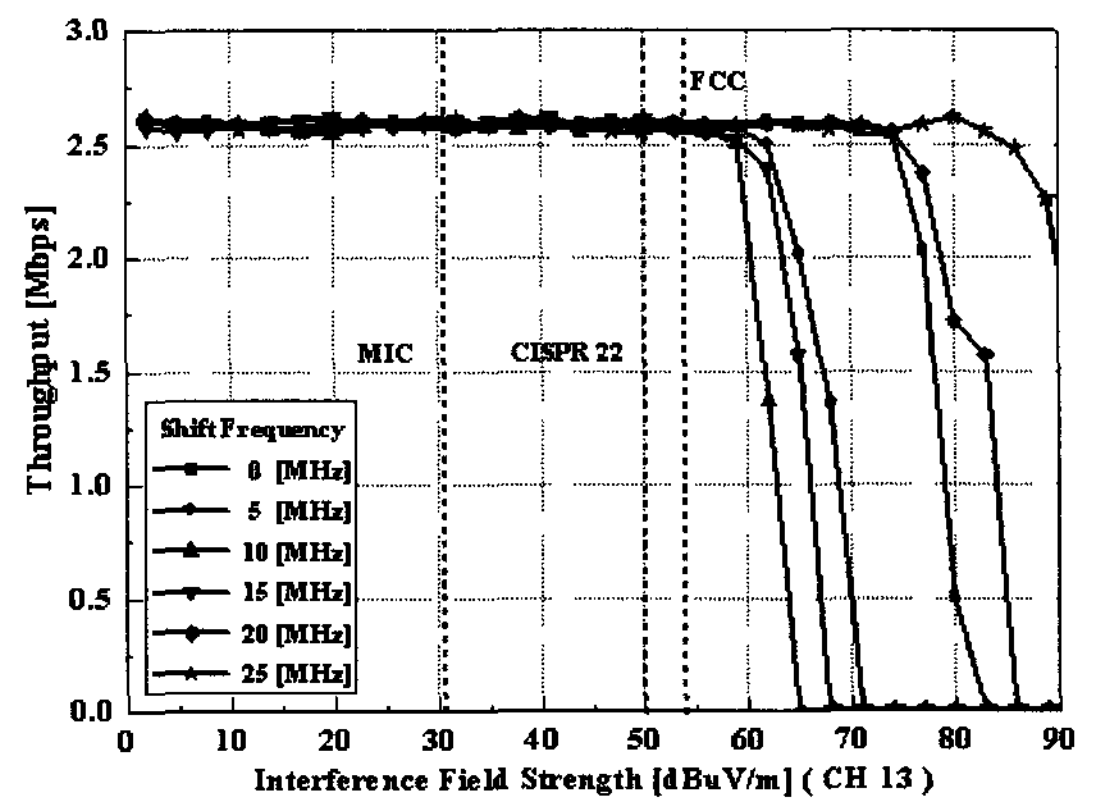
(a) 피측정 채널 3
 (a) Victim channel 3



(b) 피측정 채널 6
 (b) Victim channel 6



(c) 피측정 채널 9
 (c) Victim channel 9



(d) 피측정 채널 13
 (d) Victim channel 13

그림 7. 인접 채널 간섭하의 채널별 전송 속도 변화
 Fig. 7. The throughput change on each channel affected by the adjacent channel interferences.

널에 대해 측정이 행해지므로 채널 변경이 일어나고, 그때마다 수신 감도가 변화된다. 그리고 무선 랜의 전송 속도를 장(長) 시간 동안 여러 번 측정한 전송 속도의 평균값을 나타내었다. 노트북에 내장된 무선 랜을 장시간 측정하기 때문에 노트북 내(內)의 온도가 상승하고 수신기의 잡음 전력을 증가시키는 원인이 된다. 이를 통해서 그림 6에 보인 채널별간에는 약간의 전송 속도 차이가 나타나게 된다.

