

# 2.3GHz 무선가입자망과 무선LAN과의 전파간섭 연구

박승근, 최성호\*

\*한국전자통신연구원

## A Study on the Radio Interference between Wireless LAN and Wireless Local Loop at 2.3GHz

Seung-Keun Park, Seong-Ho Choi\*

\*ETRI

E-mail : skpark@pec. etri.re.kr

### 요 약

본 논문에서는 무선가입자망과 무선LAN과의 가드 밴드 문제를 지적하였고, 무선가입자망의 기술들을 살펴보았으며, 무선가입자망과 무선LAN과의 전파간섭을 분석하였다. 본 논문의 내용들은 무선가입자망 설비의 기술적 조건을 제정하는데 도움이 될 것이다.

### ABSTRACT

In this paper, we point out the problem of guard band between wireless local loop and wireless LAN, review technologies of wireless local loop, and analyze radio interference between wireless local loop and wireless LAN. The contents of this paper are helpful to make a rule for technical specifications of wireless local loop facilities.

### 1. 서 론

1997년 4월4일 정보통신부 공고 제1997-48호에 의해서 국내 무선가입자망<sup>1)</sup>(Wireless Local Loop)의 주파수가 2300MHz 대역에 채널간격 5MHz 혹은 10MHz로 분배되었다. 그리고 1998년 2월14일 정보통신부는 국내 2300MHz 무선가입자망의 사업자로 한국통신과 하나로통신을 선정하여 각각 10MHz와 20MHz를 배정하였다.

사업자로 선정된 한국통신 및 하나로통신은 국내 2300MHz 무선가입자망의 다중접속 방식을 W-CDMA방식으로 선택하고 있는데, 사용되는 칩 속도의 계열은 4.096Mcps 계열로 디지털 셀룰러 및 PCS에서 사용하는 1.2288Mcps보다 칩 속도가 빠르므로 보다 넓은 채널 대역폭을 필요로 하는데, 현재 두 사업자는 칩 속도를 4.096Mcps의 두 배인 8.192Mcps로 결정하였다. 그러므로 국내 2300MHz 무선가입자망의 채널간격은 약 10MHz 정도 될 것으로 생각된다.

현재 국내의 2300MHz 사업자별과 인접 서비스간의 현황은 그림 1과 그림 2와 같다. 특히, 그림 2의 주파수 현황을 보면, 2400-2483.5MHz의 ISM(Industrial, Scientific, Medical)대역과는 가드 밴드가 없으므로 무선가입자망의 기지국과 무선LAN과의 전파간섭이 우려된다. 그러므로 본 논문에서는 전파모형과 RF규격을 중심으로 무선가입자망의 기지국과 무선LAN과의 전파간섭을 분석하였다. 그리고 본 논문에서 분석한 결과는 국내 2300MHz 무선가입자망의 기술적 조건 마련에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.



그림 1. 사업자별 주파수 현황

1) ITU-R에서는 Fixed Wireless Access라고 함

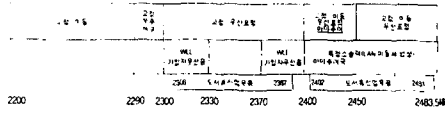


그림 2. 서비스별 주파수 현황

II. 국내의 주파수 현황비교와 시스템의 특징

ITU-R에서는 세계전파통신회의를 통하여 전파규칙(Radio Regulation)을 정하는데, 이러한 규정은 유엔 산하 모든 국가가 준수를 해야한다. 특히, 전파규칙에 있는 주파수분배표는 그림 3과 같이 세계를 세 지역으로 구분하여 주파수의 업무를 분배하고 있다.

