

제 출 문

본 보고서를 「5GHz대역 무선접속망 연구
(2차년도)」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002. 12. 31.

연구책임자 : 이경호(한국전파진흥협회)

연구 원 : 이병국(“)

안준오(“)

요 약 문

1. 과제명

5GHz대역 무선접속망 연구(2차년도)

2. 연구기간

2002. 2. 1 ~ 2002. 12. 31

3. 연구책임자

이경호(한국전파진흥협회)

4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

세 부 내 용	연구 자	월별 추진계획												비고
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
◎ 5GHz대 주파수 이용 소요 대역폭 연구	연구 책임 자외 연구 위원	<div><div></div></div>												연구 완료
◎ 5GHz대 주파수 공유기준 마련 연구		<div><div></div></div>												
◎ 5GHz대 주파수 이용지침 마련을 위한 기초 연구		<div><div></div></div>												
◎ 5GHz대 주파수 이용 기술 워크숍 개최를 통한 관련 산업동향 파악		<div><div></div></div>												
◎ 국내 적합한 초고속 무선 접속망용 주파수 이용 대역 연구		<div><div></div></div>												
◎ 국제적 기술동향을 고려 한 국내 초고속 무선접속 망 기능 및 규격연구		<div><div></div></div>												
분기별 수행진도(%)		<div><div></div></div>												

나. 세부 과제별 추진사항

- 5GHz대역 주파수의 적정 용도 및 주요 제공 서비스에 대한 연구 수행
- 망구성 및 시스템에 대한 연구와 관련 기술현황 및 장비 개발현황 조사
- RLAN 및 FWA 서비스를 위한 소요대역폭 산출
- 5GHz대 전파 환경 분석을 위한 실험(실내 및 실외 환경)
- 5GHz대 WLAN 성능분석 실험(실내 및 실외 환경)
- 주파수 공유기술(DFS) 분석 시험 수행
 - 5GHz대역 스펙트럼 분석
 - packet 전송률 분석
 - 주파수공유대상 및 관련기술검토(ITU-R연구자료중심)
 - DFS 메커니즘에 따른 동작실험 수행
- 주파수 공유 방안 마련

5. 연구결과

가. 5GHz대역 주파수 활용 및 서비스연구

- 5GHz대역 주파수의 효율적 활용을 위해 차세대 무선접속망 서비스와 망구성 및 시스템에 대한 연구를 수행
- 동 서비스를 구현하기 위한 주파수 소요대역폭 산출에 대한 연구수행

o 5GHz대역 차세대 무선 접속 망 서비스

- Office 환경 : 구내 무선 LAN으로 활용 고려
- 공공장소 : AP 설치를 통하여 공중망에 접속, 사용자가 한 장소에서 다른 장소로 이동하는 중에도 공중망과의 접속 상태를 유지하여 활용
- 구내 무선 : PC 랩탑, 프린터/팩스, 보안 시스템, 디지털 HDTV/SDTV, VCR, 스피커 등이 다양한 형태로 연결
- 산업 및 운송 : 공정 자동화, 제품 이송 및 분배, 창고 관리 등과 같은 일을 수행
- Point to Multi-point FWA 서비스 : 지향성 안테나 사용으로 기존간의 간섭을 최소화하여 FWA 서비스활용

o 5GHz대역 망구성 및 시스템

- 5GHz대역 시스템 특성 : 5GHz대역에 사용되는 시스템은 이동형 서비스를 위한 RLAN 시스템과 고정형 서비스를 위한 FWA 시스템으로 구분
- 망구성도 : 고정형 서비스를 위한 FWA망과 이동형 서비스를 위한 RLAN 망이 공존
- . RLAN 망은 주로 호텔, 레스토랑, 공항등을 중심으로 한 Hot Spot 형태의 망으로 구성, 상호 AP 및 기존장비간의 간섭을 피하기 위해 DFS(Dynamic Frequency Selection)기능을 통해 간섭을 최소화, TPC(Transmission Power Control)를 통해 단말 전체의 평균전력을 조절하여 간섭을 최소화
- FWA 망은 Cell를 기반으로 망이 구성, Cell Plan은 주파수 재사용을 위한 Cell의 Sector화 및 안테나 편파를 이용

o 국내외 기술동향 및 장비 개발현황

- 일본 동향 : 무선 LAN을 이용하는 무선 액세스 시스템이 역이나 공항 등의 이른바 Hot Spot로 불리는 옥외에서의 인터넷 접속의 수단으로서 활용될 것으로 기대, 5GHz대역을 확보에 주력
- Atheros, Cisco, Ericsson, Adaptive broadband 등 국외 장비 및 부품 동향조사
- ETRI를 비롯하여 국내 산업체 현황 조사

o 5GHz대역 주파수 소요대역폭 연구

- 5GHz대역 RLAN과 FWA의 주파수 소요대역폭 산출을 위해, ITU-R 권고안 M.1390과 F.1518을 고려
- 5GHz RLAN의 소요 스펙트럼 산출 결과
. 2005년도 공공환경하에서 240MHz대역
- FWA 필요 소요대역폭 산출 : 260MHz

나. 5GHz대역 주파수 공유기술 연구

- o 초고속 무선 접속 시스템이 5000~5850MHz에서 기존에 배치되어 있는 ISM 설비, 항공무선항행, 무선표정, 고정위성(↑), 지구탐사위성, 우주연구, 무선헌행 시스템들과의 주파수를 공유할 수 있는 기술을 분석, 현장시험을 통해 검증하여 공유기준을 수립

- o 이동위성서비스(MSS : Mobile Satellite Service), 국내기상레이다등의 간섭원 분석

- o 주파수 공유기술 분석

- ITU-R의 DFS기술 권고하고 있는 탐지 및 응답요구사항에 대한 연구수행
- DFS의 일반적인 절차소개
 - . 초기의 이용가능채널 조사/운용 시작/운용채널 감시/이용가능채널 감시
- IEEE 802.11h - DFS/TPC 기술
현재 개발중인 IEEE 802.11h, 즉 IEEE 802.11a의 스펙트럼 및 전송전력 관리(DFS/TPC) 기술을 연구

o 주파수 공유기술 분석시험

- 5GHz 대역에서 기존에 배치되어 사용되고 있는 레이더와 이동 및 고정 위성과 5GHz 무선 접속시스템이 주파수를 공유하는 경우에 상호 간섭영향을 시험을 통해 분석
- 시험방법에 따라 현장시험을 실시하고, 시험결과를 분석하여 기존 5GHz 대역 무선국과 5GHz 무선접속시스템이 상호 공존할 수 있는 방안을 도출

다. 5GHz대역 주파수 공유실험 수행

- o 5GHz대 전파 환경 분석을 위한 실험(실내 및 실외 환경)
 - propagation loss 및 채널의 광대역 특성 분석
- o 5GHz대 WLAN 성능분석 실험(실내 및 실외 환경)
 - throughput test 실시
- o 주파수 공유기술(DFS) 분석 시험 수행
 - 5GHz대역 스펙트럼 분석
 - packet 전송률 분석
 - 주파수공유대상 및 관련기술검토(ITU-R연구자료중심)
 - DFS 메커니즘에 따른 동작실험 수행

6. 기대효과

- o 전파 간섭등 5GHz대 주파수 이용시 문제점을 사전에 예방하고 각계 의견을 수렴하여 주파수 이용정책에 반영
- o 5GHz 주파수에 대한 공유방안을 제시함으로 정부의 5GHz대역에 대한 주파수 이용정책을 수립하는 기본자료로 활용하고, 5GHz대 무선접속 시스템 기술기준안 작성에 활용
- o 국내 5GHz대역 무선접속망 관련 업체의 기술개발 등 주파수이용기준 및 지침제정을 통한 국내 5GHz대 무선LAN산업 활성화 유도
- o 5GHz대역 무선접속망 핵심 기술 연구의 방향 설정에 활용

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
Spectrum Analyzer	HP-8563E	1	스펙트럼분석	무	전파연구소 지원	
무선엑세스	UNII band	1	무선엑세스 장비	무	서울이동통신	
전파분석시스템	Sarps	1	측정지점 GIS환경검토	무	전파연구소 지원	
DC-AC 인버터	SI-800A	1	800W급	유		
위치정보시스템	FUGAWI	1	측정위치확인	유		
컴퓨터	노트북	3	데이터수집 및 정리	유		
차량	젤로퍼	1	측정지점이동용	유		

SUMMARY

1. Subjects : A Study on the Wireless Access Networks using 5GHz

2. Period : 2002. 2. 1 ~ 2002. 12. 31

3. Direct of research : Lee kyung-ho (RAPA)

4. Results

1) A study on the function and service of 5GHz band

- o study on the next generation service, network and systems for the use of 5GHz frequency
- o survey on the technical trend and developed and developing equipments
- o survey on the domestic and oversea equipments and parts of Atheros, Cisco, Ericsson, Adaptive broadband etc.
- o Trend of domestic technical development and excavation of technical development area
 - Survey on the trend of domestic RF parts and company of manufacture

2) study on the required bandwidth for the Wireless LAN and FWA service

- o Regarding of ITU-R recommendation M.1390 and F.1518,

for RLAN and FWA service

- o Estimated 240MHz in the public environment and 200MHz in the Home environment for RLAN
- o Estimated 260MHz in the domestic environment for FWA considering ITU-R F.1518 recommendation and ITU-R JRG 8A-9B

3) Analysis on the interference of frequency and feasibility of sharing

- o analysis on the parameter according to the regulation of ITU-R, DFS(Dynamic Frequency Selective) and TPC(Transmitter Power Control)
- o A proposal of the technical used 5GHz spectrum and two service scenario

4) A study on measurement of the domestic 5GHz-band circumstances

- o Measurement of the propagation loss and broadband characteristic on the several indoor, outdoor environments.
- o A study on performance analysis of 5GHz Wireless LAN, experiment of throughput test
- o Experiment of analysis Dinamic Frequency Selective
 - spectrum analysis of 5GHz
 - Analysis of packet transmission rate
- o Measurement of the domestic radio circumstance in 5GHz bands

- measurement of the stations of radar and satellite Feeder Link system
- measurement of the domestic 5GHz with BER and measuring instruments
- o Measurement of the Interference between existing and new station
 - survey on the interference of indoor
 - measurement of interference Atmospheric radar in Seoul and Yechon
- o promoting of workshop of the strategy of 5GHz spectrum use during the period of project, presentation of the results, proposal of government policy
- o Analysis on the trend of ITU-R JRG 8A/9B, WP8A activities.
 - Analysis and study of current ITU-R sub-conference
- o Study on the technical and regulation of IEEE, ETSI
 - Regulation of HyperLAN-2, IEEE 802.11a, IEEE 802.16
- o Study on the regulation of appropriated domestic 5GHz
 - bands wireless access network
 - examination on the regulation of technical criterion

목 차

■ 요약문	3
표 목 차	15
그림목차	18
제1장 서 론	23
제2장 5GHz대역 주파수 활용 및 서비스 연구	25
제1절 5GHz대역 차세대 무선 접속 망 서비스	25
1. 주파수 적정 용도 및 주요 제공 서비스 정의	25
2. 대용량 콘텐츠 트래픽 수요분석	29
제2절 5GHz대역 망구성 및 시스템 연구	36
1. 5GHz대 시스템 및 망 구성	36
2. 유무선 복합망 및 연동 방안	40
3. 국내외 기술동향 및 장비 개발현황	45
제3절 5GHz 대역 주파수 소요대역폭 연구	58
1. RLAN 소요 대역폭 산출	58
2. FWA 소요대역폭 산출	77
제3장 주파수 공유기술 연구	93
제1절 5GHz 전파 환경분석	95
1. 5GHz 실내특성	95
2. 5GHz대 주파수 실외 특성	128

3. 무선채널 모델	136
4. 간섭원 분석	151
제2절 5GHz WLAN 성능분석	167
1. 실내환경에서의 성능분석	167
2. 실외환경에서의 성능분석	181
3. ITU-R의 DFS기술 권고	187
4. IEEE 802.11h-DFS/TPC 기술	195
제3절 주파수 공유기술 분석시험	209
1. 시험 계획	209
2. 주요시험 내역	216
3. 시험 망 구축	218
제4절 5GHz대 주파수 공유간섭 분석시험	221
1. 시험환경 구축	222
2. 공유간섭 분석 시험	233
3. 공유방안 분석	250
제4장 결 론	275
부록 : 시험 절차서	279

표 목 차

<표 2-1>	RLAN 서비스 운용 환경	31
<표 2-2>	환경별 RLAN 서비스 가입율	32
<표 2-3>	RLAN 서비스 어플리케이션 및 데이터율	33
<표 2-4>	기업 환경에서의 트래픽 수요	34
<표 2-5>	공공장소 환경에서의 트래픽 수요	35
<표 2-6>	가정 환경에서의 트래픽 수요	35
<표 2-7>	무선랜 표준규격에 의하여 개발중인 제품군	49
<표 2-8>	판매중이거나 개발중인 무선 LAN/MAN 제품군	50
<표 2-9>	판매중이거나 개발중인 무선 FWA 모델 제품군	51
<표 2-10>	StarLAN 칩셋 구성	55
<표 2-11>	환경 별 인구 밀도 및 Penetration	60
<표 2-12>	기업 환경 시나리오 예제	60
<표 2-13>	공공 환경 시나리오의 예	61
<표 2-14>	택내 환경 시나리오 예	61
<표 2-15>	환경별 인구밀도 및 수율	63
<표 2-16>	회사환경의 전송률 예측치	64
<표 2-17>	공공환경에서 전송률 예측치	65
<표 2-18>	택내 환경에서 전송률 예측치	65
<표 2-19>	환경 및 서비스별 트래픽 부하량	66
<표 2-20>	회사 환경에서의 802.11a의 서비스 수용 능력	68
<표 2-21>	공공환경에서의 802.11a의 서비스 수용 능력	68
<표 2-22>	택내환경에서의 802.11a의 서비스 수용 능력	68
<표 2-23>	국내 환경에 적합한 5GHz대역 소요대역폭 잠정결과	74
<표 2-24>	ITU-R JRG 8A-9B FWA 시스템 특성	82
<표 2-25>	ITU-R JRG 8A-9B FWA 시스템 링크버짓	83
<표 2-26>	RLAN과 FWA의 비교	86

<표 2-27> ITU-R 8A-9B public traffic Model	87
<표 2-28> 사용자당 트래픽 산출	87
<표 2-29> Population density per environment(ITU-R)	88
<표 2-30> IEEE 802.16a 제안된 수신감도	89
<표 2-31> 총 데이터량 산출	90
<표 3-1> 송수신 시스템의 spec.	131
<표 3-2> 일반적인 전파환경	147
<표 3-3> 전파 환경-단말기 속도	147
<표 3-4> 셀의 정의	148
<표 3-5> 도로의 유효 높이(교통량이 많은 경우)	148
<표 3-6> 도로의 유효 높이(교통량이 적은 경우)	149
<표 3-7> 무선랜에 의한 글로벌스타의 허용전력 산출	159
<표 3-8> 측정시 단말기들의 위치들의 조합	176
<표 3-9> RLAN 동작관련 지정파라미터	194
<표 3-10> Operating Specifications	213
<표 3-11> Transmit Specifications	214
<표 3-12> Receiver Specifications	214
<표 3-13> 5GHz대역 레이더 시스템의 특징	250
<표 3-14> 대표적인 5GHz 레이더 시스템의 안테나 빔 스캐닝 주기	251
<표 3-15> 그림3-82, 3-83, 3-84 레이더의 방사 패턴 (3-dB and 40dB)	251
<표 3-16> Spurious 방사 대비 기본 방사 주파수 전력	253
<표 3-17> WRC-2000 Resolution 736에서 제안한 RLAN 할당 현황	264
<표 3-18> Resolves 1 관련 대역별 공유 시스템	264
<표 3-19> PDNR M.[RLAN 5GHz-EESS] 권고내용	265
<표 3-20> Resolves 2 관련 공유 시스템	266
<표 3-21> DNR F.[FWA 5GHz-EESS] 권고내용	267

<표 3-22> Resolves 3 관련 대역별 공유 시스템	268
<표 3-23> PDNR [WAS5GHz EXPANSION-EESS]	
권고 내용	268
<표 3-24> Resolves 4 관련 대역별 공유 시스템	269
<표 3-25> 5GHz대 무선LAN 시스템 주파수 채널 할당	272

그 립 목 차

[그림 2-1]	5GHz대역 시스템 분류	36
[그림 2-2]	RLAN 시스템 구성 예	37
[그림 2-3]	5GHz대역 시스템 구성	38
[그림 2-4]	5GHz대역 망 구성	38
[그림 2-5]	FWA 서비스를 위한 Cell Cluster	39
[그림 2-6]	FWA에서 안테나 편파를 이용한 주파수 활용	39
[그림 2-7]	UMTS와 RLAN의 연동구조 Loose interworking Mode	40
[그림 2-8]	UMTS와 RLAN의 연동구조 Tight interworking Mode	40
[그림 2-9]	CDMA 2000 1x, EV-DO와 RLAN의 연동구조	42
[그림 2-10]	Seamless 데이터 서비스를 제공하기 위한 MoIP 연동방식	43
[그림 2-11]	MoIP 연동을 위한 Call flow	44
[그림 2-12]	INC 개발 제품의 블럭도	56
[그림 2-13]	수정된 대역폭 산출방법	69
[그림 2-14]	AP당 지원하는 사용자 수(회사환경)	71
[그림 2-15]	AP당 지원하는 사용자 수(공공환경)	72
[그림 2-16]	AP의 수에 따른 수율값의 변화(회사환경)	72
[그림 2-17]	AP의 수에 따른 수율값의 변화(공공환경)	73
[그림 2-18]	AP의 수에 따른 시스템 수용능력(회사환경)	73
[그림 2-19]	AP의 수에 따른 시스템 수용능력(공공환경)	74
[그림 2-20]	FWA 소요대역폭 산출 모델	79
[그림 2-21]	Cluster Area 산출	80

[그림 3-1] PN-correlation 측정 시스템의 송신부 구성도	95
[그림 3-2] PN-corelation 측정 시스템의 수신부 구성도	96
[그림 3-3] PN-correlation 측정 시스템의 소프트웨어 구성도	97
[그림 3-4] 중앙홀 측정 I 의 송수신 위치	99
[그림 3-5] 각 수신지점에서의 power delay profile	101
[그림 3-6] 거리에 따른 propagation loss	103
[그림 3-7] propagation loss의 표준편차	103
[그림 3-8] mean excess delay와 RMS delay spread의 누적확률분포	104
[그림 3-9] 연구실 복도 측정 I 의 송수신 위치	105
[그림 3-10] 연구실 복도 측정 I 에서의 power delay profile	107
[그림 3-11] 각 수신지점에서의 propagation loss	108
[그림 3-12] propagation loss의 표준편차	109
[그림 3-13] mean excess delay와 RMS delay spread의 누적평균분포	110
[그림 3-14] 연구실 복도 측정 II에서의 송수신 위치	110
[그림 3-15] 연구실 복도 측정 II에서의 power delay profile	113
[그림 3-16] 연구실 복도 측정 II에서의 propagation loss	114
[그림 3-17] 처음 복도에서의 propagation loss	114
[그림 3-18] 측정된 propagation loss의 표준편차	115
[그림 3-19] mean excess delay와 RMS delay spread의 누적평균분포	116
[그림 3-20] 중앙홀 측정 II 의 송수신 안테나의 위치	116
[그림 3-21] 중앙홀 측정 II에서의 power delay profile	119
[그림 3-22] 중앙홀 측정 II에서의 propagation loss	120
[그림 3-23] propagation loss의 표준편차	120
[그림 3-24] mean excess delay와 RMS delay spread의 누적평균분포	121
[그림 3-25] 대강당 측정 I 의 송수신 위치	122

[그림 3-26] 대강당 측정 I 에서의 power delay profile	124
[그림 3-27] 대강당 측정 I 의 propagation loss	125
[그림 3-28] propagation loss의 표준편차	126
[그림 3-29] mean excess delay와 RMS delay spread의 누적평균분포	127
[그림 3-30] 송수신부 블록 다이어그램	129
[그림 3-31] 송신부	129
[그림 3-32] 수신부(차량내부) 모습	130
[그림 3-33] 수신부(차량외부) 모습	130
[그림 3-34] 측정지역 및 측정경로	132
[그림 3-35] LOS 지역의 경로손실	133
[그림 3-36] 도심지역에서의 경로 손실	134
[그림 3-37] 도심지에서의 일반적인 전파 시나리오	149
[그림 3-38] NLoS1의 파라미터 정의	150
[그림 3-39] NLoS2의 파라미터 정의	150
[그림 3-40] 테이콤 여주지구국의 국내 커버리지 지역	153
[그림 3-41] 글로벌스타 사양	154
[그림 3-42] MSS Feeder link의 신호 스펙트럼	156
[그림 3-43] 간섭 시나리오의 일례	157
[그림 3-44] IS-95 CDMA 신호의 스펙트럼	157
[그림 3-45] 기상레이다 위치	160
[그림 3-46] U-NII Band에 나타난 기상레이다 주파수 분포	161
[그림 3-47] 10 채널 사용시 기상레이다 주파수 분포	162
[그림 3-48] 9 채널 사용시 기상레이다 주파수 분포 (보호대역 10MHz)	163
[그림 3-49] 레이다 신호	163
[그림 3-50] 강의실 환경	167
[그림 3-51] 강의실 단면도	169
[그림 3-52] Proxim AP를 중앙에 위치시켰을 때의	

Throughput	170
[그림 3-53] 사무실 환경	171
[그림 3-54] 사무실 단면도	174
[그림 3-55] 단말기의 수가 1개일 때의 Throughput	175
[그림 3-56] 단말기의 수가 3개일 때의 Throughput	176
[그림 3-57] 대강당 환경	177
[그림 3-58] 우면동 연구소 대강당 단면도	179
[그림 3-59] Proxim사 AP를 사용할 경우의 Throughput	180
[그림 3-60] 운동장에서 Proxim AP 사용시 Throughput	184
[그림 3-61] 운동장에서 Proxim AP 사용시 ACK 신호의 RSSI	185
[그림 3-62] Proxim AP 사용시 Lsat packet의 RSSI	186
[그림 3-63] DFS 메카니즘의 흐름도	193
[그림 3-64] DFS 동작 타이밍	203
[그림 3-65] 시험 망 구성도	219
[그림 3-66] 현장 시험 망 구성도	220
[그림 3-67] 무선전송성능분석 시험시스템 구성도	225
[그림 3-68] K기상레이더 지역 도상검토	234
[그림 3-69] Y기상레이더 지역 도상검토	235
[그림 3-70] 용산지역 스펙트럼 측정 Data	236
[그림 3-71] 목동지역 스펙트럼 측정 Data	236
[그림 3-72] 강남지역 스펙트럼 측정 Data	237
[그림 3-73] K레이다 스펙트럼 측정	238
[그림 3-74] 간섭분석 실험을 위한 송수신 장비	239
[그림 3-75] 5.180GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태	241
[그림 3-76] 5.320GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태	242
[그림 3-77] Y 레이다 스펙트럼 측정	243
[그림 3-78] 간섭분석 실험을 위한 송수신 장비 및 현장사진	244
[그림 3-79] 5.180GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태	246

[그림 3-80] 5.300GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태	247
[그림 3-81] 5.320GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태	249
[그림 3-82] Weather surveillance radar 방사 스펙트럼	252
[그림 3-83] Navigation surface search radar의 방사 스펙트럼	252
[그림 3-84] An airborne radar의 방사 스펙트럼	252
[그림 3-85] Start-up DFS 메커니즘:연속적인 채널 샘플링 방식	254
[그림 3-86] Operation Mode 메커니즘 : 비연속적인 샘플링 방식	255
[그림 3-87] DFS 메커니즘의 하드웨어 구현	255
[그림 3-88] Start Up Mode 동작 설정에서의 DFS 동작	257
[그림 3-89] Operating Mode 동작 설정에서의 DFS 동작	257
[그림 3-90] 미국 San Diego에서 레이더 신호 검출 결과	259
[그림 3-91] 미국 Los Angels에서 레이더 신호 검출 결과	260
[그림 3-92] 미국 San Francisco에서 레이더 신호 검출 결과 ...	260
[그림 3-93] 5.150-5.350GHz 및 5.470-5.725GHz 대역의 기존업무 ...	270
[그림 3-94] 대응전략 구상도	271
[그림 3-95] 경인지역 혼신예상지역	273

제1장 서론

세계전파통신회의(WRC-2000)가 2000년 5월 터키 이스탄불에서 열렸으며, 거기서 5GHz대역의 국제 주파수 분배와 관련한 국제 결의가 있었는데, 그 결의내용은 결의736으로 5GHz대역에서의 455MHz 대역을 이동업무가 가능하도록 국제 주파수를 개정하는 사항을 WRC-2003년에 결정하도록 한다는 내용이다.

이와함께 국내에서도 5GHz대역을 초고속 무선 서비스가 가능한 주파수 대역으로 사용하고자 하는 요구가 유선 인터넷 사업자를 중심으로 증가하고 있는 실정이었다. 이에 정통부에서는 동 주파수대역에 대한 국내 주파수 이용방안에 대한 연구의뢰를 전파연구소에 하였으며, 이에 연구수행을 위하여 산·학·연·관의 관련 전문가로 구성된 『5GHz 대역 주파수 이용연구 전담반』을 2001년 초 결성하였다.

본 협회에서는 전담반을 운영하여 2001년도에 1차년도 연구를 마친 상태이다. 본 보고서는 2차년도 연구결과보고서로 WRC의 국제 주파수 분배에 대응하기 위한 국내 5GHz대역 주파수 이용방안에 관한 사항을 주로 다루었다.

제1장 서론에 이어 제2장에서는 5GHz대역을 서비스에 대한 적정한 용도와 망구성 및 시스템에 대한 국내외 동향과 미국, 유럽, 일본 및 ITU를 중심으로 한 국외의 5GHz대역 주파수에 대한 기술동향과 장비 개발 현황에 대해서 알아보았으며 또한 RLAN 서비스 소요대역폭을 산출하였다. 제3장에서는 연구반에서 활동한 주요 사업자들이 실험을 통해 얻은 결과를 바탕으로 5GHz대 실내외 전파환경에 대한 결과를 분석하였고 주파수 공유간섭 분석시험을 통해 간섭원의 존재유무에 따른 무선랜의 전송에러율 및 영향을 분석하였다. 또한 이를 바탕으로

국내 5GHz대역 주파수 이용을 위한 주파수 이용(안)을 제시하였으며, 4장 결론부분과 부록으로 공유간섭시험을 수행한 절차서로 구성되어 있다.

제2장 5GHz대역 주파수 활용 및 서비스 연구

본 장은 5GHz대역 주파수의 효율적 활용을 위해 차세대 무선접속 망 서비스와 망 구성 및 시스템에 대한 연구와 이런 서비스를 구현하기 위한 주파수 소요대역폭 산출에 대한 연구 결과이다.

제1절 5GHz대역 차세대 무선 접속 망 서비스

1. 주파수 적정 용도 및 주요 제공 서비스 정의

가. 5GHz대 주파수 적정 용도

현재 국내의 디지털 셀룰라, PCS를 위주로 한 무선통신 가입자가 2,000만을 초과하는 등 사회생활에 있어서 무선의 중요도가 급격히 증가하고 있다. 특히 업무상 사내회의 및 업무협의 등에 의하여 이동성이 중시되고 본사와 지사 및 영업지점 등 지역적 분산이 많은 기업에 특히 무선통신의 의존도가 높아지고 있다. 그러나 현재의 셀룰라 이동통신 방식으로는 전송속도가 수백kbps에 불과하며 3세대 이동통신인 IMT-2000도 최대 2Mbps의 전송속도를 제공할 수밖에 없어 멀티미디어 전송에 충분치 않을 뿐만아니라 이용요금도 고가로 불편적인 사용환경이 조성될지 의문시되고 있다. 전송계층(Transport layer)에서 멀티미디어는 두 가지 형태의 정보흐름으로 구성되어 있는데, 첫째 고정된 패키지 형태의 정보 전달, 둘째 특정한 전송속도 및 지연 성능을 갖는 정보 스트림의 전달로 나눌 수 있다. 사용자가 유선 시스템에서 QoS에 익숙해 있기 때문에 무선 시스템에서도 같은 QoS를 요구하게 되는데, 5GHz를 사용하는 무선 LAN은 셀룰라 이동통신에

비하여 상대적으로 저렴한 요금으로 최대 54Mbps의 전송속도를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 IP, ATM 응용과 QoS의 지원이 가능하여 보급이 활성화될 것으로 보인다.

따라서 무선 LAN을 인터넷 접속 망으로 활용하게 되면 현재의 고정단말(Desktop PC)을 이용한 고정 인터넷 접속 및 이동 단말(PCS/Cellular)을 이용한 무선인터넷 접속서비스의 이동성/회선속도/이용요금 등의 약점을 보완할 수 있게 된다. 이용자는 Notebook PC, PDA 등 휴대용 단말을 이용하여 소규모 무선 기지국이 설치된 공공장소 또는 근무처 및 주거지역에서 초고속 인터넷 무선 접속 서비스를 이용할 수 있다. 현재 미국, 유럽 등 해외에서는 비즈니스 이용객을 대상으로 공항, 호텔 등에서 무선 LAN의 AP인 다중 공공 장치(Multi-Public Unit)를 이용하여 상용 서비스를 제공하고 있으며 현재의 추세로 볼 때 2~3년 내에 서비스 및 장비 시장이 급성장할 것으로 전망된다.

우리나라에서도 인터넷 보급이 확산됨에 따라 업무 및 생활면에서 인터넷 의존도가 높아지고 근무지나 주거지 이외의 공공장소에서 인터넷 서비스 이용에 대한 필요성이 증가하고 있다. 이와 같은 무선 LAN을 이용한 공공장소에서의 무선 인터넷 서비스를 제공하기 위하여 필요한 기술로는 무선 LAN의 공중망과의 연동 기술, 무선 인터넷 서비스 기술, 무선 인터넷 서비스를 위한 인증, 과금, 이동성 관리 기술이 있다.

나. 주요 제공 서비스 정의

1) Office 환경

구내 유선망의 대체를 위하여 무선 LAN의 활용을 고려할 수 있다. 임시 사무실의 설치 또는 구내 신규 배선이 곤란한 사무실 환경에서

무선 LAN을 설치하는 것이 통상적인 경우이다. 단말기는 통상 고정된 위치에서 사용하게 되는 워크스테이션, 데스크탑 PC 등이 이에 해당되며 전송속도는 수Mbps 급의 광대역이 된다. 즉 사용자의 사용환경은 준 고정상태이지만 배선이 자유롭다는 데에 큰 이점을 갖게 된다. 따라서 무선 LAN은 유선망과 거의 같은 QoS를 사용자에게 제공해야 한다. 향후 2~3년 내의 사무실 환경에서의 무선 LAN의 사용 목적은 다음과 같다.

- 멀티미디어 회의 (대형 비디오 디스플레이 포함)
- 전화/오디오
- 일반 컴퓨터 통신망 : 클라이언트-서버, 데이터 처리, 인쇄, e-mail, 메시지, 팩스, 게임 및 시뮬레이션, 네트워크 파일 시스템 등에 사용된다. 파일 전송은 일반적으로 비대칭적이고 매우 집중적이다.
- 멀티미디어 데이터베이스 : 사전 검색, 의료 진단 기록, 전자신문, 게시판, World Wide Web, 매뉴얼 같은 데 사용된다. 비대칭적이고 집중적이며 비 실시간적 특성을 보인다.
- 보안 및 감시
- 인터넷 및 인트라넷 검색 : 오늘날 모든 종류의 비즈니스는 상품 및 서비스에 대한 정보를 홍보하기 위하여 인터넷과 인트라넷을 널리 사용하고 있다. 또한 정부 기관들도 이미 인터넷을 통하여 자료를 전달하고 있다. 전자지불 시스템이 도입됨에 따라 인터넷은 중요한 상업 환경으로 부각되고 있으며, ERO와 ETSI를 포함한 많은 국제단체에서는 이미 인터넷이 없이는 운영이 곤란한 상태에 이르고 있다. 이제는 인터넷은 단순한 문자 정보의 전달뿐만 아니라 비디오, 오디오 데이터는 물론 대

용량의 그래픽 데이터를 포함하고 있다.

- Teleworking : 재택근무는 물론 지리적으로 분리된 사람간에도 비디오/음성/데이터 세션을 통하여 같이 일하는 것을 말하며, 실시간 데이터, 고품질 비디오와 오디오를 전달하게 됨으로써 비용과 시간을 절감할 수 있다. 응용 서비스 개발자들은 이 점에 착안하여 다양한 screen sharing 툴을 개발하여 동일한 전자 자료를 놓고 실시간으로 같이 작업을 할 수 있도록 하고 있다.

2) 공공장소

사용자들이 휴대용 단말기를 갖고 자신의 사무실 또는 가정 이외의 공공장소에서 자신의 업무를 수행하기 위하여 무선 LAN이 활용되는 경우이다. 보통 사무실 바깥에서 무선 LAN을 사용할 수 있는 장소로는 회의실, 식당, 병원, 학교, 공항, 기차역, 쇼핑센터 등으로 사용자는 동 장소에 설치된 AP를 통하여 공중망에 접속하게 된다. 때때로 사용자가 한 장소에서 다른 장소로 이동하는 중에도 공중망과의 접속 상태가 유지되어야 한다.

3) 구내 무선

구내망에서는 가정 환경내의 PC 랩탑, 프린터/팩스, 보안 시스템, 디지털 HDTV/SDTV, VCR, 스피커 등이 다양한 형태로 연결되게 된다. 구내망은 일반적으로 공장 또는 사무실 환경에 비하여 아주 작은 영역을 담당하게 된다.

4) 산업 및 운송

제조업체에서는 공정 자동화, 제품 이송 및 분배, 창고 관리 등과

같은 일들이 공장내, 창고내, 공항 등지에서 수없이 발생하게 된다. 이러한 작업을 위해서는 대략 250m×250m의 공간이 필요하게 되며 작업 지연이나 데이터 유실은 치명적이 된다. 따라서 적기에 신뢰성 있게 실시간으로 동 작업을 수행하기 위해서는 무선 LAN이 유용하게 된다.

5) Point to Multi-point FWA 서비스

WRC-2003의 Resolve 2에서는 제3지역에서 5.250~5.350GHz대역을 허가용 FWA를 사용하려는 논의가 현재 한창 진행 중에 있으며, 미국의 경우는 5.150~5.350GHz대역과 5.725~5.825GHz대역을 비허가 대역으로 빌딩 및 SOHO등을 대상으로 고정 서비스로 사용 중에 있다. 관련 기술표준으로 IEEE 802.16a이 있으며, 이동서비스의 간섭망 및 유선 인프라 인입이 어려운 지역 등에 경제성 있는 망 구성이 가능하다. 또한, 5GHz대역은 기존장비간의 공유문제가 중요시 되는데, FWA 서비스 경우 지향성 안테나 사용으로 기존장비 간의 간섭을 최소화하기 용이한 장점이 있다.

2. 대용량 콘텐츠 트래픽 수요분석

가. 서비스 운용 환경

무선 LAN은 기업 사무실 빌딩, 공공장소에서의 무선접속, 가정 내 홈 네트워킹을 위해 주로 운용될 것으로 보인다. 각각의 운용 환경에서 사용자 밀도와 데이터 율, 그리고 커버리지 측면에서 살펴본다.

셀(AP 커버리지) 형태와 크기는 각 환경에서 전형적인 배치 형태와 크기이며, 셀은 타 사업자 및 시스템과 조정 절차를 필요로 하지 않고 무선LAN 시스템 내 또는 타 시스템과의 주파수 관리는

DFS(Dynamic Frequency Selection) 기능과 절차를 통해 능동적으로 처리한다. 망은 독립망으로 운용될 수 있으며 인접 시스템으로부터 동일채널 간섭을 받을 수 있다. 요구 신뢰도를 갖는 실제 서비스 지역은 간섭량에 의해 결정되며 전파환경에 따라 계획된 AP 커버리지와 달라질 수 있다.

1) 기업 사무실 환경

무선 LAN 시스템은 유선 LAN을 대체하는 시스템으로 이용할 수 있다. 각 사용자 장치는 대개는 정지해 있지만, 세션간 또는 세션중에 움직일 수 있는 정도의 이동성을 지원한다. 따라서 전송률은 유선망과 비슷하며, QoS를 보장해야 한다. 인프라 대체개념으로서의 사무실 환경에서의 특성은 표2-1과 같다.

2) 공공장소에서의 무선엑세스

공공장소는 기업사무실환경과 비교하여 보다 큰 셀 반경과 보다 적은 사용자 밀도를 가지고 있다. 또한 운용자가 다른 여러 망의 AP가 단말에 미치는 간섭이 클 것이다.

3) 주거공간 환경

주거공간에서는 여러 개의 가전들이 서로 연동하게 된다. 주거공간에서는 일반적으로 사무실이나 공공장소보다 매우 작은 반경의 셀을 제공하게 된다. 그러나 주거공간에서는 높은 품질을 보증하는 비디오 스트림 데이터 서비스 이용 빈도가 높으리라고 예상되며, 따라서 대체적으로 높은 전송률을 요구하게 된다. 또한 여러 가전 사이의 데이터 전송에도 사용하게 될 것이다.

<표 2-1> RLAN 서비스 운용 환경

특성	기업 사무실	공공장소	가정환경
셀 형태	원형, 반경 30 m	원형, 반경 40 m	원형, 반경 15 m
셀 면적	2830m ²	5030m ²	707m ²

나. RLAN 서비스 수요

RLAN은 인터넷 타입 및 고품질 비디오 스트림과 같은 대화형 트래픽을 제공할 것이다. 그러므로 회선 교환 타입의 모델을 포함하는 패킷 통신 모델이 적절하다.

5GHz 대역을 사용하는 RLAN의 트래픽 수요를 분석하기 위하여 인구밀도와 서비스 수용률(penetration rate)이 정의되어야 하며 이를 이용하여 하나의 셀(AP 커버리지)내의 사용자수를 산정할 수 있다. 계산에 사용된 값은 표 2-2와 같으며 ITU-R JRG 8A-9B/132-E 부록 15의 자료를 인용한다. RLAN의 운용환경은 서비스 속성과 전파환경 등을 고려하여 기업, 공공장소 및 가정으로 분류되며 각 환경에서의 인구 밀도는 평방킬로미터당 각각 70,000명, 100,000명과 10,000명의 값을 갖는다. 이러한 값은 국토면적이 작고 인구가 밀집된 우리나라의 경우 좀더 높은 값일 수 있으며 특히 아파트가 밀집된 도시환경에서는 2층을 기준으로 한 표의 값보다 더 높은 값이 예상된다. 서비스 수용률은 2005년에 기업 환경, 공공장소 및 가정에서 각각 5%, 2%, 4%이며 2010년에 각각 30%, 20%, 30%의 사용자가 RLAN 서비스를 수용할 것이다. 한국의 경우 현재 전세계에서 유선 초고속 인터넷 보급율과 사용빈도가 최고 수준임을 고려하면 RLAN의 서비스 매력도 향상에 따라 폭발적 성장 가능성도 크다고 보여진다.

<표 2-2> 환경별 RLAN 서비스 가입율

Environment	Popultion density	Area per user	2005	2010
	Potential users/sq. km	m ²	Penetration %	Penetration %
Corporate	70000	14	5	30
Public	100000	10	2	20
Home	10000	100	4	30

*자료 : "Report of the FOURTH meeting," Doc. of ITU-R JRG 8A-9B/132-E, 8 May 2002

인구밀도(Population density)는 권고안 ITU-R M.1390에서 "고려되는 운용환경 내에서 단위 면적 당 사람 수"로 정의된다.

다. 대용량 콘텐츠 트래픽 수요 분류

RLAN 서비스는 각각의 응용별 요구 전송속도와 interactivity 여부를 고려하여 MiMM (Medium speed interactive Multimedia), HMM(High speed Multimedia), HiMM(High speed interactive Multimedia), VHMM(Very high speed Multimedia), VHiMM(Very high speed interactive Multimedia)로 분류한다. 표 2-3은 이러한 분류에 따라 대용량 멀티미디어 콘텐츠 트래픽을 구성하는 어플리케이션 종류와 요구되는 데이터율을 나타낸다. 중속 대화형 멀티미디어(MiMM)는 양방향 서비스로서 E-mail, 화상회의, 원격제어, 음성 등으로 나누어지며 최대 요구 데이터율은 4Mbps이다. 고속 멀티미디어(HMM)는 주로 단방향 서비스로서 웹브라우징, 파일전송, 비디오 감시등의 어플리케이션이 있고 10Mbps의 최대 데이터율을 요구한다. 고속 대화형 멀티미디어(HiMM)는 웹호스팅, 클라이언트-서버 응용서

비스로 구성되고 최대 8Mbps의 데이터율을 필요로 한다. 초고속 멀티미디어(VHMM)는 스폰링 비디오와 스트리밍 비디오로 구성되고 최대 20Mbps의 데이터율을 요구한다. 초고속 대화형 멀티미디어(VHiMM)는 다중플레이어 게임과 같은 것을 말하며 최대 15Mbps의 데이터율이 필요하다. 또한, 실시간 대화형 응용서비스는 서비스 품질을 유지하기 위하여 QoS에 대한 제어가 요구되는 서비스이다.

<표 2-3> RLAN 서비스 어플리케이션 및 데이터율

Application	Main Link direction	Average data rate Mb/s	peak/av. ratio	QoS	Peak Data rate
MiMM(Medium speed interactive Multimedia)					
Email	Up or Down	1.00	2.0		2.00
Video Confer.	Up & Down	4.00	1.0	yes	4.00
Control	Up & Down	2.00	1.5		3.00
Voice	Up & Down	0.03	1.0	yes	0.03
HMM(High speed Multimedia)					
Web Browsing	Down	2.00	3.0		6.00
File Transfer	Up or Down	2.00	5.0		10.00
Video Surveill	Up	2.00	1.0		2.00
HiMM(High speed interactive Multimedia)					
Web Hosting	Up & Down	6.00	1.0		6.00
Clint Server	Up & Down	3.00	2.7		8.00
VHMM(Very high speed Multimedia)					
Spooling Video	Up or Down	10.00	2.0		20.00
Streaming Video	Up or Down	6.00	2.0	yes	12.00
VHiMM(Very high speed interactive Multimedia)					
Multiplayer Game	Up & Down	5.00	3.0	yes	15.00

RLAN의 각 사용환경에서 응용서비스별 트래픽 수요를 표 2-4, 표 2-5, 표 2-6에 각각 나타내었다. 기업, 가정, 공공장소 환경에서의 트래픽 수요를 응용 서비스별 요구 전송속도 및 interactivity 여부에 따라 분류하고 링크 방향, 평균 데이터 속도, 최대 데이터 속도, 최번시 세션 시도횟수, 세션기간, 활성요인 등은 HiperLAN/2 Global Forum에서 연구한 추정치를 사용하였다. 기업환경에서 중속 대화형 멀티미디어를 포함한 5가지 카테고리의 트래픽 수요가 고루 요구되며 세션기간도 상대적으로 길다[표2-4].

<표 2-4> 기업 환경에서의 트래픽 수요

Corporate envir.	Main Link direction	Average data-rate Mb/s	QoS	Peak data-rate Mb/s	Busy hr sessions /h(average over week)	Session Duration seconds	Activity Factor Mb/s/MT
MiMM	Up&Down	2	Yes	4	0.5	300	0.45
HMM	UporDown	2	No	10	0.5	600	0.16
HiMM	Up&Down	5	No	8	0.3	1200	0.35
VHMM	UporDown	7	Yes	20	0.1	1800	0.5
VHiMM	Up&Down	5	Yes	15	0.1	1500	0.4

공공장소 환경의 경우, 중속 대화형 멀티미디어와 고속 대화형 멀티미디어 수요가 특히 높으며 세션 기간은 기업이나 가정환경에서 보다 짧다[표 2-5].

가정환경의 경우, 5가지 타입의 멀티미디어 트래픽 수요가 모두 발생되나 초고속 멀티미디어와 초고속 대화형 멀티미디어 트래픽 수요가 높고 사용시간도 훨씬 길다.[표 2-6].

<표 2-5> 공공장소 환경에서의 트래픽 수요

Public envir.	Main Link direction	Average data-rate Mb/s	QoS	Peak data-rate Mb/s	Busy hr sessions /h(average over week)	Session Duration seconds	Activity Factor Mb/s/MT
MiMM	Up&Down	1	Yes	2	0.5	90	0.45
HMM	Up or Down	2	No	10	0.2	300	0.1
HiMM	Up&Down	3	No	8	0.4	90	0.3
VHMM	Up or Down	6	Yes	12	0.06	600	0.5
VHiMM	Up&Down	5	Yes	15	0.06	900	0.4

<표 2-6> 가정 환경에서의 트래픽 수요

Public envir.	Main Link direction	Average data-rate Mb/s	QoS	Peak data-rate Mb/s	Busy hr sessions /h(average over week)	Session Duration seconds	Activity Factor Mb/s/MT
MiMM	Up&Down	2	No	4	0.2	90	0.45
HMM	Up or Down	2	No	10	0.3	600	0.12
HiMM	Up&Down	4	No	8	0.3	150	0.3
VHMM	Up or Down	10	Yes	20	0.1	3600	0.5
VHiMM	Up&Down	5	Yes	15	0.1	3600	0.4

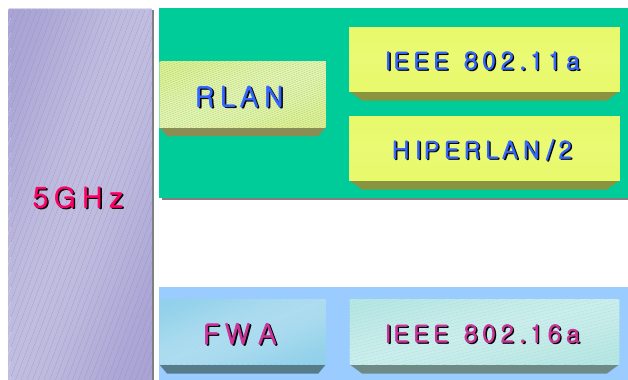
* Note that these are estimates from the HiperLAN/2 Global Forum.