2-4-2 인접 채널 간섭 실험

본 절에서는 인접 채널(adjacent channel) 간섭 측정을 하였다. 이를 위하여서 간섭 전파의 중심 주파수를 무선 랜 한 개 채널 간격인 5 MHz 씩 이격(離隔)시켜가면서 측정하였다. 단, 간섭 전파에 대한 설정은 앞 절에서 보인 동일 채널 때와 동일한 설정을 유지하면서 무선 랜 4개 채널인 3 CH, 6 CH, 9 CH, 13 CH에 대한 측정을 수행하였다. 간섭 전파의 전계 강도 세기에 따른 전송 속도를 측정하였고, 이를 보인 것이 그림 7이다.

이 그림에서 간섭원의 중심 주파수 이격이 0 MHz 인 경우는 동일 채널 간섭을 의미하며, 나머지는 인접 채널 간섭을 나타낸다. 피측정 채널(victim channel)의 간섭 정도를 판별하기 위해서, 그림에 나타난 전송 속도의 평탄 부분보다 10% 낮아진 전송 속도의 변화 지점에 대응되는 전계 강도를 TP(Transition Point)라고 정의한다. 그림 7에서 주파수 이격에 따라 서로 간의 TP가 다른 것을 볼 수 있다. 여기서 TP가 크다는 것은 간섭 신호의 세기를 높여도 전송 속도의 변화가 거의 없다는 것을 의미하며, 이는 전파 간섭에 강하다는 의미가 된다. 중심 주파수 이격이 15 MHz 이내가 되면 인접 채널 간섭이 동일 채널 간섭보다 간섭원의 영향을 더 많이 받는다. 주파수 이격이 20 MHz일 경우는 인접 채널 간섭과 동일 채널 간섭의 간섭 정도가 서로 비슷한 것을 볼 수 있다. 그리고 25 MHz 이상일 때는 설정된 최대 전계 강도인 90 dBuV/m에서 전송 속도는 “영”이 되지 않았다. 이는 무선 랜이 임의의 채널을 통해서 통신을 하고자 한다면, 4채널 이상의 주파수 이격을 두어야만 간섭을 피할 수 있다는 의미가 된다. 이는 본론의 2-1절에서 언급한 인접 채널의 전파 간섭을 받지 않고 사용할 수 있는 채널수 3개가 타당함을 보여주는

한 실험적 사례가 된다. 또한, 동일 채널 때와 마찬가지로 인접 채널 간섭 역시 전계 강도의 수치가 54 dBuV/m 이상이 될 때, 전송 속도가 저하됨을 볼 수 있다.

전송 속도가 저하되는 이유와 주파수 이격에 따라 간섭 정도가 다른 이유를 그림 8로부터 설명하고자 한다. 그림 8의 가로축은 주파수를 나타내고 세로축은 전계 강도 세기를 나타낸다. Despread signal은 수신된 역확산 신호를 나타내며, spread jamming signal은 확산된 간섭 신호를 의미한다. 그림 8에서 여섯 개의 그림 중 간섭 신호원의 진폭은 모두 동일하며, 0 MHz는 동일 채널 간섭을 의미하고 나머지 그림들은 인접 채널 간섭을 의미한다. 그리고 des-