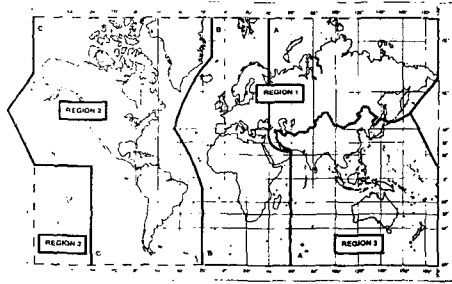


그림 3. 세계 주파수 분배의 지역구분

전파규칙의 주파수분배표에서 2300-2483.5MHz 대역은 고정(Fixed), 이동(Mobile), 아마추어(Amateur), 무선위치(Radiolocation)의 업무로 배정되었고, 지역 1과 지역 2,3으로 구분되어 세부적인 각주규정이 있다. 즉, 세부적인 각주 규정에는 2300-2483.5MHz 대역 중 2400-2483.5MHz 대역을 ISM대역으로 설정하고 있다. 특히, 지역 2에 해당하는 미국은 2300-2390MHz 대역에서 telemetry를 위한 aeronautical mobile 서비스를 다른 서비스보다 우선권(Priority)을 주고 있으며, 캐나다(지역 2)는 2300-2483.5MHz대역에서 telemetry를 위한 aeronautical mobile 서비스에 우선권을 주고 있는데, 도심지역에서 2400-2483.5MHz의 ISM대역을 사용하는 무선기기로부터의 잠재적인 간섭을 경고하고 있다.

지역1에 해당하는 유럽은 2300-2500MHz 대역에서 W-CDMA방식을 사용하는 고정통신용 DRRS(Digital Radio Relay Systems)가 있으며, 채널간격은 3.5, 7, 10.5, 14MHz이다. 우리 나라와 같은 지역3에 해당하는 일본은 2300-2400MHz 대역을 고정과 이동업무로 분배하고 있지만 실질적인 주파수 할당은 하지 않고 현재 비어 있는 상태이고, 2400-2483.5 대역은 이동, 무선위치, 아마추어로 분배하면서 특정 소전력 무선국과 ISM 장비의 주파수로 사용하고 있다.

ITU-R에서 고정통신서비스를 연구하는 그룹은 SG9이며, 2300-2500MHz 대역의 고정통신설비의 채널간격에 관련된 권고는 ITU-R F.701-2, F.746, F.1243이며, 특히 권고 F.701-2에서는 2.4GHz ISM 대역을 사용하는 고정통신서비스는 ISM 장비에 의한 심각한 전파간섭을 받아들여야 한다고 권고하고 있다.

위와 같은 국외 2300-2500MHz 대역의 주파수 현황과 그림 2와 같은 국내 무선가입자회선용 주파수 현황을 비교해 보면, 유럽의 경우가 국내 무선가입자회선용 주파수 환경과 비슷하다. 그러나 유럽은 2400-2483.5MHz ISM대역에서 무선LAN과 W-CDMA방식인 DRRS를 같이 공유하지만, 국내에서는 공유하지 않고 바로 인접하여 사용할 예정이다. 특히, 국내에서 개발하는 무선가입자설비는 실내에 있는 가입자가 직접 기지국으로부터 전파를 수신하는 형태를 가지고 있는데, 유럽의 경우에는 옥외의 가입자 고정장치가 기지국으로부터 전파를 수신을 받아 구내선로를 이용하여 가입자에게 송신하는 구조를 가지고 있다. 이러한 구성의 차이로 인하여 전파간섭 발생 시에 유럽의 DRRS 장비가 국내에서 개발 중인 무선가입자설비보다 유리하다. 즉, 유럽의 DRRS 장비는 안테나의 조정을 국내에서 개발하고 있는 가입자설비보다 자유롭게 할 수 있으므로 다른 무선국과의 전파간섭을 보다 용이하게 해결할 수 있다.

무선가입자망의 구성은 사용되는 기술에 따라 그림 4와 같이 다양하지만, 현재 국내에서는 2300MHz 대역을 W-CDMA 방식으로 무선가입자용으로 사용할 예정이다.

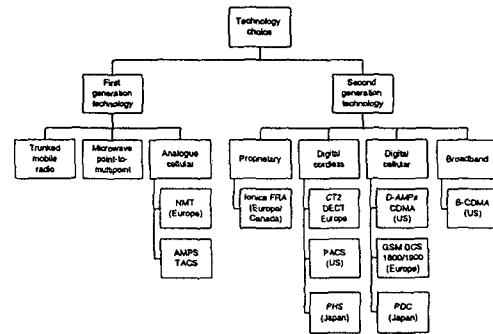


그림 4. 무선가입자망의 사용 기술

표 1은 다양한 무선가입자망의 구성에 사용되는 기술을 이동통신기술을 중심으로 상세히 기술한 것이다. 현재 무선가입자망은 선진국보다는 새롭게 통신망을 구성해야 하는 개발도상국(브라질, 동남아 등)에서 유선 망의 대체 망으로서 많은 관심을 가지고 있는데, 이유는 무선가입자망의 비용이 유선망보다 저렴하고 망 구축 또한 신속하게 할 수 있기 때문이다.