제2절 5GHz대역 망구성 및 시스템 연구

1. 5GHz대 시스템 및 망 구성

가. 5GHz대역 시스템 특성

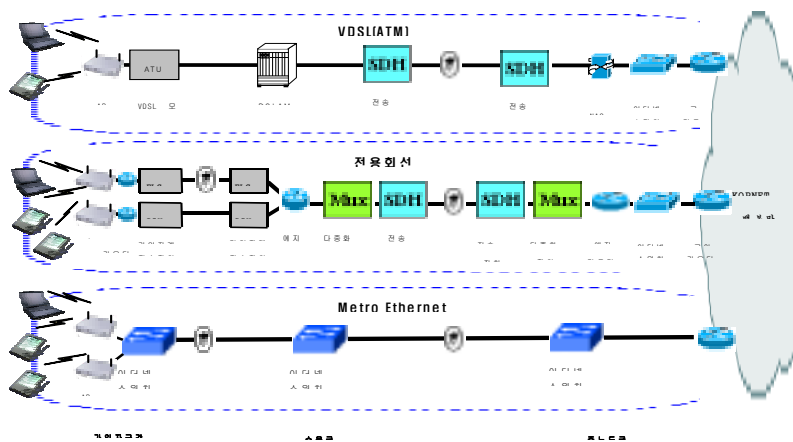
5GHz대역에 사용되는 시스템은 그림2-1과 같이 이동형 서비스를 위한 RLAN 시스템과 고정형 서비스를 위한 FWA 시스템으로 구분된다.



[그림 2-1] 5GHz대역 시스템 분류

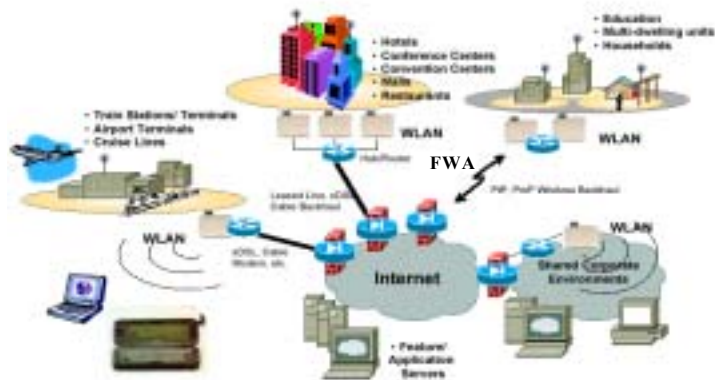
RLAN 시스템은 5GHz대역 주파수를 사용하여 가정, 기업 및 공공 장소(호텔, 공항, 대학교 등)의 인터넷 이용계층이 밀집된 주요 장소에 유선망(Metro-Ethernet, xDSL, HFC, 전용선 등) 및 무선 고정망(FWA)과 근거리 무선망인 RLAN의 AP(Access Point)를 설치하여 커버리지 내에서 RLAN 카드를 장착한 PDA, 노트북 등 이동 단말기를 통하여 초고속인터넷 접속 및 다양한 멀티미디어 콘텐츠를 이용하는 시스템이다. RLAN 영역에서는 AP(Access Point)는 무선 단말기와 데이터를 주고받는 기지국 역할을 하며 AC(Access Controller)는

인증, 과금, 기타 정보 제공 등의 역할을 한다. 인터넷 백본접속구간은 전용회선, xDSL(ATM), Metro Ethernet 방식 등 경우에 따라 다양하게 구성할 수 있다. 인터넷 백본 구간에서는 무선랜 영역에서 들어오는 데이터를 다른 데이터들과 동일하게 처리하며 WIMS (Wireless Internet Management System)에서는 무선랜 서비스에 대한 관리기능을 수행한다.



[그림 2-2] RLAN 시스템 구성 예

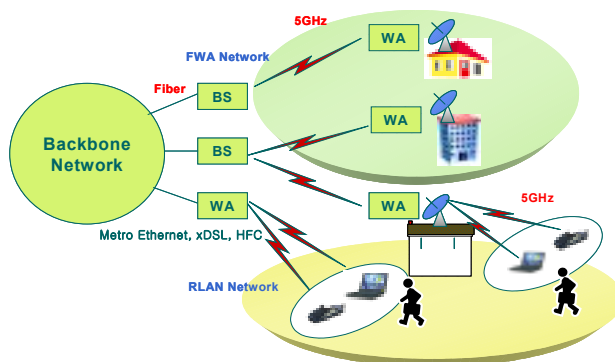
FWA 시스템은 반경 수Km 정도를 가지는 Cell Base로 시스템을 구성하며, FWA 시스템의 기지국은 유선망과 연결되어 고정형 사용자에게 서비스를 제공하게 된다. 효율적 FWA 시스템 구성을 위해서는 사용자 분포를 고려하여 안테나 빔폭을 조정 해, 셀을 섹터화 하여 시스템을 구성하기도 한다. 또, 적정 C/I을 고려하여 주파수 재사용율을 높여 효율적 주파수 사용을 할 수 있도록 시스템을 구현 할 수 있다. 다음 그림2-3은 5GHz대역에서 RLAN 및 FWA시스템 구성 예이다.



[그림 2-3] 5GHz대역 시스템 구성 예

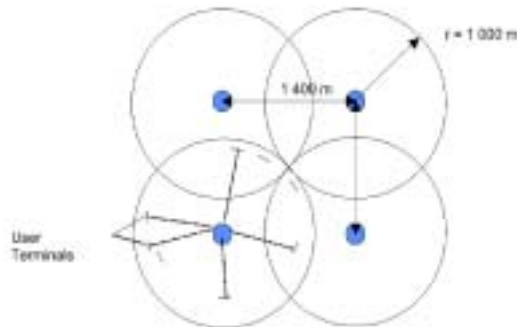
나. 망구성도

5GHz대역의 망 구성은 다음 그림2-4와 같이 고정형 서비스를 위한 FWA망과 이동형 서비스를 위한 RLAN 망이 공존하게 된다. RLAN 망은 주로 호텔, 레스토랑, 공항등을 중심으로 한 Hot Spot 형태의 망으로 구성되며, 상호 AP 및 기존장비간의 간섭을 피하기 위해 DFS(Dynamic Frequency Selection)기능을 통해 간섭을 최소화 할 수 있으며, TPC(Transmission Power Control)를 통해 단말 전체의 평균전력을 조절하여 간섭을 최소화 한다.



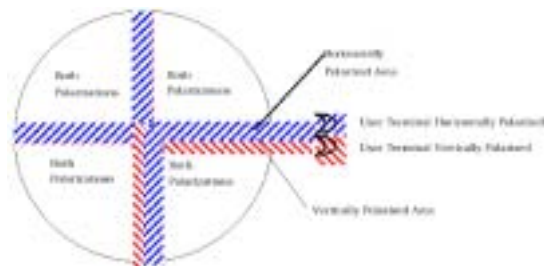
[그림 2-4] 5GHz대역 망 구성

FWA 망은 Cell를 기반으로 망이 구성되며, Cell Plan은, 주파수 재사용을 위한 Cell의 Sector화 및 안테나 편파를 이용하여, 보다 효율적 주파수 활용을 할 수 있다. 다음은 FWA 서비스를 위한 일반적 Cell 구성이며, 원하는 Cell의 기지국으로부터 좋은 신호를 수신하기 위해서 Cell의 중첩 지역에서의 최소 C/N이 정의되어야 하며, 기지국에서는 강우감쇠나 기타 환경에 의해 변경되는 전파손실을 고려하여 일반적으로 15dB정도의 전력제어가 요구된다.



[그림 2-5] FWA 서비스를 위한 Cell Cluster

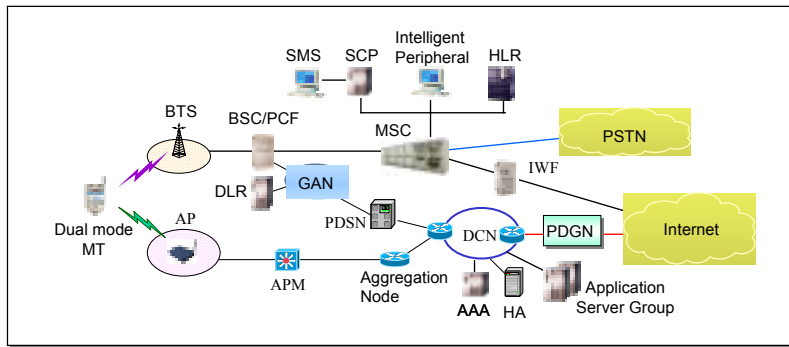
또한, 90°Horn 안테나를 이용하여 4섹터 구성이 가능하며, 이때 안테나의 편파를 이용하며 다음그림2-6과 같이 이용하며 보다 효율적 주파수 활용도 가능하다.



[그림 2-6] FWA에서 안테나 편파를 이용한 주파수 활용

주요 노드만을 나타낸 것으로 loose inter-working 방법이다. UMTS 망과 RLAN망의 연동을 위해 IWU(Inter-Working Unit)가 추가된다. IWU는 두 망의 연동을 위해 필요한 이동성, 인증 및 과금 등 관련 기능을 수행하는 노드이다. RLAN망의 APM(Access Point Manager)은 RLAN망의 부가 서비스 제공을 위해 활용되는 노드로서 UMTS망과의 연동을 위해 연동지원 기능이 추가되어야 한다. 사용자가 두 망을 seamless 하게 서비스를 제공받기 위해서는 단말에서 Dual mode가 지원되어야 한다. 그림 2-7에서는 UMTS와 RLAN망의 접속을 위해 SIM(Subscriber Identification Module) 카드를 이용하는 Dual Mode를 사용하는 경우이다. Tight inter-working Mode의 UMTS망과 RLAN 망 연동구조는 그림 2-8과 같으며, RLAN관련 인터페이스에 대한 구체적인 정의가 필요한 상태이다. 다음 그림 2-9는 CDMA 2000 1x 및 EV-DO와 RLAN간의 연동구조로서 주요 노드들만을 나타낸 것으로, UMTS의 연동 경우와 마찬가지로 Dual mode 단말이 지원되어야 한다.

그림 2-7 및 그림 2-9의 구조에서 음성 및 데이터 사용이 Seamless하게 제공되기 위해서는 가입자가 어떤 망을 통해 접속하든지 인증이 이루어져야 한다. 따라서 AAA(Authentication, Authorization, Accounting)노드는 셀룰러망과 RLAN망의 가입자를 동시에 인증 및 관리 할 수 있는 기능이 추가되어야 한다. 그림 2-7과 그림 2-9에서는 단일 AAA가 통합적으로 인증/과금/제어를 관리하는 구조로 되어 있다.



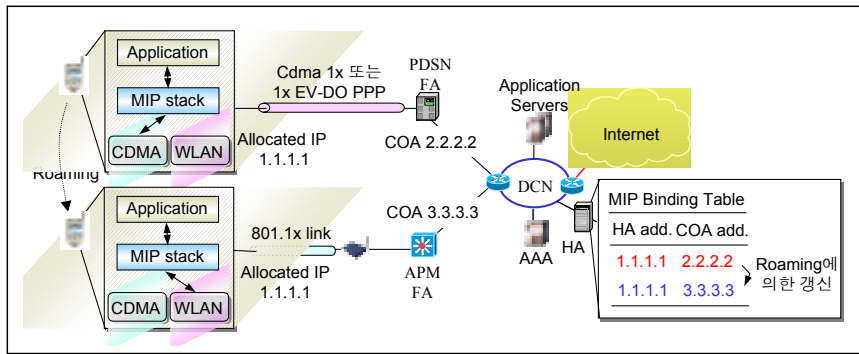
[그림 2-9] CDMA 2000 1x, EV-DO와 RLAN의 연동구조

그러나 각각의 망을 위한 AAA 노드가 있고 이를 연동하기 위한 gateway를 망간에 두는 방법도 고려 할 수 있다. 이와 같이 인증이 지원되면 다음으로 사용자가 이중망간을 이동하면서 서비스를 제공받기 위해 Mobile IP에 의한 이동성(mobility)이 지원되어야 한다.

나. MoIP 제공을 위한 연동구조

그림 2-10은 Seamless한 데이터 서비스를 제공하기 위한 MoIP연동의 한 가지 방법을 나타낸 것이다. CDMA 2000 1x망과 RLAN망의 연동구조를 기반으로 MoIP를 제공하기 위한 방법이다. 이중망간의 MoIP를 지원하기 위한 방법으로는 단말에서 MoIP client가 지원되는 경우 FA(Foreign Agent)를 활용하는 방법, 단말에서 MoIP client와 Co-located COA(Care Of Address)가 지원되는 방법 및 단말에서 MoIP client가 지원되지 않는 경우의 Proxy MoIP 방법이 가능하다. 단말이 셀룰러 망에 접속되었을 때 단말은 자신의 요청에 의해 HA(Home Agent)로부터 IP 주소를 할당받게 된다. FA역할을 수행하는 PDSN(Packet Data Serving Node)는 단말과 HA의 데이터 전송을 위해 자신의 주소(COA)를 HA에 알리게 되며 HA는 이를

Binding 테이블에 등록한다. 그러면 HA로부터 FA까지의 Tunnel이 데이터 전송을 위해 생성된다.

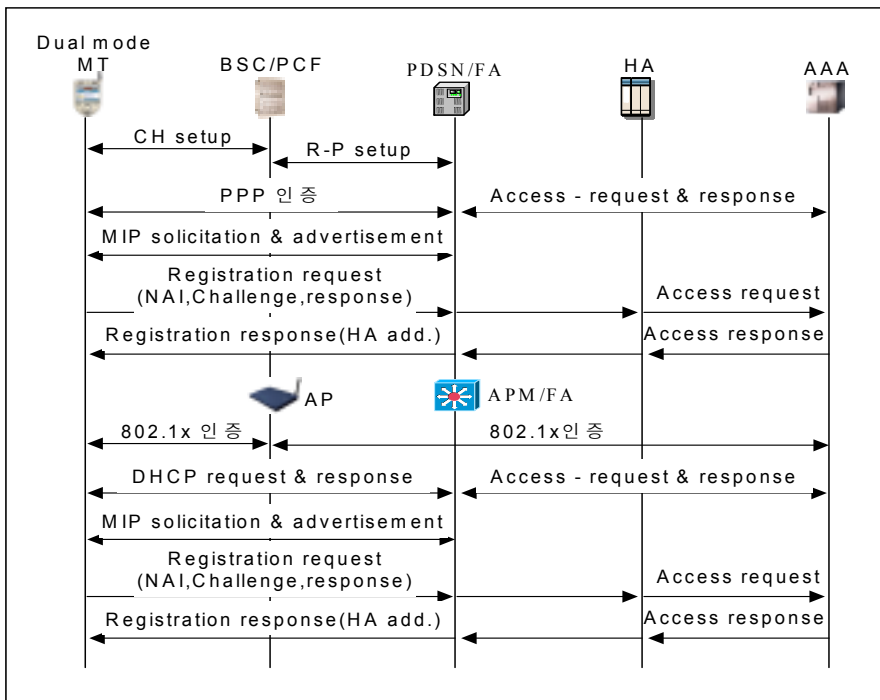


[그림 2-10] Seamless 데이터 서비스를 제공하기 위한 MoIP 연동방식

다음으로 셀룰러 망에서 접속되었던 단말이 RLAN망으로 이동되면 단말의 물리적 링크는 데이터 전송을 위해 RLAN으로 접속된다. 이때 RLAN망에서 FA역할을 수행하는 APM(Access Point Manager)은 자신의 COA를 HA에 알려 단말이 이동되었음을 HA에게 알린다. HA의 Binding 테이블은 갱신된다. 그림 2-10과 같은 절차를 거쳐 단말은 두 망간을 이동하여도 seamless 한 데이터 서비스를 제공받을 수 있다. MoIP 연동을 위한 Co-located COA는 단말에서 FA의 일부 기능을 수행하도록 하여 단말 자신이 HA에게 COA를 등록 요청한다. 데이터 전송을 위해 자신까지의 tunnel을 형성하는 방법이다. 마지막으로 Proxy MoIP방법은 단말에서 MoIP client의 기능이 지원되지 않는 경우로 FA가 단말의 MoIP client 역할 수행한다. 단말의 위치 파악을 위한 COA의 등록은 FA가 수행하며 단말이 네트워크를 이동하면 HA의 바인딩 정보가 갱신된다. 이와 같은 MoIP를 사용하는 경우 triangle 라우팅 문제가 발생되는데 이를 해결하기 위한 경로

최적화(route optimization) 방법으로 Binding cache, Smooth Hand-off 및 Special tunneling 등을 활용할 수 있다.

셀룰러 망과 RLAN망의 MoIP 연동을 위한 Call flow는 그림 2-11과 같은 절차를 따르게 된다. 셀룰러 망에 접속된 단말은 PPP 접속 이후에 MoIP client의 동작으로 주소를 할당받고 인증 및 HA에 대한 등록과정을 거치게 된다. 이후에 단말이 RLAN망으로 이동하면 802.1x 인증 및 등록과정을 거친 후 MoIP client와 APM(FA)를 활용하여 HA의 바인딩 테이블을 갱신함으로써 MoIP 연동이 이루어진다.



[그림 2-11] MoIP 연동을 위한 Call flow

3. 국내외 기술동향 및 장비 개발현황

가. 일본 5GHz대역 동향

일본은 무선 LAN을 이용하는 무선 액세스 시스템이 역이나 공항 등의 이른바 Hot Spot로 불리는 옥외에서의 인터넷 접속의 수단으로서 활용될 것으로 기대되고 있어 5GHz대역을 확보하는 것이 중요하다고 고려하여왔다.

그래서, 총무성은 WRC-2003에 해당되는 5GHz대역의 기상 레이더 등 기존 업무와의 공용등의 방책을 검토해 왔으나, 일본의 여러 여건상 4900~5000MHz의 100MHz폭 및 5030~5091MHz의 61MHz폭(2007년까지의 잠정 사용)을 할당에 대해, 주파수 할당 계획의 변경을 전파 감리 심의회에 자문하고 있다.

또 ITU-R에 대해 무선 액세스 시스템과 기존 업무와의 공용의 가능성에 대한 기술 검토를 하고 있어, 일본은 무선 액세스 시스템과 기존 업무(무선표정업무)가 공용을 꾀하는 것이 가능하다고 검토되어, 유럽과 같이, 5350~5650MHz의 무선표정업무의 1차 업무에의 격상(무선 액세스 시스템도 일차 업무와 상정)을 제안하려고 하고 있다.

일본이 최근 4900~5000MHz의 100MHz 및 5030~5091MHz의 61MHz에 대한 무선LAN 활용을 위한 주요 기술적 내용은 다음과 같다.

주파수대역	4900~5000 MHz, 5030~5091 MHz
주된 이용 형태	<ul style="list-style-type: none"> • Hot Spot에 있어서의 인터넷 액세스(NWA 서비스) • 옥외의 공공 스페이스등에서 최대 300 m정도의 거리로 통신이 가능한 시스템 • 주택맨션에 있어서의 인터넷 액세스(FWA 서비스) • 일반 가정으로 향해 최대 3 km정도의 거리로 통신이 가능한 시스템
채널 배치	<ul style="list-style-type: none"> • 채널 당 20MHz로 합계 7 채널 (4900~5000MHz : 4 채널, 5030~5091 MHz : 3 채널) • 채널 당 10MHz/5MHz의 좁은 휴대지역 채널에 대해서도 사용가능하도록 일부 대역에 적용
변조 방식	<ul style="list-style-type: none"> • 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 방식, 직접 확산 스펙트럼 확산(DS) 방식 • 진폭변조, 위상 변조(phase modulation), 주파수변조, 펄스 변조 방식 또는 이러한 복합 방식
안테나 전력	250 mW이하
안테나 이득	절대 이득 10dBi이하. 다만, EIRP가, 절대 이득 10dBi의 안테나에 250mW의 안테나 전력을 더했을 때의 값 이하가 되는 경우는, 그 차이 분을 안테나의 이득으로 보충할 수가 있다.
전송 속도	20Mbps 이상. 좁은 휴대지역 채널(10MHz / 5MHz) 등에 대해서는, 10Mbps / 5 Mbps 이상.
통신 형태	가입자국은, 기지국과의 사이에서만 통신을 실시하는 것으로 해, 주파수에 대해서는 기지국의 제어에 의해 선택한다.
사업자 간 공존 대책	캐리어 센스에 의해 주파수를 공유.

나. 국외 장비 및 부품 동향

1) Atheros(미국)

- 2000년 Two-chip AR5000 solution 개발
 - RF 칩(AR5110) - 수동 필터들과 Tx/Rx 스위치 및 크리스털을 제외한 나머지 모든 요소를 포함하고 있어 별도의 VCO,

- SAW 필터, LNA, PA 불필요
- OFDM 모뎀 및 MAC 기능의 기저대역 칩(AR5120)
 - IEEE802.11a 규격 지원
 - 전송속도는 54Mbps를 지원하고 72Mbps까지 제공하는 터보 모드 지원
 - 현재 개발 파트너들에게 샘플을 공급 중이며, 2001년 가을부터 시판 계획(가격은 10만개 단위로 US\$35 예상)

2) Cisco(미국)

- 2000년 Two-chip AR5000 solution 개발
 - RF 칩(R-RF5) : 수신 NF 6dB, 수신 이득 제어 70dB, 송신 이득 제어 60dB, 송신 출력 0dBm, 별도의 PA 및 LNA 필요, 0.18u CMOS 기술 이용, 68-pin MLF 패키지
- IEEE802.11a 규격 지원
- 전송속도는 54Mbps 지원
- LAN 네트워크 시장은 시스코에 비교적 생소한 시장으로 지난 1999년 11월 에어로넷(Aironet)社를 인수, 노트북 컴퓨터를 무선 네트워크에 연결할 수 있도록 하는 무선 기지국과 네트워크 카드를 생산하는 데 필요한 기술을 습득하고 이를 기반으로 새로운 기술을 개발하고 있음
- 무선 LAN 제품인 Cisco Aironet 340 시리즈는 동일 건물 내는 물론 건물-대-건물 무선LAN 애플리케이션을 위한 표준 기반, 고속 무선 네트워킹 솔루션을 제공할 수 있는데 이미 사용 현장에서 그 성능을 인정받고 있으며, 광대역 무선 솔루션의 Cisco WT2700 무선 슈트(suit)는 경쟁이 심한 광대역 시장 환경에서 차별화된 서비스를 제공함으로써 새로이 부상하고 있는 신생 서

비스 제공자들이 수익을 얻고 성장할 수 있는 기회를 부여하고 있음

- 리서치 업체인 델로로(Dell'Oro)社에 따르면 시스코는 기지국 시장의 31%를, 네트워크 카드 시장의 29%를 확보하고 있는 것으로 나타남

※ 리서치 업체인 캐흐너스 인 스테트社에 따르면, '802.11b'의 시장 규모는 지난 1999년에는 8억달러에 지나지 않았으나 오는 2003년까지 27억달러로 성장할 것으로 전망

3) Ericsson(스웨덴)

- 전송속도 54 Mbps(gross)까지 지원
- Hyperlan2 규격, OFDM 모뎀 칩
- LAN 통신영역 : 옥내 30m /옥외 150m
- Quality of Service, QoS
 - 음성, 비디오, 멀티미디어 응용 지원
 - 802.1p 와 ATM QoS 지원
- 보안
 - 56 bit에서 168 bit 까지 가변하는 key encryption(DES)
 - 옵션 : pre-shared 또는 public key 인증

4) Adaptive broadband(미국)

- IEEE802.16a/b 규격
- AB-ACCESS U-NII SYSTEM SPECIFICATIONS
 - 전송속도 : 섹터당 25 Mbps
 - 인터페이스 : 가입자 유닛과 Access Point의 RJ45포트는 ATM 25(U-NII signaling)과 Ethernet(10BaseT)을 지원하며, Cell

site장비는 ATM 또는 Ethernet 기반을 지원함

- Modulation : QPSK
- MAC : TDMA/TDD
- Users : 섹터 당 동시 254 사용자 지원하며, 각 가입자 유닛은 무제한의 User를 지원함
- Network Management
- GUI를 지원하는 중앙관리 시스템으로 Cell site, Control Server 와 Subscriber Units 이 IP로 통신되며, Cell site에서 AP를 관리하기 위한 Linux기반의 Control Server 시스템

5) 개발중이거나 생산중인 제품군

- 현재 본격적인 무선랜 표준 규격에 의하여 개발중인 모델과 제품군을 표 2-7에 나타내었다.
- 또한, 이미 개발되어 판매중이거나 개발계획을 발표한 무선랜 과 FWA 제품군을 표 2-8 및 표 2-9에 기술하였다.

<표 2-7> 무선랜 표준규격에 의하여 개발중인 제품군

회사명	제품명	규격	특징	출시 계획
Cisco	AP, CPE	BWIF	5.7GHz, WT2700, VOFDM	Now
Ericsson	Chips, Eval, BD	Hiperlan2	5GHz, Hiperlan2, 54Mbps	2001.9
Wi-LAN	AP, CPE	OFDM Forum	I.WiLL, W-OFDM, 32Mbps	2001.8
Intersil	Chips	802.11a	Prism, OFDM, 54Mbps	2001.9
Atheros	Chips	802.11a	5GHz, OFDM, 54~72Mbps	2001.9
TeleCIS	Chips, AP, CPE	802.11a	5GHz, Art-LAN, OFDM, 54~66Mbps	2001.9
Radiata	Chips	802.11a	5.5GHz, COFDM, 54Mbps	
LinCom Wireless	Chips	802.11a	OFDM, 54Mbps	?
Envara	Chips	802.11a	5.2~5.8GHz, Radio54, OFDM, OFDM/Conv, TDD, PMP, ASIC 54Mbps	?

<표 2-8> 판매중이거나 개발중인 무선 LAN/MAN 제품군

판매사	제품	방식	전송속도	전력	통달거리		구성
					옥내	옥외	
Cylink	AirPro T1	DS	1.544 Mbps	-	-	35km	standalone (DSX-1)
Direct Network Services	FreePort	DS	5.7 Mbps	1W ERP	80m	-	standalone (ethernet)
	FreePort II	DS/TCM, FDD	16 Mbps	1W ERP	-	3km	5.7~5.8GHz, P2P/PMP
	AirPort II	DS	5.7 Mbps	1W ERP	-	2.9km	standalone (ethernet)
Glenayre	Lynx.sc Model 31000	DS	1.544 Mbps	23dBm	-	80km	standalone (DSX-1)
	Lynx.sc Model 31600	DS	2 X 1.544 Mbps	23dBm	-	80km	standalone? (DSX-1)
P-COM	Model 100-5	DS	56 Kbps to 2.048 Mbps	100mW	-	50km	standalone (V.35, DSX-1, G.703)
RadioLAN	Model 101	NB	10 Mbps	50mW	36m	91m	ISA card
	Wireless ISA CardLINK						
	Model P101	NB	10Mbps	50mW	36m	91m	PCMCIA card
	Wireless PC CardLINK						
	Model 10A	NB	10Mbps	50mW	36m	91m	ISA card
	Wireless NetworkLINK						
	Model BL208	NB	10Mbps	50mW	36m	91m	standalone (ethernet)
	Wireless Backbone LINK						
WaveSpan	Model 5800	FH	10Mbps	-	-	8km	standalone (ethernet)
	Wireless Ethernet Bridge						
	Stratum 20	NB	20Mbps	-	-	8km	standalone (10/100 Mbps ethernet+DSX-1)
	Stratum 100	NB	100Mbps	-1dBm		8km	standalone (10/100 Mbps ethernet+DSX-1)

<표 2-9> 판매중이거나 개발중인 무선 FWA 모델 제품군

회사명	제품명	방식	전송속도	통달거리	사용주파수대	구 성
ioWave	ioStar, ioLink	DS/Conv, TDD	2Mbps	40km	2.4/5.7GHz	P2P/PMP
Nokia	RoofTop	DS/-,TDMA	12Mbps	16km	5.8GHz	P2P/PMP
Proxim	Stratum	-/RS	20/100Mbps	40km	5.2~5.8GHz	P2P
Western Multiplex	Tsunami	DS/-, FDD	45Mbps	24km	5.2~5.8GHz	P2P
YDI	LBR,AP2	DS/-, FDD	20/100Mbps	8km	5.2~5.8GHz	P2P/PMP
Adaptive Broadband	AB -Access	QPSK/-, TDD	25Mbps	5km	5.2~5.8GHz	PMP
P-COM	AirPro	DS/-, TDD	2Mbps	35km	5.7~5.8GHz	P2P

다. 국내 동향

1) ETRI

- ETRI는 5GHz 광대역 무선접속망 정합장치 기술개발 프로젝트를 수행중
 - 출연처 : 정보통신부
 - 연구기관 : 2001.3 ~ 2003.2
 - 공동연구 참여업체 : 넥스트링크, 한국텔레시스
 - 연구 목표 : 광대역 무선접속망 정합 기능을 갖는 54Mbps급 5GHz 무선 LAN Access Point 기술 개발

○ 연구내용

- IEEE 802.11a OFDM 모뎀 기술 개발 : 최대전송속도 54Mbps
- 5GHz 무선 LAN MAC 프로토콜 처리 기술 개발 : 54Mbps 전송속도 지원
- 광대역 무선접속망 정합기술 개발 : B-WLL(또는 BWA)과 5GHz 무선 LAN간 프로토콜 변환
- 5GHz 대역 RF 모듈 개발
- 5GHz 무선 LAN AP 시제품 개발

2) 한국 텔레시스

- ETRI의 5GHz 광대역 무선접속망 정합장치 기술개발 프로젝트에 NextLink와 공동 참여하고 있으며 2001년 5GHz 제품기술을 확보하여 2002년 제품생산을 목표로 하고 있다.

3) NextLink

- NextLink는 2.4GHz 무선랜 개발업체로 현재 IEEE 802.11a PHY 및 MAC 칩을 개발중에 있다.
- 다음은 NextLink 사의 개발계획에 포함되어 있는 사양이다.

< Single chip 5GHz UNII-band transceiver >

- CMOS Process technology
- Dual local oscillators
- Support for IEEE-802.11a standard
- Highly linear receiver with LNA bypass switch
- 6dB receiver noise figure
- 20MHz integrated IF channel filter
- Fully differential signal path for robust performance

- Completely independent transmit and receive paths allows full duplex operation
- BPSK, QPSK, 16-QAM, and 64-QAM modulation
- Dual receive ADCs and transmit DACs
- RSSI ADC
- Up to 54Mbit/s data rate
- CMOS process technology

< IEEE 802.11a Medium Access Control (MAC) chip >

- Time synchronization
- Medium access control
- Fragmentation and de-fragmentation
- BSS scan, create, join functions
- Access point control of infrastructure networks
- Host-accessible managed information base (MIB)
- Seamless Roaming
- Stations monitor

4) RF-TNC

- 5GHz대 제품으로 RF-LiNK 10MP(802.11b 규격) 모델을 제작 판매중이며 Chip의 도입 가능 여부에 따라 2001년 말에 표준 규격의 제품도 출시 예정
 - Intersil Chip 이용해서 예정
- RF-LiNK 10MP(802.11b 규격)의 주요 사양
 - 주파수 대역 5.725~5.825GHz
 - 데이터 전송속도 10Mbps(실제 전송속도 8Mbps)
 - 전송방식 ASK

- Media Access Protocol CSMA/CA
- 전송거리 10km(옵션 장비 장착시 가능 거리 10km 이상 가능)
- Bit Error Rate(BER) 10⁻⁵ 미만
- 수신기 감도 -83 dBm
- Connector SMA 50Ω
- Plug and Play, 별도의 설치 소프트웨어 불필요
- Bridge 및 IP Routing 기능
- 네트워크 Interface UTP Port
- 기존 유선 Ethernet과 100% 완벽한 호환 및 SNMP 원격 감시 기능
- 2개의 Radio Module을 사용하여 과도한 트래픽 발생시 채널 분할로 트래픽을 분산
- DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)사용으로 잡음 및 간섭 내성이 강함
- 데이터 보안성 향상을 위한 64bit Data Encryption 기능

5) C&S 테크놀로지

- C&S는 1993년 설립되어 WLL, W-CDMA, IMT-2000용 무선장비 및 영상처리, 음성처리, ASIC 개발용역 등의 첨단 기술을 개발하고 제품화시킨 성공적인 벤처 회사로 평가받고 있음
- C&S는 24Mbps까지 지원하는 모뎀 칩과 MAC(Medium Access Control)칩을 개발 완료하였으며, 54Mbps급 모뎀 칩은 산업자원부 시스템 IC 2010 국책과제로 개발 중에 있음.
- 이 칩은 CDMA Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) 방식으로 IEEE 802.11a 규격을 지원하도록 설계되는데, Modem은 1차 기능 검증이 끝나고, 현재 Mac 칩을 개발중임

- 2002년 2월까지의 One chip Sample 개발 예정이며, 2002년 하반기 상용제품을 출시할 계획을 가지고 있음
- RFIC 업체와 단말기 업체의 Join이 어려움
 - 단말기 제조업체는 신뢰성과 시장 진입 시기 문제로 외국의 칩을 선호하고 있어 국내업체가 개발된 칩도 국내시장 진출이 어려운 실정임

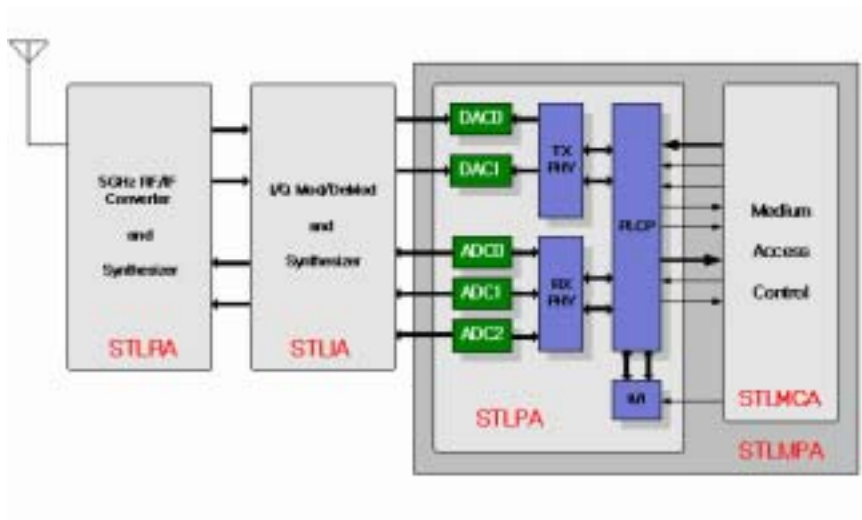
6) I&C(<http://www.inctech.co.kr>)

- INC tech는 StarLAN Chip Set을 개발하고 있음
- StarLAN 무선랜 칩셋은 54Mbps 무선랜 시스템의 안테나부터 컴퓨터 인터페이스까지 모든 solution을 제공하고 있으며, 표 2-10의 각부로 구성되어 있음

<표 2-10> StarLAN 칩셋 구성

STLRA	5GHz RF/IF Converter and Synthesizer
STLIA	I/Q Mod/DeMod and Synthesizer
STLPA	IEEE 802.11a Base-band Processor
STLMCA	Medium Access Controller
STLMPA	Base-Band Processor + MAC Controller

- 그림 2-12는 당해 칩의 각 요소들간의 결선을 나타내는 블록도임



[그림 2-12] INC 개발 제품의 블럭도

7) 텔레시스(TeleCIS)

- 텔레시스는 한국인이 실리콘벨리에 세운 벤처 회사로 국내에도 법인을 두고 있다.(<http://www.telecis.com>) 현재, 5GHz대 모뎀 개발에 있어 가장 앞선 기술 주자로 평가되고 있으며, 2001년 9월 기술개발을 완료하고 2001년 12월에는 시제품을 선보인다는 야심찬 계획을 가지고 있다. 이는 다른 외국 회사에 비하여 뒤지지 않는 예정일이며, 자사 보유 기술력으로 보아 충분한 가능성이 보인다.
- 현재 이 회사가 외국의 법인이고 외국인이 개발에 참여하고 있으므로, 완전한 국산 기술이라고 내세울 수는 없다는 견해도 있지만, 국내자본의 투자기업이므로 이러한 견해는 적절하지 않다. 이러한 핵심부품 개발업체가 국내 업체가 보유한 우수한 완제품 생산기술과 결합하여 시너지 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

8) MMC테크놀로지

- MMC테크놀로지(www.mmctech.com)은 1998년부터 W-CDMA 모뎀, ADSL 모뎀 등을 개발하고, 최근 11Mbps 무선랜 solution과 블루투스 USB 어댑터를 출시하는 등 발빠른 움직임을 보이고 있다.
- 이 회사에서도 모뎀 개발에 참여하고 있는데 아직 구체적인 마일스톤은 제시하지 않고 있으며, 시스템화 기술력이 큰 것으로 분석된다.

9) 기타 업체

- 삼성전기 및 LG전자는 자체적으로 관련 표준들을 검토하고 있으며, 모뎀 칩이나 RF 칩보다는 단말 제품 개발에 역점을 두고 있음
- (주)합인, (주)시스온칩 등이 RF모듈과 One-chip 개발에 참여하고 있으며, (주)GCT도 모뎀 개발에 진력하고 있음

제3절 5GHz 대역 주파수 소요대역폭 연구

1. RLAN 소요 대역폭 산출

5GHz대역 RLAN과 FWA의 주파수 소요대역폭 산출을 위해, ITU-R 권고안 M.1390과 F.1518을 고려하였다. ITU-R M.1390의 IMT-2000 소요대역폭 산출에 이용되었던 소요대역폭 산출 절차를 RLAN에 응용하여 ITU-R JRG8A-9B에서 Draft New Recommendation(DNR) "Methodology for accessing the required spectrum for generic NWA networks(RLANS)" 을 만들었으며, DNR은 RLAN을 거주공간, 사무실 환경, 공공장소 등의 환경에서 소요대역폭 산출하였으며, 중앙 제어 구조의 RLAN 망 구조를 상정하고 있다.

또한 이 DNR에서 소요대역폭 산출을 위해 ETSI BRAN HIPERLAN/2 규격의 시스템 특성을 이용하였는데, HIPERLAN/2, IEEE802.11, ARIB HiSWANa같은 중앙 제어 구조를 가진 RLAN 시스템을 대상으로 한다.

HIERPALAN/2기반 광대역 RLAN 시스템의 소요 대역폭을 ITU-R M.1390 "Methodology for the calculation of IMT-2000 terrestrial spectrum requirements" 방법을 통하여 산출하였다.

본 절에서는 IEEE 802.11a 규격의 RLAN 사업자 망을 우리 나라에 구현하기 위한 필요 대역폭에 관하여 동일한 방법을 이용하여 계산하려 한다. 분석 시 서비스 별 침투율(Penetration rate)의 부적합한 적용으로 인한 필요 이상의 대역폭이 계산되어 있다.

또한 802.11a의 대역폭 계산에는 Step C5 및 D의 계산방식이 부적합하다. 따라서 본 절에서는 M.1390의 오류사항을 지적, 수정된 방법

으로 IEEE 802.11a 규격 기반의 소요 대역폭을 계산하려 한다.

본 절에서는 한 사업자가 RLAN 시스템을 구현하는 경우를 가정하여 아래와 같이 두 가지 분석을 수행한다.

제 1분석 : 고정된 셀 반경에서의 최대 대역폭 산출

제 2분석 : 셀 반경의 조정을 통한 대역폭 산출 및 최소 요구 대역폭 산출

앞에서 살펴보았듯이 제1분석의 경우, 고정된 반경의 셀 안에서 사용자의 무선 인터넷 접속 욕구가 연도별로 증가함에 따라서, 그들을 지원해야 하는 AP의 수율은 떨어지게 된다.

따라서 한 셀에서 사용자의 욕구를 충족시키기 위한 추가 채널의 할당이 필요하고, 이는 곧 추가적인 AP의 할당을 의미하게 된다. 따라서 제1분석은 증가되는 사용자의 욕구를 단순히 대역폭을 더 많이 할당하는 방안으로, 해당 셀 반경에서 최대의 요구 대역폭을 산출할 수 있다.

제2분석에서는 연도별로 증가되는 무선 인터넷 사용자의 욕구를 셀 반경을 조정하여 셀 당 사용자 수를 줄임으로서, 해결하려는 방안이다. 줄어든 셀 내부에서 여전히 증가된 사용자의 욕구는 제 1분석에서와 같이 AP의 수를 증가시켜서 해결을 한다. 한편 최소 요구 대역폭을 셀 당 1개의 AP가 요구된다고 가정하면, 제 2분석을 통하여 최소 요구 대역폭으로 서비스 할 수 있는 셀 반경을 구할 수 있다.

본 분석에서 IEEE 802.11a 시스템 특성은 IEEE 표준화 문서에 따르기로 하고, RTS CTS를 사용하는 DCF 메커니즘만을 고려하기로 한다. 인접 셀 등의 간섭 요인을 배제하며, 오류 없는 채널 환경을 가정하고 재 전송 메커니즘을 고려하지 않는다. 또한 AP (Access

Point)와 단말들(Stations) 모두 전방향 안테나(Omni-directional antenna)의 사용을 가정한다.

가. STEP A : 지형적 특성에 따른 셀 구조 분석

대역폭을 결정하기 위해 먼저 기업 환경, 공공 환경, 맥내 환경 중 한 가지를 선택한다. 각 환경별 인구 밀도는 표 2-11과 같이 가정한다. 한편 기업 환경 및 공공 환경 시나리오는 표 2-12, 13, 14와 같이 각각 2005년 및 2010년으로 나누어져 있다. 제2분석을 위하여 2010년 회사 환경 및 공공환경의 셀을 반경 40m부터 10m 간격으로 구별하여 요구 대역폭을 계산하고, 셀 당 단말 수의 변화를 관찰한다. 한편 가정환경은 셀 당 사용자의 수가 거의 일정할 것으로 예상됨으로 2005년과 2010년의 셀 반경이 동일하다고 가정한다.

<표 2-11> 환경 별 인구 밀도 및 Penetration

환경	인구밀도	2 005년	2 010년
	Potential users/ sq. km	Penetration %	Penetration %
기업	70 000	5	10
공공	100 000	10	20
가정	10 000	2	5

<표 2-12> 기업환경 시나리오 예제

속 성	기업 환경				
연 도	2005년	2010년			
셀 반경	반경 30m	반경 40m	반경 30m	반경 20m	반경 10m
셀 영역	2,830 m ²	5,030 m ²	2,830 m ²	1,256 m ²	314 m ²

<표 2-13> 공공 환경 시나리오의 예

속 성	공공 환경				
연 도	2005년	2010년			
셀 반경	반경 40m	반경 40m	반경 30m	반경 20m	반경 10m
셀 영역	5,030 m ²	5,030 m ²	2,830 m ²	1,256 m ²	314 m ²

<표 2-14> 댁내 환경 시나리오 예

속 성	댁내 환경 (2005년 2010년 공통)
셀 반경	반경 15m
셀 영역	707 m ²

나. STEP B: 시장에 따른 인구밀도와 트래픽 특성 분석

1) 사용자수(Users/cells) 결정(STEP B1~B4)

가) ITU-R M.[Method NWA spectrum]의 사용자 수 결정 오류사항
 셀 당 사용자 수를 결정하기 위하여, 환경 및 서비스별 침투율을 예측해야 한다. 2010년 공공환경의 침투율은 20%로 정의되어 있다. 따라서 반경40m의 셀에서 무선 인터넷에 접속하려는 총 사용자의 수는 아래와 같은 관계식에 의하여 101명으로 계산되어야 한다.

$$\text{Users/cells} = \text{Population density} * \text{penetration rate} * \text{Cell Area}$$

2010년 공공환경에서 5개의 서비스 클래스별 20%의 침투율을 고려하여 공공환경에서 100%의 침투율을 계산하고 있다. 따라서 계산된 사용자 수는 총505명이 계산된다. 이런 결과는 필요 이상의 대역폭

계산을 초래하는 중대한 오류이다. 본 분석에서는 표2-15와 같이 침투율을 환경별, 그리고 서비스 클래스별로 예상하고 대역폭을 산출한다.

나) 서비스 트래픽의 특성 수정

국내 환경에서 유선 인터넷의 이용 환경은택내 환경, 회사 환경, 공공 환경 순으로 이용률이 높다. 반면 무선 인터넷의 경우, 이미 회사 및택내 환경에 충분한 인프라가 구축되어 있으므로, 이 두 환경에 비해 공공 환경에서 무선 인터넷의 사용이 주가 될 것이다. 환경별 인구밀도 및 우리나라에서 PDA 및 노트북의 낙관적 및 보수적 보급 전망을 고려하면, 표 2-13과 같은 각 환경 및 서비스별 침투율을 예상할 수 있고, 각 환경별 및 연도별 RLAN 사용자 수를 계산할 수 있다.

2) 트래픽 부하량(Offered Traffic/Celles) 결정(STEP B5~B8)

공공 환경의 주 예상 서비스인 일반 음성서비스 및 화상전화 서비스(HMM)는 현재의 이동전화의 수준과 비슷하거나, 약간 상회할 것으로 예상된다. 또한 우리나라의 게임 산업의 특수성을 고려하여 공공환경의 VHiMM 서비스에 ITU-R 권고 값보다 busy Hour Attempt 및 Session Duration을 2배 높게 설정하였다.

한편 회사 환경 및택내 환경에서 주로 서비스될 VHMM 및 VHiMM 서비스는 컨텐츠의 데이터 양을 약 300 Mbytes로 가정하고,택내 환경에서는 60분, 회사 환경 및 공공 환경에서는 30분의 서비스 시간을 기준으로 하여, 각 환경별 Activate factor를 수립하여, 표 2-16, 표2-17, 표2-18과 같이 각 환경별로 서비스 트래픽의 특성 변수를 결정하였다(STEP B5).