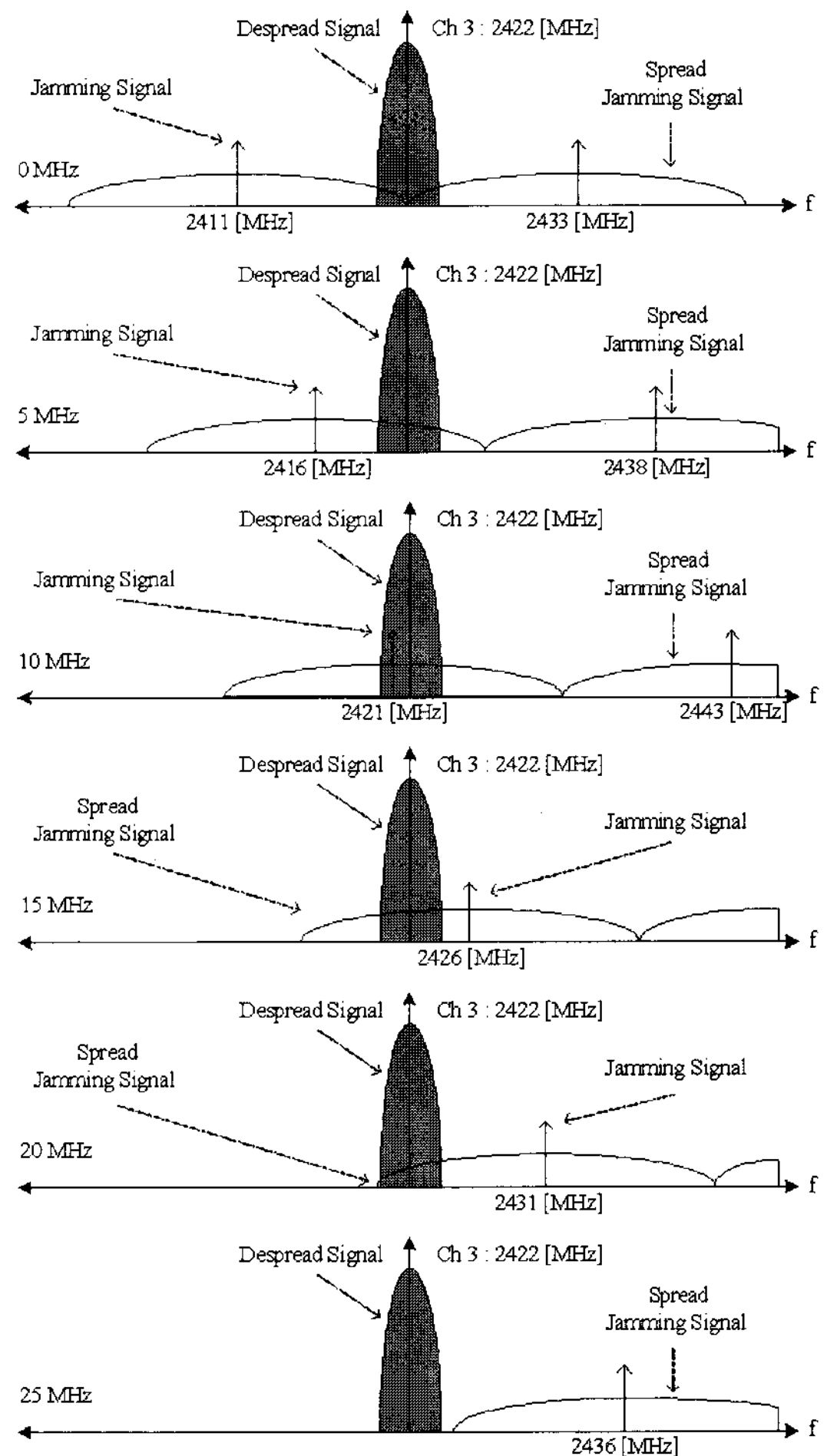


그림 8. 수신된 역확산 신호와 확산된 간섭 신호
Fig. 8. Received despread signal and spread jamming signal.

pread signal과 spread jamming signal의 스펙트럼이 겹치는 면적은 전파 간섭 정도를 의미한다. 겹치는 면적이 커질수록 전파 간섭의 영향이 증가하며, 이는 곧 전송 속도 저하의 원인이 된다. 여기서 spread jamming signal의 진폭은 간섭원의 전체 강도 세기가 확산된 진폭을 의미한다.