표 1. 무선가입자망에 사용되는 이동통신기술의 규격

	D-AMPS-WLL	CT2-WLL	IS-95-CDMA-WLL	GSM-WLL	CDMA/TDMA-WLL	PHS-WLL	DECT-WLL	PACS-WLL	PDC-WLL	
Frequency band (MHz)	869-894 824-849	864, 1-868, 1	869-894 824-849	935-960 890-915	1850-1990	1895-1918	1800-1900	1910-1990 1850-1910	810-826 940-950	1470-1483 1499-1503
Access	TDMA	FDMA	CDMA	TDMA	CDMA/TDMA	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA	
Service area radius (km)	Several tens	0.1 to 2	Up to 62.5	''	0.4 to 11	5	5	''	70 (up to 60)	
Voice coding scheme	VSELP 8 kbit/s ACELP 7.4 kbit/s <sup>(1)</sup>	ADPCM 32 kbit/s	QCELP 13.2 kbit/s	RPE-LTP 13 kbit/s	CELP like 7.2 kbit/s	ADPCM 32 kbit/s	ADPCM 32 kbit/s	''	VSELP 6.7 kbit/s PS-CELP 3.45 kbit/s	
Number of RF channels	832	40	20	124	28	76	10	300	640	760
Network interface	T1/E1	n x 2 Mbit/s	T1/E1	2 Mbit/s	T1/E1	G964/G965 GR303/PSTN	2 Mbit/s	T1/E1	VS-1, VS-2 PSTN (analogue 2-wire)	

III. 기술적 조건 및 무선LAN과의 전파간섭

현재 정보통신부에서는 2300MHz 대역 무선가입자설비에 대한 기술적 조건을 마련 중에 있으며, 금년 말 안에 발표할 예정이다. 이와 관련하여 본 글에서는 10MHz 채널대역폭의 무선가입자설비에 대한 기술적 조건 항목과 무선LAN과의 전파간섭을 분석한다. 10MHz 채널대역폭을 설정한 이유는 실제로 사용할 한국통신과 하나로통신 시스템의 대역폭이 10MHz이기 때문이다.

국내 무선설비규칙과 관련된 기술적 조건의 항목은 그림 5와 같은데, 특히 무선LAN과 문제가 되고 있는 부분은 대역외 발사의 기준치이다.

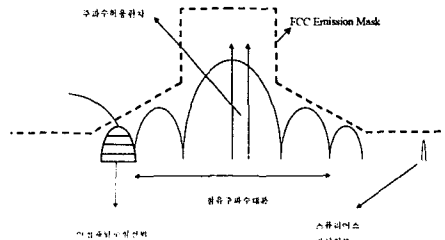


그림 5. 기술적 조건 항목

현재 국내에서 개발 중인 2300MHz 무선가입자설비는 IS-95A를 기반으로 한 것으로 알려지고 있다. 그러므로 주파수 허용편차는 IS-95A에서 기술한 규정을 준용한 다음과 같은 기준치가 될 가능성이 높다.

- 주파수 허용편차
  - 사업자용 고정국 :  $\pm 1 \times 10^{-7}$  이내
  - 가입자용 고정국 : 사업자용 고정국의 송신 주파수보다 70MHz 낮은 주파수에서  $\pm 140\text{Hz}$  이내

점유주파수대폭은 전력의 99%가 되는 대역폭으로 무선가입자설비의 roll-off 계수를 이용하여 식(1)과 같이 계산될 수 있다.[6]

$$B = \frac{2K(\alpha)}{T} \quad (1)$$

식(1)에서 B는 점유주파수대폭을 말하며, K(α)는 roll-off 계수의 함수이고, T는 펄스 폭을 말한다. 현재 IS-95A의 기저대역필터는 roll-off 계수가 0.2에 가깝다. 그러므로 디지털 셀룰러의 기술적 조건 중 점유주파수대폭은 식(1)에 칩 속도(1.2288Mcps)와 K(0.2)=0.537을 대입하여 1.32MHz로 정하고 있다. 따라서 칩 속도 8.192Mcps와 K(0.2)=0.537 값을 이용하여 10MHz 채널 대역폭의 설비에 대한 점유주파수대폭은 다음과 같이 계산된다.

$$\bigcirc 2 \times 0.537 \times 8.192\text{Mcps} = 8.8\text{MHz}$$

위와 같이 계산된 점유주파수대폭의 이론 값에 측정마진 200kHz을 고려하여 10MHz 채널대역폭의 점유주파수대폭의 기준치는 9MHz로 설정할 수 있다.