<표 2-15> 환경별 인구밀도 및 수율

환경	연도	2005년		2010년				
	셀반경	-	30m	-	40m	30m	20m	10m
	서비스	침투율 (%)	사용자 수	침투율 (%)	사용자 수	사용자 수	사용자 수	사용자 수
회사 환경	MiMM	0.88	1.74	2	7.04	3.96	1.76	0.44
	HMM	1.18	2.33	1.71	25.14	14.14	6.28	1.57
	HiMM	0.88	1.74	1.43	5.04	2.83	1.26	0.31
	VHMM	1.18	2.33	2.86	10.07	5.66	2.51	0.63
	VHiM M	0.88	1.74	2	7.04	3.96	1.76	0.44
	합	5	15.88	10	54.33	30.55	13.57	3.39
공공 환경	셀반경	-	40m	-	40m	30m	20m	10m
	서비스	침투율 (%)	사용자 수	침투율 (%)	사용자 수	사용자 수	사용자 수	사용자 수
	MiMM	1.76	8.85	4	20.12	11.32	5.02	1.26
	HMM	2.35	11.8	3.43	17.25	9.71	4.31	1.08
	HiMM	1.76	8.85	2.86	14.58	8.09	3.60	0.90
	VHMM	2.35	11.8	5.71	28.92	16.16	7.17	1.79
	VHiM M	1.76	8.85	4	20.12	11.32	5.02	1.26
	합	10	50.15	20	100.99	56.6	25.12	6.29
택내 환경	셀반경	-	15m	-	15m			
	서비스	침투율 (%)	사용자 수	침투율 (%)	사용자 수			
	MiMM	0.35	0.024	1	0.07			
	HMM	0.47	0.033	0.86	0.06			
	HiMM	0.35	0.024	0.71	0.05			
	VHMM	0.47	0.033	1.43	0.10			

각 환경별 그리고 서비스별 계산된 트래픽 부하량은 ITU-R M.1390에서 제시된 계산에 따라서 표2-19와 같이 계산된다. 표2-19에서 분석은 환경별로 침투율을 정의하여 5개의 서비스 클래스에 동일하게 적용시켜서, 실제 특정 환경에서 10명이 RLAN에 접속할 경우, 50명이 접속한 경우로 계산되었지만, 본 장의 분석에서는 서비스 클래스별로 침투율을 정의함으로서 10명의 RLAN 사용자를 서비스별로

나누었기 때문이다(STEP B6-B7).

또한 본 분석은 회사 환경 및택내 환경 그리고 공공 환경의 모든 사용자가 무선 인터넷을 사용한다는 가정에서 출발하고 있다. 반면 본 분석에서는 회사 환경에서는 이미 충분한 인프라가 구축되어 있음을 가정하고, 두 환경의 침투율에 이예상을 반영하였다. 따라서 표 2-19의 결과 우리나라의 경우 공공장소에서 트래픽 부하가 가장 큰 것으로 계산되었다.

<표 2-16> 회사환경의 전송률 예측치

Service type	Avg Data rate (Mbps)	Link	Peak data rate (Mbps)	Avg data rate (Mbps)	Avg data rate (Mbps)	Peak data rate (Mbps)	Busy Hr	Busy Hr Session Attempts	Session Duration (Second)	Activity Factor MB/s/MT
MMS	Email	Up & Down	1.00	2.0	2	4	AM 10-11	0.23	100	0.40
	Video Confer		4.00	4.0						
	Control		2.00	3.0						
	Voice		0.03	0.03						
HMM	Web browsing	Up	2.00	6.00	2	10	PM 2-3	0.23	600	0.88
	File Transfer	Down	2.00	10.00						
	Video stream	Down	2.00	2.00						
HMM	Web Hosting	Up	6.00	6.00	3	3	PM 2-3	0.15	1200	0.35
	Client Server	Up & Down	3.00	8.00						
VHMM	Streaming video	Up	10.00	20.00	7	20	PM 7-8	0.05	1000	0.60
	Streaming video	Down	6.00	12.00						
VHMM	Multimedia game	Up & Down	5.00	15.00	3	15	PM 3-4	0.05	1300	0.4

<표 2-17> 공공 환경에서 전송률 예측치

Service type	Avg Data rate (Mbps)	Link	Peak data rate (Mbps)	Avg data rate (Mbps)	Avg data rate (Mbps)	Peak data rate (Mbps)	Busy Hr	Busy Hr Session Attempts(k)	Session Duration (Seconds)	Activity Factor MB/s/MT
M&M	Email	Up & Down	1.00	1.0	1	2	PM 8 ~ 9	0.2	300	0.45
	Video Confer		4.00	4.0						
	Control		2.00	3.0						
	Voice		0.03	0.03						
H&M	Web browsing	Up & Down	2.00	6.00	2	10	PM 2 ~ 4	0.2	300	0.03
	File Transfer	Up & Down	2.00	10.00						
	Video game	Up & Down	2.00	2.00						
H&M	Web Hosting	Up & Down	6.00	6.00	3	8	PM 2 ~ 4	0.4	90	0.3
	Client Server	Up & Down	3.00	8.00						
VH&M	Spooling video	Up & Down	10.00	228.00	6	12	PM 4 ~ 6	0.86	1110	0.67
	Streaming video	Up & Down	6.00	12.00						
VH&M	Multipoint game	Up & Down	5.00	15.00	5	15	PM 1 ~ 3	0.12	1110	0.4

<표 2-18>택내 환경에서 전송률 예측치

Service type	Avg Data rate (Mbps)	Link	Peak data rate (Mbps)	Avg data rate (Mbps)	Avg data rate (Mbps)	Peak data rate (Mbps)	Busy Hr	Busy Hr Session Attempts(k)	Session Duration (Seconds)	Activity Factor MB/s/MT
M&M	Email	Up & Down	1.00	2.0	2	4	AM 8 ~ 10	0.2	100	0.45
	Video Confer		4.00	4.0						
	Control		2.00	3.0						
	Voice		0.03	0.03						
H&M	Web browsing	Up & Down	2.00	6.00	2	10	PM 8 ~ 10	0.3	600	0.083
	File Transfer	Up & Down	2.00	10.00						
	Video game	Up & Down	2.00	2.00						
H&M	Web Hosting	Up & Down	6.00	6.00	4	8	PM 8 ~ 10	0.3	150	0.3
	Client Server	Up & Down	3.00	8.00						
VH&M	Spooling video	Up & Down	10.00	220.00	10	20	PM 10 ~ 12	0.3	3000	0.67
	Streaming video	Up & Down	6.00	12.00						
VH&M	Multipoint game	Up & Down	3.00	15.00	3	15	PM 10 ~ 12	0.2	7200	0.4

<표 2-19> 환경 및 서비스별 트래픽 부하량

환경/서비스	트래픽 부하량 (Relative Busy hour activity/cell)				
회사환경	2005	2010			
셀 환경	30m	40m	30m	20m	10m
MiMM	0.0054	0.0220	0.0124	0.0045	0.0014
HMM	0.0808	0.8694	0.4892	0.1760	0.0543
HiMM	0.0305	0.0881	0.0496	0.0178	0.0055
VHMM	0.1175	0.5060	0.2847	0.1024	0.0316
VHiMM	0.0145	0.0587	0.0330	0.0119	0.0037
공공 환경	2005	2010			
셀 환경	40m	40m	30m	20m	10m
MiMM	0.0553	0.1258	0.0708	0.0314	0.0079
HMM	0.0104	0.0152	0.0086	0.0038	0.0010
HiMM	0.0266	0.0432	0.0243	0.0108	0.0027
VHMM	0.2376	0.577	0.3248	0.1442	0.0360
VHiMM	0.2125	0.4829	0.2717	0.1206	0.0301
대내 환경	2005	2010			
셀 환경	15m	15m			
MiMM	0.0001	0.0002			
HMM	0.0001	0.0002			
HiMM	0.0001	0.0002			
VHMM	0.0022	0.0068			
VHiMM	0.0040	0.0113			

3) STEP C4-C5 : 시스템의 서비스 능력(Net_System_Capabilityes) 계산

가) 시스템 서비스 능력치 계산 방식의 부적합성

예제 시스템인 HIPERLAN/2과 802.11a는 본질적으로 같은 물리계층을 사용한다. 따라서 가정한 채널환경 및 전파 감쇠 현상등의 수치를 그대로 적용할 수 있다. 반면 802.11a은 CSMA/CA 방식을 사용하므로, 단말이 동일 AP에 무선 액세스를 원하는 단말수가 증가할수록 그리고 평균 전송률이 증가할수록 수율이 떨어지는 것을 알 수 있다.

HIPERLAN/2의 서비스는 수율을 고정된 값 (70%)를 사용하여 시스템의 수용능력을 결정하였다. 일반적으로 HIPERLAN/2는 한 개의

AP가 지원하는 단말의 수가 25개 미만일 경우에 평균 수율 77%이 보장된다.

따라서 셀 당 AP가 25개 미만의 단말을 수용하는 HIPERLAN/2 AP의 수용능력을 결정할 때에는 고정된 수율값을 적용할 수 있다.

반면 802.11a는 MAC계층의 특성으로 인하여 AP가 지원하는 사용자 수 및 전송률에 따라 수율값이 변화한다. 가령 65%라는 고정된 수율값을 갖고 시스템 수용능력을 계산하였다고 가정하자. 이 고정된 수율은 셀 내부의 모든 AP가 65%의 수율로 서비스를 제공함을 의미한다.

반면 셀 당 AP 숫자가 증가할수록 한 AP가 지원하는 단말의 수는 증가된 AP수에 반 비례하며, 이는 곧 수율의 증가 및 시스템 수용능력의 증가로 이어진다. 또한 증가된 시스템 수용 능력은 요구 대역폭을 줄이게 된다.

따라서 고정된 수율값은 이런 현상을 반영할 수 없고, 대역폭 계산에도 영향을 미치게 된다. 따라서 STEP C5 - Step D 과정은 802.11a 기반의 대역폭 분석을 위하여 수정되어야 한다.

나) 수정된 계산방법 (STEP C5 Step D)

STEP B4에서 계산된 사용자 수 및 STEP C4의 시뮬레이션을 통해서 얻는 채널특성을 고려한 평균 전송률을 고려한다.

ITU-R 8A-9B의 HIPERLAN/2기반의 시뮬레이션 결과를 토대로 할 때 각각 표2-20, 표2-21, 표2-22와 같은 평균 전송률을 계산할 수 있다.

<표 2-20> 회사 환경에서의 802.11a의 서비스 수용 능력

Corporate environment								
Modulation	OFDM Subcarrier modulation	BPSK	BPSK	QPSK	QPSK	16QAM	16QAM	Adaptive
Bit Rate	Bit rate/20 MHz Radio channel	6	9	12	18	24	36	15.96
Sys Margin 90%	95% cell is reliable	-0.2	-0.2	-0.5	-0.6	-0.9	0.0	-0.4
Scenario	Office with walls							
e.i.r.p. [dBm]	Equiv. isotropic radiated power	23	23	23	23	23	23	23 max
Max AP-MT separation [m]		30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Reuse		4	4	4	4	4	4	4
Mode area (%)		25	16	14	19	9	16	100

<표 2-21> 공공 환경에서의 802.11a의 서비스 수용 능력

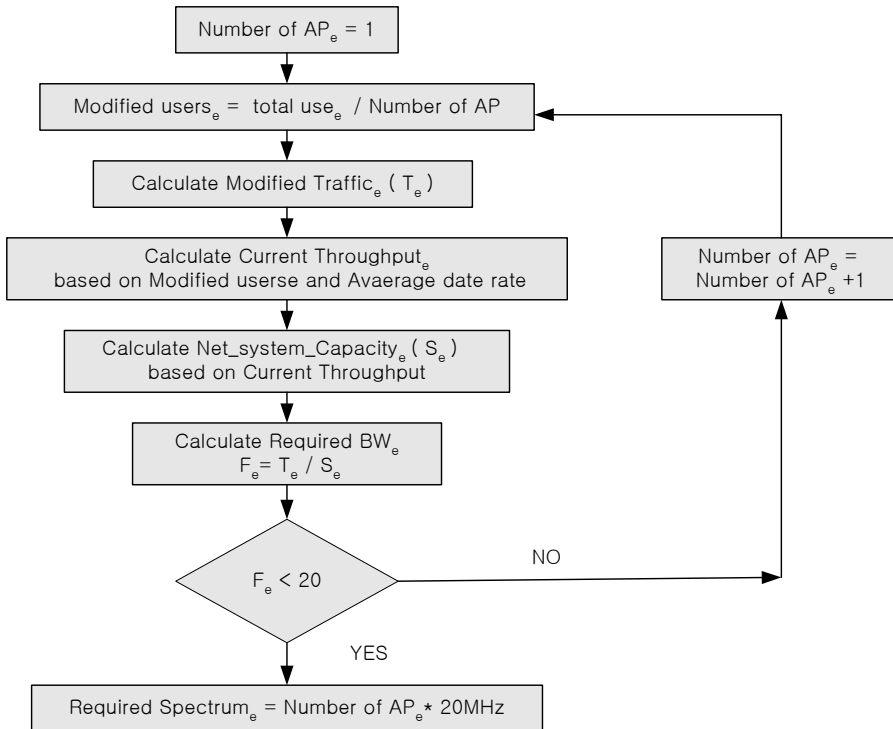
Corporate environment								
Modulation	OFDM Subcarrier modulation	BPSK	BPSK	QPSK	QPSK	16QAM	16QAM	Adaptive
Bit Rate	Bit rate/20 MHz Radio channel	6	9	12	18	24	36	26.49
Sys Margin 90%	95% cell is reliable	2.0	1.3	0.6	2.6	4.0	4.8	2.5
Scenario	Office with walls							
e.i.r.p. [dBm]	Equiv. isotropic radiated power	23	23	23	23	23	23	23 max
Max AP-MT separation [m]		80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Reuse		3	3	3	3	3	3	3
Mode area (%)		5	5	14	17	8	53	100

<표 2-22>택내 환경에서의 802.11a의 서비스 수용 능력

Corporate environment								
Modulation	OFDM Subcarrier modulation	BPSK	BPSK	QPSK	QPSK	16QAM	16QAM	Adaptive
Bit Rate	Bit rate/20 MHz Radio channel	6	9	12	18	24	36	22.98
Sys Margin 90%	95% cell is reliable	0.9	-0.1	6.3	5.4	11.5	10.8	5.8
Scenario	Office with walls							
e.i.r.p. [dBm]	Equiv. isotropic radiated power	23	23	23	23	23	23	23 max
Max AP-MT separation [m]		30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Reuse		5	5	5	5	5	5	5
Mode area (%)		13	12	11	10	9	44	100

고정된 평균 전송율 및 B5에서 계산한 사용자 수를 가지고 그림

2-13과 같은 과정을 통하여 시스템 수용능력 및 대역폭을 산출한다.



[그림 2-13] 수정된 대역폭 산출방법

그림 2-13은 아래와 같은 과정으로 계산이 이루어진다. 각 단계별로 802.11a의 MAC 프로토콜의 특징을 반영하기 위하여, 반복적인 연산을 바탕으로 이루어진다.

- o 셀 당 초기 AP의 수로 1을 설정한다.
- o 환경별(e) AP는 동일한 수의 사용자를 서비스한다고 가정하며, 한 개의 AP가 서비스 하는 사용자 수를 계산하기 위하여 B5에서 계산된 환경별(e) 수정된 사용자 수를 AP의 수로 나눈다.
- o 수정된 사용자 수가 야기하는 트래픽 양을 계산한다.

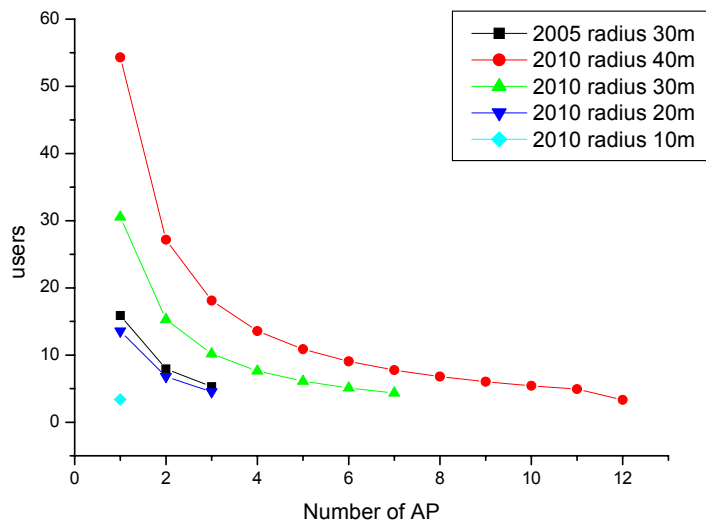
- o 고정된 평균 전송속도와, 계산된 수정된 사용자수에 부합하는 수율 값을 선택하고, 이 값을 이용하여 시스템 수용능력(Net_system_capacitys)을 계산한다. 본 과정을 통하여 사용자 수의 감소에 따른 802.11a의 수율 값의 변동을 반영한 시스템 수용 능력 값을 계산할 수 있다.
- o 계산된 시스템 수용 능력값 및 수정된 발생 트래픽 양을 해당 연산을 통하여 필요 대역폭을 계산한다. 계산된 값은 단순히 한 개의 AP가 발생한 트래픽을 모두 서비스 하기 위하여 필요한 대역폭의 크기이다.
- o 실제 AP가 지원하는 대역폭은 20MHz이므로, 전 단계에서 계산된 대역폭이 20MHz보다 작은지를 검사한다. 만약 20MHz 보다 큰 경우에는 AP의 수를 1개 증가 시키면서 계산을 반복한다. 20MHz 보다 작으면 다음 과정으로 넘어간다.
- o AP의 수 * 20MHz을 곱하여 요구 대역폭을 환경별로 산출한다.

이와 같은 방법을 사용하여 802.11의 사용자의 수에 따른 AP의 수율 변화와, 시스템 수용능력의 변화를 대역폭 계산에 효과적으로 반영할 수 있다.

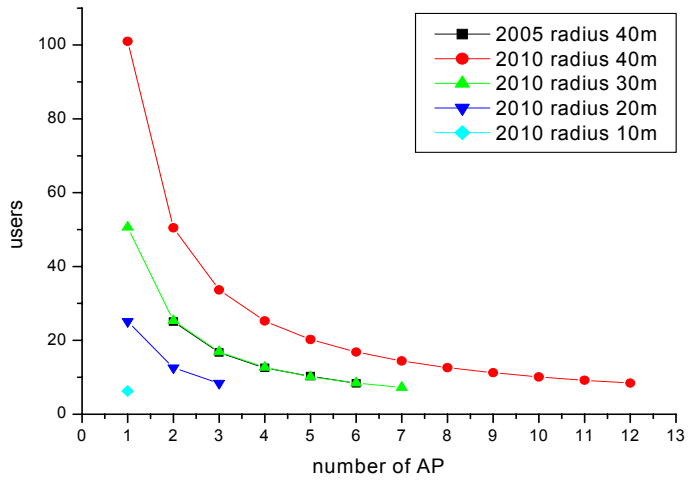
다. 대역폭 산출 결과

본 소절에서는 그림2-13의 분석 방법론을 통하여 산출된 대역폭에 관하여 분석을 한다. ITU-R 8A-9B의 예제분석에서와 같이 상/하향 링크의 트래픽은 대칭적인 구조를 갖는다고 가정한다. 단 HMM, VHMM은 서비스 특성상 하향 링크의 계산에서만 고려가 되고, 상향 링크에서는 무시된다. 그림2-14, 그림2-15는 회사 환경 및 공공환경에

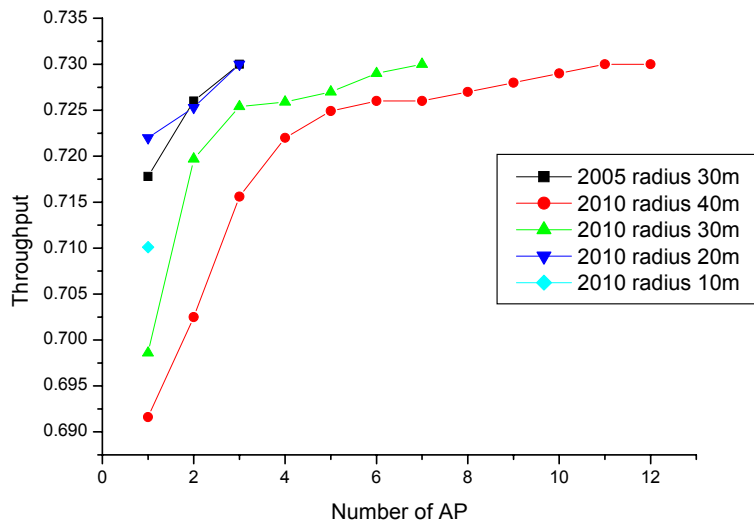
서 AP의 수를 증가에 따른 셀 내부의 무선 인터넷 사용자 수 변화를 나타낸 것이다. 한 개의 AP가 지원하는 수을값은 그림2-16, 그림2-17과 같고, 이 변화된 수을 값을 이용하여 계산된 AP의 시스템 수용능력은 그림2-18 , 그림2-19와 같다. 한편 가정환경에서는 무선 인터넷의 사용자 수 및 트래픽 양이 극히 미비하다. 따라서 2005년 2010년 계산결과 모두 1개의 AP로 지원할 수 있다.



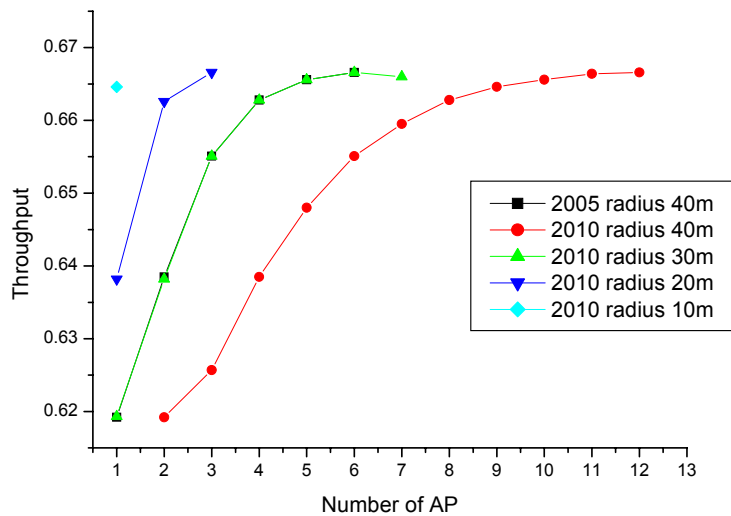
[그림 2-14] AP당 지원하는 사용자 수(회사환경)



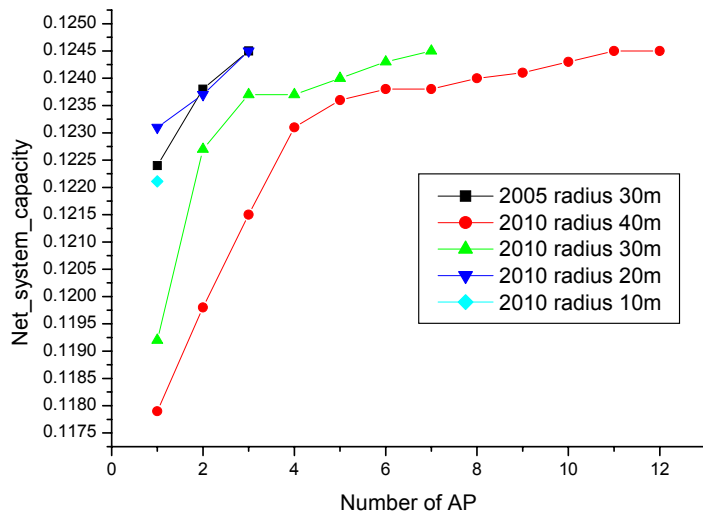
[그림 2-15] AP당 지원하는 사용자 수(공공환경)



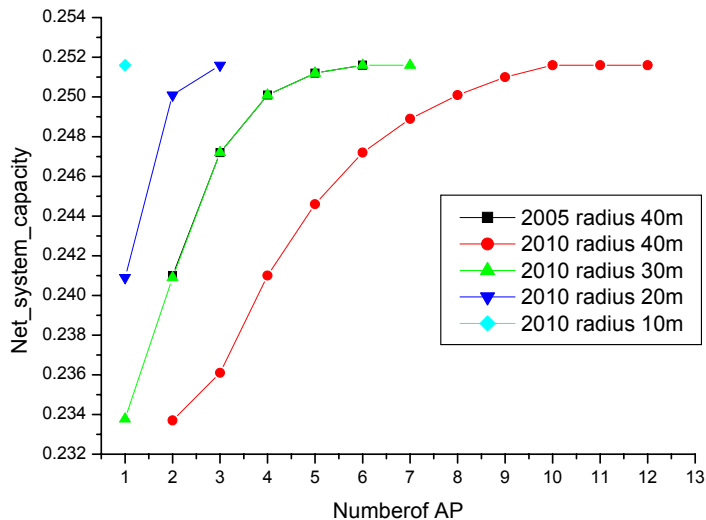
[그림 2-16] AP의 수에 따른 수율값의 변화(회사환경)



[그림 2-17] AP의 수에 따른 수율값의 변화(공공환경)



[그림 2-18] AP의 수에 따른 시스템 수용능력(회사환경)



[그림 2-19] AP의 수에 따른 시스템 수용능력(공공환경)

표 2-23은 위 분석을 기초로 필요한 대역폭을 계산한 결과이다.

<표 2-23> 국내 환경에 적합한 5GHz대역 소요대역폭 잠정결과

Year	2005			2010									
Environment	Corporate	Public	Home	Corporate				Public				Home	
Cell radius (m)	30	40	15	40	30	20	10	40	30	20	15	10	15
예상 소요대역폭 (MHz)	80	240	200	320	160	80	－	600	360	240	120	－	100

라. 산출된 결과의 분석 및 한계점

1) 제 1분석

그림2-14 및 그림2-15에 따르면, 2005년 및 2010년 회사 및 공공 환경에서 AP의 수가 늘어날수록 사용자의 수가 감소한다. 공공환경

에서는 2005년에 반경 40m의 셀에서 50.15명을 6개의 AP로 서비스해야 한다. 반면 2010년 공공환경에서는 100.99명으로 늘어난 사용자수를 만족시키기 위하여, 12개의 AP가 필요하다. 이 AP의 개수는 고정된 셀 반경에서 필요한 수로서 최대 요구 대역폭이라고 말할 수 있다.

그림2-16 및 그림2-17에 따르면, AP의 수가 증가함에 따라서 2005년 수율값이 항상 높은 것을 알 수 있다. 또한 2010년 수율 값이 AP가 증가함에 따라서 2005년 그래프와의 간격을 줄이는 것을 알 수 있다. 이 결과는 802.11a 규격의 AP는 사용되는 단말의 수에 따라서 수율 값이 변하는 것을 반영한다.

그림2-18 및 그림2-19에 따르면, AP의 수가 증가함에 따라 수율 값이 증가함으로 시스템 수용능력이 증가를 한다. 공공환경의 시스템 수용능력이 높은 이유는 평균 전송률이 높기 때문이다.

2) 제2분석

2010년 공공환경의 셀 반경을 줄임에 따라서, 셀 안의 사용자 수 또한 감소한다. 따라서 AP의 수는 각각 12, 7, 3, 1개로 줄어든다. 한편 수율변화 및 시스템 수용능력의 증가추이는 분석 1과 동일하다. 2010년 회사환경 및 공공환경에서 802.11a AP 1개로 서비스 할 수 있는 최소 셀 반경은 10m이다.

제2분석에서 동일 환경 및 셀에서의 AP들은 모두 동일한 사용자 및 서비스를 지원한다고 가정하였기 때문에, 단위면적 당 AP의 개수는 공공 환경인 경우 셀 반경에 관계없이 0.0023(APs/m²)이다. 따라서 셀 반경을 줄이더라도 셀 반경이 넓을 때와 동일한 설비투자 금액 및 적은 요구 대역폭으로 서비스를 할 수 있다는 장점이 있다. 반면 줄어든 셀 크기로 인하여 복잡한 셀 구조를 야기시킬 수 있고, 근접

한 동일채널 셀에 간섭을 주지 않기 위한 효과적인 전송전력 제어 기술이 필요하다.

3) 분석의 한계점

본 소절의 분석은 DCF 메커니즘만 고려한 것이고, 또한 채널의 오류가 없어서 어떠한 재전송도 이루어지지 않는 경우를 고려한 경우이다. 따라서 구체적인 재전송 메커니즘 및 PCF 메커니즘을 고려한다면 본 분석에서 계산된 대역폭 분석보다 증가된 요구 대역폭이 산출될 수 있다.

또한 5GHz 대역은 EESS시스템들이 이미 사용을 하고 있는 대역이기도 하다. 따라서 적어도 AP는 자신이 사용하는 채널에서 1차 사용자의 간섭 신호가 감지될 때 다른 채널로 스위칭을 할 수 있는 잉여 채널이 1개 이상 필요하다. 이런 현상은 산출된 대역폭 외에 별도의 상황으로, 요구 대역폭을 증가시킬 수 있다

반면 5GHz 무선랜 시장은 2.4GHz대역에서 구현되는 802.11b 규격의 무선랜 시장과 상호 연동이 예상된다. 따라서 STEP B4에서 구한 셀당 사용자 수 중 일부는 2.4GHz RLAN 시스템으로 흡수가 될 것으로 전망된다. 그러므로 실제 계산된 요구 대역폭 보다는 적은 양의 대역폭이 필요할 수도 있다.

마지막으로 본 소절의 분석은 5GHz 대역의 하나의 RLAN 사업자인 경우를 분석한 것이다. 따라서 다중의 사업자가 5GHz 대역에 RLAN 시스템을 운용할 경우에는, 자사의 가입자들이 생성하는 트래픽을 지원을 하게 됨으로, 계산된 대역폭에서 사업자간의 보호 대역을 위한 대역폭을 추가하고, 효율적인 방법에 의하여 요구 대역폭을 효과적으로 분배해야 한다.

2. FWA 소요대역폭 산출

국내 환경에 적합한 5GHz대역 FWA 소요대역폭 산출을 위해, ITU-R F.1518을 고려하였으며, 이때 이용 될 Traffic Model은 ITU-R JRG 8A-9B Traffic Model을 고려하였다. 다음은 FWA 소요대역폭 산출을 위한 고려사항, 권고사항과 소요대역폭 산출을 위한 방법 및 산출 예를 설명하겠다.

가. 고려사항

- (1) 이동 및 고정 적용을 위해 Wireless Access System을 확장 함
- (2) 설치의 용이성을 위해 Wireless Access System은 동적 RF 채널 할당을 사용 함
- (3) FWA와 MWA 시스템은 같은 대역에서 동작하며, 장비의 유형도 유사 할 수 있음
- (4) 다른 Access 시스템에 의해 제한된 spectrum의 공유사용은 각 시스템의 트래픽 용량을 감소시킬 수 있음
- (5) Wireless 시스템의 트래픽 용량은 무선망 설계 파라미터에 기인 함
- (6) 다른 고정이거나 또는 이동 시스템과 공유되는 주파수 대역에서 FWA 시스템 트래픽 용량을 평가하는 방식

나. 권고사항

- o 트래픽 용량을 평가를 위해 다음과 같은 사항이 고려되어야 함
 - 다른 시스템들 셀 설치방식
 - 시스템의 접속방식
 - 기존 시스템 쪽으로 간섭신호의 전송

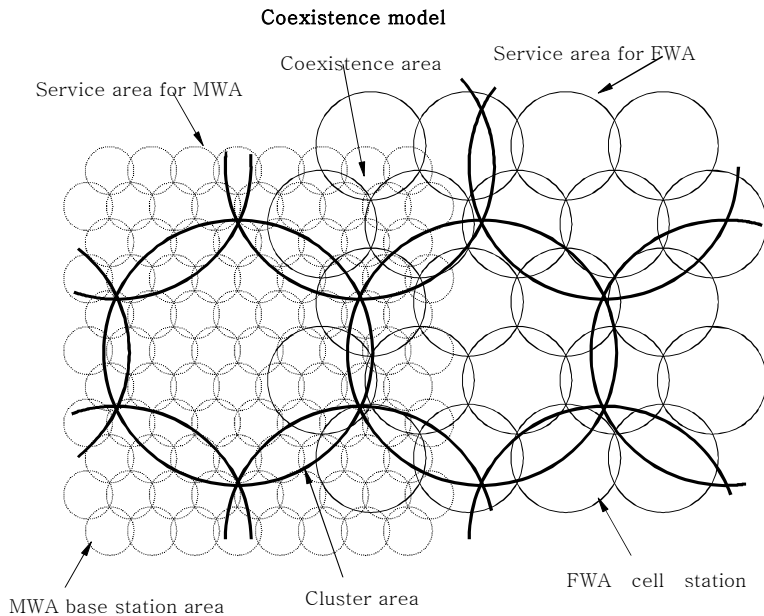
- 필요와 불필요 신호의 상대적 크기
- 시스템에 포함된 통계적 분배 방식
- 기존 시스템을 위한 간섭완화 기술
- o Annex 1의 산출기준은 같은 형태의 장비로 MWA와 FWA가 공존하는 경우를 위한 트래픽 용량 및 소요대역폭 평가를 위해 이용 될 것 임

다. ITU-R F.1518 주요내용

ITU-R F.1518은 MWA와 FWA 시스템이 TDMA 또는 FDMA 방식에서 같은 형식의 장비를 사용하고, 장비는 대역 내에서 자동으로 사용하지 않는 채널을 선택하는 기능을 가진 시스템을 가정으로 하고 있다. FWA에서 경우 지향성 안테나의 틸트, 섹터 사용으로 간섭을 최소화 할 수 있다.

1) Coexistence Model

소요대역폭 산출을 위해서는 그림2-20과 같은 모델을 가정 할 수 있다.



Note 1 The service areas for the two systems may be identical.

Note 2 Cluster radius for the two systems may be different.

1518-

[그림 2-20] FWA 소요대역폭 산출 모델

가) Radio Base Station Model과 Cluster Area

① Radio base station model

이 모델에서는 MWA Base Station과 FWA Cell Station이 같은 지역 내에서 설치되어지며, 같은 주파수 대역을 이용한다. 두 시스템은 같은 시스템에서 같은 캐리어 할당과 같은 접속방식을 사용한다.

FWA Cell Station은 반경 r_f 를 가진 원형 지역을 커버하며, MWA Base Station은 반경 r_m 를 가진 지역을 커버한다.

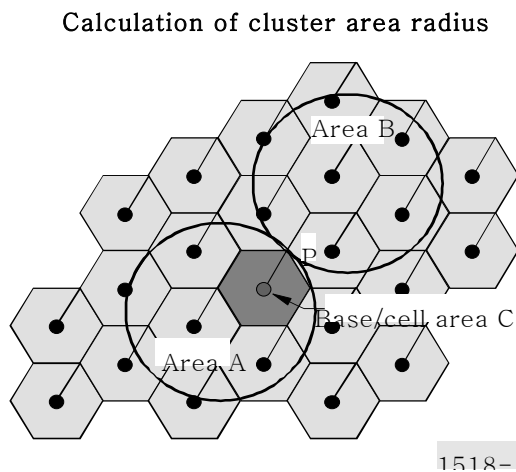
② Cluster Area

주파수 재사용 조건을 산출하기 위해 가상 Cluster Area를 가정하고, 그 지역 내 서비스 분포는 균일하다고 가정한다. 한

Cluster Area에서는 같은 주파수를 사용하지 못하며, 다른 Cluster Area에서는 재사용 할 수 있다.

③ Cluster Area에서 산출

그림2-21과 같이 반경 r 을 가지는 두개의 A, B 원형 Area를 가정하고, A와 B의 경계지역에 P점을 가정한다. 또, 지역A는 간섭을 받는 지역이고 지역B는 간섭을 주는 지역으로 가정한다. 그때, 지역C는 지역 A내 있으며, 최대 간섭받는 Base/Cell Station 지역이 된다. P지점에서는 B지역의 여러 Base/Cell Station에서는 균일하지 않는 여러 간섭 신호를 수신하게 되며, 만약 평균값을 고려한다면, B지역의 중앙에서 수신되는 전력을 고려 할 수 있을 것이다. 보다 Worst Case를 고려하기 위해 모든 B지역의 안테나는 P지점을 향하고 있다고 가정한다.



[그림 2-21] Cluster Area 산출

유사하게, C지역의 가입자는 여러 지역에 분포되어 있지만, 평균 전력을 고려해, C지역의 중앙에서 송신되는 전력을 가정한다.

이렇게 했을 때, P지점에서 D/U는

$$D/U = P_{rc}/P_{rB}(r)$$

D : 원하는 신호레벨

U : 원하지 않거나 간섭 신호레벨

P_{rc} : 지역 내 중심에서 전송되는 P점에서 수신전력

$P_{rB}(r)$: 지역 B 중심에서 간섭 Radio Statio에 간섭을 주는 P점에서 수신전력

r : 지역 A, B에서 반경

여기서 cluster area 반경, r_c 로 하면,

$$Required\ D/U = P_{rc}/P_{rB}(r_c)$$

가 된다.

나) Traffic Model

서비스 지역 내 가입자는 균일하게 분포되어 있다고 가정하며, 가입자 밀도를 u, 각 시스템에서 가입자 당 트래픽을 a, 요구되는 손실 확률을 b라고 가정한다.

다) 산출 지역(Calculation Target Area)

ITU-R F.1518에서는 소요대역폭 산출을 위해 산출지역을 결정한다. FWA 시스템 경우 보통 유선망의 보완 망으로 사용되며, 이런 경우 예를 들면, 수Km 반경을 가지는 주택지역등으로 FWA 서비스 지역은 한정지역으로 가정 할 수 있다. 또, 넓게 분포되어 있어 지형학상 전파를 차단해 줌으로 독립적 지역으로 구분 할 수 있다. 이런 경우를 고려하면, 산출 지역은 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$= \min (\text{Calculation Target Area Size, } S_c \\ \text{close service area size, cluster area size})$$

라) 소요대역폭 산출

① FWA 시스템 특성

5GHz대역 FWA 시스템 특성은 ITU-R 8A-9B/77-E “Sharing Between Radar and FWA in 5250~5350MHz”와 IEEE C802.16a-02/31r2 “Suggested Text for Document IEEE P802.16a/D2-2002 section 8.3.5.2.7.1 Receiver Sensitivity”를 참조하였다. 현재 5GHz대역 FWA 시스템에 대한 표준은 IEEE 802.16a에서 진행 중에 있으며, 수신감도 및 C/I등 적정 파라미터 정의를 위해 연구 중에 있다. 다음은 일본에서 5250~5350MHz 대역에서 FWA사용을 위해 ITU-R 8A-9B에서 권하는 FWA 시스템 특성의 예이다.

<표 2-24> ITU-R JRG 8A-9B FWA 시스템 특성

	Base station	Remote station
<ul style="list-style-type: none"> • Transmit e.i.r.p./ Power • Antenna Gain/ Characteristics • Bandwidth • Receiver Noise Figure • Polarization • Active Ratio 	2W / 0.2W 10 dBi/Rec. ITU-R F.1336 Section 2.1 20 MHz 8 dB Vertical or Horizontal 90%	2W / 0.067W 15 dBi/Rec. ITU-R F.1336 Section 2.3 20 MHz 8 dB Vertical or Horizontal 10%

ITU-R JRG 8A-9B:Document 4-7-8-9/17-E에 따르며, FWA 시스템

의 링크버짓은 다음과 같다.

<표 2-25> ITU-R JRG 8A-9B FWA 시스템 링크버짓

Parameters	From base station to remote station	From remote station to base station
Transmit e.i.r.p., dBW	3.0	3.0
Free space loss (1.5 km), dB	110.5	110.5
Receive antenna gain, dBi	15	10
Feeder loss at receive station, dB	10	5
Received carrier level, dBW	-102.5	-102.5
Noise level in 20 Mhz (NF=8dB), dBW	-122.8	-122.8
C/N, dB	20.3	20.3

② 소요대역폭 산출

ITU-R F.1518은 MWA와 FWA 시스템이 공존하는 경우를 가정하였으며, 하나의 MWA 시스템과 FWA 시스템이 공존하는 경우에서 다중 시스템이 공존하는 경우로 점차 확장하여 고려한다. 산출지역을 결정할 때, 요구되는 주파수 대역은 채널 수와 지역에 해당하는 트래픽에 의해 측정된다.

먼저, MWA와 FWA 시스템의 서비스 지역에서 단위면적 당 트래픽 밀도는 다음과 같이 주어진다.

$$u_m \cdot a_m \text{ and } u_f \cdot a_f$$

MWA와 FWA시스템이 모든 셀에서 완벽한 동기가 이루어진다고 가정하며, 산출지역에서 총 트래픽은 다음과 같다.

$$s_c \cdot (u_m \cdot a_m + u_f \cdot a_f)$$

그러므로 소요대역폭 f_c 는 다음과 같이 주어진다.

$$f_c = \omega \cdot n_c$$

여기서, n_c 는 다음을 만족하는 최소 값이다.

$$b_c > B(s_c \cdot (u_m \cdot a_m + u_f \cdot a_f), n_c)$$

$$b_c = \min(b_m, b_f)$$

$B(a, n)$: B Erlang 함수

$B(a, n)$: 트래픽 a 를 가진 n outgoing 채널을 위한 손실 확률

w : 한 통신 Slot당 소요대역폭

한편, MWA와 FWA의 소요대역폭 f_m, f_f 은 MWA와 FWA시스템이 같은 지역에서 공존하지 않는 경우의 소요대역폭이며, 다른 주파수 사용이나 충분히 거리가 떨어진 지역에서 동일 주파수를 사용하는 경우이다. 이때, 식은 다음과 같다.

$$f_m = \omega \cdot n_m, \text{ MWA 시스템 경우}$$

여기서, n_m 는 다음을 만족하는 최소 값이다.

$$b_m > B(s_c \cdot u_m \cdot a_m, n_m)$$

$$f_f = \omega \cdot n_f, \text{ FWA 시스템 경우}$$

여기서, n_f 는 다음을 만족하는 최소 값이다.

$$b_f > B(s_f \cdot u_f \cdot a_f, n_f)$$

만약 시스템이 트래픽 채널이 아닌 분리제어(Separate Control)채널을 사용한다면, 분리제어 채널은 상기 계산된 소요대역폭에 추가되어야 한다.

라. 국내 적합한 5GHz대역 FWA 소요대역폭 산출

국내에 적합한 5GHz대역 FWA 소요대역폭 산출을 위해, ITU-R

F.1518과 M.1390을 기반으로 ITU-R 8A-9B Document /132-E를 참고하였다.

1) 5GHz대역 FWA 시스템 Application

5GHz대역 FWA 시스템은 IEEE 802.11a의 RLAN기반의 시스템이나 표준기술이 나오기 이전 북미를 중심으로 다양한 형태로 개발되었다. 기존 FWA 시스템은 10GHz이상 대역에서 개발되어 주파수 특성 및 관련부품의 가격 등의 문제로 크게 확장 되지 않았다. 그러나, 최근, OFDM과 같은 고효율 전송방식과 5GHz대역 관련 부품이 활발히 개발되고 있어, 유선망 인입이 지리적, 경제적으로 난이한 지점 등을 대상으로한 FWA 필요성이 증가하고 있어, 유선망과 복합적으로 5GHz대역 FWA가 이용 될 것으로 전망한다.

FWA를 이용한 서비스는 다음과 같이 향후 고려되는 여러 멀티미디어를 수용 할 수 있으며, 고정 서비스라는 점에서 전송율이 높은 서비스를 QoS를 보장하여 서비스 할 수 있다는 장점을 가진다.

- Internet access
- LAN bridging and Remote LAN access
- Video-telephony and video conferences
- Real time video and audio
- Computer gaming
- Telephony, voice-band modems and fax.

한편, 서비스 적용을 위한 망 구성을 위해 RLAN과 비교하면, 다음 표에서와 같이 RLAN의 수백m에서의 Wireless LAN 개념에서의 이용이 아니라, Cell반경이 수Km가 되는 넓은 Coverage를 가지는 서비스가 적용된다. 또한, RLAN의 주요기술이 HIPERLAN/2 및 IEEE 802.11a의 기술이 적용되는 한편, FWA는

IEEE 802.16 TG3, TG4등의 기술이 고려된다.

<표 2-26> RLAN과 FWA의 비교

RLAN	FWA
<ul style="list-style-type: none"> • HIPERLAN/2 & IEEE 802.11a • Wireless LAN <ul style="list-style-type: none"> -Low Power -Short Distance -Mobility(Roaming) -Portable Device • Office, Airport, Warehouse etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.16b • Wireless MAN <ul style="list-style-type: none"> -Need P to M System -Cellular; sectorized with frequency reuse -Connectivity to wired infrastructure /core networks • QoS Support • Broadband Service Provider Application

2) 소요대역폭 산출

5GHz대역 FWA 소요대역폭 산출을 위해, ITU-R F.1518 소요대역폭 산출 방식을 참고하였으며, 요구되는 트래픽 및 서비스 사용자 예측 등은 ITU-R JRG 8A-9B를 참고 하였다.

가) 트래픽 모델

FWA의 주요 서비스 지역 및 주파수 사용형태를 고려 할 때, FWA는 공중망을 통한 빌딩 및 다세대 주거환경등에 인터넷을 전송 하기 위해 이용 될 것으로 고려된다. 그러므로, 트래픽 사용 추정은 ITU-R JRG 8A-9B의 공중망(Public) 트래픽 모델을 이용 하였다.

<표 2-27> ITU-R 8A-9B Public Traffic Model

Public environment	Main Link direction	Average data-rate (Mb/s)	QoS	Peak data-rate (Mb/s)	Busy hr sessions /h (average over week)	Session Duration (seconds)	Activity Factor (Mb/s/MT)
MiMM	Up&Down	1	Yes	2	0.5	90	0.45
HMM	Up or Down	2	No	10	0.2	300	0.1
HiMM	Up&Down	3	No	8	0.4	90	0.3
VHMM	Up or Down	6	Yes	12	0.06	600	0.5
VHiMM	Up&Down	5	Yes	15	0.06	900	0.4

이때, 사용자당 트래픽은 다음과 같이 구할 수 있다.

<표 2-28> 사용자당 트래픽 산출

시간당 사용자당 접속횟수 (for Busy Hour)	MiMM	0.5
	HMM	0.2
	HiMM	0.4
	VHMM	0.06
	VHiMM	0.06
Session Duration (단위 : 초)	MiMM	90
	HMM	300
	HiMM	90
	VHMM	600
	VHiMM	900
Activity_Factor Packet Communications (실질적인 통신이 이루어지는 패킷 지표)	MiMM	0.45
	HMM	0.1
	HiMM	0.3
	VHMM	0.5
	VHiMM	0.4
Traffic/User (단위 : 초)	MiMM	0.0056
	HMM	0.0017
	HiMM	0.0030
	VHMM	0.0050
	VHiMM	0.0060

나) 산출지역(Calculation Target Area) 결정

국내의 초고속 인터넷은 현재 940만명을 넘어서고 있으며, 주요 가입

자는 수도권 지역에 분포한다. 또한, 국내는 초고속 선진국가로 세계 어느 지역보다 초고속 인터넷 사용율이 높으므로, 다음 표의 ITU-R 에서 사용되는 Penetration보다 높은 10%를 가정하였다.