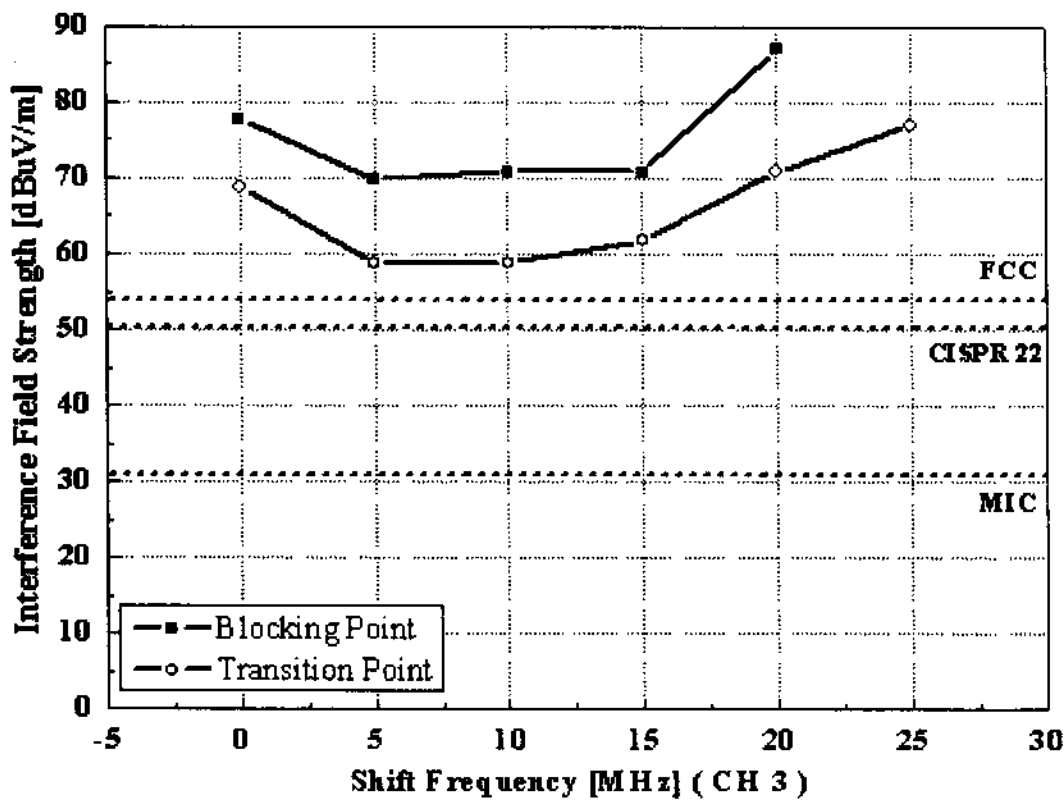
그림 7에 보여진 전송 속도가 평탄한 구간 역시 간섭 신호에 의한 전파 간섭이 발생된 영역이지만, 이 경우는 간섭 신호의 진폭이 매우 작아서 전송 속도에 영향을 거의 미치지 않았다. 그러나 간섭 신호의 진폭이 임계치 이상이 될 경우, spread jamming signal과 despread signal 간에 겹치는 면적이 일정 크기 이상으로 커지기 때문에 전파 간섭 영향이 커지

므로 전송 속도는 점차 감소하게 된다.

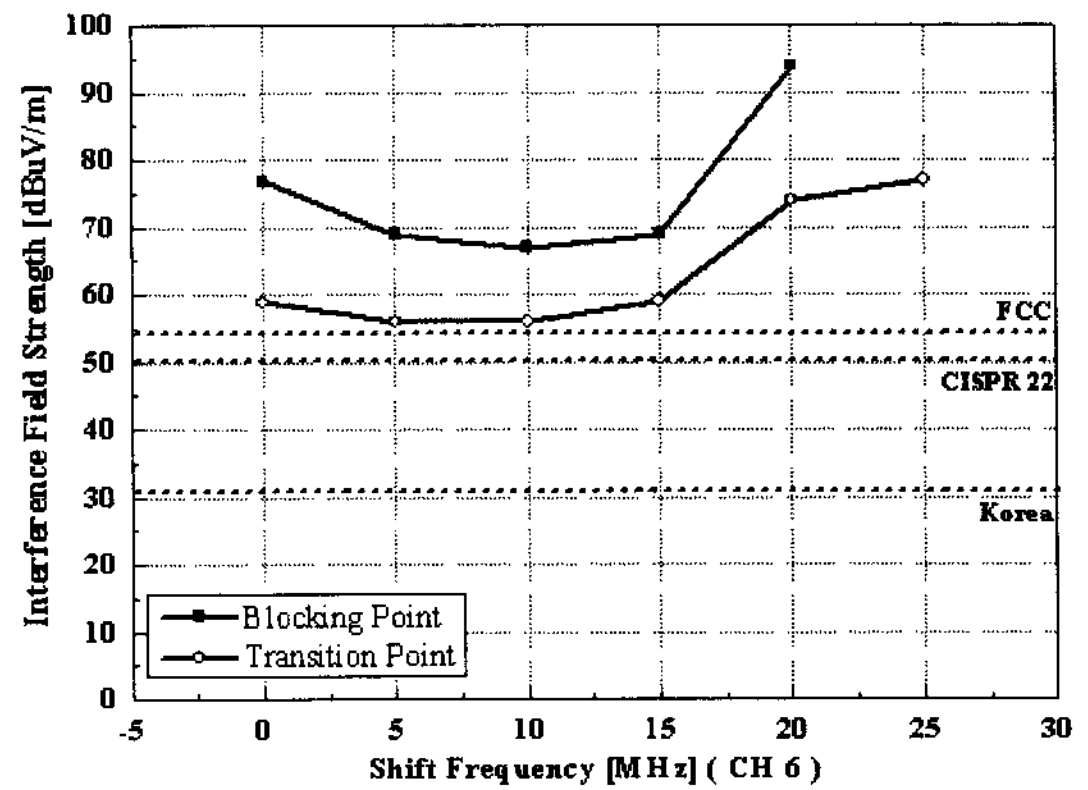
주파수 이격에 따라 전파 간섭의 정도가 서로 다른 이유 역시 그림 8에 보인 것처럼 despread signal과 spread jamming signal의 겹치는 면적이 서로 다르기 때문이다. 종전의 설명처럼 겹치는 면적의 크기는 곧 전파 간섭을 의미하며, 이로 인해서 그림 7에 보인 주파수 이격에 따른 간섭 측정 그림을 갖게 된다.