ITU-R에서는 불요발사를 대역외 발사와 스퓨리어스 발사로 구분하고, 경계기준을 할당주파수로부터 필요주파수대폭의 2.5배로 정하고 있다. 그러므로 채널대역폭 10MHz 무선가입자설비의 스퓨리어스 경계는 할당주파수로부터 25MHz 이후의 주파수가 된다.

1999년도 네덜란드 아센에서 열린 SG1 회의에서 승인된 SM.329 스퓨리어스 발사의 권고 내용 중 이동통신기술을 사용한 무선가입자망의 스퓨리어스 권고치는 -30dBm이다. 그리고 -30dBm의 기준치를 적용할 때 사용되는 스펙트럼분석기의 분해대역폭은 표2와 같다[5].

그림2와 같은 국내 주파수 환경에서 채널대역폭 10MHz 무선가입자설비의 대역외 발사는 발사 마스크 형태로 정할 것으로 알려지고 있다. 그리고 발사마스크의 기준치는 인접대역의 무선LAN과의 간섭을 고려하여 설정될 것이다.

표 2. 분해대역폭의 기준

할당주파수로부터의 거리(MHz)	분해대역폭
25 - 100	30KHz
100 - 120	300kHz
120 이후	1MHz

채널대역폭 10MHz 무선가입자 사업자용 고정장치와 무선LAN과의 간섭분석에 사용되는 파라미터는 다음과 같다[4].

- 무선가입자회선용 고정장치의 송신규격
  - 최대 전력 : 43dBm(20W)
  - 공중선 이득 : 13dBi
  - 수신감도 : -100dBm
- 무선LAN의 수신규격
  - FH 방식
    - 수신감도 : -80dBm
    - 수신 공중선 이득 : 3dBi
    - 채널대역폭 : 1MHz
    - 최소 호핑률 : 2.5hop/sec
    - 최소신호대잡음비 : 16dB
  - DS방식
    - 수신감도 : -80dBm
    - 수신 공중선 이득 : 3dBi
    - 채널 대역폭 : 22MHz
    - 최소신호대잡음비 : -1dB
  - 비 확산방식(협대역)
    - 수신감도 : -80dBm
    - 수신 공중선 이득 : 3dBi
    - 채널대역폭 : 1MHz
    - 최소신호대잡음비 : 16dB
- 전파모형
  - 실제 데이터에 의한 모형식
  - 가시거리 공식
  - Into Building과 Within Building 모형

참고문헌 [1]은 서울 삼성동 부근에서 2300MHz 대역의 거리별 전파세기를 실측한 자료를 바탕으로 전파 모형 식을 유도하였다. 그리고 참고문헌 [2]은 일본 동경의 2300MHz의 전파세기의 실측 자료가 있다. 본 본문에서는 참고문헌 [1]의 이중회귀(Double Regression)식을 나타내는 식(2)와 2400MHz의 가시거리 공식인 식(3)을 경로손실 계산에 이용한다.

$$PL = \begin{cases} 7.1\log(d)+106, & 1 < d < d_b \\ 26\log(d/d_b)+7.1\log(d_b)+106, & d > d_b \end{cases} \quad (2)$$

식(2)의  $d_b$ 는 Breakpoint의 거리로 352미터이고,  $d$ 는 측정거리로 단위는 미터이며, PL은 경로손실을 말한다.

2) 무선가입자 사업자용 고정장치를 줄여서 사업자용 고정장치로 함

$$PL = 40.2 + 20\log r(m) \quad (3)$$

위와 같은 무선가입자 사업자용 고정장치의 송신규격 중에서 송신기의 EIRP값(56dBm)에 수신감도(-100dBm)를 빼면 서비스 영역의 경로손실 값(156dB)이 계산되고, 계산된 경로손실 값을 식(2)에 의해서 거리로 환산하면 서비스 거리는 약 6km로 추정할 수 있다. 여기서 계산된 서비스의 거리는 송신 규격 및 주변의 전파환경에 의해서 다르게 계산될 수 있다.