- 가정 1 :
 - 서비스 사용지역 밀도 : $1817/km^2$
 - 수도권 인구밀도(서울시 통계 2000년)
- 가정 2
 - Penetration : 10%
 - ITU-R : 2005년 2%, 2010년 20%

<표 2-29> Population density per environment(ITU-R)

Environment	Population density	Area per user	2005	2010
	Potential users/ sq.	m2	Penetration %	Penetration %
Corporate	70 000	14	5	30
Public	100 000	10	2	20
Home	10 000	100	4	30

- 가정 3
 - C/I : 20dB (ITU-R 8A-9B)
 - FWA의 경우 지향성 안테나 사용으로 Remote Station의 안테나 F/B(Front Ratio Back)를 고려하며, 보다 낮은 C/I를 가질 수 있음
- 가정 4

- Remote Station 수신레벨 : -67dBm (a-b+c-d)
 - a : Base Station 송신출력(EIRP) = 33dBm
 - b : 자유공간 손실(850m) : 105dB
 - c : 수신안테나 이득 : 15dBi
 - d : 피더케이블 로스 : 10dB
- 시스템의 수신감도를 결정하기 위해 현재 IEEE 802.16a의 제안되고 있는 다음 표의 파라미터를 고려하였음
 - 수신감도 : -74.8dBm (16QAM, 20MHz, 3/4 Code Rate)

Channel Bandwidth (MHz)	QPSK		16QAM		64QAM	
	Rate 1/2	Rate 3/4	Rate 1/2	Rate 3/4	Rate 1/2	Rate 3/4
1.5	-94.8	-93.1	-87.8	-86.1	-81.6	-79.8
1.75	-94.2	-92.4	-87.2	-85.4	-80.9	-79.1
3.0	-91.8	-90.1	-84.8	-83.0	-78.5	-76.8
3.5	-91.2	-89.4	-84.1	-82.4	-77.9	-76.1
5.0	-89.6	-87.8	-82.6	-80.8	-76.3	-74.6
6.0	-88.8	-87.0	-81.8	-80.0	-75.5	-73.8
7.0	-88.1	-86.4	-81.1	-79.4	-74.9	-73.1
10.0	-86.6	-84.8	-79.6	-77.8	-73.3	-71.6
12.0	-85.8	-84.0	-78.8	-77.0	-72.5	-70.8

Channel Bandwidth (MHz)	QPSK		16QAM		64QAM	
	Rate 1/2	Rate 3/4	Rate 1/2	Rate 3/4	Rate 1/2	Rate 3/4
14.0	-85.1	-83.4	-78.1	-76.4	-71.9	-70.1
15.0	-84.8	-83.1	-77.8	-76.1	-71.6	-69.8
20.0	-83.6	-81.8	-76.6	-74.8	-70.3	-68.5

<표 2-30> IEEE 802.16a 제안 된 수신감도

- 산출지역(Calculation target area)
 - Cluster 반경 : 2.64Km
 - Cluster Area : 22Km²

- Cell 반경 : 840m

다) 필요 트래픽 채널

- 총 데이터 량(Mbps) : 31.12

<표 2-31> 총 데이터 량 산출

Traffic/user	MiMM	0.0056
	HMM	0.0016
	HiMM	0.003
	VHMM	0.005
	VHiMM	0.006
Traffic/Cell	MiMM	2.24
	HMM	0.64
	HiMM	1.2
	VHMM	2
	VHiMM	2.4
전송속도	MiMM	1
	HMM	2
	HiMM	3
	VHMM	6
	VHiMM	5
전송 데이터 량(Mb)	MiMM	2.24
	HMM	1.28
	HiMM	3.6
	VHMM	12
	VHiMM	12

- 시스템 용량(Mbps/MHz) : $1.26 (b \cdot c / a)$

a : 채널 대역폭 = 20MHz

b : Net System Capability the throughput value
= 70% (ITU-R 8A-9B Doc/132-E)

c : Physical Layer Throughput : 36Mbps
(16QAM, 3/4 Code rate)

라) 소요대역폭

- Cell 당 소요대역폭 : 24.69MHz - ㉠

(총데이터 용량/ 시스템 용량)

- Cluster당 Cell 수 : 10개 - ㉞

(Cell Area / Cluster Area)

- 총 소요대역폭 : 246.9MHz -㉟ = ㉠ • ㉡

- 필요 채널수 : 13 채널

- 필요 소요대역폭 : 260MHz

마. 추후 검토사항

국내 5GHz대역 FWA 사용을 위해 ITU-R F.1518 권고안과 ITU-R JRG 8A-9B의 트래픽 모델을 가지고, 국내 환경에 적합한 소요대역폭을 산출해 보았다. 결과로 총260MHz대역이 요구되는 것을 알 수 있다.

한편, 국내 5GHz대역은 5.250~5.350GHz, 5.725~5.825GHz대역 그리고, 5.470~5.725GHz대역 일부를 고정 서비스로 사용 할 수 있을 것이라 예상된다.

향후, 5GHz대역에서 보다 정밀한 소요대역폭 산출을 위해 국내 환경에 적합한 서비스 이용율 예측 및 서비스 밀집도에 대한 연구가 면밀히 검토 되어 될 것으로 보이며, 한 일정 셀에 RLAN과 FWA가 공존하는 경우와 공존하지 않는 경우를 고려하는 소요대역폭 연구가 필요하다.

제3장 주파수 공유기술 연구

초고속 무선 접속 시스템은 5GHz 대역을 사용하므로 무선측위 등 레이더 시스템과 동일한 주파수 대역을 사용하기 때문에 상호 간섭에 의한 영향을 받게 된다. 이들 시스템이 간섭영향을 피하고 기존 서비스를 유지하는 상태에서 초고속 무선접속 서비스 제공을 위해서는 주파수를 공유해야 한다.

RLAN과 레이더 사이의 주파수 공유기법으로는 DFS 및 TPC 기술 등이 효과적인 기법으로 고려되고 있다. DFS 기술은 RLAN이 레이더 시스템에 의한 채널의 사용을 탐지하고 짧은 시간에 그의 운용은 다른 RF 채널로 이동할 수 있도록 함으로써 RLAN과 레이더간에 5GHz 대역에서의 공존을 가능케 할 수 있는 기법이다. 다행히 국내의 경우에 레이더에 사용되는 주파수가 극히 한정되어 있고, RLAN에 비해 채널 대역폭이 좁기 때문에 DFS 기술의 적용은 5GHz 대역의 주파수 공존에 따른 간섭을 해결할 수 있을 것이다. TPC는 5GHz 대역에서의 최대전송전력과 평균전송전력완화에 대한 몇몇 규제지역에서의 요구조건을 만족시킬 수 있을 뿐 아니라 간섭감소, 범위제어, 전력최적화 등과 같은 목적에도 유용한 기법이다. 우리나라처럼 산악이 많고 인구의 대부분이 대도시 지역에 집중되어 있는 환경에서는 구조적으로 서비스 영역이 제한되는데, 여기에 TPC 기술을 적용하면 서비스영역의 적절한 배치뿐만 아니라 주파수 공존에 의한 전파간섭을 해결할 수 있을 것이다.

따라서, 본 장에서는 초고속 무선 접속 시스템이 5000~5850MHz에서 기존에 배치되어 있는 ISM 설비, 항공무선항행, 무선표정, 고정위성(↑), 지구탐사위성, 우주연구, 무선헌행 시스템들과의 주파수를 공유

할 수 있는 기술을 분석하고, 현장시험을 통해 검증하여 공유기준을 수립하고자 한다.

제1절 5GHz 전파 환경분석

1. 5GHz 실내특성

본 절에서는 IEEE 802.11a 및 HiperLAN/2 의 주파수 대역인 5 GHz 대역에서의 채널 특성을 분석한다.

먼저 CW(Continuous Wave) 측정 또는 Power of complex sum of individual ray 방법을 사용하여 다양한 환경 유형에 대해 경로 손실과 exponent 값, 표준 편차 등의 협대역 채널 특성 분석을 수행할 것이다. 또한 Power delay profile, rms 지연 확산(rms delay spread), 평균 초과 지연(mean excess delay), coherence bandwidth 등의 광대역 채널 특성 분석을 수행할 것이다. 채널 특성을 분석하기 위해서는 측정과 모의 실험의 두 가지 방법을 활용할 것이다.

가. 광대역 무선 통신 채널 측정 방법

전파측정을 위해 제작된 PN-correlation 광대역 무선채널 측정 시스템은 아래 그림과 같이 크게 송신부와 수신부 그리고 데이터 처리 부분으로 구성되어 있다.

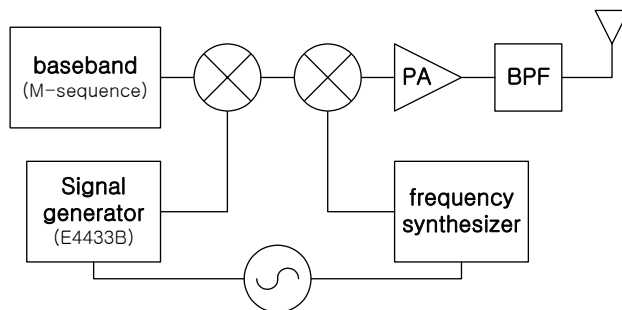


그림 3-1 PN-correlation 측정 시스템의 송신부 구성도

그림 3.1는 측정 시스템의 송신부 구성도를 나타낸다. baseband에서 발생된 50 MHz의 M-sequence 신호를 IF 단에서 200 MHz로 주파수를 올린 후 IF 신호를 주파수합성기에서 발생시킨 5.6 GHz 반송파를 이용하여 5.8 GHz로 올린 후 power amplifier를 이용하여 송신신호를 30 dB 증폭하였다. 안테나에 도달하는 송신전력은 25 dBm이다.

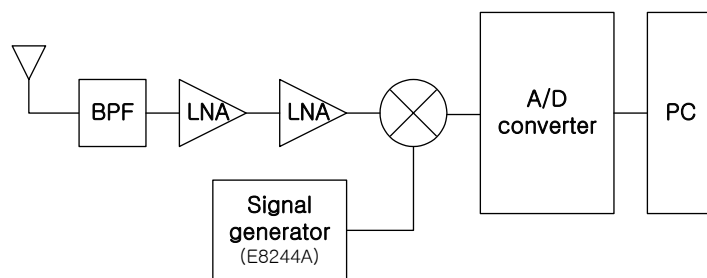


그림 3-2 PN-correlation 측정 시스템의 수신부 구성도

그림 3-2는 수신부 구성도를 나타낸다. 5.8 GHz 중심으로 100 MHz 대역폭을 갖는 신호를 BPF를 통해 수신된 신호는 그 크기가 미약하므로 LNA를 통해 증폭하며 적절한 sampling을 위하여 300 MHz로 주파수를 내린다. LNA가 26 dB의 이득이 있지만 수신신호의 크기가 매우 미약하기 때문에 두개를 쓰도록 하였다. 300 MHz를 중심으로 대역폭 100 MHz인 신호를 2 GHz로 163.8 s 동안 M-sequence 두 주기를 oversampling하여 PC에 저장한다. 이런 신호를 1초마다 수신하여 모두 100개씩 저장하였다.

저장된 수신 데이터는 300 MHz의 주파수에 무선 채널을 거쳐온 M-sequence이다. 5.8 GHz에서 300 MHz로 주파수를 내린 후 하드웨어적

으로 filtering을 하지 않았기 때문에 소프트웨어적으로 bandpass filtering을 한다. 그리고 수신된 신호로부터 채널 경로의 크기와 위상을 알기 위해서 I/Q 복조를 하였다. Lowpass filtering을 한 연후에 I/Q 각 신호에 원신호와 cross-correlation을 하여 I/Q의 크기와 위상을 파악할 수 있으며 이를 이용하여 채널 충격응답의 크기와 위상을 알 수 있다.

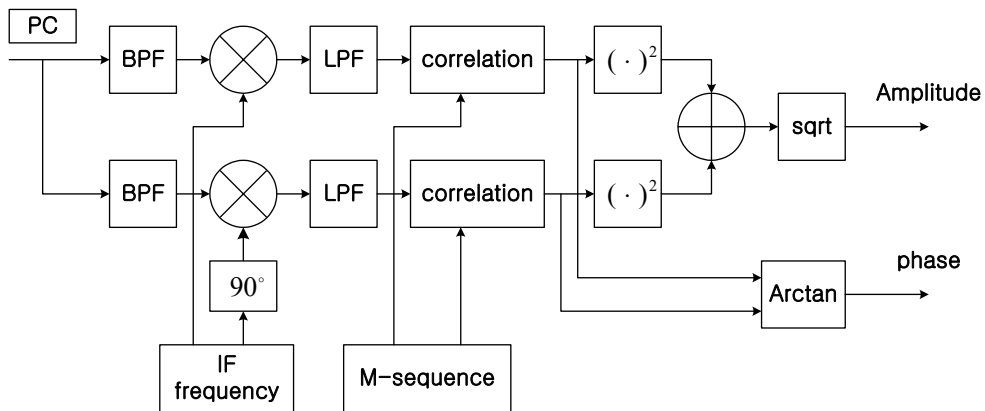


그림 3-3 PN-correlation 측정 시스템의 소프트웨어 구성도

나. 전파특성 측정 환경

우면국(KT 연구소)에서의 측정은 연구소 1층의 중앙홀과 홀 좌우로 나있는 복도 그리고 대강당에서 수행되었다. 중앙홀은 그 특징이 넓고 긴 형태를 지니고 있으며 건물 구조물 위에 대리석으로 덮여져 있고 연구실 복도는 좁고 길며 금속벽으로 이루어져 있다. 대강당은 전체 벽이 거의 금속으로 이루어져 있는 특징을 가지고 있다. 중앙홀

의 천정은 높지만 구조가 규칙적이지 않아서 높이가 불규칙하며 이러한 환경은 중앙홀의 전파 환경에 중요한 변수가 될 수 있다. 또한 연구실 복도의 끝부분이 막혀있지 않고 다른 곳으로 이어져 있지만 또한 방향이 전환되어 있는 구조이므로 복도의 끝과 마주치는 벽으로부터의 전파의 반사에 의한 영향이 있을 것으로 추정된다.

측정 시간은 오후 4시부터 오후 10시 30분까지이며 중앙홀과 복도에서의 측정을 먼저 하였는데 중앙홀과 복도에서의 측정시 근무자의 퇴근 및 저녁 식사로 인해 사람들의 이동이 상당히 있었음을 감안할 필요가 있다. 안테나의 높이는 중앙홀과 연구실 복도에서는 1.7m로 고정적으로 사용하였고 대강당에서는 송신 안테나는 1.7m로 고정하였지만 수신 안테나는 1.7m와 1m로 각각 실험하여 의자에 앉아서 휴대용 컴퓨터를 사용할 때를 고려하였다.

측정 시스템은 위에서 설명한 시스템에서 큰 변화는 없으나 휴대용 PLL의 이상으로 signal generator(E4421B)로 교체하였다. 따라서 signal generator의 한계로 인해 주파수의 이동이 발생하며 송신 시스템의 IF 주파수는 1.8 GHz이고 여기에 4 GHz를 변조하여 최종적으로 5.8 GHz를 발생하였다.

1) 중앙홀 측정 I

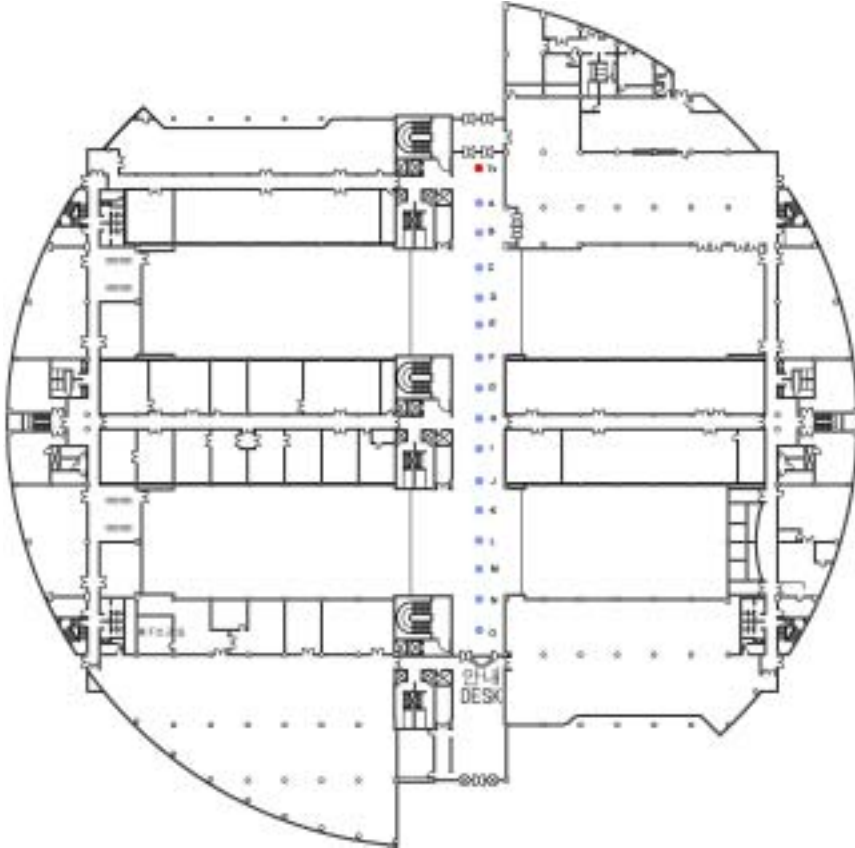
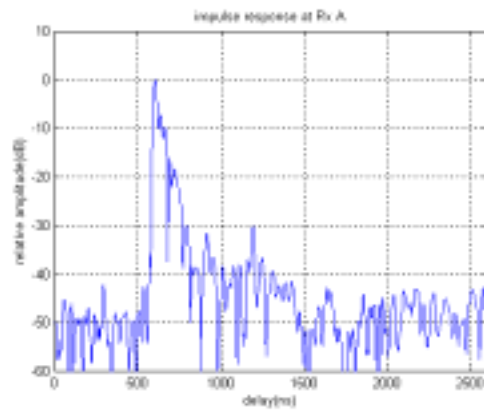
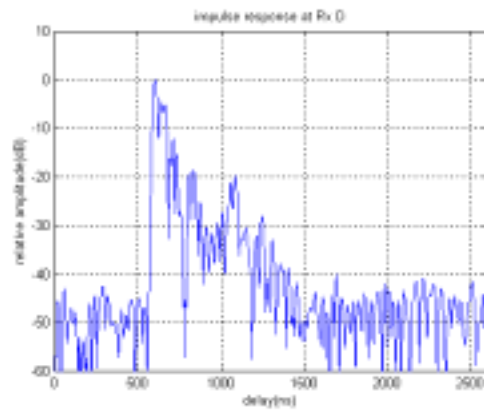


그림 3-4 중앙홀 측정 I의 송수신 위치

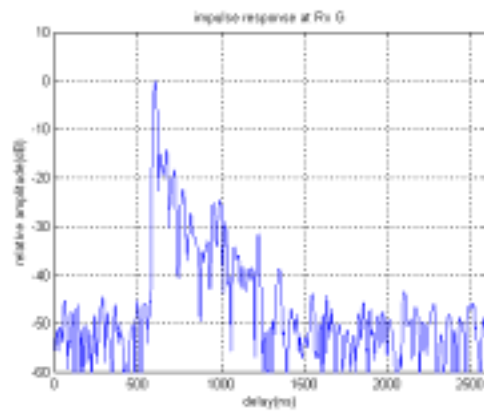
송신 안테나는 중앙홀의 안내 데스크 반대쪽 끝의 중앙에 위치해 있다. 여기에서부터 수신 지점을 5m 간격으로 15 지점을 측정하였다. 중앙홀의 옆면 벽은 유리를 통한 공터 및 금속이 많은 승강기 및 연구실 벽면 등으로 이루어져 있으며 천정의 높이는 불규칙하다. 각 측정 지점에서 70개의 충격응답을 측정하였다. 측정된 충격응답을 바탕으로 구한 power delay profile은 그림 3-5와 같다.



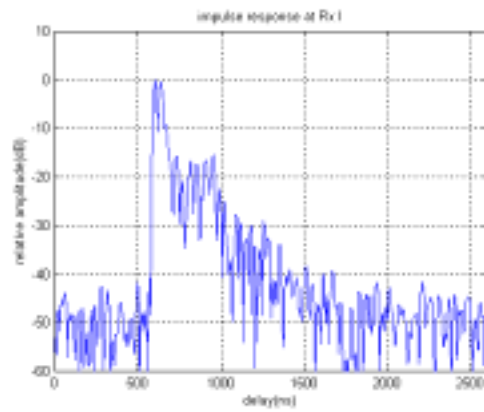
(a) Rx A



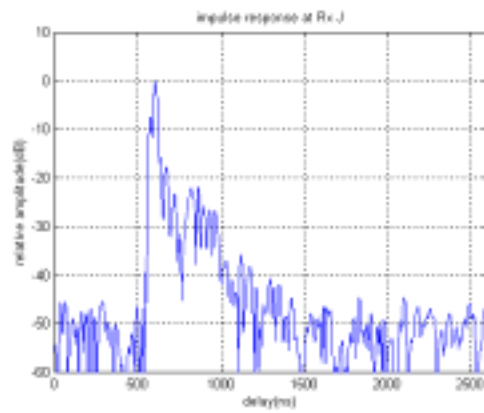
(b) Rx D



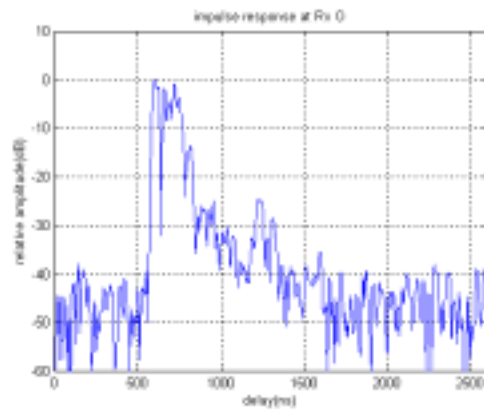
(c) Rx G



(d) Rx I



(e) Rx J



(f) Rx O

그림 3-5 각 수신 지점에서의 power delay profile

그림 3-5는 각 지점에서 측정한 채널의 power delay profile의 일부로 최대 peak의 위치를 600ns 지점에 고정하고 최대 peak의 크기로 정규화한 그림이다. 따라서 최대 peak은 600ns에 위치해 있으며 power는 최대 peak으로부터 얼마나 줄어드는 지를 볼 수 있다. 그리고 최대 peak으로부터 2us까지의 지연 시간을 볼 수 있도록 하였다. 그러나 noise floor를 최대 peak으로부터 일반적으로 30 dB 아래를 보기 때문에 maximum excess delay는 대체로 700~800 ns을 넘지 않을 것임을 그림 3-5로부터 알 수 있다.

위에서 구한 power delay profile을 이용하여 측정 채널에서의 propagation loss를 구하였다. 그림 3-6은 거리에 따른 propagation loss로 거리가 log scale로 되어 있다. 수신된 propagation loss는 처음에는 자유공간 손실에 비해 컸으나 거리가 멀어짐에 따라서 그 간격은 줄어 들었다. 또한 거리가 먼 경우에도 loss는 더 작은 경우가 있는데 이러한 경우는 그림 3-5(e)에서 알 수 있듯이 구조물, 즉 천정으로부터 벽처럼 위에서 내려오는 구조물 등이 측정 지점으로부터 송신 안테나와 반대방향으로 존재하여 전파의 반사의 특징이 강해지고 보강 간섭이 이루어졌기 때문이다. 이러한 결과를 바탕으로 linear regression을 하면 그림 3-6에서와 같이

$$L(\text{ propagation loss : dB}) = -12.97 \cdot \log(d) - 51.68 \quad (\text{식 2.7})$$

임을 알 수 있으며 이 경우 exponent는 약 1.3임을 알 수 있다.

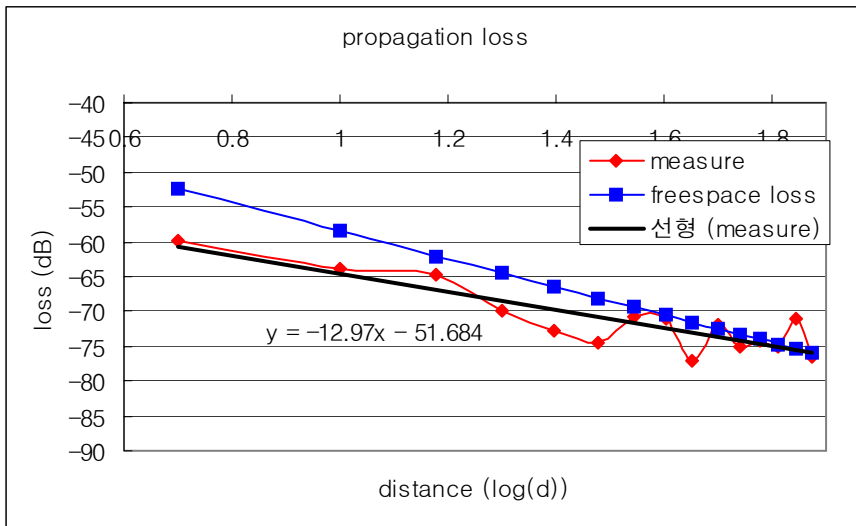


그림 3-6 거리에 따른 propagation loss

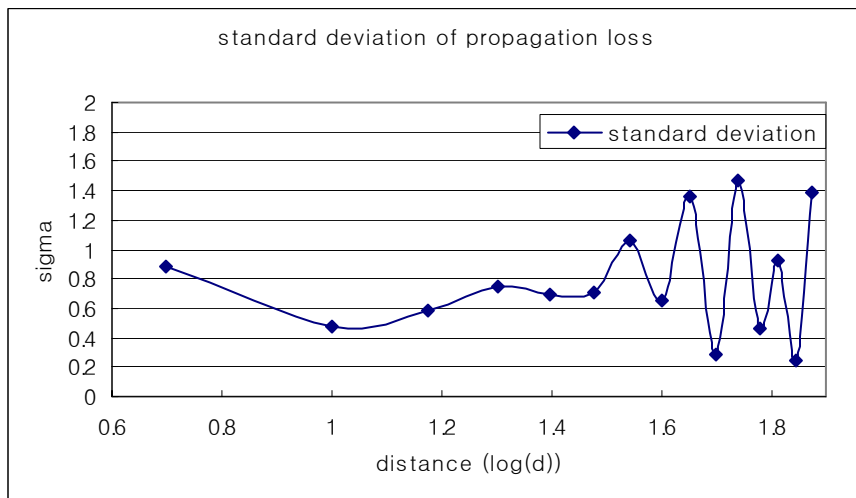


그림 3-7 propagation loss의 표준편차

그림 3-7은 propagation loss의 표준편차로 거리가 먼 곳에서는 그 편차가 상당히 커지는 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 거리가 멀수록 다중 경로가 더 복잡해지기 때문에 채널 환경의 변화에 민감해지

기 때문이다.

채널의 광대역 특성은 채널의 delay parameter를 통하여 알 수 있다. 각 지점의 평균 Maximum excess delay는 최고 680ns으로 학교 연구소에서의 측정에서보다 크게 나오는 것을 알 수 있다. 그림 3-8은 Mean excess delay와 RMS delay spread의 누적확률분포이다. Mean excess delay는 8ns~47ns, RMS delay spread는 22ns~80ns에 존재한다.

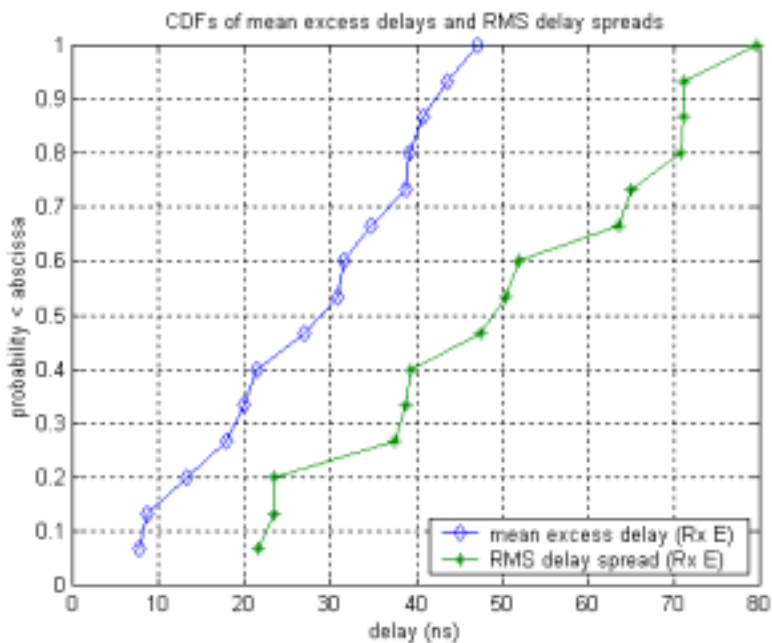


그림 3-8 mean excess delay와 RMS delay spread의 누적확률분포

2) 연구실 복도 측정 I

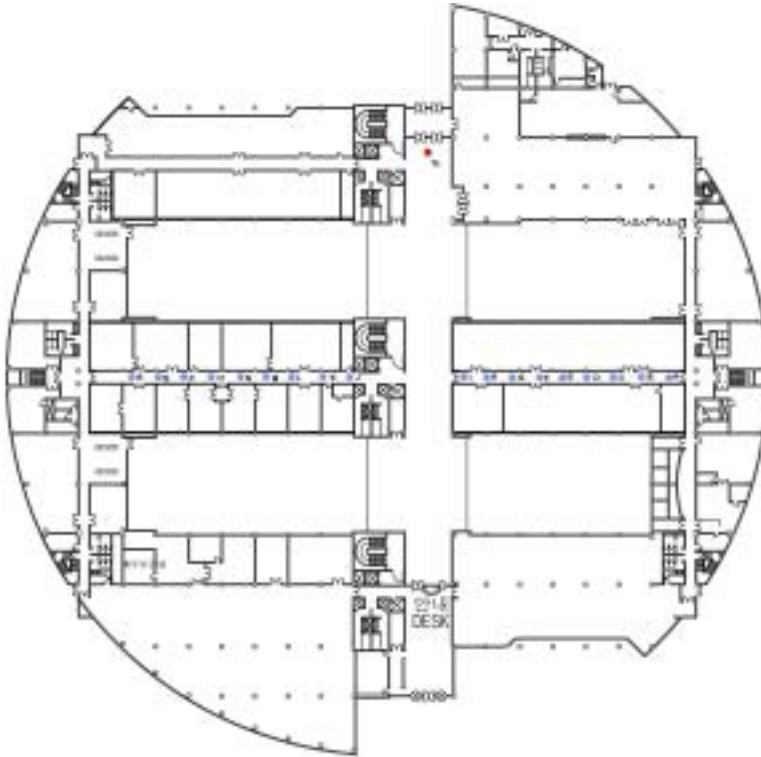
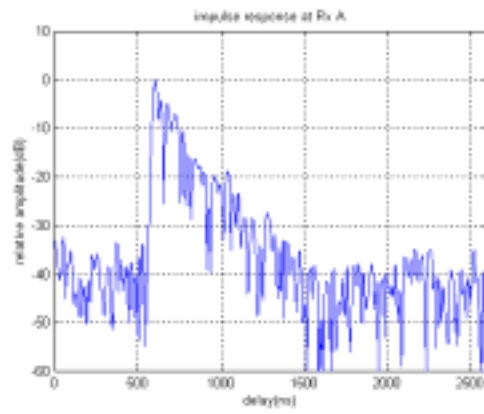
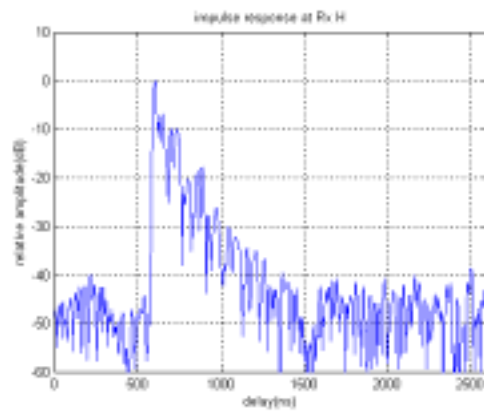


그림 3-9 연구실 복도 측정 I의 송수신 위치

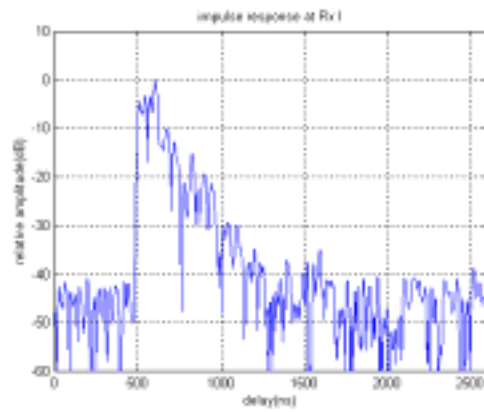
연구실 복도 측정 I에서의 측정 관점은 중앙홀 한 쪽 끝에 송신 안테나가 있는 경우 회절 또는 반사, 투과를 통하여 복도에서는 전파가 얼마나 영향을 줄 수 있는가 하는 것이다. 연구실 복도는 금속으로 되어 있으므로 투과는 거의 무시한다면 회절 또는 다른 벽에서의 반사된 전파가 영향을 줄 것임을 생각할 수 있다. 수신 안테나는 복도의 한 쪽 끝으로부터 5m 간격으로 설치하였고 중앙홀과의 교차로에서는 측정하지 않았다. 다음 측정에서도 전파의 propagation loss 및 채널의 광대역 특성을 살펴 보았다. 그림 3-10은 측정된 채널의 power delay profile의 일부이다.



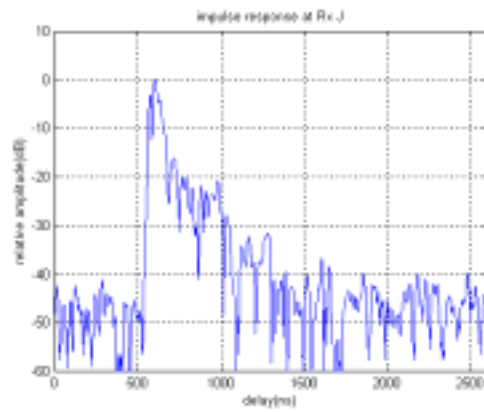
(a) Rx A



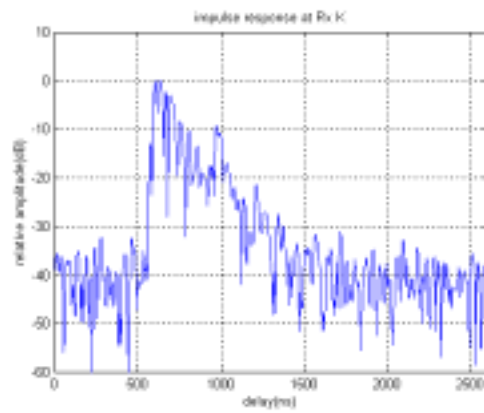
(b) Rx H



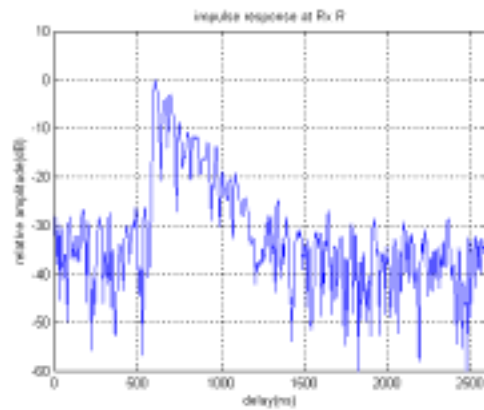
(c) Rx I



(d) Rx J



(e) Rx K



(f) Rx R

그림 3-10 연구실 복도 측정 I에서의 power delay profile

그림 3-11은 측정된 power delay profile을 바탕으로 채널 환경에서의 propagation loss를 구한 것이다. 측정 환경이 송수신 안테나 사이를 콘크리트 및 금속과 같은 장애물이 가로 막고 있어서 거리에 따른 propagation loss를 구하는 것은 별 의미가 없을 것으로 판단하여 각 위치에 따른 loss를 구하였다. 전체적으로 보면 propagation loss는 115 dB ~ -90 dB에 위치하여 채널 환경에서의 손실이 상당히 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 데이터 통신의 경우 현재의 송신 안테나를 이용하여 현 수신 지점에서는 적절하지 못할 것으로 추정할 수 있다. 복도를 두 부분으로 나누었을 때 Rx A ~ Rx I까지의 복도가 Rx J ~ Rx R까지의 복도에서 보다 loss가 작은 경향을 보인다. 이러한 이유는 후자의 복도의 입구는 승강기 및 주변 구조물이 회절 또는 반사를 통해 입사한 전파의 산란에 많은 영향을 끼치는 데 반하여 전자는 금속 벽으로만 이루어져 있으므로 방해물이 적기 때문일 것으로 추정된다.

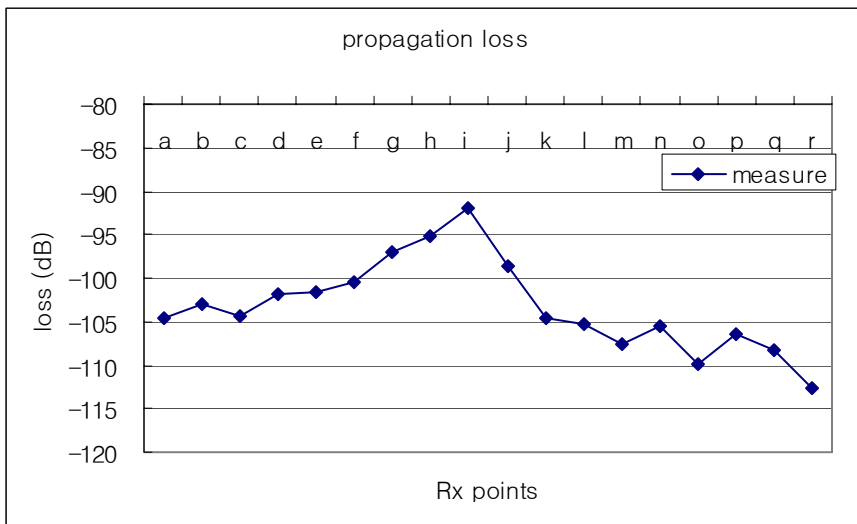


그림 3-11 각 수신 지점에서의 propagation loss

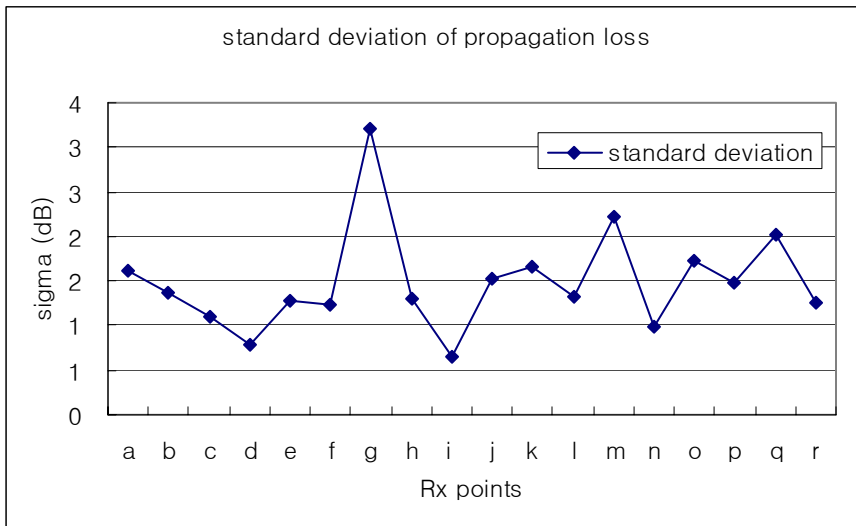


그림 3-12 propagation loss의 표준편차

그림 3-12는 propagation loss의 표준편차로서 LOS가 없고 전파 환경이 복잡하기 때문에 loss의 표준편차가 중앙홀 측정 I에 비하여 상당히 큰 값을 가지게 됨을 알 수 있다. 또한 복도의 경우 통로가 좁기 때문에 근무자들의 이동이 채널 환경에 주원인으로 생각될 수 있다.

연구실 복도 측정 I에서 각 측정 지점의 평균 maximum excess delay는 최대 680ns임을 알 수 있었다. 그림 3-13은 각 측정 지점의 평균 delay parameter의 누적확률분포를 나타낸다. 연구실 복도 측정 I에서의 측정 환경이 복잡함을 그림 3-13이 보여주고 있다. mean excess delay는 47ns ~ 95ns, RMS delay spread는 77ns ~ 154ns의 상당히 큰 값을 보여주고 있다.

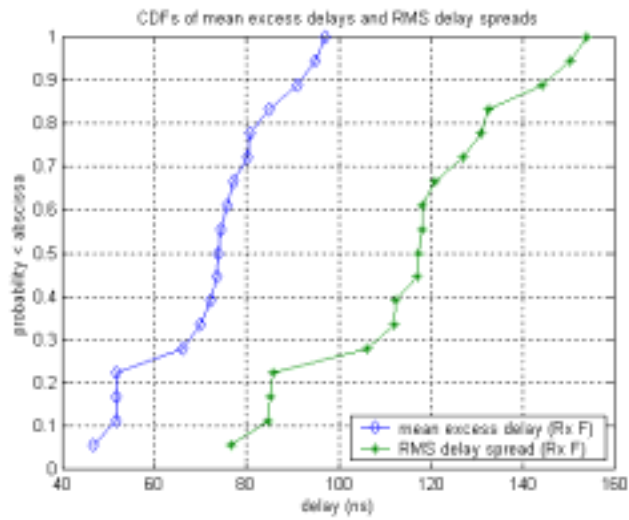


그림 3-13 mean excess delay와 RMS delay spread의 누적평균분포

3) 연구실 복도 측정 II

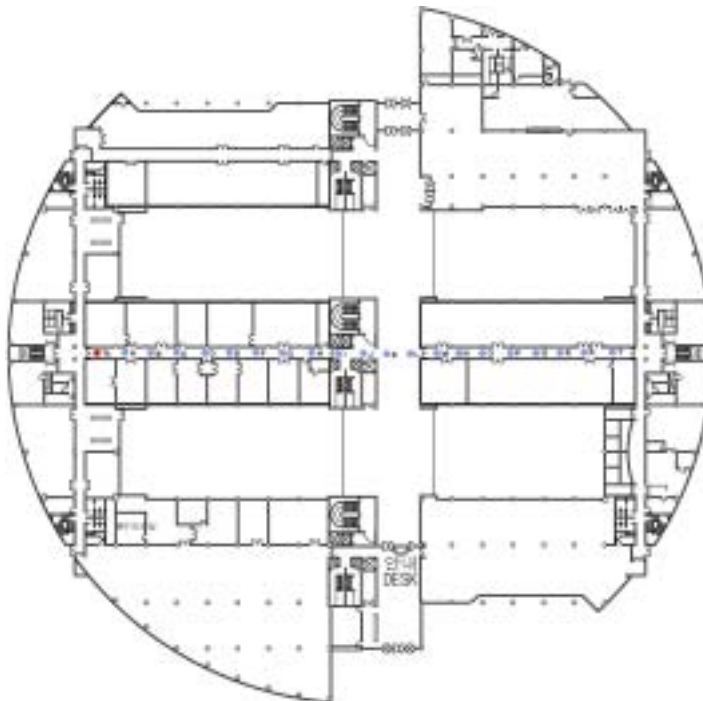
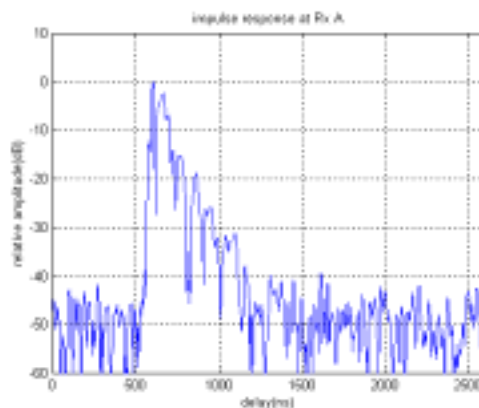


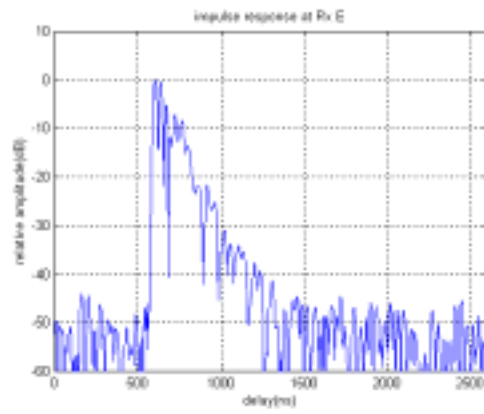
그림 3-14 연구실 복도 측정 II에서의 송수신 위치

연구실 복도 측정 II는 송신 안테나를 연구실 복도의 한 쪽 끝에 놓고 복도를 따라서 5m 간격으로 측정하는 것을 의미한다. 연구실 복도는 다소 좁고 금속벽으로 이루어져 있기 때문에 전파의 guiding 현상이 발생하여 전파의 손실이 적을 것으로 예상된다. 그러나 중앙홀을 지난 후는 더 이상 이런 현상이 이루어지기 어렵기 때문에 다른 결과가 나올 것으로 예상되었다.