2-4-3 Transition Point와 Blocking Point

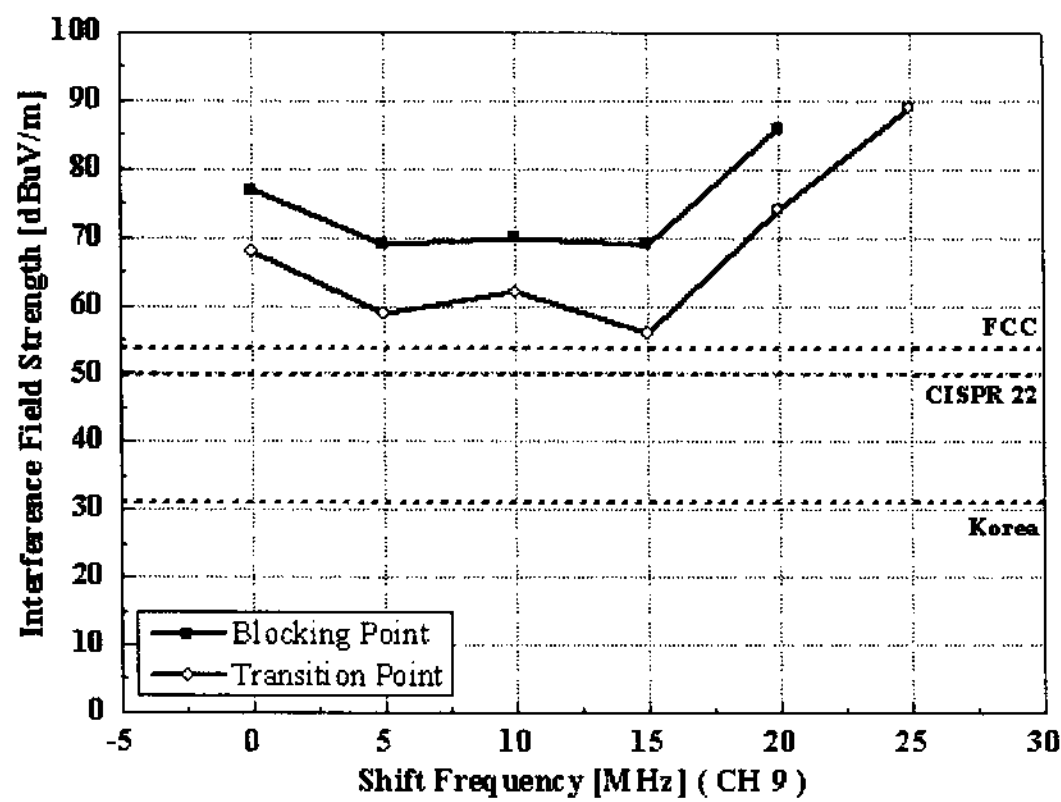
그림 6과 7에 보인 전송 속도 변화를 3개의 영역으로 구분할 수 있다. 첫 번째는 전송 속도의 변화가 없는 구간이며, 이는 전파 간섭의 영향이 발생되지