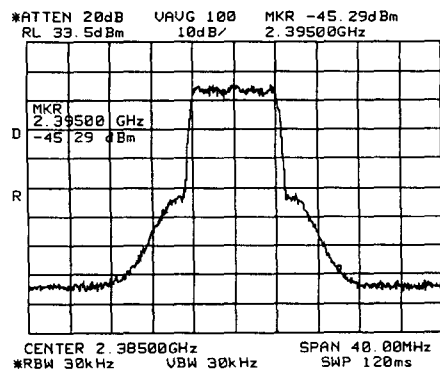


그림 7. 사업자용 고정장치의 스펙트럼

그림7과 같은 사업자용 고정장치의 스펙트럼에서 2400-2410MHz의 10MHz 대역에 누설되는 전력량은 -1.4dBm으로 측정되었다. 이러한 간섭전력치를 기준으로 무선LAN의 통신방식과 전파환경에 따른 간섭을 한다. 이러한 간섭분석에서 가장 중요한 것은 사업자용 고정장치와 무선LAN과의 위치에 따른 전파환경이다. 본 글에서 그림 8과 같은 환경에서 사업자용 고정장치와 무선LAN과의 전파환경을 다음과 같이 세 가지로 가정한다.

- A) 사업자용 고정장치로부터 가시거리에 있는 건물의 벽에 가깝게 무선LAN이 위치한 경우
- B) 사업자용 고정장치로부터 가시거리에 있는 건물의 벽으로부터 멀리 떨어진 지점에 무선LAN이 위치한 경우
- C) 사업자용 고정장치로부터 비 가시거리의 전파 환경이면서 건물밖에 위치한 경우

참고문헌[2]에 의하여 그림 8에서 Into Building 전파모형으로 -12.8dB를 적용하고, Within Building 전파모형으로는  $-60\log(\text{거리})$ 를 설정한다.

무선LAN의 통신방식은 FH와 DS방식의 스펙트럼방식과 비 스펙트럼확산방식이 있으므로 각

전파환경에 따라서 세 가지의 통신방식에 대한 간섭분석을 해야한다. 다시 말하면, 간섭분석의 경우의 수는 9가지이다.

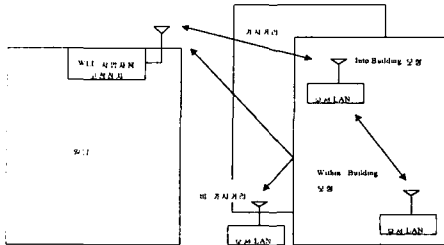


그림 8. 무선LAN위치에 따른 전파환경

FH방식을 분석할 경우에 사업자용 고정장치로부터 누설되는 간섭 전력은  $-1.4\text{dBm}/10\text{MHz}$ 이므로 이러한 간섭전력을 FH방식의 채널대역폭  $1\text{MHz}$ 로 변환하여야 한다. 즉,  $10\log(10/1)=10\text{dB}$ 이므로 FH방식의 채널대역폭  $1\text{MHz}$ 을 기준으로 한 간섭전력은  $+8.6\text{dBm}/1\text{MHz}$ 이다.

간섭여부의 기준이 되는 기준치는 다음과 같이 정한다.

○ 기준치 = 수신감도 - 최소신호대잡음비

그러므로 FH방식인 경우에 간섭여부를 판별하는 간섭 기준치는  $-80\text{dBm}-16\text{dB} = -96\text{dBm}$ 이다.

또한, 간섭이 없는 경로손실은 다음과 같이 계산된다.

○ 무간섭 경로손실 = 송신기EIRP + 간섭 기준치 + 수신 공중선 이득

즉, FH인 경우의 무간섭 경로손실은  $56+96+3=155\text{dB}$ 이다.  $155\text{dB}$ 의 경로손실을 전파환경의 세 가지 환경에 적용하여 거리를 구하면 표 3과 같다.

표 3. 무 간섭의 거리(FH)

전파환경의 종류	A	B	C
사업자용 고정장치와 무선LAN과의 무간섭의 거리	건물간의 가시거리와 Into 빌딩모형으로 계산하면 $123\text{km}$ 임	건물간의 가시거리는 $100\text{m}$ 이고, 건물 벽으로부터의 거리는 $23\text{m}$ 이다	건물 밖의 경우 식(2)의 모형을 적용하면 $5.8\text{Km}$ 가 됨

FH방식의 최소 호핑율은  $2.5\text{hop}/\text{sec}$ 이므로 한 채널의 점유시간은  $0.4\text{초}$ 이다. 즉, 무 간섭의 거리 안에 있는 FH방식의 무선LAN은 한 채널 당  $0.4\text{초}$  동안 간섭을 받는다. 그림 7의 스펙트럼을 기준으로 보면, FH방식의 경우에는  $2400-2405\text{MHz}$

사이의 주파수를 호핑으로 사용하면, 사업자용 고정장치와 간섭을 일으킬 확률이 높다. 그러므로 호핑의 주파수를  $2405\text{MHz}$ 이후로 하는 것이 바람직하다. 또한, 표 3의 결과로부터 사업자용 고정장치와 FH방식 무선LAN과의 전파간섭을 줄이려면, 최소한 FH방식 무선LAN은 건물 안에 존재하여야 한다는 것을 알 수 있다.