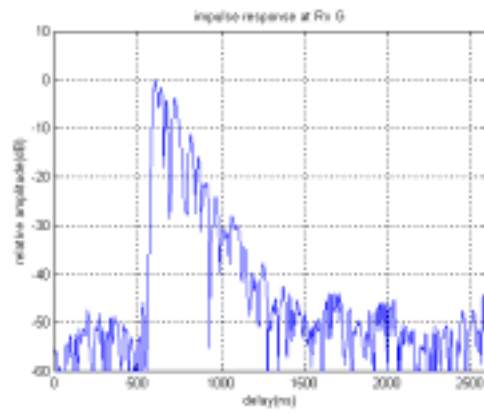
측정된 채널의 충격응답을 이용하여 구한 power delay profile 중 일부는 그림 3-15와 같다. 그림 3-15에서 처음 복도를 지날 때의 전파는 처음 몇 개의 impulse가 비슷한 크기를 가지면서 수신 안테나로 도달했음을 알 수 있다. 이에 반해 다음 복도에서는 LOS를 통해서 도달한 impulse가 power delay profile에서 주요한 성분임을 알 수 있다. 또한 그림 3-15를 통하여 금속벽의 통로에서는 전파의 다양한 환경이 이루어지지 않기 때문에 maximum excess delay가 상당히 작은 것을 알 수 있다.



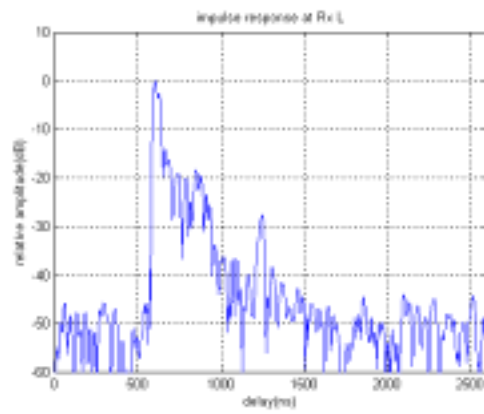
(a) Rx A



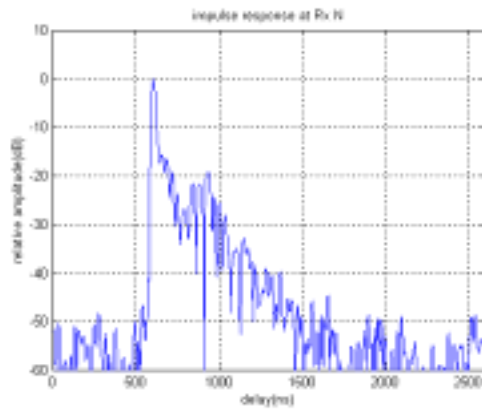
(b) Rx E



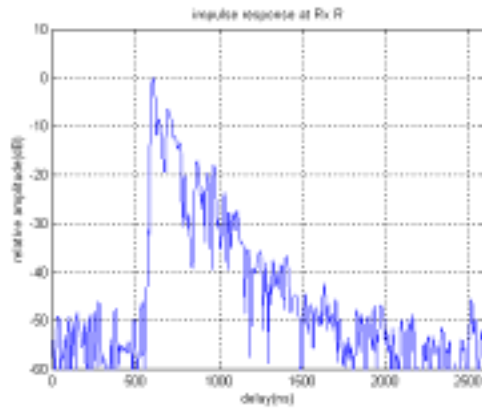
(c) Rx G



(d) Rx L



(e) Rx N



(f) Rx R

그림 3-15 연구실 복도 측정 II에서의 power delay profile

측정된 power delay profile을 바탕으로 propagation loss를 구한 결과는 그림 3-16과 같다. 처음 복도에서는 측정된 손실이 자유공간의 손실보다 작음을 알 수 있다. 그러나 중앙홀을 지나 다음 복도로 갈 경우 자유공간 손실보다 크게 된다. 금속벽으로 인한 전파의 손실 모델을 위하여 처음 복도에서의 수신 데이터만을 이용하여 linear regression한 결과는 그림 3-17과 같다.

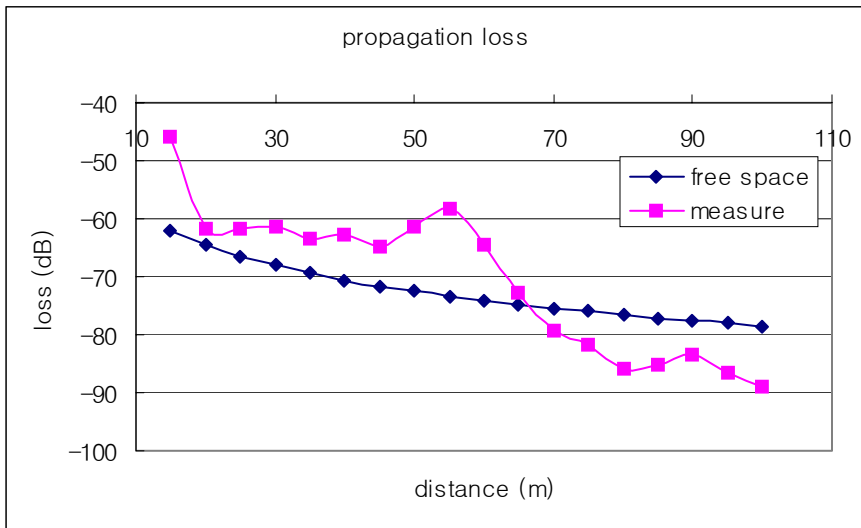


그림 3-16 연구실 복도 측정 II에서의 propagation loss

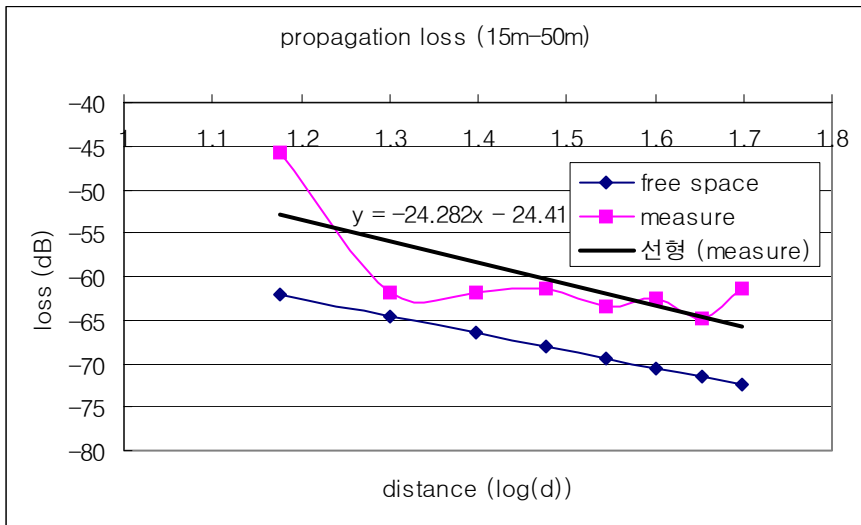


그림 3-17 처음 복도에서의 propagation loss

그림 3-17로부터 금속벽으로 되어 있는 복도에서 손실은 자유공간의 손실보다는 작지만 exponent는 약 2.4 정도하기 때문에 기울기가

자유공간 손실에 비하여 크다는 것을 알 수 있다. 측정된 손실의 식은 식 2.8와 같다.

$$L(\text{ propagation loss : dB}) = -24.28 \cdot \log(d) - 24.41 \quad (\text{식 2.8})$$

그림 3-18은 측정된 위치에서의 loss의 표준편차를 나타낸다. 처음 복도에서는 측정 편차가 상당히 작았지만 다음 복도에서는 상당히 큰 값을 가지게 됨을 알 수 있다.

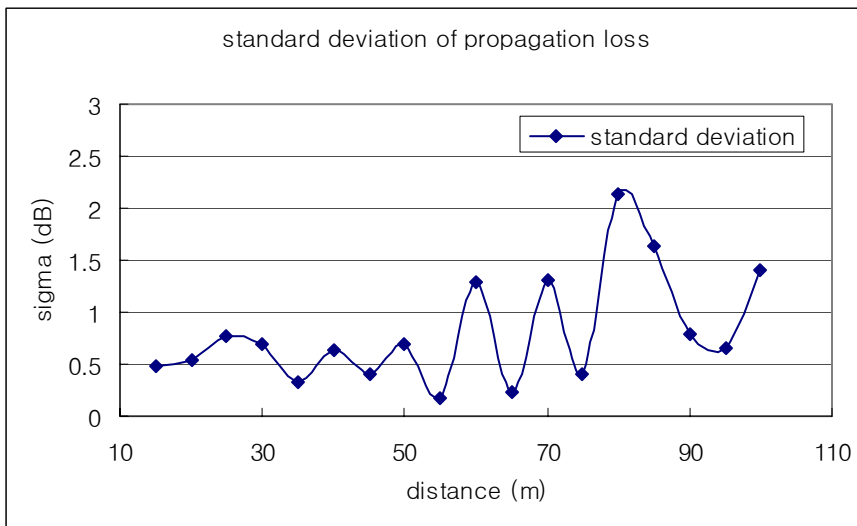


그림 3-18 측정된 propagation loss의 표준편차

측정된 채널에서 maximum excess delay는 Rx S까지는 최대 580ns를 넘지 않았다. 특히 처음 복도에서는 470ns보다 작았다. 그러나 마지막 Rx T에서 810ns의 값을 갖게 됨을 알 수 있었다. 그림 3-19는 측정된 채널의 delay parameter의 누적확률분포를 나타낸다.

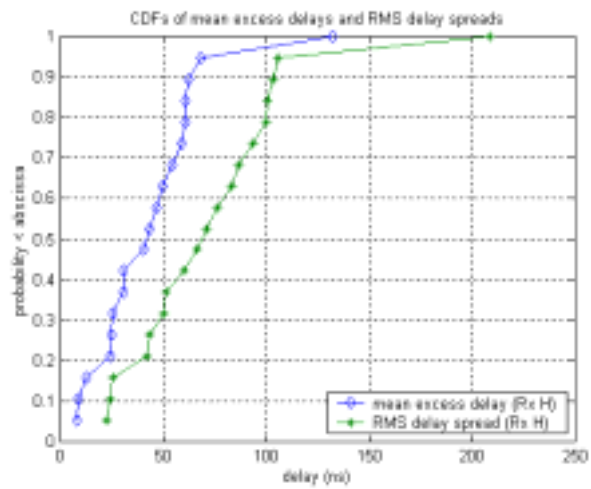


그림 3-19 mean excess delay와 RMS delay spread의 누적평균분포

4) 중앙홀 측정 II

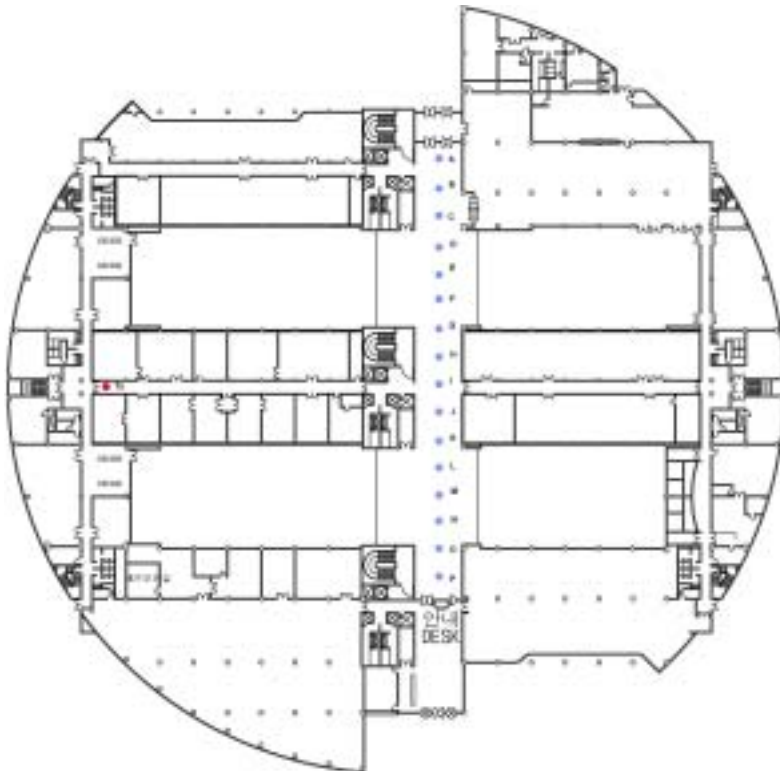
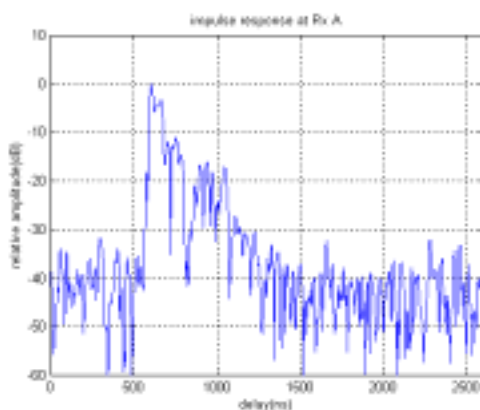
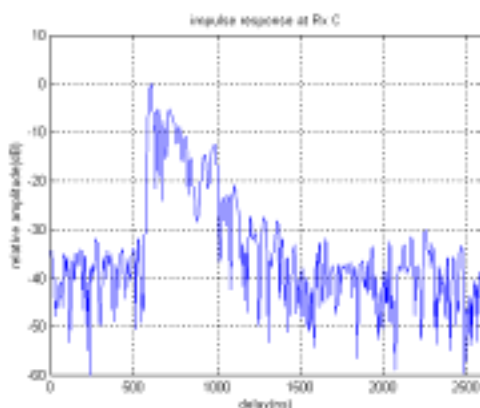


그림 3-20 중앙홀 측정 II의 송수신 안테나의 위치

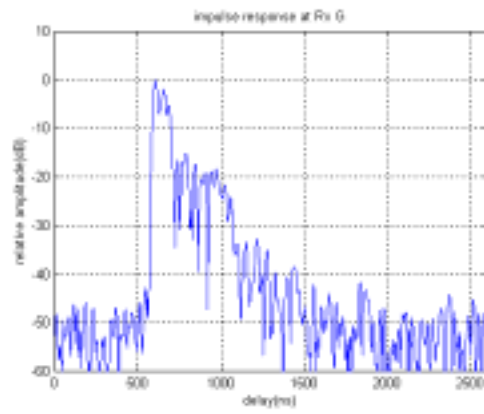
연구실 복도 끝에 송신 안테나를 설치할 경우 중앙홀에서는 전파의 특성이 어떠한 지를 알아보기 위한 실험이다. 수신 안테나로 도달하는 전파는 처음 복도를 지난 전파가 회절 또는 반사되어 온 것이 대부분일 것으로 추측할 수 있다. 송신 안테나의 위치는 연구실 복도 측정 II에서와 같은 위치에 두고 수신 안테나는 안내 데스크 반대편 출구에서부터 5m 간격으로 측정하였다. 그림 3-21은 측정된 채널의 충격응답을 바탕으로 power delay profile을 구한 결과이다. 측정 결과 전체의 impulse가 지속적으로 감소하기는 하지만 연구실 복도 측정 II과는 다르게 다중 경로의 환경이 두드러짐을 알 수 있다.



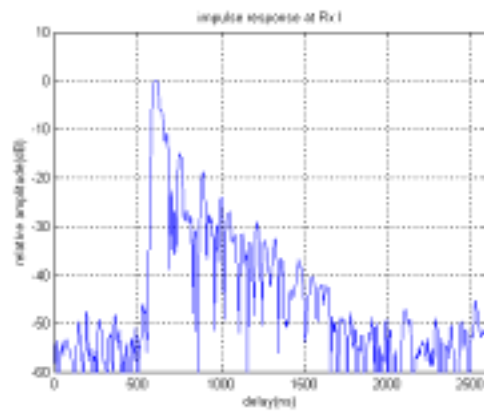
(a) Rx A



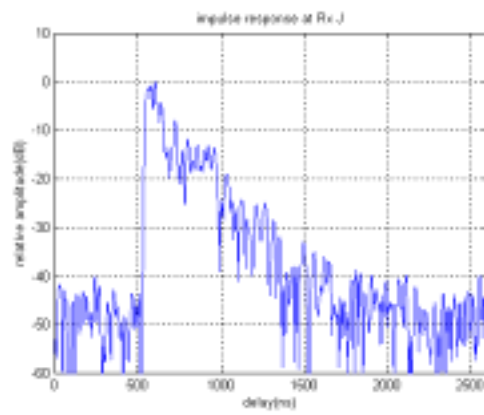
(b) Rx C



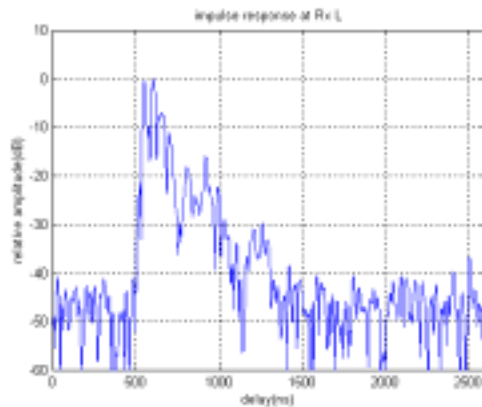
(c) Rx G



(d) Rx I



(e) Rx J



(f) Rx L

그림 3-21 중앙홀 측정 II에서의 power delay profile

측정된 power delay profile을 이용하여 채널의 propagation loss를 구하면 그림 3-22와 같다. 연구실 복도 측정 I과 같이 현재의 측정 지점은 거리에 따른 loss가 크게 의미가 없기 때문에 위치별 loss를 나타내었다. 연구실 복도와 중앙홀이 만나는 지점인 Rx I 주위를 제외하면 손실이 90 dB 이하로 내려가기 때문에 송신 출력이 크지 않다면 데이터 통신에는 부적합하다고 판단된다. 그림 3-23은 각 지점에서 측정된 손실의 표준편차로 다른 측정에서보다 작은 표준편차를 갖는다. 그림에도 불구하고 손실이 큰 지점에서 표준편차도 크게 나타남을 알 수 있다.

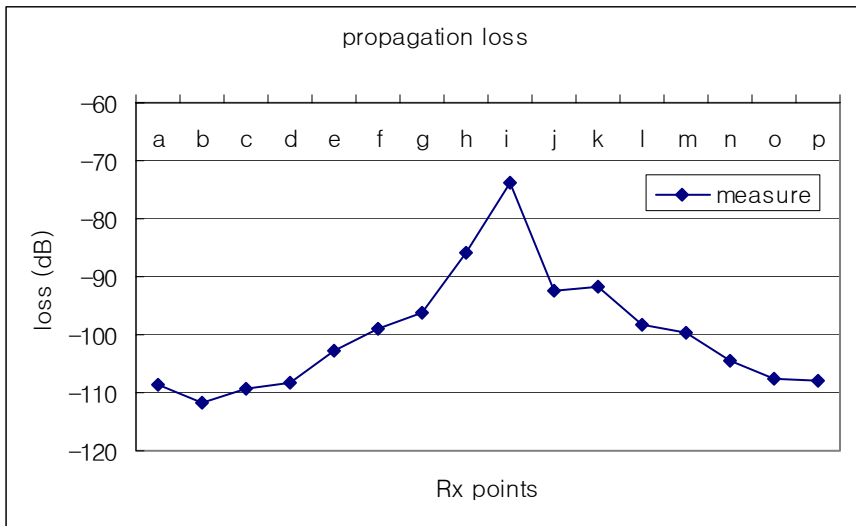


그림 3-22 중앙홀 측정 II에서의 propagation loss

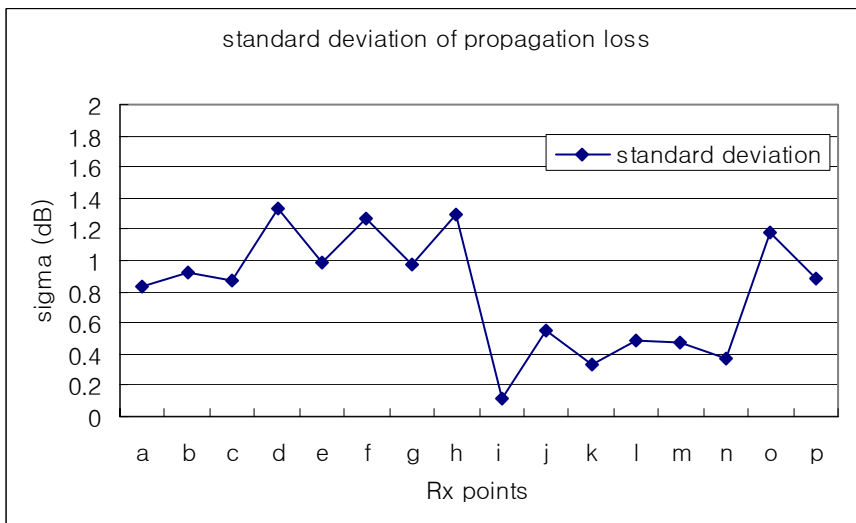


그림 3-23 propagation loss의 표준편차

중앙홀 측정 II에서 측정된 평균 maximum excess delay는 760ns 보다 작다는 것을 알 수 있었다. 그림 3-23는 각 지점에서 측정된 채

널의 평균 delay parameter의 누적확률분포를 나타낸다. mean excess delay는 18ns ~ 102ns의 범위에 존재하고 RMS delay spread는 38ns ~ 160ns의 범위에 존재한다. 이 값들은 다른 환경에서의 delay parameter 값보다 상당히 큰 값으로 채널 환경의 광대역 특성을 알 수 있다.

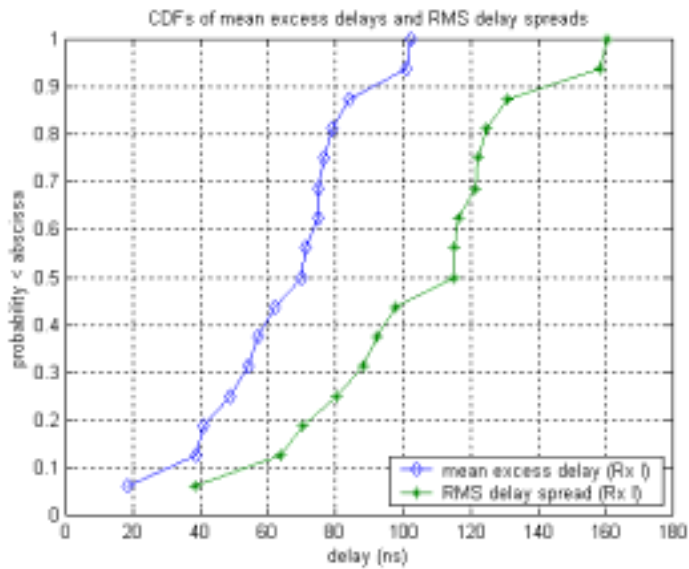


그림 3-24 mean excess delay와 RMS delay spread의 누적평균분포

5) 대강당 측정 I

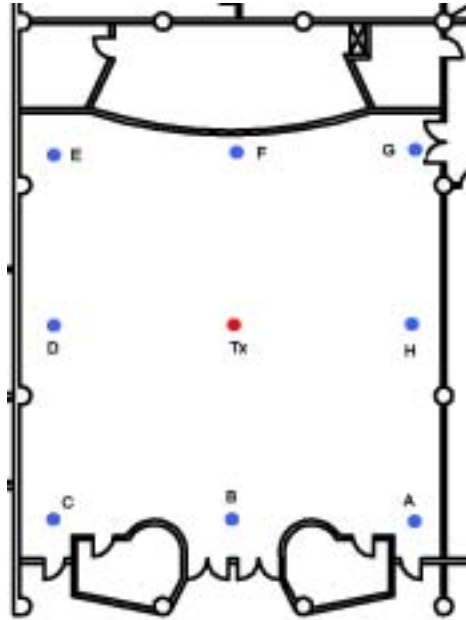
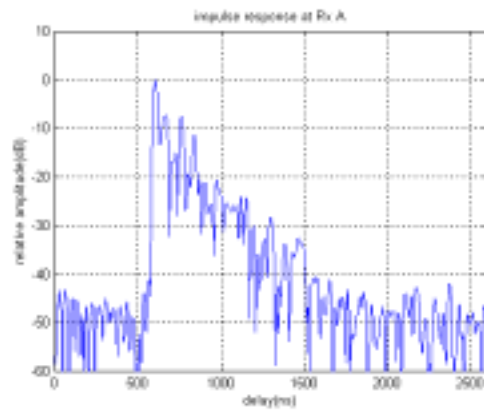
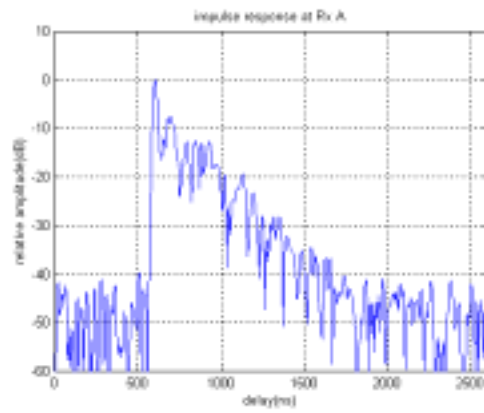


그림 3-25 대강당 측정 I의 송수신 위치

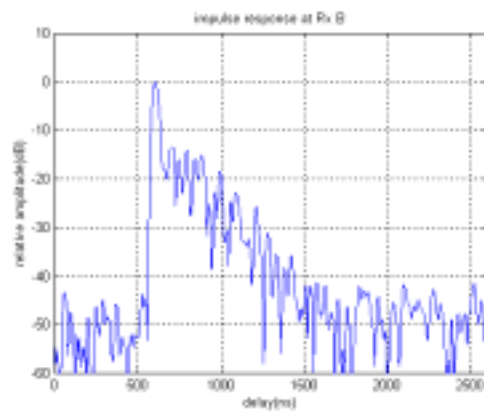
대강당은 벽이 대부분 금속으로 이루어져 있다. 따라서 전파의 반사가 채널 환경에 큰 영향을 줄 것으로 생각할 수 있다. 또한 의자가 규칙적으로 놓여 있는데 의자가 전파에 주는 영향을 간과할 수 없다. 따라서 대강당에서 측정은 각 수신 지점에 대하여 서로 다른 높이의 수신 안테나를 배치하여 이러한 영향을 살펴 보았다. 수신 안테나의 높이는 각각 1.7m와 1m로 하였다. 송신 안테나는 대강당의 중앙 복도에 설치하였으며 수신 지점은 의자를 중심으로 바깥쪽으로 설정하였다. 그림 3-26은 측정된 power delay profile의 일부를 나타낸다.



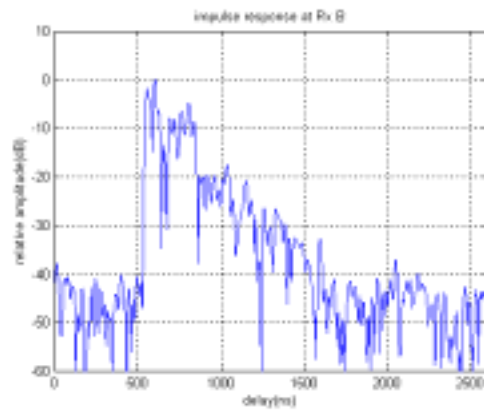
(a) Rx A (1.7m)



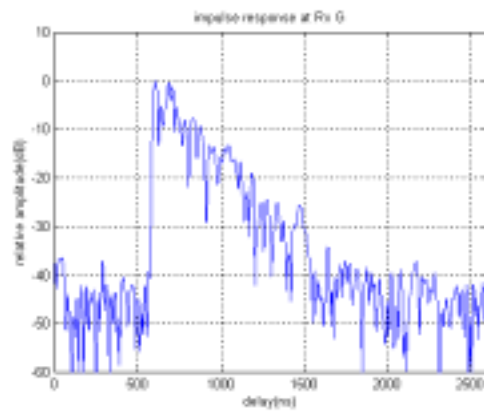
(b) Rx A (1m)



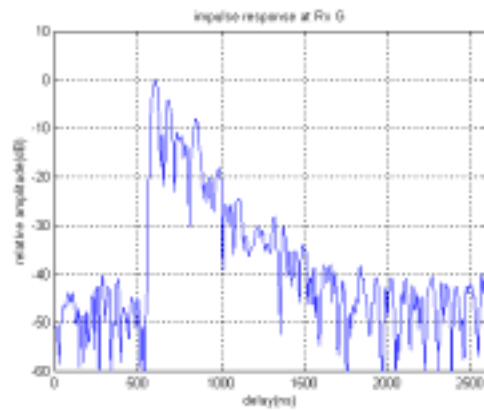
(c) Rx B (1.7m)



(d) Rx B (1m)



(e) Rx G (1.7m)



(f) Rx G (1m)

그림 3-26 대강당 측정 I에서의 power delay profile

측정된 power delay profile은 수신 안테나의 높이에 관계없이 비슷한 모양을 이루고 있으니 예외적으로 Rx B와 같이 상당히 다른 형태를 가지게 되는 경우도 존재하였다. 또한 수신된 impulse가 넓게 퍼져 있는 것을 알 수 있으며 이는 곧 delay parameter가 상당히 큰 값을 갖는다는 것을 의미한다. 이런 원인은 채널 환경의 특징으로 벽면이 거의 금속으로 이루어져 있기 때문이라고 할 수 있다.

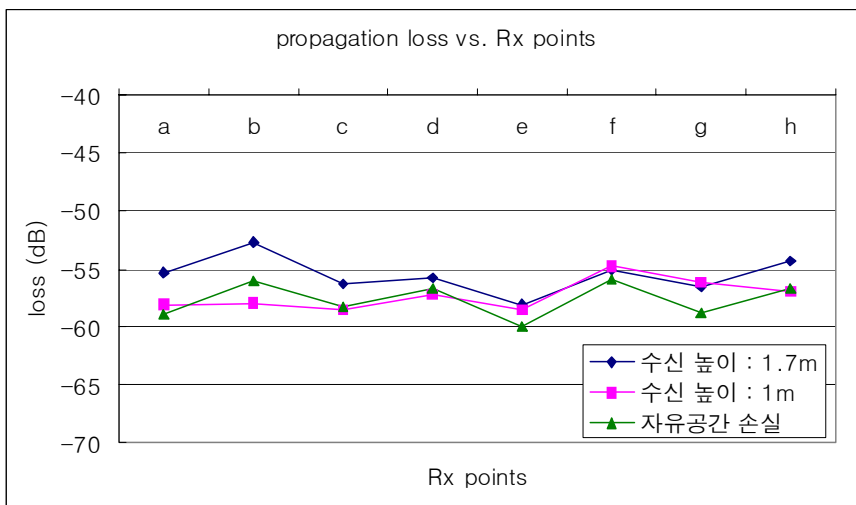


그림 3-27 대강당 측정 I의 propagation loss

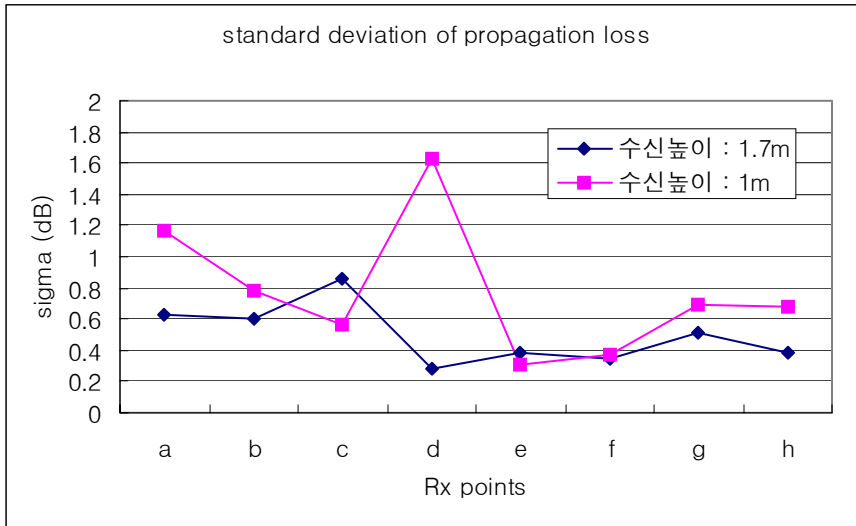
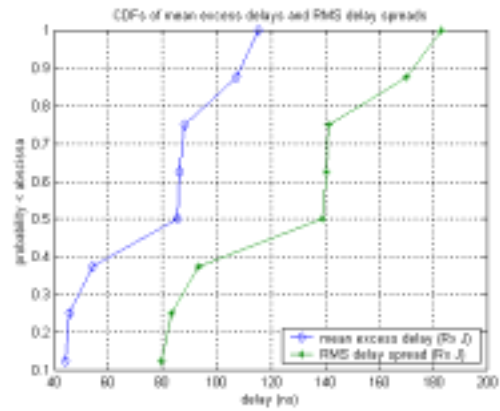


그림 3-28 propagation loss의 표준편차

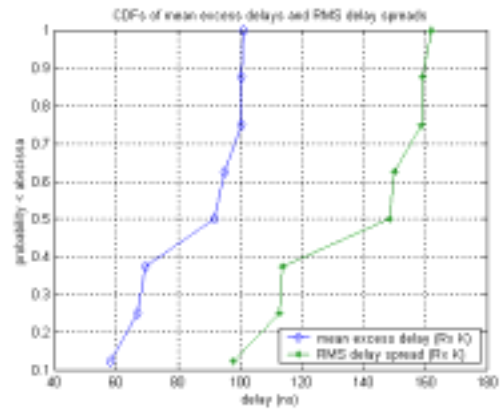
그림 3-27은 power delay profile을 바탕으로 propagation loss를 계산한 것이다. 수신 높이가 1.7m일 경우가 수신 높이가 1m인 경우보다 손실이 적음을 알 수 있으며 두 경우의 평균 손실 차이는 1.8 dB이었다. 또한 수신 높이가 1.7m인 경우는 자유공간 손실보다 작은 손실을 보였고 평균적으로 2.18dB 작은 것을 알 수 있었다. 그림 3-28은 propagation loss의 표준편차로서 대체적으로 1dB 이하의 작은 값을 가지고 있지만 수신 안테나의 높이가 1m인 경우는 1.7m인 경우에 비해 큰 편차를 보였다.

채널의 평균 maximum delay spread는 1.7m의 안테나에서는 890ns보다 작으며 1m의 안테나에서는 860ns보다 작은 것을 알 수 있는데 이러한 값들은 강당의 규모에 비하여 상당히 큰 값을 알 수 있다. mean excess delay나 RMS delay spread도 그림 3-29에서 알 수 있듯이 큰 값을 가지고 있다. 이러한 이유는 금속벽으로 둘러싸인 대강당은 전파의 반사가 크기 때문에 다중 경로를 통하여 수신된 impulse

가 상당히 큰 값을 갖게 되기 때문에 해석된다.



(a) 수신 높이 : 1.7m



(b) 수신 높이 : 1m

그림 3-29 mean excess delay와 RMS delay spread의 누적평균분포

2. 5GHz대 주파수 실외 특성

가. 전계강도 측정장치

본 연구에서는 5.3GHz주파수에 대해 경로손실을 측정하였다. 측정시스템은 송신단과 수신단으로 구성되어 있다. 송신단은 cw generator , power amp , 송신 안테나와 각 시스템 구성 장치를 연결하기위한 RF cable로 구성되어 있다. 수신단은 송신단으로부터 도달한 신호를 수신하는 부분과 GPS신호를 수신하는 부분으로 구성되어 있다. 송신단으로부터 도달한 신호를 수신하는 부분은 수신 안테나, LNA, Spectrum analyzer, Notebook PC로 이루어진다. 수신안테나, LNA, Spectrum Analyzer는 RF cable로 연결되어 있고 Spectrum Analyzer와 Notebook PC는 GPIB cable로 연결되어 있다.

본 시스템에서는 송수신단간의 정확한 거리 정보를 얻기 위해 GPS 신호처리 시스템을 도입하였다. GPS 신호를 받아들이는 부분은 GPS 수신 안테나, GPS신호 처리 보드, Notebook PC로 구성된다. GPS 신호처리 보드에서 나온 신호는 RS232 프로토콜을 이용하는 직렬 포트(serial port)를 통해 Notebook PC에 도달한다. GPS신호와 Spectrum 신호는 각각 측정된 시간 정보를 이용하여 동기를 맞춘 후 위치에 대해 환산하였다.



그림 3-32. 수신부(차량 내부) 모습



그림 3-33. 수신부(차량 외부) 모습

그림 3-31은 측정시스템의 송신부이며, 그림 3-32와 그림3-33은 수신부이다. 송신단은 송신위치로 결정한 지점에 지지대를 이용해 적절한 높이에 안테나를 위치시키며 RF케이블을 이용해 CW Generator와 LNA에 연결되어 있다. 수신안테나와 GPS안테나는 차량 지붕위에 설치하였다. 이때 GPS안테나와 수신안테나를 동일한 위치에 설치하여 GPS의 위치 정보가 수신단의 위치를 정확히 표현하도록 하였다. 표 3-1은 측정에 사용된 송수신 시스템의 출력 및 대역 이득을 나타낸다.

표 3-1. 송수신 시스템의 spec.

주파수(GHz)	5.3
CW generator 출력(dBm)	10
Power Amp 이득(dB)	16
LNA 이득(dB)	37.6

나. 거리에 따른 경로손실 측정

그림 3-34에서 볼 수 있듯이 본 연구를 위해 분당 지역에서 경로손실을 측정하였다. 측정 대상 지역에는 대부분 15층 이상의 아파트와 빌딩이 위치하고 있다. 송신단은 분당 SKTelecom 연구소이고 송신안테나는 연구소 건물 옥상(70m)에 설치하였다. 위 그림에서 송신단은 동심원의 중심의 검정색원이 표시되어있는 지점이다. 측정경로는 송신단으로 부터 약1.5Km이내에 위치하는 지역을 차량으로 이동하며 여러거리에 대한 수신 전력을 얻을 수 있도록 설정하였다. 5.3GHz에 대해 설정된 경로를 따라 각각 한 번씩 차량을 이동시키며 경로손실데이터와 GPS데이터를 측정하였다.



그림 3-34. 측정 지역 및 측정 경로

그림 3-35, 36은 그림 3-34의 지역에서 5.3GHz 주파수에 대한 측정 데이터를 송신단으로부터의 거리에 따라 정리한 것이다. 경로 손실은 수신전력의 측정 데이터로부터 식(2-1)을 이용해 구할 수 있다. 송수신안테나의 이득은 0dBi이고 케이블손실은 모두 1dB이다.

$$\begin{aligned}
 PL(dB) &= P_t(dBm) - P_r(dBm) \\
 &= [\text{The output power of CW generator}(dBm)] \\
 &\quad + \text{Power amp gain}(dB) + \text{Transmit antenna gain}(dB) \\
 &\quad - \text{cable loss}(dB)] \\
 &\quad - [\text{The received power of spectrum analyzer}(dBm) \\
 &\quad - \text{LNA gain} - \text{receiver antenna gain}(dB) + \text{cable loss}] \\
 &\hspace{15em} (2-1)
 \end{aligned}$$

송신단은 높이 70m인 빌딩위에 위치하며 실제 송수신단간의 최단 거리는 약 100m 정도로 경로 손실 데이터는 100m 이상의 거리에 대해 분포한다. 그래프상에 보이는 직선은 최소자승법(least square method)을 이용하여 경로 손실의 추세를 보다 간략히 나타낸 것이고 이 직선과 점 데이터와의 차의 평균을 이용해 경로 손실 분포의 표준편차 σ 를 구하였다. 이 직선의 기울기는 log-normal shadowing을 이용한 경로손실모델(식 2-2)의 경로 손실 지수 n 이고 표준편차 σ 는 X_{σ} 의 표준편차이다.

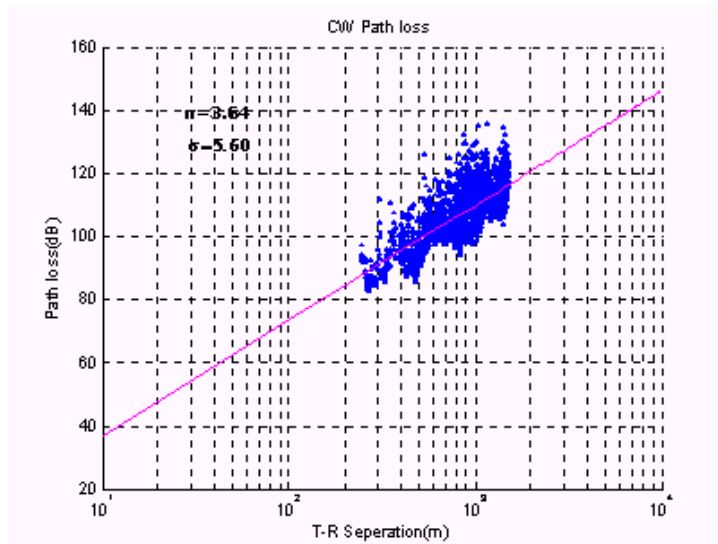


그림 3-35. LOS 지역의 경로 손실

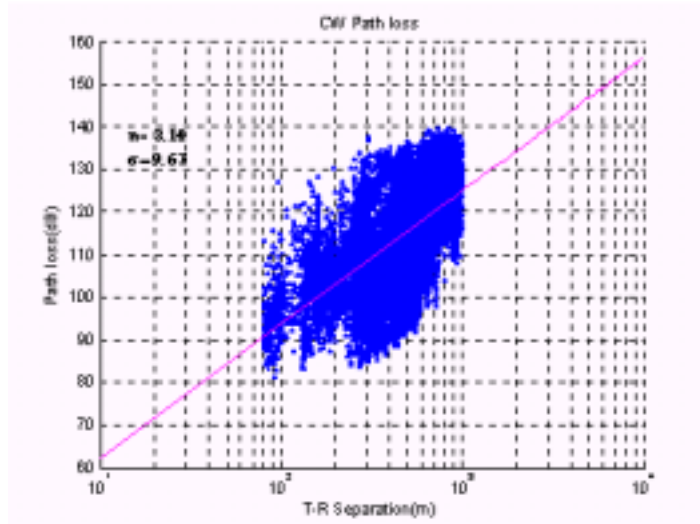


그림 3-36. 도심지역에서의 경로 손실

$$PL(d)[dB] = \overline{PL}(d) + X_{\sigma} = \overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_{\sigma} \quad (2-2)$$

그림 3-35는 측정데이터 중 건물이 거의 없는 개방된 지역의 데이터만 추출하여 얻은 결과이다. 이 지역은 그림 3-34에서 송신점을 기준으로 북쪽으로 향하는 단일 경로지역이다. 그림 3-36은 측정데이터 중 건물이 밀집한 지역의 데이터만 추출하여 얻은 결과이다. 이 지역은 송신단을 중심으로 남쪽에 위치한다. 그림 3-35에서 볼수 있듯이 가시구간(LOS)에서의 경로손실지수(n)은 3.64로 자유공간에서의 경로손실지수(n=2)보다 크며 표준편차는 5.60이다. 그림 3-36의 결과는 건물의 영향으로 송수신단간에 가시구간이 거의 존재하지 않는 지역에서의 경로손실 특성을 보여준다. 경로손실지수(n)은 3.14.이고 표준편차는 9.67이다.

그림 3-35와 3-36의 결과를 비교해 볼 때, 건물이 밀집한 지역일

수록 수신전력의 표준편차가 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 건물
이 밀집한 지역은 송수신단간에 가시구간이 확보되지 않아서 직접파
의 영향을 전혀 받지 않고 다중경로페이딩에 의한 영향을 많이 받기
때문이다.

3. 무선채널 모델

1Km 이내 거리에서 전파 특성은 지면의 변화보다는 빌딩과 나무에 의하여 주로 영향을 받는다. 도심지나 교외 지역에서는 전파 경로가 짧기 때문에 주로 빌딩에 의한 영향이 크다. 단말기는 보행자 또는 차량에 탑재되어 있다. 여기서는 전파 경로가 짧은 경우에 대하여 셀의 종류를 나누고 경로 손실과 지연 확산을 추정하는 방법을 알아보기로 한다.

가. 운용 환경 및 셀 분류

전파 특성은 빌딩의 구조나 높이, 단말기의 사용 방법(보행자 또는 차량), 안테나의 위치 등 여러 환경에 의하여 영향을 받는다. 여기서는 주로 발생하는 네 가지 환경을 표 3-2에 정리하였다. 네 가지 환경 각각은 단말기에 따라 다른 특성을 보인다. 즉, 단말기가 보행자에 의하여 사용되는지, 혹은 차량에 의하여 사용되는지에 따라 두 가지로 나눌 수 있다. 표 3-3은 단말기를 고려한 운용 환경을 보여준다. 전파 특성은 기지국 안테나 위치에 따라 바뀔 수 있으며 표 3-4는 기지국 안테나의 위치에 따라 셀을 분류한 내용이다.

나. 경로 분류

(1) 전파 환경 설정

기지국(BS)과 단말기(MS)의 위치에 따른 환경은 그림 3-37과 같이 분류된다. 기지국 BS1은 건물 옥상에 위치해 있으며 해당하는 셀은 작은 매크로 셀이다. 이 기지국에서 전파되는 신호는 건물 꼭대기

를 따라 진행한다. 기지국 BS2는 건물 옥상 아래에 위치해 있으며 마이크로 또는 피코 셀 환경을 정의한다. 이 경우 전파되는 신호는 건물 사이의 거리를 따라서 진행한다. 단말기와 단말기 사이를 연결하는 경우는 건물 옥상 아래 레벨에서 링크가 설정된다고 볼 수 있기 때문에 BS2와 연관된 모델이 사용된다.

(가) 건물 옥상으로의 전파, 비가시영역(NLoS)

일반적인 비가시 영역에서의 전파 모델은 그림 3-37의 BS1과 MS1 사이의 경로로 정의할 수 있으며 그림 3-38과 같이 나타낼 수 있다. 이러한 경우를 NLoS1이라고 정의하며 관련 파라미터는 다음과 같이 정의된다.

h_r : 평균 빌딩 높이(m)

w : 거리의 폭(m)

b : 평균 건물 사이 거리(m)

ϕ : 직접 경로에 대한 거리의 방향(도)

h_b : 기지국 안테나 높이(m)

h_m : 단말기 안테나 높이(m)

l : 경로 중 건물이 커버하는 길이(m)

d : 단말기와 기지국 사이의 거리

이와 같은 비가시영역은 거주지/시골 지역에서 주로 나타나며 도심지 또는 교외 지역과 같이 고도가 낮은 지역에서 작은 매크로 셀에서 널리 발견된다. 파라미터 h_r , b , l 은 안테나 사이를 연결한 선이

만나는 빌딩의 데이터로부터 구할 수 있다. 하지만, 파라미터 w 와 ϕ 의 값을 구하기 위해서는 단말기 주위 영역을 2차원으로 분석해야 한다. 또, 파라미터 l 은 빌딩의 방향과 항상 수직으로 만나지는 않는다.