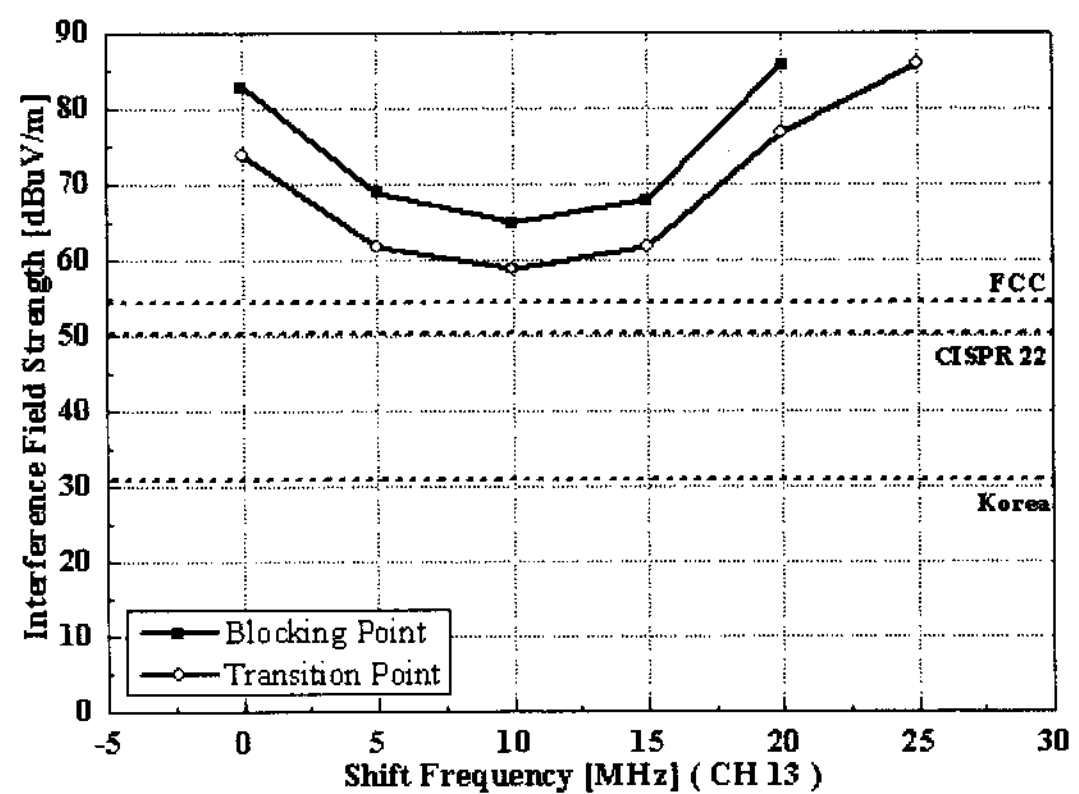
(a) 채널 3
(a) Channel 3



(b) 채널 6
(b) Channel 6



(c) 채널 9
(c) Channel 9



(d) 채널 13
(d) Channel 13

그림 9. Transition point와 blocking point
Fig. 9. Transition point and blocking point.