협대역 방식은 FH방식과 호핑을만 제외하면 같으므로 FH방식과 마찬가지로  $2400-2405\text{MHz}$  대역에서 간섭을 받는다. 그러므로  $2400-2405\text{MHz}$  대역에서 사업자용 고정장치로부터 간섭영향이 없기 위해서는 실내에 위치하여야 한다.

DS방식의 전파간섭 분석에서도 FH방식에 사용한 간섭 기준치 및 무 간섭 경로손실의 공식을 사용하는데, FH방식과 다른 점이 있다면, 채널대역폭과 최소신호대잡음비이다. 이와 같은 상이한 규격으로 무 간섭 경로손실을 계산하면  $138\text{dB}$ 가 되고 이 값을 거리로 환산하면 표 4와 같다.

표 4. 무 간섭의 거리(DS)

전파환경의 종류	A	B	C
사업자용 고정장치와 무선LAN과의 무간섭의 거리	건물간의 가시거리와 Into 빌딩모형으로 계산하면 $7.7\text{km}$ 임	건물간의 가시거리는 $100\text{m}$ 이고, 건물 벽으로부터의 거리는 $12\text{m}$ 이다	건물 밖의 경우 식(2)의 모형을 적용하면 $1.2\text{Km}$ 가 됨

표3과 표4를 비교하면,  $2400-2410\text{MHz}$ 대역에서 DS방식이 FH방식보다 사업자용 고정장치로부터 간섭을 덜 받는다는 것을 알 수 있다.

현재까지 분석된 결과,  $2400-2410\text{MHz}$  대역에서 사업자용 고정장치와 무선LAN과의 전파간섭을 최소화하려면 무선LAN은 반드시 실내에 위치하여야 한다. 그리고 무선LAN이 실외 위치한 상태에서 사업자용 고정장치와 무 간섭이 되려면, 무선LAN은  $2410\text{MHz}$  이후의 주파수를 사용하여야 한다. 현재 이와 같은 상황을 파악한 정보통신부에서는 그림 7에 대한 발사마스크의 기준 마련에 무선LAN 업계의 의견을 충분히 반영시킬 예정으로 있다.

#### IV. 결론

본 글에서 무선가입자의 기술과 현재 진행 중인 기술적 조건의 기준치에 대한 것을 간단히 살펴보고, 무선가입자 사업자용 고정장치와 무선LAN과의 전파간섭을 분석하였다. 분석된 결과에 의하여 무선가입자 사업자용 고정장치와 무선LAN의 위치에 따라 간섭의 여부가 결정되는데,  $2400-2410\text{MHz}$  대역을 무선LAN이 간섭 없이 사용할 경우에는 건물의 실내에서 사용하며, 실외에서 무선가입자 사업자용 고정장치와 가시거리의 전파환경에서 무선LAN을 사용할 경우에는 간섭

이 우려된다. 그리고 2400-2410MHz 대역에서 DS 방식이 FH방식보다 간섭에 대한 면역성이 더 좋다는 것을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- [1] Young Sik Lim et al., "Propagation path loss measurements at 2.3GHz," 3rd CIC proceedings pp293-299.
- [2] Toledo and Turkmani, "Estimationg coverage of radio transmission into and within buildings at 900, 1800, and 2300MHz," IEEE Personal Communications, April 1998, pp40-47.
- [3] Nagata, "Measurement and modeling of 2GHz-band out-of-sight radio propagation characteristics under microcellular environments," private communication
- [4] IEEE 802.11, Standard for Wireless LAN medium access control and physical layer specifications, 1997.
- [5] ITU-R Draft of Recommendation SM.329 Spurious emission, 1999.
- [6] ITU-R Recommendation F.1191-1 Bandwidths and unwanted emissions of digital radio-relay systems, 1999.