(나) 거리 사이에서의 전파, NLoS

그림 3-39는 일반적인 마이크로 셀 영역에서의 NLoS 경우를 보여주며 그림 3-37의 BS2와 MS3 사이의 링크에 해당한다. 이러한 상황은 NLoS2라고 정의하며 관련 파라미터는 다음과 같다.

w_1 : 기지국 위치에서 거리의 폭(m)

w_2 : 단말기 위치에서 거리의 폭(m)

x_1 : 기지국과 거리가 교차된 지점 사이의 거리(m)

x_2 : 단말기와 거리가 교차된 지점 사이의 거리(m)

α : 코너의 각도(라디안)

(다) 가시 경로(LoS)

그림 3-37의 BS1-MS2와 BS2-MS4 사이의 경로는 가시 환경의 한 예이다. 같은 모델이 가시 경로에 대하여 적용이 가능하다.

o 필요 데이터

도심지의 특정 장소에서 다양한 데이터가 사용될 수 있다. 가장 정확한 정보는 다음과 같은 데이터로 구성된 고분해능 데이터로부터 유도될 수 있다.

- 빌딩 구조

- 상대적/ 절대적 빌딩 높이
- 식물의 정보

데이터 형태는 가는 선 또는 벡터로 표시된다. 벡터 데이터의 정확도는 1 또는 2 미터 이내이어야 한다. 가는 선 데이터의 정확도는 1에서 10 미터 이내이다. 높이의 정확도는 1에서 2 미터 이내이어야 한다. 고분해능 데이터를 알 수 없는 경우에는 저분해능(50 미터 분해능) 데이터를 이용한다.

다. 경로 손실 모델

다양한 전파 환경은 3.1에서 정의된 바 있다. 전파 모델은 주파수 값에 좌우되며 UHF와 밀리미터파에 대한 모델은 다를 수 있다. UHF 주파수에서는 가시 영역과 비가시 영역이 고려된다. 밀리미터파에서는 가시 영역만이 고려된다.

(1) 거리 내의 가시 영역

가) UHF 전파

UHF 주파수 영역에서 전파 손실은 하나의 breakpoint를 갖는 두 개의 직선으로 나타낼 수 있다. 경로 손실의 아래 경계값은 다음과 같이 표현된다.

$$L_{LoS, l} = L_{bp} + \begin{cases} 20 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \leq R_{bp} \\ 40 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d > R_{bp} \end{cases} \quad (1)$$

R_{bp} 은 breakpoint 값이며 다음과 같이 표현된다.

$$R_{bp} = \frac{4 h_b h_m}{\lambda} \quad (2)$$

λ 는 파장이며 단위는 미터이다.

경로 손실의 위 경계값은 다음과 같이 표현된다.

$$L_{LoS, u} = L_{bp} + 20 + \begin{cases} 25 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \leq R_{bp} \\ 40 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d > R_{bp} \end{cases} \quad (3)$$

L_{bp} 는 breakpoint에서의 기본 경로 손실 값이며 아래와 같이 정의된다.

$$L_{bp} = \left| 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda^2}{8\pi h_b h_m} \right) \right| \quad (4)$$

나) SHF 전파

SHF에서 거리가 1km 이내인 경우 교통량은 breakpoint 거리에 영향을 줄 수 있다. breakpoint, R_{bp} 은 다음과 같이 추정된다.

$$R_{bp} = 4 \frac{(h_b - h_s)(h_m - h_s)}{\lambda} \quad (5)$$

h_s 는 도로의 차량이나 보도의 보행자와 같은 물체에 의한 유효 도로 높이이다. 따라서, h_s 는 도로의 교통량에 좌우된다. 표 4와 5는 교통량이 많은 낮 시간대와 교통량이 적은 밤 시간대에서 측정한 h_s 값을 보여준다. 교통량이 많은 경우는 도로의 10~20%를 차량이 점유하고 보도의 0.2~1%를 보행자가 점유한 상태를 나타낸다. 교통량이 적은 경우는 도로의 0.1~0.5%를 차량이 점유하고 보도의 0.001% 이하를 보행자가 점유한 상태를 나타낸다. 도로의 폭은 27미터이고 양 쪽에 6미터 폭의 보도를 포함하고 있다.

h_m 이 h_s 보다 큰 경우 SHF 주파수 대역에서 경로 손실의 상향, 하향 경계값은 방정식 (1)과 (3)을 이용하여 계산될 수 있으며 이 때 L_{bp} 은 다음과 같이 표현된다.

$$L_{bp} = \left| 20 \log_{10} \left\{ \frac{\lambda^2}{8\pi(h_b - h_s)(h_m - h_s)} \right\} \right| \quad (6)$$

반대로, h_m 이 h_s 보다 작은 경우 breakpoint는 존재하지 않는다. 기지국 근처($d < R_s$)의 지점에서는 UHF 범위와 유사한 경로 손실 특성을 갖지만, 기지국에서 먼 지역에서는 감쇄 지수는 3이 된다. 따라서, $d \geq R_s$ 인 경우 경로 손실의 아래 경계값과 위 경계값은 각각 다음과 같이 표현된다.

$$L_{LoS, l} = L_s + 30 \log_{10} \left(\frac{d}{R_s} \right) \quad (7)$$

$$L_{LoS, u} = L_s + 20 + 30 \log_{10} \left(\frac{d}{R_s} \right) \quad (8)$$

기본 경로 손실 L_s 는 다음과 같이 정의된다.

$$L_s = \left| 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda}{2\pi R_s} \right) \right| \quad (9)$$

(2) 비가시영역에서의 모델

비가시영역의 신호는 회절이나 다경로에 의하여 기지국 또는 단말기에 수신된다. 이 장에서는 회절에 의한 모델을 소개하기로 한다.

가) 건물 옥상으로의 전파

건물 꼭대기의 높이가 비슷한 경우 multi-screen 회절 모델이 유효하다. 그림 2에서 전파 경로 길이 l 에 대하여 건물 높이의 차이가 첫 번째 Fresnel-zone 반경보다 작다면 모델에 사용되는 건물 높이는 평균 건물 높이가 된다. 또, 건물 높이의 차이가 첫 번째 Fresnel-zone 반경보다 크다면 multi-screen 모델 대신 가장 높은 빌딩에 의한 knife-edge 회절을 계산하는 모델이 더 유용하다.

건물 높이가 비슷한 NLoS1의 경우 등방성 안테나 사이의 손실은 자유 공간 손실, L_{bf} , 건물 꼭대기에서 거리로의 회절 손실, L_{rts} , 줄지어 있는 빌딩들의 회절에 의한 감소량, L_{msd} 의 합이다. 이 모델에서 L_{bf} 와 L_{rts} 은 기지국 안테나 높이와 무관하지만, L_{msd} 은 기지국 안테나가 빌딩보다 높은지 혹은 낮은지에 따라 영향을 받는다.

$$L_{NLoS1} = \begin{cases} L_{bf} + L_{rts} + L_{msd} & \text{for } L_{rts} + L_{msd} > 0 \\ L_{bf} & \text{for } L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \end{cases} \quad (10)$$

자유공간 손실은 다음과 같이 표현된다.

$$L_{bf} = 32.4 + 20 \log_{10} \left(\frac{d}{1000} \right) + 20 \log_{10} (f) \quad (11)$$

d : 경로 길이(m)

f : 주파수(MHz)

L_{rts} 은 multiple-screen 경로를 따라 진행하는 전파가 단말기가 위치해 있는 거리로 커플링 된 값을 의미하며 거리의 폭과 방향을 고려한 값이다.

$$L_{rts} = -8.2 - 10 \log_{10}(w) + 10 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(\Delta h_m) + L_{ori} \quad (12)$$

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0.354\phi & \text{for } 0^\circ \leq \phi \leq 35^\circ \\ 2.5 + 0.075(\phi - 35) & \text{for } 35^\circ \leq \phi \leq 55^\circ \\ 4.0 - 0.114(\phi - 55) & \text{for } 55^\circ \leq \phi \leq 90^\circ \end{cases} \quad (13)$$

$$\text{단, } \Delta h_m = h_r - h_m \quad (14)$$

L_{ori} 는 건물 꼭대기와 거리의 회절 효과를 고려할 때 전파 경로가 거리와 수직이 되지 않는 경우 거리의 방향을 보정하는 인자이다. 줄지어 있는 빌딩에 의한 기지국의 multiple screen 회절 손실은 빌딩 높이에 대한 기지국 안테나 높이와 입사각에 좌우된다. 그림 2a에서

$$d_s = \frac{\lambda d^2}{\Delta h_b^2} \quad (15)$$

$$\Delta h_b = h_b - h_r \quad (16)$$

L_{msd} 는 d_s 와 빌딩이 점유한 거리 l 의 상대적 크기에 좌우된다.

l 이 d_s 보다 큰 경우 L_{msd} 계산

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log_{10} \left(\frac{d}{1000} \right) + k_f \log_{10} (f) - 9 \log_{10} (b) \quad (17)$$

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \log_{10} (1 + \Delta h_b) & \text{for } h_b > h_r \\ 0 & \text{for } h_b \leq h_r \end{cases} \quad (18)$$

L_{bsh} 는 기지국 높이에 의하여 좌우되는 손실이다.

$$k_a = \begin{cases} 54 & \text{for } h_b > h_r \\ 54 - 0.8 \Delta h_b & \text{for } h_b \leq h_r \text{ and } d \geq 500m \\ 54 - 1.6 \Delta h_b d / 1000 & \text{for } h_b \leq h_r \text{ and } d < 500m \end{cases} \quad (19)$$

$$k_d = \begin{cases} 18 & \text{for } h_b > h_r \\ 18 - 15 \frac{\Delta h_b}{h_r} & \text{for } h_b \leq h_r \end{cases} \quad (20)$$

$$k_f = \begin{cases} 0.7(f/925 - 1) & \text{중간크기의 도시와 교외지역} \\ 1.5(f/925 - 1) & \text{대도시지역} \end{cases} \quad (21)$$

이 d_s 보다 작은 경우 L_{msd} 계산

이 경우에는 기지국과 건물 꼭대기의 상대적인 높이에 의한 영향을 받는다.

$$L_{msd} = -10 \log_{10} (Q_M^2) \quad (22)$$

$$Q_M = \begin{cases} 2.35 \left(\frac{\Delta h_b}{d} \sqrt{\frac{b}{\lambda}} \right)^{0.9} & \text{for } h_b > h_r \\ \frac{b}{d} & \text{for } h_b \approx h_r \\ \frac{b}{2\pi d} \sqrt{\frac{\lambda}{\rho}} \left(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{2\pi + \theta} \right) & \text{for } h_b < h_r \end{cases} \quad (23)$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{\Delta h_b}{b} \right) \quad (24)$$

$$\rho = \sqrt{\Delta h_b^2 + b^2} \quad (25)$$

나) 거리를 따라 전파되는 경우

두 안테나가 모두 건물 꼭대기 밑에 있는 NLoS2 환경에서는 교차로의 코너에서 반사파와 회절파가 고려되어야 한다. (그림 3-29)

$$L_{NLoS2} = -10 \log_{10} (10^{-L_r/10} + 10^{-L_d/10}) \text{ dB} \quad (26)$$

L_r 은 반사 경로 손실이며 아래와 같이 표현된다.

$$L_r = 20 \log_{10} (x_1 + x_2) + x_1 x_2 \frac{f(a)}{w_1 w_2} + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) \quad (27)$$

$$f(a) = \frac{3.86}{a^{3.5}} \text{ dB} \quad 0.6 < a [\text{rad}] < \pi \quad (28)$$

L_d 는 회절 경로 손실이며 다음과 같이 정의된다.

$$L_d = 10 \log_{10} [x_1 x_2 (x_1 + x_2)] + 2D_a - 0.1 \left(90 - \alpha \frac{180}{\pi} \right) + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) \text{ dB} \quad (29)$$

$$D_a = \left(\frac{40}{2\pi} \right) \left[\arctan \left(\frac{x_2}{w_2} \right) + \arctan \left(\frac{x_1}{w_1} \right) - \frac{\pi}{2} \right] \text{ dB} \quad (30)$$

(3) 일반적인 지역에서의 파라미터 설정

빌딩과 도로에 대한 데이터를 알 수 없는 경우에는 파라미터를 다음과 같이 설정하면 된다.

$$h_r = 3 \times (\text{건물 층수}) + \text{건물 높이} (m)$$

$$\begin{aligned} \text{건물 높이} &= 3m \quad \text{지붕이 뾰족한 경우} \\ &= 0m \quad \text{지붕이 평평한 경우} \end{aligned}$$

$$w = b/2 \quad b = 20 \sim 50m$$

$$\phi = 90^\circ$$

(4) 식물에 의한 영향

실외의 짧은 경로에서 전파를 예측하는 경우 식물(특히 나무)에 의한 영향이 중요하다. 전파 메카니즘은 두 가지로 분류가 된다.

- 나무를 통과하는 전파
- 나무 위를 지나는 전파

첫 번째 메카니즘은 두 안테나가 모두 나무 높이보다 낮은 위치에 있고 나무를 통과하는 거리가 짧은 환경에서 적용된다. 두 번째 메카니즘은 하나의 안테나가 나무 보다 높은 위치에 있는 경우 영향을 미친다. 감쇄량은 나무 구조 위를 지나거나 통과하는 신호 에너지의 회절에 의한 다경로 산란에 의하여 영향을 받는다. 전파가 나무 위를 지나는 환경에서 낮은 안테나에서 가장 가까운 나무의 가장자리에서는 회절이 주로 일어난다. 따라서, knife-edge 확산 모델을 이용하여 간단하게 모델링할 수 있다.

라. 빌딩 투과 손실

빌딩 투과 손실은 빌딩벽으로 인한 손실이며 동일한 높이에서 빌딩의 안쪽과 바깥쪽에서 신호세기의 차이로 정의된다. 이 때 전파의 입사각이 고려되어야 한다. (경로 길이가 10미터 이내인 경우 빌딩 투과 손실을 결정할 때 경로 길이의 변화로 인한 자유 공간 손실의 차이가 고려되어야 한다. 안테나 위치가 건물 가까이 있는 경우 근전계 효과를 고려할 필요가 있다.)

빌딩 내부에서 투과가 일어날 경우 손실이 추가로 발생한다. 일반적으로 빌딩에 수평으로 통과하는 신호가 주요 전송 모드가 되며 빌딩 구조가 같은 모양인 경우 빌딩 투과 손실은 높이에 좌우되지 않는다.

실외 시스템에서 실내 시스템으로의 커버리지를 측정할 때 빌딩

투과 손실이 고려되어야 한다. 실외 시스템과 실내 시스템 사이의 간섭을 고려할 때에도 빌딩 투과 손실은 중요하다.

<표 3-2> 일반적인 전파 환경

환경	특징
도심지 높은 고도	<ul style="list-style-type: none"> - 높은 빌딩들 사이에 거리가 있는 형태 - 높은 빌딩으로 인하여 건물 꼭대기를 거쳐서 전파되기 어렵다. - 높은 빌딩들이 일렬로 있는 경우 경로에 지연이 길어질 가능성이 있다. - 움직이는 차량이 많은 경우 반사체로 작용하여 반사파에 도플러 효과가 생긴다.
도심지/교외 낮은 고도	<ul style="list-style-type: none"> - 넓은 거리들이 있는 형태 - 빌딩 높이는 일반적으로 3층 이내이며 건물 지붕에서 회절이 발생한다. - 움직이는 차량에 의한 반사와 음영이 때때로 발생한다. - 지연 시간이 길어지고 도플러 효과는 작아진다.
거주지역	<ul style="list-style-type: none"> - 단층 또는 2층 거주지역 - 도로는 일반적으로 2차선이며 도로 양쪽에 차가 주차되어 있다. - 나뭇잎이 존재하는 경우도 있다. - 교통량은 일반적으로 작다.
시골	<ul style="list-style-type: none"> - 작은 집이 큰 정원으로 둘러싸여 있는 형태 - 지형의 높이에 의해 영향을 받는다. - 나뭇잎이 존재할 수 있다. - 교통량은 때때로 많다.

<표 3-3> 전파 환경 - 단말기 속도

환경	보행자 속도(m/s)	차량 속도
도심지 높은 고도	1.5	일반적으로 50km/h (14m/s)
도심지/교외 낮은 고도	1.5	약 50km/h (14m/s) 고속도로에서는 100km/h (28m/s)
거주지역	1.5	약 40km/h (11m/s)
시골	1.5	80 ~ 100 km/h (22 ~ 28 m/s)

<표 3-4> 셀의 정의

셀 종류	셀 반경	기지국 안테나의 위치
작은 매크로셀	0.5 ~ 3 km	실외, 건물 꼭대기 주위의 빌딩 높이는 기지국 안테나보다 높을 수 있다.
마이크로 셀	100 ~ 500 m	실외, 건물 지붕보다 낮은 위치에 설치
피코 셀	100m 까지	실내 또는 실외 건물 지붕보다 낮은 위치에 설치

<표 3-5> 도로의 유효 높이(교통량이 많은 경우)

주파수(GHz)	h_b (m)	h_s (m)	
		$h_m = 2.7$	$h_m = 1.6$
3.35	4	1.3	(2)
	8	1.6	(2)
8.45	4	1.6	(2)
	8	1.6	(2)
15.75	4	1.4	(2)
	8	(1)	(2)

(1) breakpoint 지점이 1km 이상인 경우

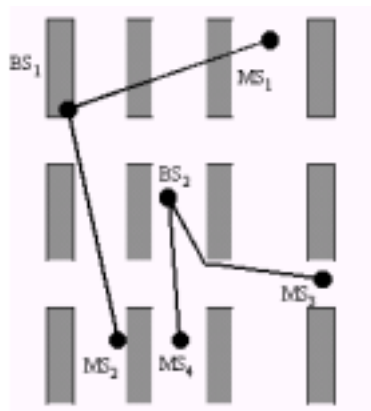
(2) breakpoint가 존재하지 않는 경우

<표 3-6> 도로의 유효 높이(교통량이 적은 경우)

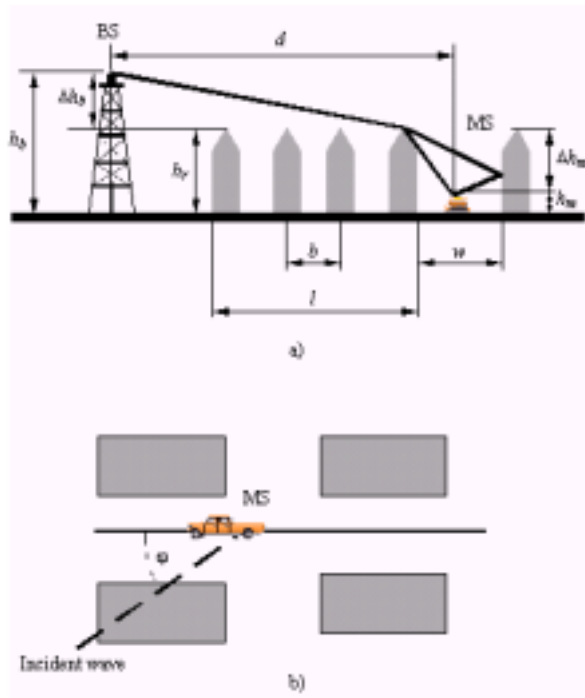
주파수(GHz)	h_b (m)	h_s (m)	
		$h_m = 2.7$	$h_m = 1.6$
3.35	4	0.59	0.23
	8	(1)	(1)
8.45	4	(2)	0.43
	8	(2)	(1)
15.75	4	(2)	0.74
	8	(2)	(1)

(1) 측정되지 않음

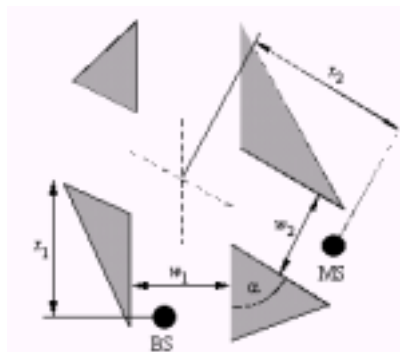
(2) breakpoint 지점이 1km 이상인 경우



[그림 3-37] 도심지에서의 일반적인 전파 시나리오



[그림 3-38] NLoS1의 파라미터 정의



[그림 3-39] NLoS2의 파라미터 정의

4. 간섭원 분석

가. 이동위성서비스(MSS : Mobile Satellite Service)

MSS는 개인이 위성과 직접교신이 가능한 휴대용 단말기를 사용하여 전세계 어디서나 시간과 장소에 구애받지 않고 누구와도 통화를 할 수 있는 위성을 이용한 이동통신이다. 이러한 MSS의 특징으로는 지역의 제한없이 전세계를 대상으로 서비스가 가능하고, 저렴한 투자비용으로 광범위한 서비스지역을 용이하게 구축할 수 있으며, 정지궤도위성에 비해 지구 표면과 가깝기 때문에 전송지연 시간이 짧고, 경로 손실이 적어 단말기의 소형화, 경량화, 저출력화가 가능하며, 다수의 스폿빔(Spot Beam)을 구성하여 주파수의 재사용이 가능하고, 재해, 긴급구조, 의료용으로 특히 큰 장점이 있다.

전 세계적으로 거론되고 있는 MSS는 이리듐, 글로벌스타, 오딧세이, ICO 등이 있으며 이 중에서 현재 상업화가 가장 빠른 글로벌스타의 상향 피더링크의 주파수가 무선랜과 동일한 5GHz 대역을 사용하고 있다.

글로벌스타는 지상 1,414 km의 저궤도 (LEO : Low Earth Orbit)에 위치한 48기의 글로벌스타 위성과 지구 곳곳에 구축될 지구국을 연결하여 동일한 단말기로 위성전화 서비스는 물론, 데이터/팩스 전송 및 위치확인 등 다양한 고품질의 통신서비스를 제공하는 위성전화 서비스이다.

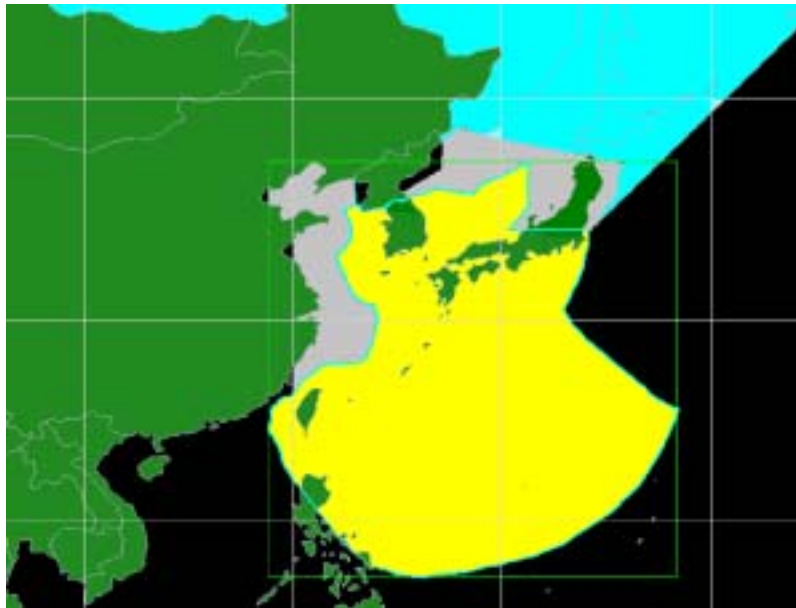
'94년 France Telecom, Vodafone-AirTouch 등의 세계유수의 통신 사업자들과 Loral, Alcatel, Qualcomm, DASA 등 주요 위성 및 통

신장비 제조업체 등 전세계 6개국 12개 사업자가 전략적 파트너로 참여한 투자비 42억 달러의 다국적 컨소시엄인 글로벌스타는 세계인구의 98%가 거주하는 남, 북위 70도 이내 지역을 통화권역으로 다양한 이동통신 서비스를 제공하고 있다.

글로벌스타는 현재 한국을 비롯한 전세계 38개국에서 지구국을 운영 또는 건설 중에 있고, 이미 100여개 국가에서 서비스 제공을 위한 사업권을 획득했으며, 북미, 중남미 지역과 유럽 그리고 한국을 포함한 총 39개국에서 상용서비스를 제공하고 있다.

글로벌스타의 지구국은 글로벌스타 위성과 이용자 단말기간의 호 접속, 호 처리 및 부가 서비스를 제공하고 가입자 관리, 과금 등의 기능을 수행한다. 전세계에 걸쳐 설치될 30개의 글로벌스타 지구국 중 한국 여주를 포함한 9개 지역의 지구국은 이미 구축이 완료가 되어 상용서비스를 수행 중에 있고 나머지 지구국들 또한 스케줄에 맞추어 구축이 순조롭게 이루어지고 있으며, 이 지구국들은 각 지역별로 지정된 서비스 제공자가 운영하게 된다. 최대 16개의 글로벌스타 사업자와 공유가 가능한 글로벌스타 지구국은 1개 지구국당 서유럽 면적 만한 지역을 커버할 수 있으나 지상망과의 원활한 접속을 위해 각국의 글로벌스타 사업자는 독자적인 지구국을 구축하고 있다. 또한 이렇게 중복되는 지구국의 커버리지로 인해 인접국과는 자국의 지구국 사용불가시 인접국의 지구국을 공유할 수 있어 통신의 신뢰성을 더욱 보장하여 준다. 데이콤이 지난 '97년 9월 경기도 여주에 구축한 국내 글로벌스타 지구국은 위성원격제어기능(Telemetry & Command Functions)을 보유하고 있는 전세계 5개의 지구국 중 하나로, 위성 발

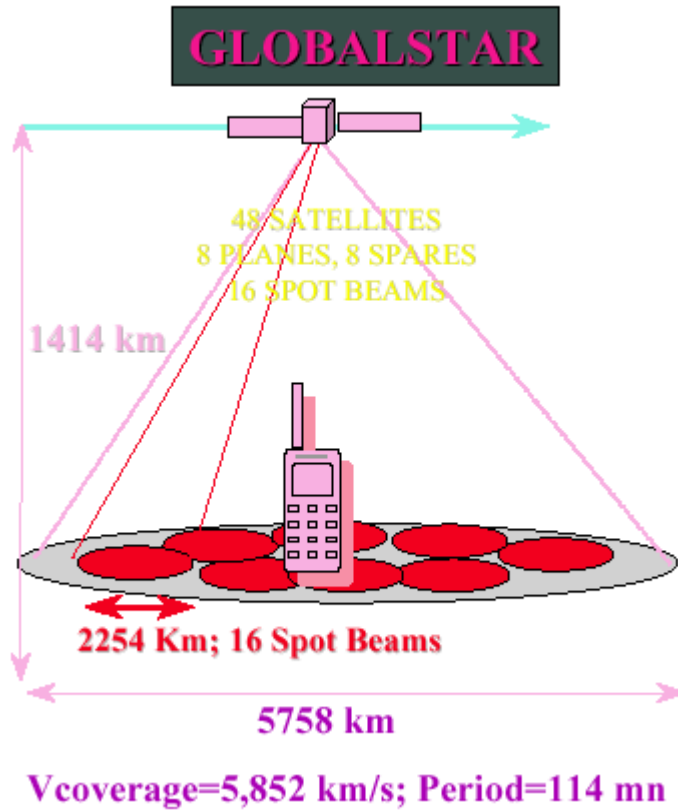
사시 궤도 진입 및 위성의 자세 제어 등의 중요한 역할을 수행하고 있다.



국내 Coverage Area (통화권영역)
 확장 콜 영역 (통화예상지역) 통화가능
 러시아 Coverage Area (로밍서비스) 통화가능

[그림 3-40] 데이콤 여주지구국의 국내 커버리지 지역

글로벌스타 위성은 단말기나 지상지구국에서 발신되는 신호를 단지 증폭하여 수신측 단말기나 지상지구국으로 전환시켜주는 단순한 기능(Bent pipe)을 수행하고 통화처리 및 교환은 지상의 게이트웨이에서 수행한다.



[그림 3-41] 글로벌스타 사양

글로벌스타의 세부사양을 살펴보면 아래와 같다.

Single Satellite Coverage : 70° latitude

Dual or higher Satellite Coverage : $25^{\circ} \sim 50^{\circ}$ latitude

Mobile link : CDMA

Feeder link : FDM(uplink), FDMA(downlink)

Frequency of feeder uplink : 5091 ~ 5250 MHz

Frequency of feeder downlink : 6875 ~ 7055 MHz

Feeder uplink Band : 160 MHz (= 10MHz X 16Ch)

16 channels uplink (RHCP 8개, LHCP 8개)

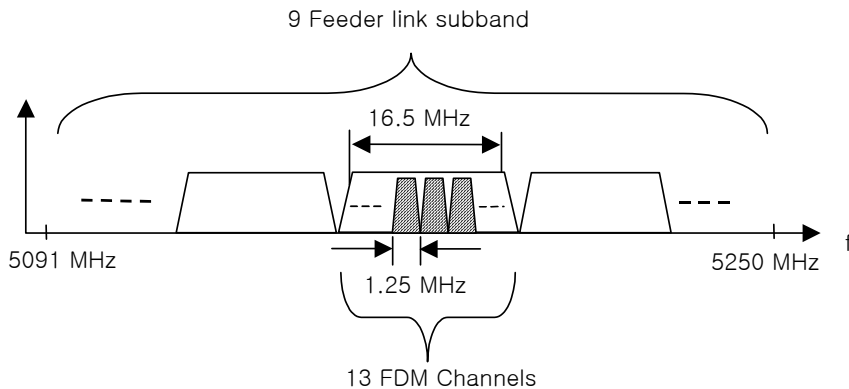
another 16 channels downlink (RHCP 8개, LHCP 8개)
Satellite visibility time : 16.4min.
Minimum elevation angle : 10°
One-way propagation delay time:4.63 ms(Min), 11.5 ms(Max)
Link margin : 11 ~ 16 dB
Number of beams : 16 spot beams/satellite

위의 글로벌스타 사양을 분석함으로써 무선랜에 간섭을 주는 위성신호에 대한 모델링을 할 수 있다. 글로벌스타는 세계적으로 같이 사용하는 위성이기 때문에 시스템이 가지고 있는 일반적 특성이 있으며, 각 지구국이 위치한 환경에 따라 달리하는 제한적 특성이 있다.

○ 간섭원 신호에 대한 일반적 특성

- 간섭원 신호 : 글로벌스타의 지구국에서 위성으로 올라가는 피더 링크 신호
- 간섭 주파수 : 5091 ~ 5250 Mhz
- 간섭 대역폭 : 159 Mhz
- 채널 대역폭 : 1.23 Mhz (guardband를 포함하면 1.25Mhz임)
- 편파 : LHCP & RHCP
- 신호 특성 : 글로벌스타 위성은 가입자와 지구국사이를 단순히 반송 주파수만 바뀌서 재전송하는 단순 중계기 역할을 수행한다. 따라서 5Ghz 대역에서간섭원으로 작용하는 상향 피더링크 신호는 가입자 신호와 반송주파수만 다르고 신호 특성은 똑같다. 글로벌스타 위성은 가입자와 연결할 때 L 밴드와 S 밴드에서

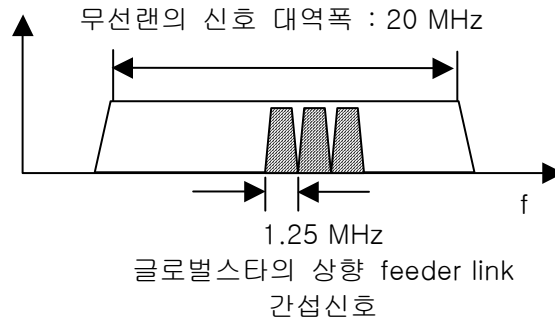
IS-95를 따르는 CDMA 신호를 사용하므로 간섭원 신호도 이와 똑같은 특성을 갖게 된다. 다만 지구국에서 위성으로 올라가는 신호는 FDM방식에 의하여 13개의 채널이 하나의 피더링크 서브밴드가 되고 이들은 가입자의 통화량에 따라서 스펙트럼을 차지하게 된다. 즉 개별 신호는 CDMA 신호이며 가입자 수 또는 통화량에 따라서 피더링크 대역에서 차지하는 스펙트럼이 다르게 나타나게 되는 것이다. 무선랜 신호와 피더링크 신호와의 간섭은 신호들의 스펙트럼이 대역내에서 차지하는 비율, 상대적인 크기, 대역내 상대적인 위치에 따라서 달라질 것으로 예상된다.



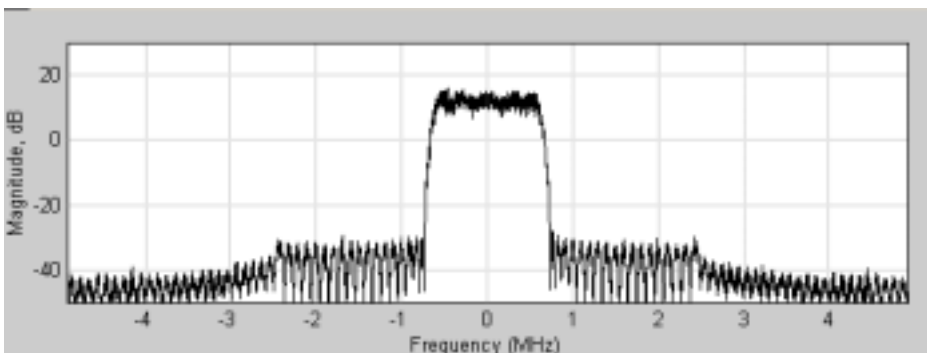
[그림 3-42] MSS Feeder link의 신호 스펙트럼

위의 그림으로부터 위성 이동서비스가 무선랜에 간섭을 미칠 때 무선랜의 신호 대역폭(20MHz)이 글로벌스타의 신호 대역폭(1.23MHz)보다 훨씬 크지만 통화량에 따라 글로벌스타의 신호대역폭이 $1.25\text{MHz} * n(n=1,2,)$ 으로 늘어나게 되므로 둘사이의 간섭

은 피할 수 없게 된다.



[그림 3-43] 간섭 시나리오의 일례



[그림 3-44] IS-95 CDMA 신호의 스펙트럼

- 위성 수신단에서 상향신호의 전력 : -141.2 dBW
- 이동 단말기에서 하향신호의 전력 : -164.0 dBW
- 평균 경로손실 : 174.1 dB
- 위성 수신단에서 등가 잡음온도 : 549.5 K
- 이동 단말기에서 등가 잡음온도 : 293.7 K
- 위성 수신안테나 이득 : 6 dB

- 위성 수신기의 피더손실 : 2.9 dB
- 지구국 송신출력 : 1000 W

○ 간섭원 신호에 대한 제한적 특성(국내 현황에 의함)

당초 도입이 활발할 것으로 예상되었던 이동 위성 개인 휴대 통신시스템(GMPCS : Global Mobile Personnel Communication System)의 도입이 일부 보류되거나 취소되면서 현재 국내에 운용 중인 위성지구국은 데이콤의 여주 위성지구국만 해당되며 한국통신은 2002년 하반기에서 2003년 중 전파를 송출할 예정이다.

데이콤 여주 위성지구국은 현재 원격측정용으로 5091 Mhz, 글로벌스타용으로 5097~5250 Mhz 주파수를 송출 중이며, 한국통신의 천안위성지구국(ICO)는 5150~5250 Mhz 주파수를 이용할 예정이다.

여주 위성지구국은 해발고 80m이며 지상으로부터 2m 높이의 위성돔을 가지고 위성이 우리나라를 지나가는 시간 스케줄에 따라 전파를 발사하고 있다. 관측 방위각은 360도 전방향이고 양각은 10 ~ 90도로서 10도 미만으로는 전파를 발사하지 않고, 위성은 임의의 방향에서 동시에 2~3 개가 지나가므로 지구국에 설치된 4개의 안테나가 각 위성별로 각각 할당되어 추적한다.

이상의 제한적 특성으로 볼 때 5GHz 대역의 무선랜이 글로벌스타에 의해 간섭을 받는 곳은 지구국 주변으로 한정될 것으로 예상된다. 또한 지구국 주변에서도 전파의 송출 방향이 양각으로 10도 이하에서는 사용하지 않기 때문에 지구국 안테나의 패턴만 문제없으면 무선랜을 지구국 안테나보다 낮은 곳에서 운용하는 한 간섭의

영향이 미미할 것으로 여겨진다.

이와는 반대로 무선랜이 위성에 간섭을 미치는 경우를 생각할 수 있으며 무선랜이 활성화 될 경우 간섭의 영향도 크게 될 것이다. 이러한 경우에 주파수 공유를 위한 조건으로 위성수신기의 잡음온도 증가를 3%로 한정하였다. 이로부터 무선랜에서 나오는 전력을 환산하면 다음과 같다.

<표 3-7> 무선랜에 의한 글로벌스타의 허용전력 산출

잡음온도 증가분	16.5K	$= 549.5K \times 0.03$
전력 증가량	-125.5 dBm	$= 1.38 \times 10^{-23} \times 16.5 \times 1.23 \times 10^6$
지상에서의 전력 (간섭 허용 전력)	48.6 dBm	$= 174.1 - 125.5$

여기에서 위성과 지표면 사이의 평균 경로손실은 174.1dB 이다. 따라서 위성에서 잡음온도 증가가 3%를 넘지 않기 위해서는 지표면에서 위성을 향하는 간섭신호의 전력이 위성단에서는 -125.5 dBm, 지상에서는 48.6 dBm을 넘지 않아야 한다. 지상에서 나타난 48.6 dBm 의 전력제한치는 추후에 무선랜의 사용자 숫자를 평가하는데 사용될 것이다.

나. 국내 기상레이다

우리나라는 1968년 관악산에 기상레이더(S-band)가 처음 설치되면서 레이더관측이 시작되었으며, 이후 제주 고산(1990), 부산(1990),

동해(1991), 군산(1992) 등 5개 지점에 기상레이더를 설치함으로써 우리나라 전역의 기상을 감시할 수 있는 기본적인 관측망이 완성되었다.

(1) 국내 기상레이더 위치



[그림 3-45] 기상레이더 위치

기상용 레이더는 서울, 부산, 군산, 동해, 제주 5곳에 설치 운용 중이다. 최근에 서해로부터 접근하는 악기상 현상의 조기포착과 북부지역에 대한 기상감시·분석에 활용코자 백령도에 기상레이더장비가 신설 운용 중이다.

* 참고: 5GHz 대역의 군 기상 레이더.

- 경남 사천 레이더

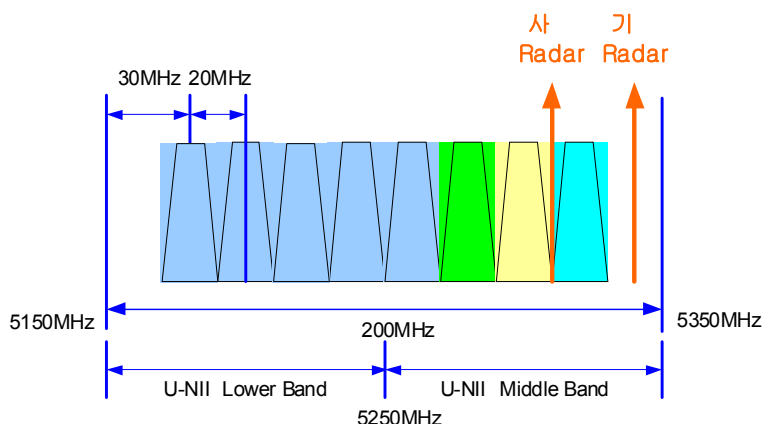
사천 레이더는 해발고 8.3M이며 지상으로부터 총 17.7M(3층 건물의 옥상에 1.9M 철탑)높이의 레이더 돔에서 24시간 전파를 발사하고 있다. 관측 방위각은 360도 전방향, 전파발사 양각은 평상시는 $+1^{\circ}\sim+90^{\circ}$, 정비시는 $-2^{\circ}\sim+90^{\circ}$, 초당 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 의 회전 속도를 가지며 유효탐지거리는 480km이다.

다. 기상레이더 모델링

(1) 기상레이더 주파수

기상레이더의 5GHz대역에서 WLAN에 미치는 간섭영향을 분석하기 위해서는 기상레이더의 신호 분석을 통한 모델링 작업이 필요하며, 그와 부수적으로 전파환경에 대한 모델링이 필요하다.

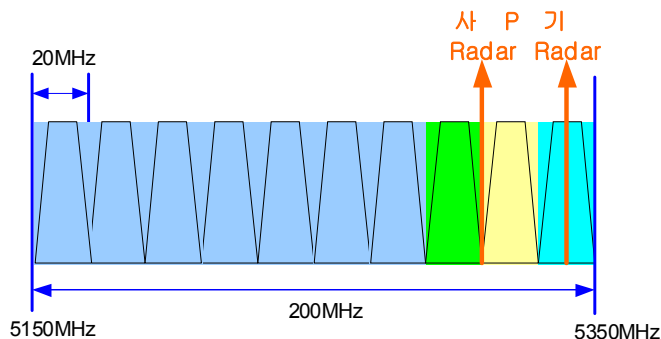
아래 그림3-46은 현재 기상레이더의 주파수를 WLAN이 사용될 5GHz대역의 낮은 대역에서의 배치를 나타낸 것이다. 현재 미국 IEEE 802.11a 물리계층 표준에 명시되어 있는 5150MHz~5350MHz U-NII Lower, Middle Band 계획을 참고하여 나타내었다.



[그림 3-46] U-NII Band에 나타난 기상레이더 주파수 분포

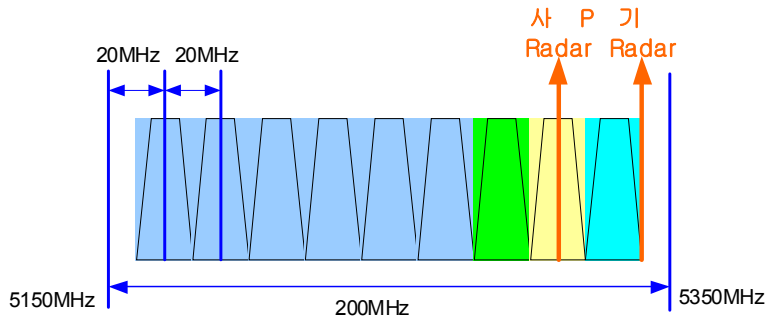
위 그림 3-46에 나타난 바와 같이 미국에서는 U-NII Band에서의 채널 배치를 양쪽에 20MHz를 보호대역으로 남겨두고 8채널이 배치되도록 계획하였다. 이 배치를 국내에 적용하면 기상레이다는 무선랜의 중심주파수에서 20MHz가 이격 되게 된다. 또한 앞에 잠깐 소개한 바 있는 경남 사천의 군사용 기상레이다의 경우는 5310MHz에 중심주파수가 존재하므로, 결국 무선랜 중심주파수에서 10MHz 이격 됨을 할 수 있다.

앞에서 살펴본 U-NII Band와 비교하여 국내 5GHz대역의 주파수 배치는 아직 확정되지 않았지만 본 문서에서는 전체 200MHz대역을 모두 사용할 것으로 가정하여 아래 그림3-47과 같이 나타내었다.



[그림 3-47] 10 채널 사용시 기상레이다 주파수 분포

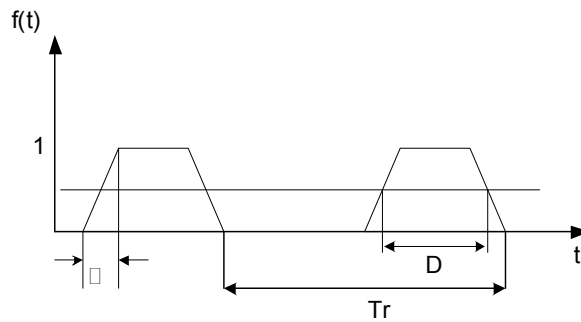
또한, 국내에서도 미국에서와 유사하게 전체 밴드에서 양쪽에 보호대역을 10MHz를 사용하게 된다면 즉, 9채널을 사용하게 된다면 그 기상레이다의 주파수 분포는 그림3-48과 같다. 두 경우 보다 동일 주파수의 간섭과 10MHz, 20MHz의 중심주파수 이격이 존재함을 할 수 있다.



[그림 3-48] 9 채널 사용시 기상레이다 주파수 분포 (보호대역 10MHz)

(2) 기상레이다 신호 분석 및 모델링

기상레이다의 신호는 아래 그림 3-49와 같이 나타낼 수 있다. 그림에서 보듯이 기상레이다는 단일 부등변 사각형 펄스의 신호 형태를 가지고 일정한 시간 간격으로 주기적인 펄스 열을 발생시키는 신호이다. 이를 그림에 있는 변수를 가지고 수식으로 나타내면 식(1)과 같다.



[그림 3-49] 레이다 신호

본 연구보고서에서는 5GHz대역에서의 기상레이다 현황을 살펴보았으며, 이를 바탕으로 주파수 배치에 따른 간섭원인 레이다 주파수 분포를 살펴보았다. 그 결과 기상레이다는 무선랜 주파수배치에 따라 동일 채널 혹은 주파수이격 10MHz, 20MHz인 간섭원으로 작용함을 알았다. 또한 기상레이다 외에 사천레이다인 경우에도 동일한 영향을 주게 됨을 알았다.

위와 같은 사실을 바탕으로 신호모델링과 분석을 수행하여 기상레이다의 파형을 시뮬레이션 해 보았고, 앞으로 무선랜 시스템과 간섭분석을 수행할 예정이다. 간섭분석 수행 시 물리계층에서의 신호처리를 위해 동일 채널일 경우 특별한 조치 없이 수행 가능하나 주파수 이격인 경우 간섭원인 레이다 신호에 필터처리를 하여 시뮬레이션을 수행하여 된다는 판단을 내렸다.