않는 영역이다. 두 번째는 전송 속도가 변화되기 시작하는 지점이며, 이는 전파 간섭의 임계치가 되는 지점이다. 그리고 마지막 영역은, 전송 속도가 “영”이 되는 구간으로서 이는 외부 간섭 전파에 의해서 통신이 두절되는 영역이다. 구분된 3개의 영역 중에서 간섭의 영향이 나타나는 두 번째 및 세 번째 영역에 대한 고찰이 필요하다. 이를 위해서 전송 속도가 평탄한 지점의 수치가 10 % 변화된 지점의 전계 강도를 transition point 라고 정의하고, 이를 TP라고 표기한다. 또한, 전파 간섭으로 인해서 전송 속도가 “영”이 되는 지점의 전계 강도를 blocking point라고 정의하고, 이를 BP라고 표기한다. 이 정의를 사용하여 그림 7의 측정치를 정의된 TP와 BP로서 표현한 것이 그림 9이다. 그림 9에서 가로 축은 간섭 전파의 중심 주파수와 피측정 채널 중심 주파수간의 차이인 이격(離隔) 주파수이다. 그러므로 이격 주파수가 영인 경우는 동일 채널 간섭이고, 영이 아닌 나머지 주파수는 인접 채널 간섭인 경우가 된다. 세로 축은 인위적으로 인가된 간섭파의 전계 강도이다. 그림 9에는 4개 채널에 대한 BP 및 TP 수치가 주어져 있다.

그림 9를 보면, CH6의 경우 동일 채널 간섭인 0 MHz에서 BP가 78 dBuV/m이고, TP는 59 dBuV/m이다. 이 수치는 간섭파의 세기가 59 dBuV/m 이상일 때 전송 속도가 평탄 지점보다 10 % 감소했다는 의미이며, 78 dBuV/m 이상에서는 통신이 단절됨을 의미하는 것이다. 즉, CH6인 무선 랜이 외부의 간섭 전파에 노출될 경우, 59 dBuV/m부터 전송 속도가 변화되기 시작하여서 78 dBuV/m 이상이 되면 더 이상의 데이터 전송이 불가능하다는 의미이다. 인접 채널인 25 MHz 경우는 간섭파의 전계 강도가 90 dBuV/m 일지라도 BP가 발생되지 않는데, 이는 최소한 4개의 채널을 이격해야만 해당 채널이 전파 간섭으로부터 자유로워진다는 것을 의미한다. 그리고 CISPR 22의 규정치인 50 dBuV/m와 FCC의 규정치인 54 dBuV/m 이하의 전계 강도에서는 BP와 TP가 발생하지 않는다는 것을 볼 수 있다.

선행(先行)의 기존 연구들은 국내외의 소출력 무선기기의 전파 법규를 분석하여, 국내 무선 랜 규제치인 30.9 dBuV/m 수치를 상향 조정해야 한다는 연구 결과이었다^{[5],[6],[12]}. 그 반면에 본 논문은 실험에 근거한 것이며, 그 결과 국내 수치, CISPR22 및 FCC

의 기준치 중에서 FCC의 기준치가 본 논문에서 실험한 임계치와 같았다. 본 연구 결과에 의하면 소출력 무선기기의 방사 전계 강도 기준치를 54 dBuV/m로 설정할지라도, 무선 랜의 전송 속도는 소출력 무선기기가 방출한 전파 간섭의 영향을 받지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

III. 결 론

IEEE 802.11b 무선 랜에 인위적인 간섭 신호를 인가한 후에 간섭 신호의 강도에 따른 무선 랜의 전송 속도 변화를 4개 채널(3 CH, 6 CH, 9 CH, 13 CH)에 걸쳐 측정을 수행하였다. 측정 결과, 간섭 신호의 크기가 TP인 지점의 전계 강도보다 더 큰 지점부터 전송 속도가 변하는 것을 볼 수 있었다. 또한, 간섭 신호의 주파수를 이격(離隔)시켜가면서 무선 랜의 4개 채널에 대해 데이터의 전송 속도를 측정하였다. 그 결과, 주파수 이격에 따라서 간섭 정도가 달라진다는 것을 알 수 있었으며, 또한 간섭 신호의 전계 강도 크기에 의해 전송 속도가 저하되는 것을 알 수 있었다. DSSS 통신 방식에서의 역확산 과정을 통하여 그 원인을 설명하였다. 정의된 blocking point와 transition point를 사용하여 동일 채널과 인접 채널 간섭에 대한 측정 결과를 분석하였다. 그 결과, IEEE 802.11b DSSS 방식 무선 랜에 관한 한은, 현행 국내 소출력 무선기기의 방사 전계 강도는 국외 FCC 규정치보다 23.1 dB 이상 과도하게 설정되었음을 실험적으로 입증할 수 있었다. 본 연구 내용은 무선 랜이 포함된 ISM 대역에서 동작하는 타 무선기기간의 전파 간섭 분석에도 도움을 주리라고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Std 802.11b-1999(Supplement to IEEE 802.11, 1999 Edition): "Wireless LAN medium access control(MAC) and physical layer(PHY) specification: higher-speed physical layer extension in 2.4 GHz band".
- [2] Jia-Liang Lu, Fabrice Valois, "Performance evaluation of 802.11 WLAN in a real indoor environment", *Wireless and Mobile Computing Networking and Communications IEEE International Conferen-*