끝으로, 본 보고서의 범위에서 설명한 바와 같이 무선랜의 미치는 Radar간섭원들에 의한 간섭분석을 위한 기초 자료로 사용되리라 판단되며, 다른 간섭원을 분석할 때도 동일한 흐름으로 분석되어야 될 것이다

라. 분석방법

ITU-R M.1461 권고에서 제공된 방법이 무선접속시스템(WAS)과 레이더간의 간섭을 결정하는데 사용될 수 있다. 다음의 식은 레이더에서 WAS로의 간섭 레벨을 계산하기 위해 사용된다.

$$I_{WAS} = P_{T, RADAR} + G_{T, RADAR}(\theta) + G_{R, WAS}(\phi) - L_{T, RADAR} - L_{R, WAS} - L_p - FDR(dBW)$$

여기서, I_{WAS} : 레이더 펄스의 첨두 전력(dBW)

$P_{T, RADAR}$: 레이더 송신기의 첨두 전력(dBW)

$G_{T, RADAR}(\theta)$: WAS국 방향의 레이더 안테나 이득 (dBi)

$G_{R, WAS}(\phi)$: 레이더 방향에서 WAS 수신단 안테나이득 (dBi)

$L_{T, RADAR}$: 레이더 송신단의 삽입 손실 (약 2 dB)

$L_{R, WAS}$: WAS 수신기의 삽입손실 (약 2 dB)

L_P : 안테나 송수신기 사이의 자유공간 전파경로손실 (dB)

FDR : frequency-dependent rejection

여기서 FDR은 OTR(On-Tune Rejection)과 OFR(Off-Frequency Rejection)으로 나누어질 수 있다.

$$FDR(f) = OTR + OFR(f)$$

Off-Frequency Rejection은 동일 주파수에 대해서 0 dB로 설정된다. 그리고 OTR은 다음과 같이 근사화된다.

$$OTR \approx \max \left\{ 0, 10 \log \left(\frac{B_T}{B_R} \right) \right\}$$

여기서, B_R 은 간섭받은 수신기 대역폭 (Hz)이고 B_T 은 간섭원 송신기 대역폭(Hz)이다.

유사하게, WAS에서 레이더로의 간섭은 다음과 같다.

$$I_{RADAR} = P_{T, WAS} + G_{T, WAS}(\theta) + G_{R, RADAR}(\phi) - L_{T, WAS} - L_{R, RADAR} - L_p - FDR$$

여기서, I_{RADAR} : 레이더 수신기 입력단에서 원치않는 신호의 첨두 전

력(dBW)

$P_{T, WAS}$: WAS 송신기의 첨두 전력(dBW)

$G_{T, WAS}(\theta)$: 레이더 방향의 WAS 송신기의 안테나 이득 (dBi)

$G_{R, RADAR}(\phi)$: WAS 방향의 레이더 방향의 안테나 이득 (dBi)

$L_{T, WAS}$: WAS 송신기의 삽입 손실 (약 2 dB)

$L_{R, RADAR}$: 레이더 수신기의 삽입손실 (약 2 dB)

L_P : 안테나 송수신기 사이의 자유공간 전파경로손실 (dB)

FDR : frequency-dependent rejection

간섭 잡음 비율(I/N)은 수신 잡음 전력과 간섭전력을 비교함으로써 결정되며 다음과 같이 주어진다.

$$N = -144 \text{ dBW} + 10 \log(B_{IF}) + NF$$

여기에서, N은 수신기 내부잡음 레벨(dBW)이고 B_{IF} 은 수신기 IF 대역폭(MHz)이고, NF는 수신기 잡음지수(dB)이다.

경로손실이 자유공간 전파를 바탕으로 계산되고, 13 dB의 평균 건물 감쇄 손실이 실내 WAS 시스템들의 분석을 위해 가정된다.

제2절 5GHz WLAN 성능분석

1. 실내환경에서의 성능분석

가. 강의실

1) 장소 설명

측정 대상 강의실은 크기가 11.2m x 15.2m 이며, 아래그림에 간략히 나타나 있다. 뒤 면의 벽을 제외한 3면의 벽은 콘크리트로서 벽의 두께는 약 0.2m 이고, 뒤 면의 벽은 유리창으로 되어 있다. 내부의 인공물로는 앞 부분과 뒤 부분에 각각 2개씩의 기둥이 돌출되어 있는데, 그 크기가 0.66m x 0.88m 이다. 또한 0.74m 높이의 책상 및 의자들이 놓여 있고, 앞 면에는 칠판이 걸려 있으며 강의에 사용하는 OHP용 스크린과 관련 장치들이 놓여 있다.

강의실 밖으로는 뒤 면을 제외한 3면이 복도와 접하고 있다.

강의실 실내는 AP와 NIC 카드를 탑재한 단말간에 항상 LOS가 보장되는 환경이다.



그림3-50. 강의실 환경

2) 시험 측정 및 결과

본 시험은 Proxim사 AP 및 NIC 카드를 이용하였다. 이 제품은 Atheros사의 1세대 칩을 사용하고 있다. Proxim사의 제품을 사용할 때는 AP의 위치를 한 쪽 모서리와 중앙(앞면에서 7.2m, 양 측면에서 5.6m 거리에 위치)의 2가지 경우로 나누어 측정하였다. 이렇게 한 이유는 트인 공간 (Open Space)인 개활지에서의 측정 결과를 볼 때 1개의 AP를 사용할 경우 강의실 중앙에 AP를 놓는 것이 효율적으로 보였기 때문이며, 또한 Proxim 사의 AP경우에는 정면이나 측면보다 대각선 방향으로 높은 성능을 보였기 때문이다. 또한 Proxim사의 AP를 중앙에 위치시켰을 때는 강의실 외부인 복도에서도 성능을 측정하였다. AP가 모서리에 위치할 때는 AP의 높이가 약 2.3m 이며, AP가 중앙에 위치할 때는 높이가 약 2.4m 이다. NIC 카드를 탑재한 단말의 높이는 책상의 높이인 약 0.74m 이다.

성능 측정을 위한 항목은 Throughput이며, 측정을 위한 툴은 Wireless Valley사의 Site Spy를 사용하였다. 또한 측정한 Throughput은 물리계층에서의 Throughput이 아니고 IP 레벨에서의 Throughput이다.

3) Throughput

o Proxim사 AP 및 NIC 카드: AP가 중앙에 위치

그림3-51에서 AP가 앞면(칠판)에서 7.2m 그리고 양 측면에서 5.6m 떨어진 거리에 위치한다. 그림 3-52에서는 X축, Y축이 각각 0인 지점에 AP가 위치한다.

그림3-52에서 보는 바와 같이 강의실 내부에서는 전체적으로 최소한 18Mbps 이상의 Throughput을 보인다. 특이한 점은 AP의 앞 방향(칠판방향)에서는 20Mbps 이상이 측정되나 뒤 방향에서는 일부 지점

에서는 20Mbps 이상이 측정되지만 나머지 지점들에서는 18 ~20Mbps의 Throughput을 보인다. 개활지 (Open Space)인 운동장에서의 측정 결과에 의하면 AP의 앞 방향과 뒤 방향이 같은 성능을 보이는데 비해 강의실에서의 결과가 이와 다르게 나타나는 이유는 앞 방향에는 콘크리트 벽에 칠판이 걸려 있는데 비해 뒤 방향에는 벽이 유리창으로 되어 있어 양쪽 벽의 전파 반사 및 투과 특성이 달라서 그런 것으로 추측된다.

강의실 외부에서의 측정 결과를 보면 강의실 벽 근처에서는 비교적 4Mbps이하의 비교적 낮은 Throughput을 보이나 벽에서 1 ~ 5m 정도 벗어나면 6 ~ 12Mbps까지의 Throughput이 측정되고, 거리가 더 멀어지면 Throughput은 다시 감소한다.

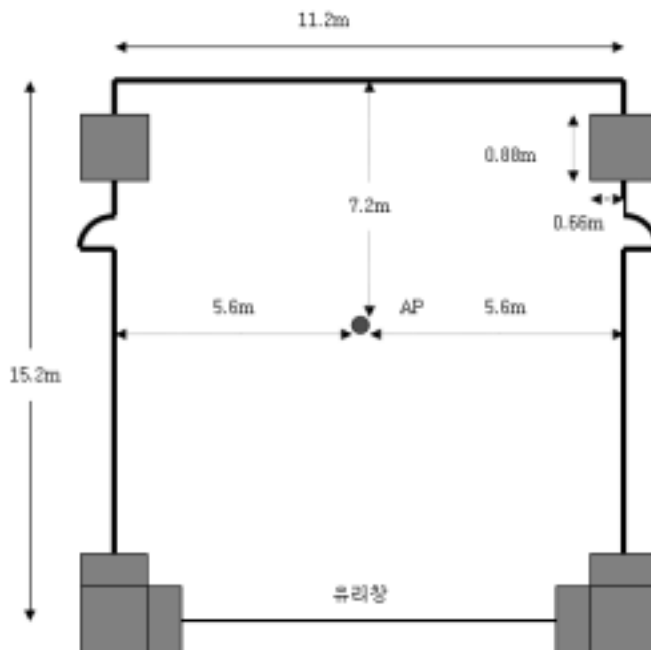


그림3-51. 강의실 단면도

벽두께: 0.2m

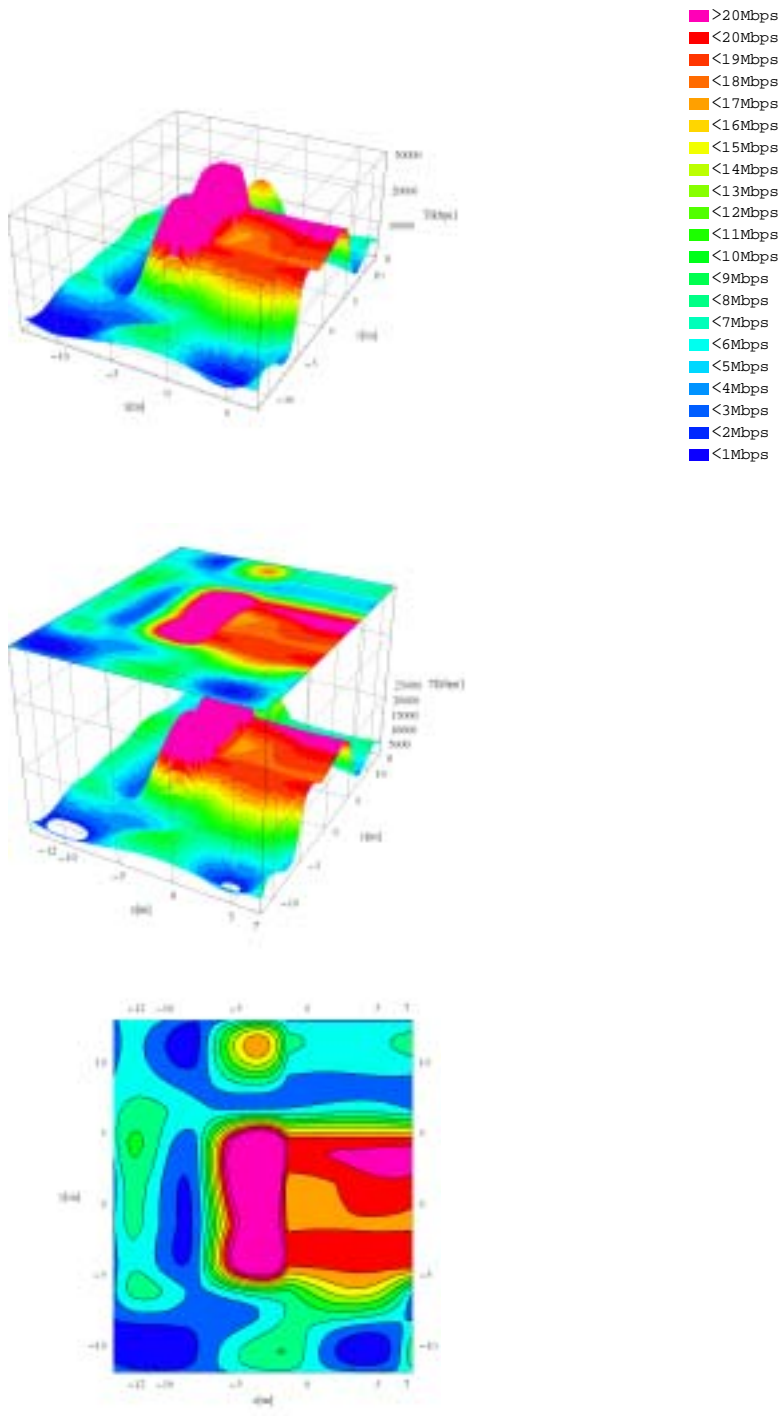


그림 3-52. Proxim AP를 중앙에 위치시켰을 때의 Throughput

나. 사무실

1) 장소 설명

측정 대상이 된 사무실은 크기가 37.6m x 17.5m 이며, 그림3-53에 간략히 나타나 있다. 양 측면은 약 1m 높이의 콘크리트 벽과 그 위로는 유리창으로 구성되어 있으며, 앞 뒤의 벽은 콘크리트 벽이다. 사무실 내부에는 크기가 0.8m x 0.8m인 10개의 기둥이 있으며, OA용 사무실 칸막이와 책상, 의자, 캐비닛, 및 테이블이 촘촘히 배열되어 있다. OA용 사무실 칸막이는 높이가 약 1.5m 이며, 책상의 높이는 0.73m 이다. 책상과 테이블에는 많은 양의 책 및 서류들이 놓여 있고, 화분들이 곳곳에 놓여 있다. 전후 좌우 기둥간의 거리는 5.6m 와 6.8m 이며, 천정의 높이는 2.7m 이다.

설치된 AP의 높이는 1.96m 이며, NIC 카드를 탑재한 단말기의 높이는 책상의 높이와 동일한 0.73m 이다. 이 때, 일부 지점에서는 AP와 단말기간에 LOS가 보장되지 않는데, 그 이유는 책상과 캐비닛 위에 놓여 있는 책, 서류, 및 화분과 같은 여러 물체들이 전파를 가로막기 때문이다.

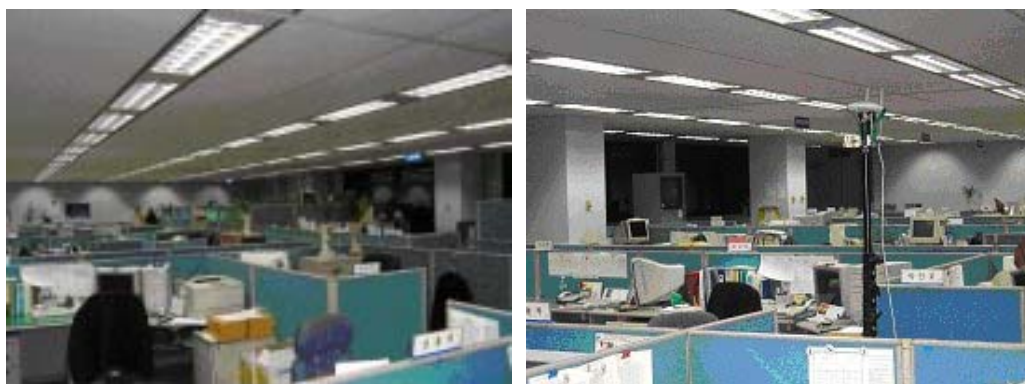


그림3-53. 사무실 환경

2) 시험 측정 및 결과

본 시험은 Proxim사의 AP 및 NIC 카드를 사용하여 실시하였으며, 이 제품은 Atheros사의 1세대 칩을 사용하고 있다. AP의 설치 위치는 사무실의 중앙으로서 뒤 벽으로부터 19.24m, 양 측면 기둥으로부터 6.8m 의 거리이다. AP의 높이는 1.96m 이고, 단말기의 높이는 책상의 높이인 0.73m 이다.

본 시험에서는 3가지의 성능을 측정한다. 첫째는 하나의 단말기로 Throughput을 측정하고, 둘째는 3대의 단말기가 서로 다른 지점에 위치해 있을 때 각각의 단말기에서의 Throughput과 3대의 단말기에서의 Throughput을 합친 총 Throughput을 측정하여 단말기들의 상대적 위치에 따른 총 Throughput의 변화를 알아 본다. 그리고 마지막 측정은 AP 2대를 앞과 뒤 벽에 각각 설치하여 AP간 실시간 로밍을 시험한다.

측정을 위한 툴은 Wireless Valley사의 Site Spy를 사용하였다. 또한 측정한 Throughput은 물리계층에서의 Throughput이 아니고 IP 레벨에서의 Throughput이다.

가) Throughput

(1) 단말기의 수가 1일 때

AP의 위치는 그림3-55에서 X축, Y축이 각각 0m인 지점이다. 그림3-55에서 보는 바와 같이 AP가 위치한 지점에서 양 측면방향으로 좌우로 대칭되는 Throughput을 보인다. 전체적으로 사무실 내부에서 11 ~ 12Mbps 의 Throughput을 보이며, 일부 지점에서는 15Mbps 또는 5Mbps를 보이기도 한다. 사무실 환경이 강의실 환경보다 Throughput이 대체로 낮게 측정됨을 알 수 있는데, 이는 강의실은 내부에 낮은 책상, 의자 및 기둥만이 전파를 방해하는 물체이나 사무

실환경에서는 사무실 칸막이, 책상 및 테이블 위의 책, 서류 및 여러 물체, 그리고 화분 및 여러 집기들이 강의실의 책상보다 훨씬 높은 높이로 놓여 있기 때문에 AP와 단말기간의 LOS가 존재하지 않는 지점들이 존재하기 때문이다.

(2) 단말기의 수가 3일 때

AP의 위치는 그림3-54에서 붉은색 원으로 사무실의 중앙에 나타나 있고, 1대의 단말기를 사용했을 때와 동일한 지점이다. 단말기들의 위치는 그림3-54에서 파란색 원으로 표시되어 있고, 3대 단말기들의 상대적 위치는 표 3-8에 12가지의 조합으로 표시되어 있다.

그림 3-56에서 보는 바와 같이 3번째와 5번째 조합에서 14Mbps 이상의 Throughput을 보이고 첫 번째와 12번째 조합에서 낮은 성능을 보임을 알 수 있다. 전체적으로 분석해 볼 때 3대의 단말기들이 AP에 가까이 있을 때 총 Throughput이 비교적 높게 나오고, 단말기들이 앞이나 뒤의 벽 가까이 위치할 때 비교적 낮은 Throughput이 나옴을 알 수 있다. 이는 3대의 단말기들이 모두 AP로부터 멀리 있을 때는 사무실 내부의 장애물로 인한 전파의 방해로 각 각의 단말기가 낮은 Throughput을 얻기 때문이다.

나) AP간 로밍 시험

AP간의 로밍 시험을 위하여 2대의 AP를 앞 벽과 뒤 벽에 각각 1대씩 설치하고 각 각의 AP가 서로 다른 주파수를 사용하도록 한다. 1대의 단말기를 한 쪽 AP 1 가까이에서 그 AP 1과 association을 확인한 후에 서서히 단말기를 다른 반대 편 AP 2 가까이로 이동한다. 이 때 단말기와 AP 1간의 association이 AP 2와의 association으로 변화하는 지를 체크한다.

본 시험 결과는 실시간 로밍이 지원되지 않는다는 것이다. 단말기를 AP 1로부터 AP 2로 이동하여 AP 2로부터의 신호의 세기가 훨씬 세더라도 단말기에서는 여전히 AP 1과의 association을 유지하고 있고, 단말기와 AP 1간의 연결을 끊은 후 또는 AP 1의 신호 세기가 너무 약하여 저절로 연결이 끊어진 후에 다시 연결을 시도하면 AP 2와의 association이 이루어짐을 확인하였다.

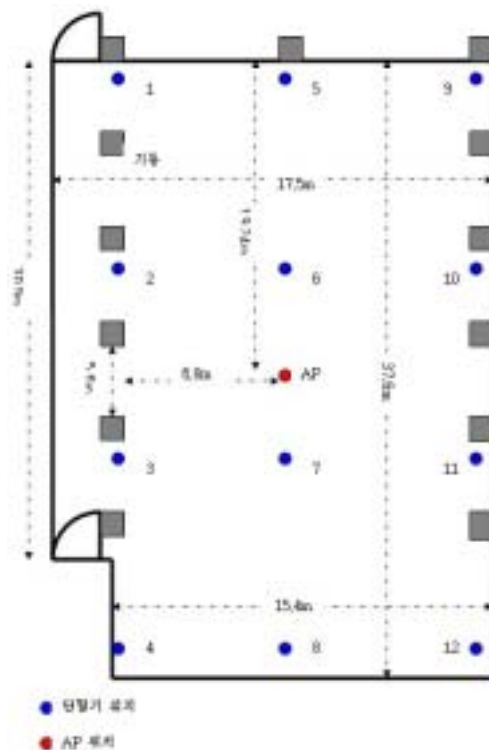


그림3-54. 사무실 단면도

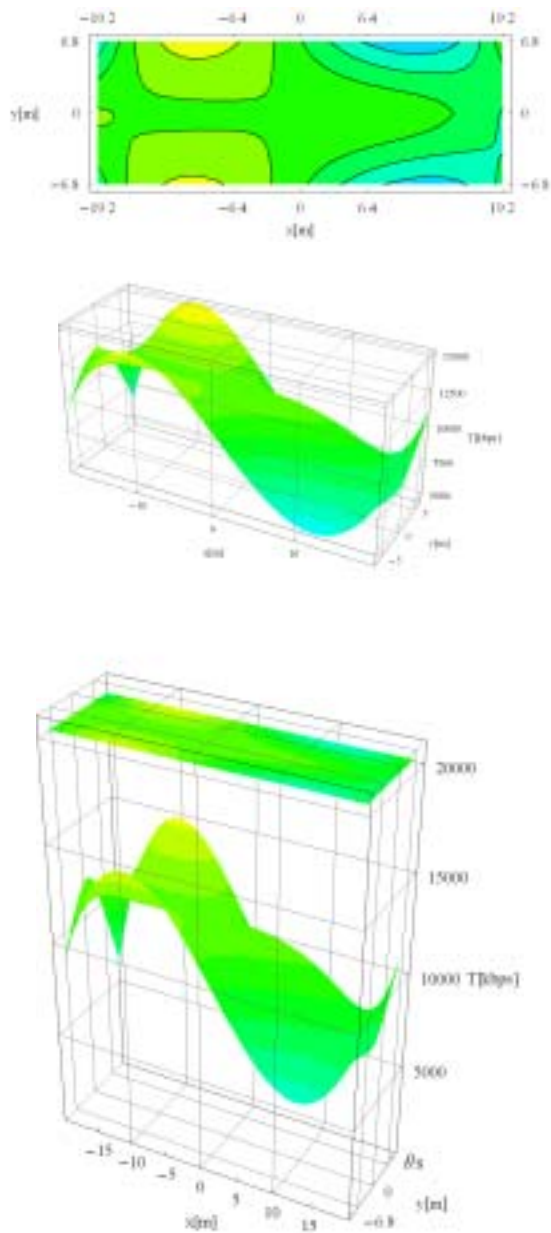


그림 3-55. 단말기의 수가 1개일 때의 Throughput

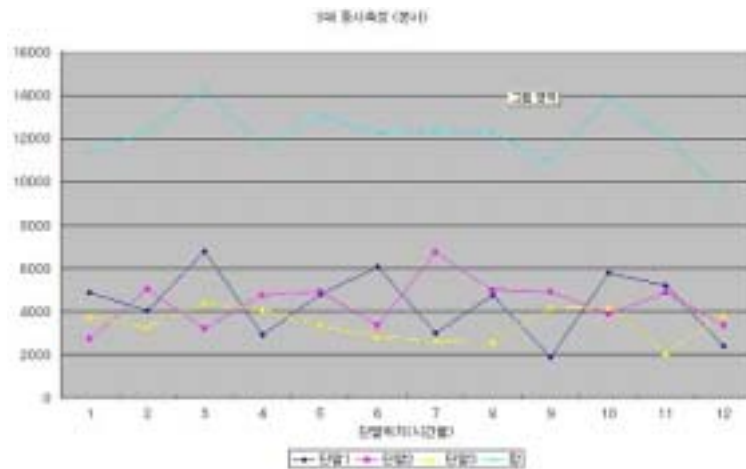


그림 3-56. 단말기의 수가 3개일 때의 Throughput

표 3-8. 측정시 단말기들의 위치들의 조합

단말 위치 조합	단말1 위치	단말2 위치	단말3 위치
1	1	12	4
2	2	8	3
3	3	4	8
4	4	3	12
5	8	7	7
6	7	11	2
7	6	10	1
8	5	6	11
9	9	2	10
10	10	1	6
11	11	5	9
12	12	9	5

다. 대강당

1) 장소 설명

측정 대상이 된 대강당 시설은 크기가 17.25m x 23.4m 이며, 그림 3-57에 간략히 나타나 있다. 이 강당은 사면이 모두 벽의 재질이 철로 되어 있으며, 문들도 철로 되어 있다. 천정은 재질이 석고로 되어 있고 높이가 약 6.63m가 된다. 앞 쪽에는 높이가 0.85m인 강단이 있고 강단 양 측면에는 창고가 있다. 강당내부에는 약 0.6m의 의자가 놓여 있고 바닥은 카펫이 깔려 있다. 내부가 넓은 면적이지만 기둥이 전혀 없다.

강당 내부는 대부분의 지점이 AP와 NIC 카드를 탑재한 단말간에 항상 LOS가 보장되는 환경이다.



그림3-57. 대강당 환경

2) 시험 측정 및 결과

본 시험은 Proxim사 AP 및 NIC 카드를 사용하여 실시하였으며, 이 제품은 Atheros사의 1세대 칩을 사용하고 있다. 이 때 AP를 모서리에 설치하여 측정하였다. 이렇게 한 이유는 개활지 (Open Space)인 운동장에서의 측정 결과를 볼 때 1개의 AP를 사용할 경우 Proxim사의 AP경우에는 정면이나 측면보다 대각선 방향으로 높은 성능을 보였기 때문이다.

AP의 높이는 약 3.7m 이며, NIC 카드를 탑재한 단말의 높이는 의자에 달린 책상의 높이인 0.6m이다.

성능 측정을 위한 항목은 Throughput이며, 측정을 위한 툴은 Wireless Valley사의 Site Spy를 사용하였다. 또한 측정한 Throughput은 물리계층에서의 Throughput이 아니고 IP 레벨에서의 Throughput이다.

가) Throughput

(1) Proxim사 AP 및 NIC 카드: AP가 모서리에 위치

AP의 위치는 그림 3-59에서 X축은 -1m, Y축은 16m인 지점이다. 이 강당은 사면의 벽의 재질이 철로 되어 있어 전파의 반사가 심하고 위치의 조그만 변화에도 Throughput에 큰 변화가 있음이 관측된다.

그림 3-59에는 강당 전체 내부에서의 Throughput을 보여 준다. 그림에서 보는 바와 같이 강당 내부에서는 평균적으로 16 ~ 19Mbps 정도의 Throughput을 보여 준다. 평균적으로 강당 내부에서는 16 ~

19Mbps정도의 Throughput이 관측된다고 할 수 있다. 연구소 강당은 기둥이 없는데도 불구하고 비교적 낮은 성능을 보이는데 이는 연구소 강당의 사면 벽의 재질이 철로 되어 있어 전파의 반사가 심하기 때문이다.

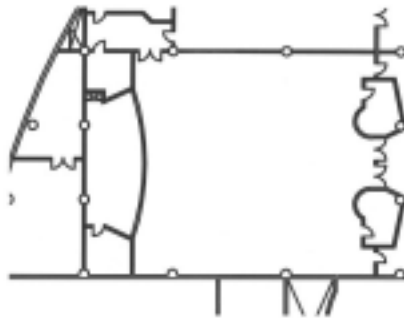


그림 3-58. 우면동 연구소 대강당 단면도

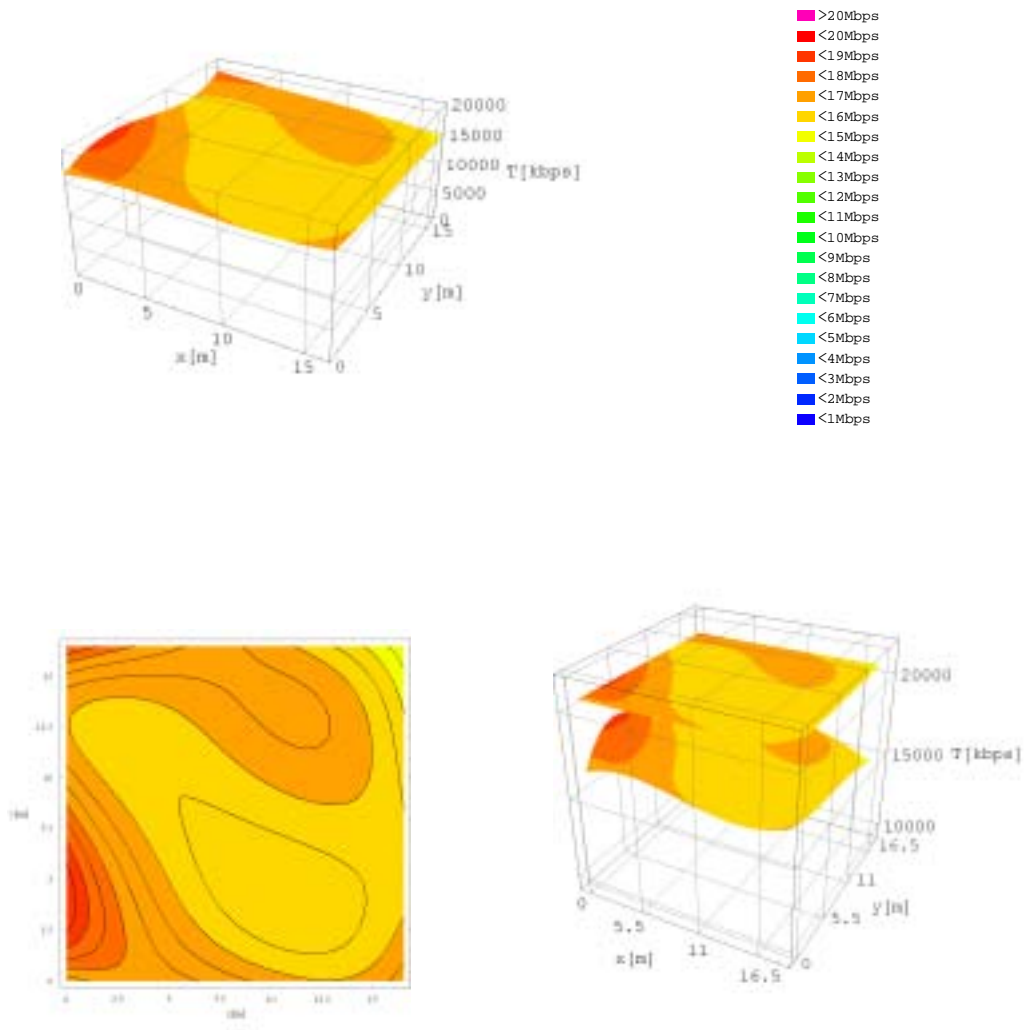


그림 3-59. Proxim사 AP를 사용할 경우의 Throughput

2. 실외환경에서의 성능분석

가. 개활지

1) 지형 및 인공물

운동장에서의 시험 및 측정은 장애물이 존재하지 않는 (Open Space) 곳, 다시 말해 AP와 단말간에 LOS(Line of Sight)가 보장되는 곳에서의 5GHz 대역 무선 LAN의 성능을 측정하기 위한 것이다. 그러나 운동장이라고 해서 장애물이 전혀 존재하지 않는 것은 아니다. LOS는 보장되지만 전파의 반사나 방해를 야기할 수 있는 건축물, 지형, 및 이동물체가 존재한다.

2) 시험 측정 및 결과

본 시험은 Proxim사 AP 및 NIC 카드를 사용하여 실시하였으며, 이 제품은 Atheros사의 1세대 칩을 사용하고 있다. AP의 높이는 약 1.5m 이며 NIC 카드를 탑재한 단말의 높이는 약 1m 이다.

성능 측정을 위한 항목은 Throughput과 RSSI이며, 측정을 위한 툴은 Wireless Valley사의 Site Spy를 사용하였다. 또한 측정한 Throughput은 물리계층에서의 Throughput이 아니고 IP 레벨에서의 Throughput이다.

가) Throughput

(1) Proxim사 AP 및 NIC 카드

Proxim사의 AP는 앞 방향과 뒤 방향이 동일한 성능을 보인다.

그러나 방향의 각도에 따라 다른 성능을 보임을 알 수 있다. 정면에서 약 30도 ~ 50도 및 약 -30도 ~ -50도의 방향에서의 Throughput이 정면이나 90도 (또는 -90도) 방향에서의 Throughput 보다 높음을 알 수 있다. 또한 정면보다 90도 또는 -90도 방향이 보다 높은 Throughput을 보인다. 이는 안테나의 패턴에 따른 것으로 추측할 수 있다.

방향에 따른 Throughput의 변화를 살펴보면, 정면 방향에서는 Throughput의 변화가 급격히 변화한다. AP로부터 10m 이내의 거리에서는 18Mbps이상을 보이며, 20m 거리에서는 13Mbps까지 떨어지고, 40m 거리에서는 7Mbps까지 떨어진다. 마침내 50m 거리에서는 IEEE 802.11b 규격의 무선LAN과 비슷한 성능인 4Mbps로 떨어진다. 그러나, 정면에서 약 30도 ~ 50도 및 약 -30도 ~ -50도의 방향에서는 보다 우수한 성능을 보인다. 약 25m ~ 30m 거리까지 17Mbps 이상의 Throughput을 보이며, 약 60m ~ 65m 거리까지 15Mbps, 약 110m 거리까지 7Mbps의 Throughput을 보인다. 정면에서 90도 또는 -90도 방향에서의 Throughput도 정면방향에서의 Throughput보다 높다. 약 30m 거리까지 19Mbps이상의 Throughput을 보이며, 약 40m 거리까지 17Mbps 이상을 보이다가 급격히 감소한다. 급격히 감소하던 Throughput은 약 60m ~ 70m 거리에서 16Mbps까지 증가하는 현상을 보이는데, 이것은 안테나의 패턴에 의한 것이거나 약 70m 거리에 있는 언덕에서 반사된 전파에 의한 것으로 생각된다.

IEEE 802.11b 규격을 사용하는 2.4GHz 대역의 무선LAN의 성능이 4Mbps인 것과 비교해 볼 때 대체로 정면방향에서 약 60m를 넘어서

는 거리를 제외하고는 전 구간에서 훨씬 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

나) RSSI

(1) Proxim사 AP 및 NIC 카드

Proxim사 AP 및 NIC 카드를 사용하여 측정한 RSSI는 2종류가 있다. 하나는 한번에 전송되는 패킷들중 마지막 패킷의 RSSI이며, 나머지 하나는 ACK 신호의 RSSI이다. 그림3-61과 그림3-62에서 보는 바와 같이 이 2가지 RSSI의 크기 분포를 나타내는 패턴이 측정된 Throughput의 분포 패턴과 완전히 일치하지는 않지만 매우 비슷함을 알 수 있다. 이는 RSSI의 크기가 큰 지점에서 Throughput이 높다는 일반적인 사실을 보여주는 것이다. 또한 2가지 RSSI 측정만을 비교하면 대체로 ACK 신호의 RSSI가 약간 더 크다는 것을 보여준다.

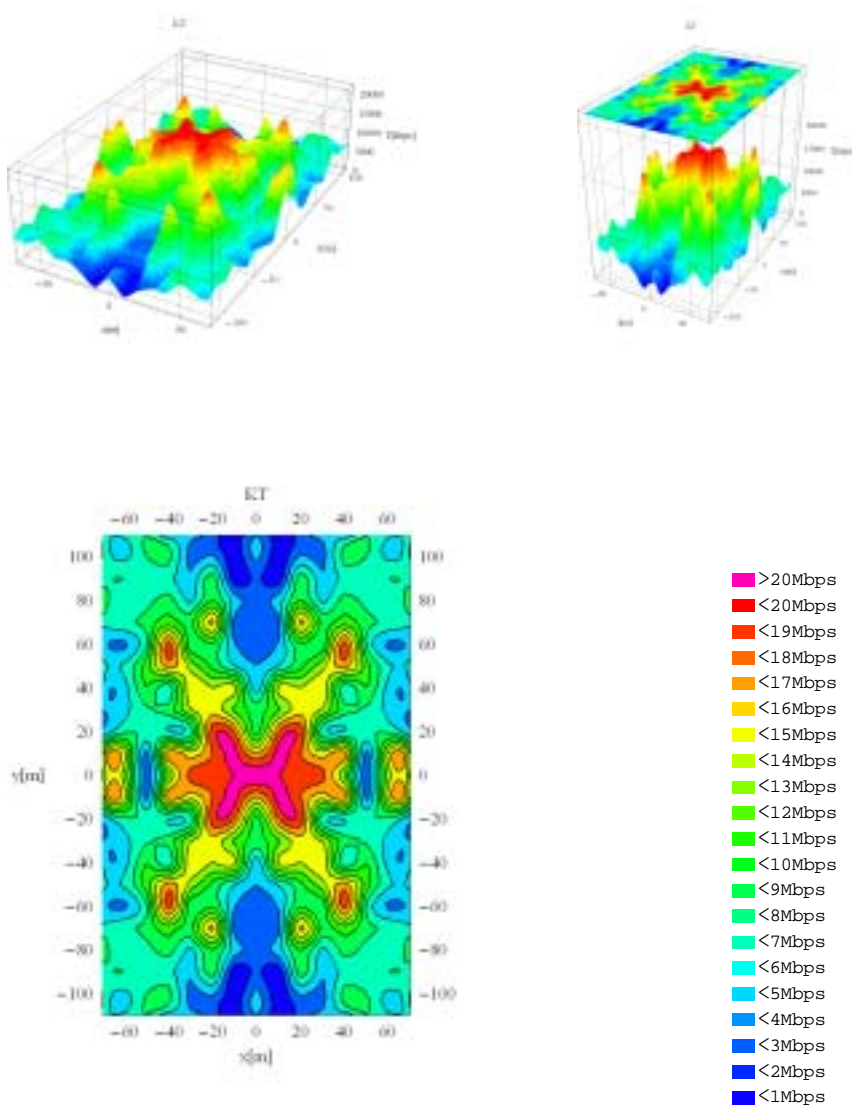


그림 3-60. 운동장에서 Proxim AP 사용시 Throughput

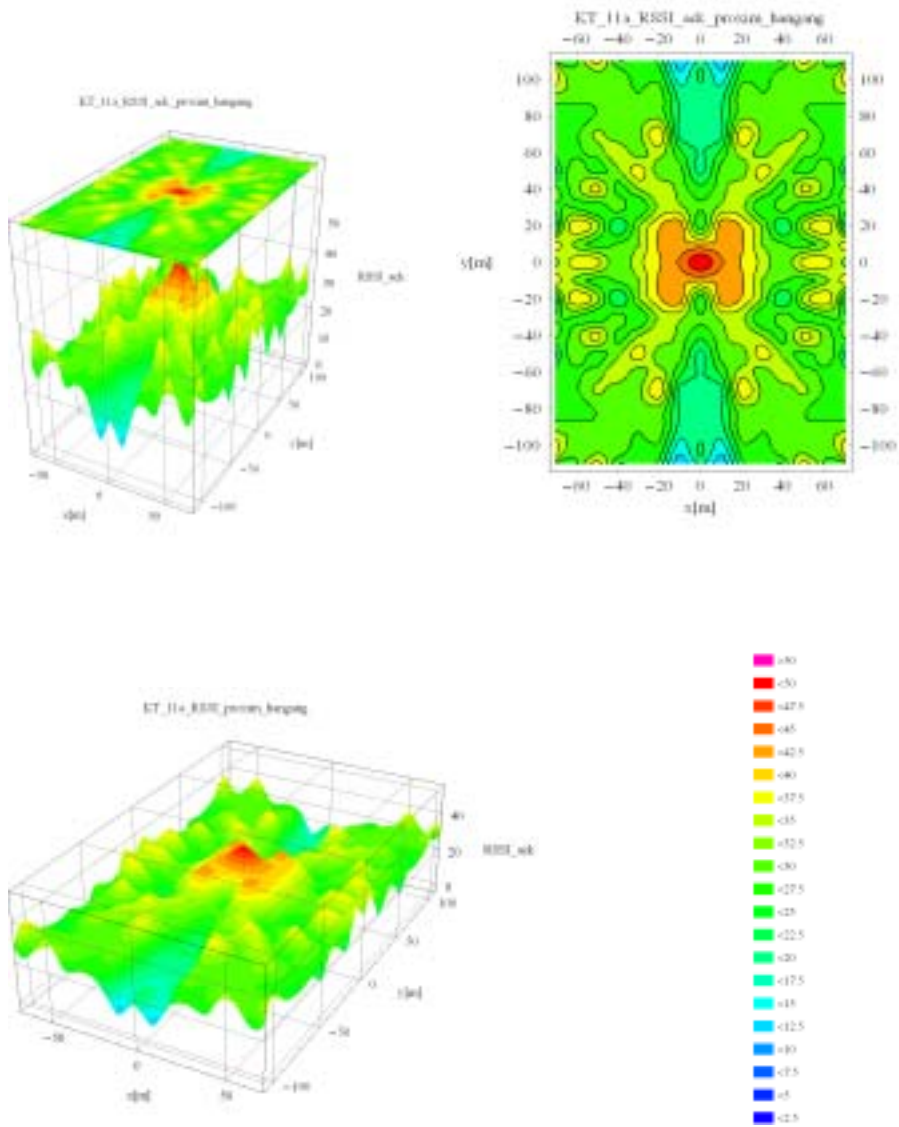


그림 3-61. 운동장에서 Proxim AP 사용시 ACK 신호의 RSSI

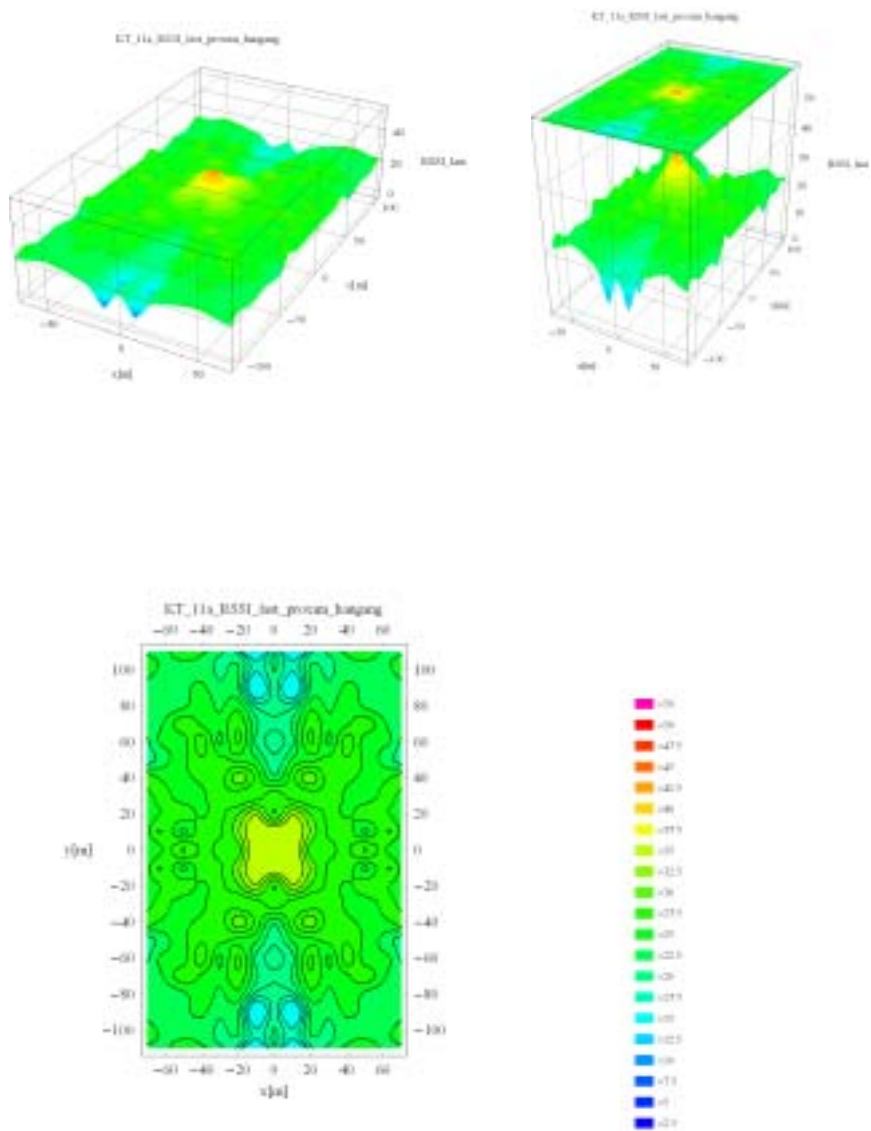


그림 3-62. Proxim AP 사용시 Last packet의 RSSI

3. ITU-R의 DFS기술 권고

5GHz대역에서 운용하는 RLAN과 레이더는 서로의 주파수범위내에서 그리고 같은 주파수에서 운용할 때 서로 간섭을 일으킨다. 본 절에서는 그러한 간섭을 완화시키려는 목적과 그것을 위한 수단으로서 ITU-R에서 PDNR로서 검토되고 있는 RLAN을 위한 DFS기술에 대해 서술한다.

가. DFS 사용의 목적

RLAN에서 DFS를 사용하는 목적은 5GHz대역의 레이더를 보호하는 것이다. 이것은 레이더 신호의 탐지를 바탕으로 하여 레이더 장치에 의해 점유된 것으로 확인된 채널을 비우거나 그것의 사용을 회피함으로써 달성된다.

나. DFS 성능 요구사항

DFS 성능요구사항은 간섭신호의 탐지에 대한 응답으로 언급되며, 따라서 5GHz RLAN은 다음의 탐지 및 응답 요구사항을 만족시켜야 한다.

(1) 탐지 요구사항

DFS 메카니즘은 최소 임계레벨 이상의 간섭신호를 검출할 수 있어야 한다. 관련된 검출시간은 다음절에서 주어진다. 실질적인 탐지시간은 탐지된 신호의 세기 및 구간뿐 만 아니라 레이더시스템의 유형과 그것의 동작모드에 따라 다르다. 보다 낮은 값의 탐지신호세기는

보다 긴 탐지시간을 유발할 수 있지만 그것은 또한 시스템간에서 낮은 간섭 확률을 나타내기도 한다.

(2) 응답 요구사항

- 만약 RLAN이 이전에 동작상태에 있지 않다면 탐지 메카니즘이 레이더 신호가 존재한다고 결정한 채널에서는 전송을 시작하지 않아야 한다.
- 사용중인 채널에서 임계치 이상의 레이더 신호를 검출한 다음에 RLAN은 정의된 시간내에 정상적인 데이터 트래픽의 전송을 중단해야 한다.