- ce, pp. 140-147, Jun. 2006.
- [3] Jin-A Park, Seung-Keun Park, Pyung-Dong Cho, and Kyoung-Rok Cho, "Analysis of spectrum channel assignment for IEEE 802.11b wireless LAN", *Wireless Personal Multimedia Communications, the 5th International Symposium*, pp. 1073-1077, Oct. 2002.
- [4] S. Kawade, T. G. Hodgkinson, and V. Abhayawardhana, "Interference analysis of 802.11b and 802.11g wireless systems", *Vehicular Technology Conference VTC-2007 Fall, IEEE 66th.*, pp. 787-791, Sep. 2007.
- [5] 강건환 외, "국내 미약 전계 강도 무선기기 기술 기준 개선 방안 및 제안", *한국전자과학회논문지*, 17(6), pp. 574-586, 2006년 6월.
- [6] 여경진 외, "소출력 무선설비 관리제도 개선 방안", *한국전자과학회지 전자파기술*, 12(4), pp. 13-23, 2001년 10월.
- [7] Robert C. Dixon, *Spread Spectrum Systems with Commercial Applications*, Third Edition, John Wiley & Sons, p. 21, pp. 177-188, 1994.
- [8] Iperf <http://dast.nlanr.net/projects/Iperf/>
- [9] 한국 전파진흥협회 기술지원팀, "미국 FCC 기술 규격(Part 15)", 2007년 4월.
- [10] FCC 홈페이지 <http://www.fcc.gov>
- [11] 김채영, 도심지 건물에 의한 이동통신 전파의 회절손실 계산, ETRI 연구보고서, p. 90, 1995년 3월.
- [12] 박승근, 손홍민, "미약무선국의 3미터 전계 강도 기준값에 관한 연구", *한국전자과학회지 전자파기술*, 8(4), pp. 70-77, 1997년 12월.

김 채 영



1976년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1978년 2월: 한국과학원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 1990년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 1979년 4월~1992년 9월: 경북대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수

1992년 10월~현재: 경북대학교 전자·전기·컴퓨터공학부 교수
 [주 관심분야] 이동통신 전파 환경, 전자파 수치해석, 전자파 이론 및 응용, 안테나 이론 및 측정

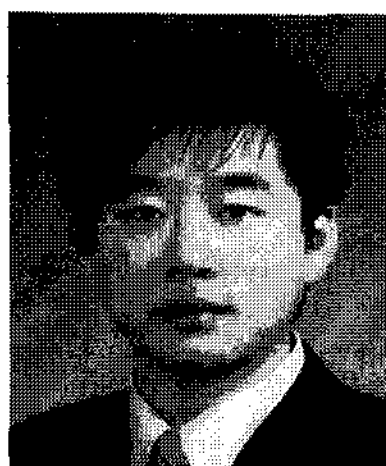
박 승 근



1991년 2월: 고려대학교 응용통계공학과 (이학사)
 1993년 8월: 고려대학교 응용통계공학과 (이학석사)
 2004년 2월: 충북대학교 정보통신공학과 (공학박사)
 1993년 8월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

[주 관심분야] 스펙트럼 관리, 디지털 통신, 전파전파모형

박 정 근



2006년 2월: 경일대학교 전자공학과 (공학사)
 2008년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 2008년 3월~현재: 경북대학교 전자·전기·컴퓨터공학부 박사과정

[주 관심분야] 이동통신 전파 환경, EMI/EMC, 안테나 이론 및 측정