RLAN이 다른 채널에서 운용을 재개하기 위해서는 얼마간의 통신이 RLAN을 형성하는 장치간에 요구된다. 따라서 데이터 트래픽은 레이더 신호를 탐지하자마자 매우 신속하게 중단될 수 있지만 어느정도의 간헐성 제어 트래픽은 그 이후에도 필요할 것이다.

다. 일반적인 DFS 절차

(1) 초기의 이용가능채널 조사

RLAN이 전송하기 전에 그리고 어떠한 이용가능채널도 아직 확인되지 않았다면 전송을 위해 사용하기에 앞서 해당 무선채널에서 채널 이용가능성검사를 수행해야 한다. 여기에서 이용가능채널은 채널이용가능성검사가 채널 재확인 주기내에 수행되었고 레이더신호가 없는 것으로 확인된 무선채널을 의미하고, 채널이용가능성검사는 RLAN이 특정의 무선채널상에서 동작하는 레이더가 있는지를 확인하기 위해

해당 무선채널상에서 청취하는 동안의 검사를 말한다. 그 검사는 연속적(즉, 하나의 단일시간주기 동안)으로 수행되거나 단속적(즉, 여러 개의 짧은 시간주기동안)으로 수행될 수 있다. 그리고 채널재확인주기는 이용 가능 채널상에서 2개의 연속적인 채널이용가능성검사사이의 최대시간이다.

따라서 네트워크가 구축되고 처음 전원이 켜질 때 채널이용가능성 검사가 최소한 하나의 이용가능채널을 확인하기 위해 수행되어야 한다. 이용가능채널이 확인되었다면 RLAN은 그 채널에서 운용을 시작할 수 있다. 다른 이용가능채널을 확인하기 위해 다른 무선채널을 검사하는 것은 선택사항이다.

(2) 운용 시작

일단 RLAN이 이용가능채널에서 동작하기 시작하면 그 채널은 운용채널이 된다.

(3) 운용채널 감시

In service monitoring은 RLAN의 범위내에 들어올 수 있거나 운용채널상에서 동작을 시작할 수 있는 동일채널의 레이더신호에 대해 운용채널을 재검사하기 위해 RLAN에 의해 수행된다. 다시말하면 In service monitoring은 동일채널 레이더가 RALN의 범위내로 이동되지 않았는지 또는 그 범위에서 동작을 시작했는지를 검사하기 위해 운용채널을 감시하는 것이다.

(4) 이용가능채널 감시

운용채널로 사용되지 않고 있는 이용가능채널은 채널재확인주기내에 채널이용가능성검사를 수행함으로써 재확인될 필요가 있다. 그렇지 않으면 그것은 더 이상 이용가능채널로 고려될 수 없다.

라. 구현 측면

RLAN은 레이더간섭 완화를 만족시키기 위해 다음의 메카니즘을 구체화해야 한다.

- 주어진 명세를 만족하는 레이더신호의 탐지를 수행할 수 있는 수단
- RLAN에 연결된 단말기에 레이더의 존재 및 운용채널의 상태 변경, 그리고 다른채널의 상태를 통지할 수 있는 수단

(1) 레이더신호 탐지

레이더신호는 언제든지 발생할 수 있고 RLAN과 동일한 채널에서 그리고 RLAN 신호가 존재하는 시점에 발생할 수 있다.

초기 이용가능채널을 조사하는 동안에 RLAN은 동작하지 않기 때문에 이것은 매우 느리게 회전하는 레이더를 제외한 어떤 레이더 신호든 신속하고 확실한 탐지를 보장한다. 이때 탐지되지 않은 레이더 신호는 In service monitoring에 의해 탐지될 것이다.

In service monitoring 동안 레이더탐지기능은 정상적인 전송사이에서 또는 그 도중에 레이더신호 패턴을 연속적으로 조사한다. 약하게 수신된 레이더신호에 대해 이것은 레이더신호 탐지에 필요한 시간을

증가시킬 수도 있다.

(2) 시스템 감시

AP는 MAC 프레임의 첫 번째 방송프레임 프리앰블을 전송하기 전 T_{AA} μ s 내에 어떠한 단말기에게도 어떠한 자원을 인가하지 않아야 한다. AP는 수신신호세기(RSS)를 측정할 수 있어야 한다. 단일섹터 안테나를 갖는 AP는 MAC 프레임의 첫 번째 방송프레임 프리앰블을 전송하기 전 T_{AA} μ s 이내에 수신신호세기를 측정해야 한다. 다중섹터 안테나를 갖는 AP는 AC 프레임의 첫 번째 방송프레임 프리앰블을 전송하기 전 T_{AA} μ s 이내에 증가하는 섹터 ID순으로 섹터를 전환하면서 각 섹터마다 수신신호세기를 측정해야 한다. T_{AA} 는 캐리어센싱을 위한 지정시간이다. 수신신호세기의 총측정기간은 15 μ s 이상이어야 한다. 단일섹터 안테나를 갖는 AP의 경우에 다음의 규칙이 적용된다.

- RSS가 -62dBm 이하일 때 AP는 MAC 프레임을 전송할 수 있다.
- RSS가 -62dBm 이상일 때 AP는 MAC 프레임을 전송하지 않아야 한다.

다중섹터 안테나를 사용하는 AP의 경우네 다음의 규칙이 적용된다.

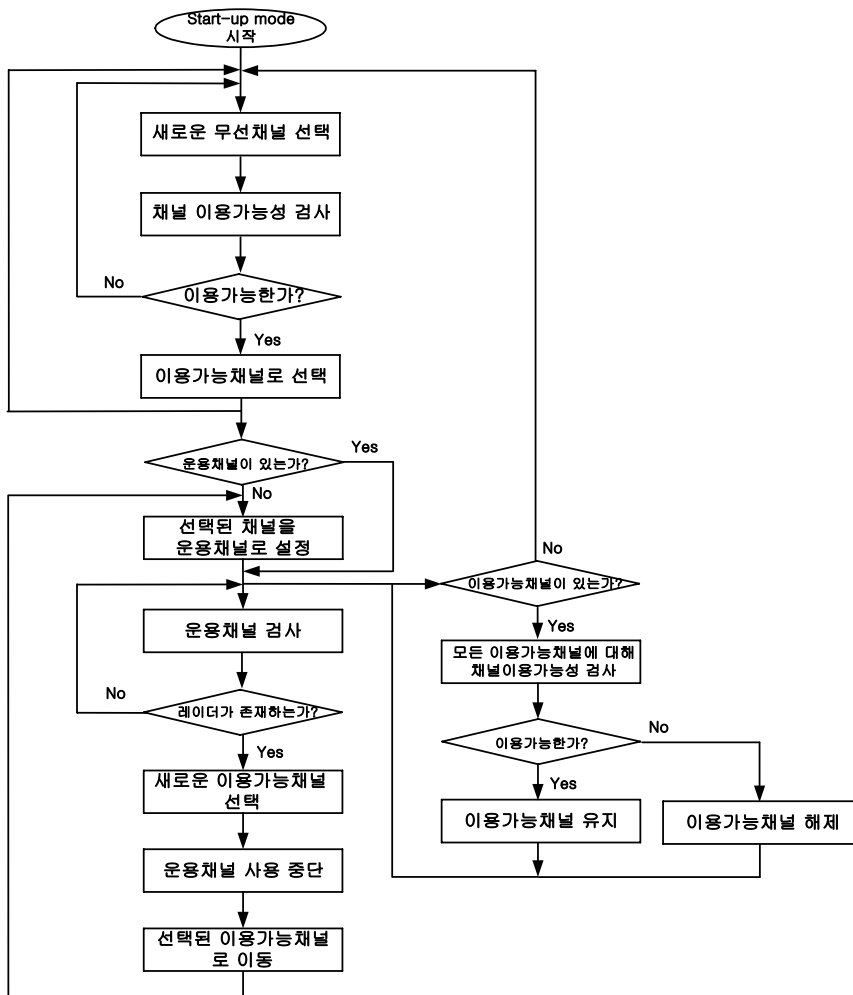
- RSS가 특정의 섹터에서 -62dBm 이하일 때 AP는 그 섹터에서 MAC 프레임을 전송할 수 있다.
- RSS가 특정의 섹터에서 -62dBm 이상일 때 AP는 그 섹터에서 MAC 프레임을 전송하지 않아야 한다.

(3) 채널 소개(clearing)

모든 RLAN은 조정역할을 하는 장치 즉, AP를 최소한 1개 가지고 있다. 이 장치는 또한 레이더존재가 탐지된 후 운용채널 사용을 중단하고 이용가능채널로의 이동을 조정할 책임을 가지고 있다. 그러한 조정은 모든 데이터트래픽의 전송을 중단하고 채널이용가능성검사에 의해 확인된 이용가능채널로의 이동에 영향을 미치기 위한 명령을 송송할 것을 요구한다. 이같은 방송은 AP에 연결된 모든 장치에 의한 수신을 보장할 수 있도록 몇차례 반복되어야 한다. 이같은 동작에 필요한 총시간은 채널소개시간이며 일반적으로 200ms이하이다. RLAN의 일부 단말기는 휴지모드에 있을 수도 있으며 그 상태에서 장치는 일반적으로 수백 ms 극단적으로는 60까지의 간격으로 활성모드로 전환한다. 후자를 무시한다면 그 방송은 모든 단말장치가 그 채널에서 떠나는 것을 확실하게 보장하기 위해 채널이동시간동안 수회 반복되어야 한다. 채널폐쇄전송시간으로 불리는 모든 반복방송의 총시간은 일반적으로 20ms이하이다.

그림 3-63은 위에서 서술된 DFS 메카니즘을 하나의 흐름도로 나타낸 것이다. DFS 메카니즘은 기본적으로 RLAN을 초기에 구축할 때 작동되는 start-up 모드와 정상적인 운용상태에서 작동하는 운용모드로 나뉘어질 수 있지만 두가지 모드가 동시에 존재할 수 없기 때문에 RLAN 시스템을 운용하는 과정에서 그 모드의 전환이 필요하다. 여기에서는 운용채널의 설정단계에서 자연스럽게 이루어질 수 있다. 또한 운용모드에서 어떠한 이용가능채널도 존재하지 않을 경우에

start-up 모드와 동일한 과정을 통해 무선채널을 검사하고 운용채널에 대한 예비채널로서 이용가능채널을 지속적으로 확보하는 것이 가능하다.



[그림 3-63] DFS 메카니즘의 흐름도

마. 레이더신호탐지 기준

(1) 탐지기준

RLAN에 의해 탐지되어야 할 레이더 신호는 다음과 같이 정의된다.

- RSS가 -52dBm의 임계레벨보다 커야 한다.
- 초당 20-4000펄스 범위의 펄스반복율
- 0.05-20 μ s 범위의 펄스폭

(2) 동작기준

아래 표는 RLAN의 동작과 관련된 지정파라미터의 값을 제공한다.

<표 3-9> RLAN 동작관련 지정파라미터

파라미터	값
채널이용가능성검사 시간	10s
In service monitoring 시간	2000 μ s중에서 최소 50 μ s
채널소개시간	200ms
채널폐쇄전송시간	20ms
채널이동시간	10s
채널재확인주기	6시간

4. IEEE 802.11h - DFS/TPC 기술

IEEE 802.11a RLAN은 기존 레이더와의 서비스 공존을 위한 효과적인 주파수 공유기법으로서 DFS 및 TPC 기술을 정의하고 있다. DFS는 5GHz대역의 균등한 사용과 레이더의 존재를 명시하는 지역의 규제조건을 만족시킬 수 있고, TPC는 5GHz대역에서의 최대전송전력과 평균전송전력완화에 대한 몇몇 규제지역에서의 요구조건을 만족시킬 수 있을 뿐 아니라 간섭감소, 범위제어, 전력최적화 등과 같은 목적에도 유용한 기법이다. 본 절에서는 위와 같은 목적을 위해 현재 개발 중인 IEEE 802.11h, 즉 IEEE 802.11a의 스펙트럼 및 전송전력 관리(DFS/TPC) 기술을 설명한다.

가. DFS 절차

IEEE 802.11h에서 규정된 DFS 기술은 DFS에 관한 성능 요구사항, 일반적 절차, 동작기준 등의 ITU-R 권고를 만족할 뿐 아니라 IEEE802.11a RLAN을 효율적으로 지원할 수 있는 체계적인 시그널링을 기본적으로 전제한다. 그렇기 때문에 AP와 STA이 놓일 수 있는 다양한 경우에 대해 DFS를 실행하는 메시지교환에 따른 동작절차를 지정하고 있다. 하지만 개략적으로는 채널시험, 채널측정 및 보고, 채널선택 및 통지, 운용중단 및 선택채널로의 이동 등 보편적 DFS 절차를 따른다. 각 단계별 절차는 다음과 같다.

(1) 시험을 위한 채널의 정숙화

BSS 또는 IBSS의 모든 STA은 채널이 간섭없이 1차 사용자에게 대

해 보다 쉽게 시험될 수 있는 지정된 공통기간동안 어떠한 부분의 MPDU도 전송되지 않아야 함을 보장해야 한다. 이같은 기간은 정숙 기간으로 알려져 있다. 모든 STA은 호핑주파수의 상주시간 경계와 동일하도록, 그리고 그 상주시간에 관한 모든 규정과 일치하도록 정숙기간의 시작을 고려해야 한다.

BSS의 AP는 Beacon 및 Probe Response로 quiet 정보요소를 전송함으로써 정숙기간을 스케줄링할 수 있다. AP는 요구된 바와 같이 정숙기간의 스케줄링을 중지하거나 quiet 정보요소의 quiet period 값 및 quiet duration 값을 변경할 수 있다.

IBSS에서 시작하는 STA만은 IBSS를 설정하는 첫 번째 Beacon에서 quiet 정보요소를 전송함으로써 시험을 위한 정숙기간의 스케줄을 시작할 수 있다. IBSS의 모든 STA들은 만약 이전의 어떤 Beacon이나 Probe Response가 quiet 정보요소를 포함했다면 그것과 동일한 quiet period, quiet duration, quiet offset을 갖는 quiet 정보요소를 Beacon이나 Probe Response에 포함시킴으로써 정숙기간을 계속 스케줄링해야 한다.

(2) 1차 사용자에게 대한 채널의 시험

STA은 1차 사용자를 포함한 것으로 알려져 있거나 1차 사용자의 존재에 대해 최근에 시험되지 않은 채널을 사용해서는 안된다. STA은 최소한 아래와 같은 기간에 1차 사용자의 존재에 대해 시험해야 한다.

- 만약 채널이 마지막 dot11StartupTestValid 상태에서 최소한

dot11StartupTestPeriod 동안 1차 사용자에게 대해 시험되지 않았다면 새로운 채널에서 동작하기 전 dot11StartupTestPeriod 동안, dot11StartupTestValid과 dot11StartupTestPeriod을 위해 권고되는 값은 각각 10초와 24시간이다.

- 만약 채널이 마지막 dot11StartupTestValid 상태에서 1차 사용자를 포함한 것으로 이전에 결정되었다면 새로운 채널에서 동작하기 전 dot11StartupTestPeriod 동안
- 채널에서 동작하고 있는 동안 각 dot11OperatingTestCycle 기간의 dot11OperatingTestPeriod (해당기간은 시험하는 동안만 누적됨) 동안, dot11OperatingTestCycle과 dot11OperatingTestPeriod을 위해 권고되는 값은 각각 20TU와 100TU이고, 1UT는 1024 μ s이다.

STA은 다음과 같은 경우에 상기 운용 개시 시험절차없이 새로운 채널에서의 운용을 시작할 수 있다.

- STA이 STA의 IBSS에 속하는 다른 STA로부터 또는 STA의 BSS에 속하는 AP로부터 Channel Switch Announcement의 수신 결과로서 그 채널로 이동하는 경우
- 새로운 채널로 막 이동하려고 하는 STA가 Channel Switch Announcement 정보요소를 이용하여 현재 통지하지 않고 있는 BSS 또는 IBSS로 합류하는 경우

(3) 1차 사용자를 탐지한 후 운용의 중단

만약 STA이 어느 채널에서 동작하면서 그 채널에서 radar를 탐지한다면 STA은 아래의 모든 전송을 중단해야 한다.

- dot11MaxDataOperationPeriod 이내에 데이터형식의 프레임
- dot11MaxManagementOperationPeriod 이내에 관리 및 제어 프레임

여기에서 권고되는 dot11MaxDataOperationPeriod와 dot11MaxManagementOperationPeriod은 각각 200TU와 500TU이다.

(4) 1차 사용자의 탐지

STA은 규제 조건을 만족하는 채널에서 운용하는 1차 사용자를 탐지할 수 있는 별도의 방법을 사용해야 한다.

(5) 측정의 요청 및 보고

STA은 정숙기간 또는 정상 운용중에 하나 또는 그 이상의 채널을 자체적으로 측정할 수 있거나, 동일한 BSS 또는 IBSS에 속하는 다른 STA에게 대신하여 하나 또는 그 이상의 채널을 측정하도록 요청할 수 있다.

하나 또는 그 이상의 채널을 측정하도록 다른 STA에게 요청할 때 STA은 하나 또는 그 이상의 measurement request 정보요소를 포함하는 Measurement Request 프레임을 사용해야 한다. 측정 요구는 유니케스트, 멀티케스트 또는 브로드케스트 종단주소로 전달될 수 있다.

다른 STA에게 측정을 수행하도록 요청하는 STA은 충분한 시간

이 요청된 채널전환이 일어나고 측정이 수행되고 결과가 보고될 만큼 결과될 때까지 그 STA에게 MPDU를 전달하거나 측정요구를 재전송하지 않아야 한다. 이 기간을 결정함에 있어서 STA은 요구된 채널전환이 전환당 dot11ChannelSwitchTime보다 적게 걸린다고 가정해야 한다. dot11ChannelSwitchTime을 위한 디폴트값은 2ms이다.

BSS 또는 IBSS에 있는 STA으로부터 Measurement Request 프레임을 수신한 STA은 action specific 필드 및 measurement offset 필드에 의해 규정된 시간에 시작하여 프레임의 measurement request 정보요소를 순차적으로 처리해야 한다. STA은 최소한 BSS의 AP에 의해 요청된 필수 측정을 수행해야 한다.

모든 요청된 측정의 결과는 하나 또는 그 이상의 Measurement Report 프레임을 이용하여 “0”으로 설정된 action specific 필드를 갖는 measurement report 정보요소로 요청 STA에 보고되어야 한다.

STA이 측정 수행을 거부할 때, 그 STA는 거절된 측정요구를 포함하는 정보요소를 요청 STA에게 “2”로 설정된 action specific 필드를 갖는 하나 또는 그 이상의 Measurement Report 프레임으로 되돌려주어야 한다.

STA은 하나 또는 그 이상의 measurement report 정보요소를 포함하고 “1”로 설정된 action specific 필드를 갖는 Measurement Report 프레임을 이용하여 BSS 또는 IBSS의 다른 STA에게 측정결과를 자율적으로 보고할 수 있다. measurement report 정보요소는 프레임을 수신하는 STA이 그에 보고된 측정결과를 이해할 수 있도록 충분한 정보를 포함해야 한다. 1차 사용자를 탐지한 BSS의 STA은

그의 AP에 통지하는 이러한 메카니즘을 사용하도록 시도해야 한다. 1차 사용자를 탐지한 IBSS의 STA는 IBSS의 다른 STA에게 최소한 하나의 통지를 방송할 수 있도록 이같은 메카니즘을 사용해야 한다.

IBSS의 STA는 또한 Beacon 또는 Probe Response의 IBSS DFS 정보요소에 포함되는 IBSS basic reports 필드를 이용하여 IBSS의 다른 STA에 측정결과를 자율적으로 보고해야 한다.

(6) 새로운 채널의 선택 및 통지

STA은 어느 시점에서 채널 운용의 중단을 결정할 수 있다. 채널 운용중지에 대한 결정방법은 별도의 알고리즘을 필요로 하며 일정한 규제조건을 만족해야 한다.

STA은 새로운 채널의 선택을 지원하기 위해 supported channel 정보요소 및 IBSS DFS 정보요소의 정보, 그리고 자체 및 다른 STA에 의해 수행된 측정으로부터 얻어진 정보를 포함하여 다양한 정보를 이용할 수 있다. 새로운 채널을 선택하기 위한 알고리즘은 별도로 제한되지는 않지만 균일전개 규칙 및 채널시험 규칙을 포함하여 어떠한 규제조건이라도 만족해야 한다. 만약 어떤 BSS의 AP 또는 IBSS의 STA이 해당 BSS 또는 IBSS의 다른 STA로 하여금 새로운 채널로 이동하기를 원한다면 채널이 모든 다른 STA에 의해 지원되는 것으로 선택되어야 한다.

BSS에서의 AP는 Beacon, Probe Response 그리고 Channel Switch Announcement 프레임의 channel switch announcement 정보요소를 이용하여 전환을 통지함으로써 그의 BSS에 연결된 다른

STA들이 선택된 새로운 채널로 이동하도록 시도할 수 있다. 채널 전환은 휴지모드에 있는 것을 포함한 BSS내의 모든 STA이 채널전환 전에 최소한 하나의 channel switch announcement 정보요소를 수신할 기회를 갖도록 가능한 한 스케줄링되어야 한다.

IBSS의 STA은 그 IBSS와 관련된 다른 STA들이 선택된 새로운 채널로 이동하도록 유사하게 시도할 수 있다. channel switch announcement를 수신하고 그 결과로서 이동을 결정하는 IBSS의 다른 STA은 또한 Beacon, Probe Response 그리고 Channel Switch Announcement 프레임의 channel switch announcement 정보요소를 이용하여 전환을 통지할 수 있다.

어떤 IBSS의 STA이 1차 사용자를 탐지할 때에는 그 IBSS의 모든 STA들이 이동해야 하는 공통채널의 선택을 지원하기 위해 DFS Owner process를 사용할 수 있다. 이동 스케줄링은 다음과 같다.

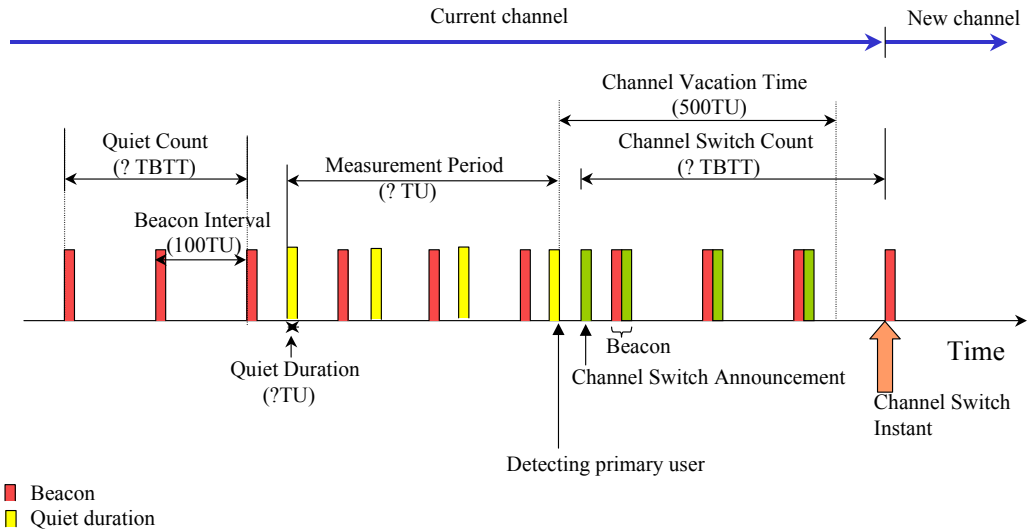
- 어떤 IBSS의 각 STA은 현재 DFS owner의 기록을 항상 유지해야 하고 전송할 Beacon 또는 Probe Response 프레임의 IBSS DFS 정보요소를 이용하여 그것을 통지해야 한다. 만약 STA이 현재 DFS owner의 ID를 모르거나 채널을 전환한 후라면 DFS owner의 역할을 가정해야 한다. STA은 IBSS로부터 수신된 IBSS DFS 정보요소로부터 DFS owner와 DFS owner recovery interval을 적용해야 한다. 이 프로세스는 유효기간동안 그 IBSS 내에서 하나의 공통적인 DFS owner가 될 것이다.
- 어떤 STA이 1차 사용자를 탐지하고 DFS owner가 채널선택 및 채널전환 스케줄링을 지원하기를 원한다면 그 STA은 1차 사용

자의 존재를 나타내는 하나 이상의 Measurement Report 프레임
을 방송해야 한다. Measurement Report 프레임을 수신하는 다른
STA는 또한 DFS owner 도움을 이용하도록 결정할 수도 있다.

- 현재의 채널에서 1차 사용자의 존재를 나타내는 Measurement Report 프레임을 수신하는 DFS owner는 최소한 하나의 Channel Switch Announcement 프레임을 방송함으로써 채널전환을 스케줄링해야 한다. DFS owner는 또한 의도된 채널전환시간까지 방송하는 모든 Beacon, Probe Response 또는 Channel Switch Announcement 프레임에 channel switch announcement 정보요소를 포함해야 한다.
- DFS owner로부터의 지원을 원하는 어떤 STA이 channel switch announcement 정보요소를 수신한다면 DFS owner 프로세스는 완료되고 STA은 예정된 시간에 새로운 채널로의 이동을 선택할 수 있다. STA은 전송될 어떤 Beacon, Probe Response 또는 Channel Switch Announcement 프레임으로 채널전환을 통지할 수 있다.
- DFS owner로부터의 지원을 원하는 어떤 STA이 1차 사용자의 통지를 수신한 프레임 끝단으로부터 DFS 복구시간내에 channel switch announcement 정보요소를 수신하지 않았다면 DFS 복구모드로 천이해야 한다. DFS 복구모드에서 STA은 DFS owner가 되고 그 상태를 유지해야 하고 새로운 채널전환 스케줄을 통지해야 한다. STA은 channel switch announcement 정보요소를 수신하는 경우에만 DFS 복구모드를 벗어나야 한다. STA은 채널전환

스케줄 정보를 채택할 수 있다.

위의 DFS 절차에 따른 RLAN의 동작타이밍을 하나의 예로 도시하면 그림 3-64과 같다.



[그림 3-64] DFS 동작 타이밍

그림에서 적색 막대는 Beacon 프레임, 노란색 막대는 채널정숙 구간, 그리고 녹색 막대는 Channel Switch Announcement 프레임의 전송시점을 각각 나타낸다. 동작타이밍 예는 위의 DFS 절차에 의해 AP와 STA가 주기적으로 정해진 시간동안 정해진 구간에서 현재의 운용채널뿐 아니라 주파수대역내 모든 무선채널을 측정 및 시험하고, 레이더의 존재가 탐지되자 곧 그 사실과 함께 새로운 운용채널을 통지한 다음 정해진 시간내에 운용채널에서의 메시지 전송을 중단하고 통지된 새로운 채널로 이동하고 있음을 보여준다. 그에 따라 레이더의 간

섭원중 하나가 순간적으로 제거되기 때문에 레이더 등 1차 사용자로의 간섭의 감소는 그것의 잠재능력 측면에서 볼 때 당연한 효과이다.

그러나 DFS와 관련된 대부분의 파라미터값이 별도로 규정되지 않아 그것의 효과가 구체적으로 어느 정도인지에 대한 확인은 그렇게 용이하지 않다. 예를들면 채널전환시점이 그렇다. 채널운용중단 시간은 500TU(여기에서 1TU는 1024 μ s임)이지만 채널전환시간은 별도로 정의되어 있지 않기 때문에 채널운용을 중단한 이후 채널전환 시점이 언제인지 명확치 않다. 단지 ITU-R의 관련 권고를 통해 그것이 레이더 존재의 탐지 후 10초 이내일 것이라고 추정할 뿐이다. 이같은 DFS 파라미터 값은 그 기능의 구현과정에서 적절히 설정되지만 만약 이들이 DFS 수행과정에서 RLAN과 레이더 성능에 심각하게 영향을 미친다면 RLAN과 레이더 성능을 모두 보장할 수 있는 그 값의 범위를 찾는 일이 무엇보다 중요할 것이다.

나. TPC 절차

STA과 AP가 모든 상황에서 동일한 전송전력을 사용하는 경우 동일채널 간섭 등 많은 문제가 발생할 수 있다. 따라서 그들이 놓인 상황에 따라 사용될 전송전력을 제한하는 것이 필요하다. 본 절에서는 STA과 AP의 전송전력에 대한 최소 요구사항을 포함하는 TPC 절차가 기술된다. IEEE 802.11a를 위한 TPC 절차로서 IEEE802.11h는 다음과 같은 사항들을 규정한다.

(1) 송신전력 능력을 바탕으로 한 연결

STA은 Association Request 또는 Reassociation Request 프레임의 power capability 정보요소를 이용하여 연결 및 재연결할 때 최소한 현 채널에 대한 최대전송전력 능력을 AP에 제공해야 한다.

AP는 유지하고 있는 BSS에 대한 로컬 전송전력제한의 결정을 돕기 위해 연결된 STA의 최대전송전력능력을 사용할 수 있다.

AP는 STA의 최대전송전력 능력이 수용될 수 없거나 전송전력 능력이 제공되지 않는다고 간주한다면 STA으로부터 전송되는 Association Request 또는 Reassociation Request를 거부할 수 있다.

(2) 규제 및 로컬 최대송신전력레벨의 지정

규제당국은 규제지역에서 각 허용채널에 대한 규제 최대전송전력 레벨 및 완화요건을 정의할 책임을 진다.

BSS를 운용하는 AP, IBSS를 시작하는 STA 또는 능동적으로 스캔하는 STA은 그 채널에 대한 TPC관련 규제요건이 가능하지 않는 한 해당 채널에서 전송하지 않아야 한다.

임의의 BSS의 AP 또는 IBSS를 시작하는 STA은 평균 완화요건이 만족되도록 BSS나 IBSS의 다른 STA을 위한 로컬 최대전송전력 레벨을 결정해야 한다. 전통적인 기법은 로컬 최대전송전력레벨을 규제 최대전송전력레벨에서 평균완화요건을 뺀 것으로 설정하는 것이다. 그러나 보다 높은 로컬 최대전송전력레벨을 이용하여 평균완화요건을 만족시키는 것이 가능할 수도 있다. 보다 낮은 로컬 최대전송전력레벨은 범위제어 또는 간섭감소와 같은 다른 목적을 위해 사용될 수도 있다.

최소한 현 채널에 대한 규제 최대전송전력레벨은 Beacon 및 Probe Response의 country 정보요소를 이용하여 BSS 또는 IBSS의 다른 STA에게 전해져야 한다. 최소한 현 채널에 대한 로컬 최대전송전력레벨은 Beacon 및 Probe Response에 있는 country 정보요소와 power constraint 정보요소의 조합을 이용하여 BSS 또는 IBSS의 다른 STA에게 전해져야 한다.

BSS에서 AP는 그것이 전송하는 모든 Beacon 및 Probe Response에서 로컬 최대전송전력을 지정해야 한다. AP는 BSS가 유지되는 동안 로컬 최대전송전력을 변경할 수도 있다. 그러나 로컬 최대전송전력을 얼마나 자주 또는 얼마만큼을 변경할 것인지를 결정함에 있어서 네트워크 안정도를 고려해야 한다.

IBSS에서 IBSS를 시작하는 STA은 그것이 전송하는 모든 Beacon 및 Probe Response에서 로컬 최대전송전력을 지정해야 한다. IBSS의 다른 STA들은 그들이 전송하는 모든 Beacon 및 Probe Response에 대해 동일한 로컬 최대전송전력레벨을 적용해야 한다. IBSS의 STA는 IBSS가 유지되는 동안 로컬 최대전송전력을 변경하거나 power constraint 정보요소 또는 country 정보요소의 해당 성분을 변경하지 않아야 한다.

(3) 송신전력의 선택

STA은 다음과 같은 규칙에 의해 부과된 제한내에서 채널에서 전송되는 각 MPDU를 위한 일정한 전송전력을 선택할 수 있다.

- BSS에서 동작하는 AP는 그 채널에 대해 규제 최대전송전력레

벨과 같거나 적은 전송전력을 사용해야 한다. 그러나 AP는 평균 규제완화요건이 침해되지 않는다는 것을 보장해야 한다.

- BSS나 IBSS에서 동작하는 AP가 아닌 STA는 그 채널에 대해 로컬 최대전송전력레벨과 같거나 적은 전송전력을 사용해야 한다.
- BSS나 IBSS에 대해 능동적으로 스캔하는 STA는 그 채널에 대해 규제 최대전송전력레벨과 같거나 적은 전송전력을 사용해야 한다. 그러나 AP는 또한 평균 규제완화요건이 침해되지 않는다는 것을 보장해야 한다.

(4) 전송전력의 최적화

STA은 다른 STA으로의 MPDU 전송을 위한 전송전력을 동적으로 최적화하기 위해 여러 가지 정보, 특히 특히 경로손실, 수신마진 추정치 등을 사용할 수 있다. 최적화 방법 또는 기준은 별도의 제한을 요구받지 않는다.

STA은 직접 통신하는 다른 STA에게 링크마진 및 전송전력 정보를 포함하는 TPC Report 프레임으로 응답하도록 요구하기 위해 TPC Request 프레임을 사용할 수 있다. TPC Request 프레임을 수신하는 STA은 transmit power 필드에 응답을 전송하는데 사용된 전력과 link margin 필드에 추정된 링크마진을 기록한 TPC Report 프레임으로 응답해야 한다.

STA은 그것이 전송하는 모든 Beacon이나 Probe Response에 전송 전력 정보를 포함하는 TPC report 정보요소를 자율적으로 포함해야

한다.

위에서 기술된 바와 같이 TPC 절차는 AP 및 STA이 사용해야 할 전송전력을 각 경우에 대해 규정하고 있다. 그러나 본 TPC 절차가 IEEE 802.11a에서 사용되도록 구현된다 하더라도 대부분의 관련 파라미터 값이 정의되어 있지 않고 또한 운용 해당지역의 규제를 준수하도록 요구하고 있기 때문에 각 TPC 파라미터의 값은 규제기관에 의한 실정에 맞는 별도의 기준으로 지정되어야 한다.

제3절 주파수 공유기술 분석시험

본 절에서는 5GHz 대역에서 기존에 배치되어 사용되고 있는 레이더와 이동 및 고정 위성과 5GHz 무선 접속시스템이 주파수를 공유하는 경우에 상호 간섭영향을 시험을 통해 분석하고, 상호 공존할 수 있는 방안을 도출할 수 있도록 주파수 공유기술 시험방안에 대해 기술하기로 하겠다. 본 절에서 기술한 시험방법에 따라 현장시험을 실시하고, 시험결과를 분석하여 기존 5GHz 대역 무선국과 5GHz 무선접속시스템이 상호 공존할 수 있는 방안을 도출하기로 하겠다.

1. 시험 계획

주파수 공유기술 시험은 기존에 서비스되고 있는 레이더, 이동위성서비스 등과 5GHz 대역 무선접속 시스템의 간섭에 대한 영향을 분석하고, 상호 공존하면서 서비스를 제공할 수 있는 방안을 도출하는데 있다. 효율적으로 시험을 수행하고 정확한 결과를 도출하기 위해서는 사전에 시험계획이 수립되고, 시험계획에 따라 단계별로 추진되어야 한다. 각 단계별 추진방안은 다음과 같다.

가. 시험 개요

(1) 시험계획 수립

시험계획 수립에서는 전체적인 시험의 윤곽을 그릴 수 있는 시험시나리오 작성 단계, 시험항목을 도출하여 이에 따른 시험방법과 시

험기준 등을 기술한 시험 절차서 작성 단계, 그리고 현장 시험 망 구축 단계로 수행한다. 현장 시험 망은 6개 국소(전파연구소, 두루넷, 삼성전기, 서울이동통신, KT, SKTelecom)에 대해 5.150 ~ 5.350GHz 대역으로 무선국 허가를 받았으며, 무선국의 특성에 따라 각 사별로 시험분야를 분배하고 이에 대한 시험을 실시한다.

(2) 현장시험

현장시험은 아래의 4가지 단계로 분류하여 실시한다. 각 단계는 상호 연계성을 가지며, 이전 시험단계의 결과를 참조하여 분석한다.

- RF 특성 분석시험 : 시험에 사용되는 시험장비에 대한 적정성을 평가하여 각 단계에서 진행되는 시험결과에 신뢰성을 높임.
- 전파 특성 분석시험 : 옥내외 환경에서의 거리/지역별 전계레벨 및 Throughput을 측정하여 5GHz 대역 전파에 대한 특성 분석
- 전파 간섭 분석시험 : 전파 간섭요인이 존재하는 상태에서 Throughput을 측정하고, 이전 단계의 전파특성 분석 시험결과와 비교 분석하여 기존 무선국과의 상호 간섭 영향 분석
- 공유기술 분석시험 : 주파수 공유기술을 적용여부 및 적용방법에 따른 상호 간섭영향을 측정하여 기존 무선국과의 주파수 공유방안 분석

(3) 결과분석 및 정리

상기 시험이 완료되면 각 단계별, 분야별 전체 시험결과를 취합하여 철저한 세부 분석을 실시하고, 그에 따라 종합된 결과를 정리하여

5GHz 대역 주파수 공유방안에 대해 정리하도록 한다.

나. 시험조건

(1) 적용규격

시험장비의 적용규격은 현재 국내 규격이 없는 상태이고, 시험장비의 수급 문제로 현재 국제기구에서 표준화가 완료된 RLAN(Radio LAN)을 주요 시험 대상으로 하고, 가능한 범위에서 FWA(Fixed Wireless Access) 까지 시험범위를 최대 확대할 수 있도록 한다. FWA의 경우에는 각각 제조사별로 규격이 상이한 관계로 시험 망 구성이 가능한 특정회사의 규격을 적용한다.

RLAN의 경우에도 802.11 계열과 HiperLAN 계열로 이원화되어 표준화가 이루어지고 있으나, 현재 상용제품이 출시되어 시험장비의 수급이 용이한 802.11a를 적용하도록 하며, 주파수 공유기술은 아직 표준화되어 있지 않고 Draft 상태이지만 802.11h를 적용하여 시험을 실시한다. 본 시험장비에 적용되는 규격은 다음과 같다.

- IEEE Std 802.11a-1999 Edition[Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications]
- IEEE Std 802.11h(Draft)

(2) 주파수 범위

수급 가능한 시험장비가 제한적임에 따라 주파수 범위는 IEEE 802.11a(또는 FCC)에서 정의한 대역으로 제한하여 시험하도록 하고, 시험범위에서 제외된 대역에 대해서는 기본적인 특성이 유사할 것으

로 가정하여 확대 해석할 수 있도록 한다. 따라서, 간섭원에 대한 주파수 범위도 시험 주파수 범위로 제한하여 고려하도록 한다. 또한, Band 3(Upper band)의 경우에 RLAN 장비에서도 제한적으로 지원됨에 따라 FWA 장비를 활용하도록 한다. 시험장비의 적용 주파수 범위는 다음과 같다.

- Band 1(Lower band) : 5.150~5.250GHz
- Band 2(Middle band) : 5.250~5.350GHz
- Band 3(Upper band) : 5.725~5.825GHz

(3) 주요 간섭영향 분석 대상

주요 간섭영향 분석 대상은 현재 5GHz 대역에서 다른 용도로 사용하고 있는 레이더(지상, 항공, 항해, 기상 및 군용), 고정위성서비스(FSS : Fixed Satellite Service) 및 이동위성서비스(MSS : Mobile Satellite Service)로 하며, RLAN 서비스시 인접 Access Point(AP), NIC(Network Interface Card) 간의 영향에 대해서도 분석하도록 한다. 간섭원의 영향에 대한 분석은 기존 서비스 시스템에 의해 RLAN으로 미치는 영향뿐만 아니라 RLAN에 의해서 기존 무선국에 미치는 영향까지 전반에 대해서 분석한다. 기존에 운용되고 있는 무선국의 간섭원에 대한 분석 대상은 다음과 같다.

- 5.250 ~ 5.350GHz 대역에서 운용되고 있는 군용, 기상용 레이더와 5.470 ~ 5.650GHz 대역에서 운용되는 군용, 기상용, 선박용 레이더와의 공유 가능성
- 5.725 ~ 5.850GHz 대역에서 운용되고 있는 고정위성서비스(FSS)

와의 공유 가능성

- 5.150 ~ 5.250GHz 대역에 있는 두 종류의 이동위성서비스(MSS)

피더링크인 Globalstar와 ICO 사이의 공유 가능성

다. RLAN 시스템 규격

앞에서도 언급하였듯이 시험장비인 RLAN 시스템은 IEEE 802.11a를 적용한다. RLAN 시스템의 주요 규격은 다음과 같다[표 3-10, 3-11, 3-12].

<표 3-10> Operating Specifications

항 목	사 양	비 고
Wireless Medium Access Protocol	CSMA/CA (IEEE 802.11a)	
Duplex	TDD (Time Division Duplex)	
Burst Frame Length	1 ~ 4095 Octet per Burst Frame	
Wireless Technology	OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)	
Modulation	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	
Channel Coding	K=7(64 States) Convolutional code (Coding Rate = 1/2, 2/3, 3/4)	
Data Rate	6,9,12,18,24,36,48,54Mbps(6,12,24Mbps=Mandatory)	
Operating Frequency	○ Band 1 (Lower band): 5.150~5.250GHz ○ Band 2 (Middle band): 5.250~5.350GHz	
Center Frequency	5.18, 5.20, 5.22, 5.24, 5.26, 5.28, 5.30, 5.32(GHz)	
Occupied Channel Bandwidth	16.6MHz (Channel Spacing : 20MHz)	
Antenna Port Impedance	50Ω	

<표 3-11> Transmit Specifications

항 목	사 양	비 고									
Maximum Transmit Power Levels	○ 5.15 ~ 5.25GHz : 40mW(2.5mW/MHz) ○ 5.25 ~ 5.35GHz : 200mW(12.5mW/MHz)	6Bbi Ant. Gain 포함									
Transmit Spectrum Mask	0dB _r @fc±9MHz, -20dB _r @fc±11MHz, -28dB _r @fc±20MHz, -40dB _r @fc±30MHz										
In band & out of band spurious emission	○ In band <table border="1"> <tr> <th>구 분</th><th>Lower band</th><th>Middle band</th></tr> <tr> <td>Peak Transmit Power</td><td>50mW 이하</td><td>250mW 이하</td></tr> <tr> <td>Peak Power Spectral Density</td><td>4dBm/MHz 이하</td><td>11dBm/MHz 이하</td></tr> </table> ○ Out of band : 40dBc 이상	구 분	Lower band	Middle band	Peak Transmit Power	50mW 이하	250mW 이하	Peak Power Spectral Density	4dBm/MHz 이하	11dBm/MHz 이하	
구 분	Lower band	Middle band									
Peak Transmit Power	50mW 이하	250mW 이하									
Peak Power Spectral Density	4dBm/MHz 이하	11dBm/MHz 이하									
Frequency Tolerance	±20ppm										

<표 3-12> Receiver Specifications

항 목	사 양				비 고
- Minimum Input Level Sensitivity - Adjacent Channel Rejection - Non-adjacent Channel Rejection	Data Rate (Mbps)	Minimum Sensitivity (dBm)	Adjacent Channel Rejection(dB)	Non-adjacent Channel Rejection(dB)	PER < 10% at a PSDU Length of 1000 bytes
	6	-82 이하	16 이상	32 이상	
	9	-81 이하	15 이상	31 이상	
	12	-79 이하	13 이상	29 이상	
	18	-77 이하	11 이상	27 이상	
	24	-74 이하	8 이상	24 이상	
	36	-70 이하	4 이상	20 이상	
	48	-66 이하	0 이상	16 이상	
	54	-65 이하	-1 이상	15 이상	
Maximum Input Level	-30dBm				

라. 측정 장비 및 Components의 조건

RLAN 시스템 및 시험 망 구성을 위한 Components는 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- 5GHz RLAN 장비
 - 무변조 Single Carrier 상태의 무선신호가 지속적으로 송출 가능하여야 한다.(미지원시 Signal Generator 이용)
 - 변조된 무선신호가 지속적으로 송출 가능하여야 하며, 송신부에서 1000Bytes 크기의 PSDU 신호를 일정주기로 연속 전송하고, 수신부에서 PSDU 신호에 대한 PER(Pecket Error Rate)을 측정, 표시 가능하여야 한다.(미지원시 SmartBits, Chariot 등을 사용하여 Packet을 외부에서 입력 전송하고 Return되는 Pecket과 비교하여 전송성능 분석)
- DFS(Dynamic Frequency Selection) 및 TPC(Transmit Power Control) 기능이 제공되어야 한다.
 - DFS 및 TPC의 적용유무에 따른 변화를 측정하기 위해 DFS/TPC에 대한 ON/OFF가 가능하여야 한다.
 - DFS 적용방법, 반응시간 등의 변환이 가능하여야 한다.
 - TPC 적용시 인지레벨, 변환단계의 조절이 가능하여야 한다.
- 분배기는 주파수 운용범위가 5 ~ 6GHz 대역인 광대역 분배기를 사용한다.
- RF Cable은 제작사마다 Loss가 상이하므로 주의하여 사용하며, 5GHz 대역에서 운용되도록 설계된 제품을 사용한다.

2. 주요시험 내역

가. RF 특성분석 시험

RF 특성분석 시험은 계측장비를 이용하여 RF 입출력 단에서 무선신호에 대한 시험을 통해 RF 특성을 분석하고, 시험 시료에 대한 적정성을 평가하여 시험 결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있도록 한다. 시험항목은 IEEE Std 802.11a-1999 Edition을 참고로 추출하였으며, RF 특성이 전파 특성에 영향을 미칠 수 있고 5GHz RLAN 장비의 특성상 지원 가능한 범위로 제한한다. RF 특성시험을 위한 주요 시험항목은 다음과 같다.

- Channel Bandwidth
- Maximum Transmit Power Levels
- Spectrum Mask
- In band and Out of band Spurious Emission
- Frequency Tolerance
- Minimum Input Level Sensitivity
- Adjacent & Non-adjacent Channel Rejection
- Maximum Input Level

나. 전파 특성 분석 시험

전파 특성 분석시험은 옥내외 지역에서 각 시험환경에 따른 전계 레벨을 측정하고, 송신단에서 일정주기, 일정크기로 전송한 Packet을 수신단에서 수신하고, 송.수신단의 이격거리(Distance), 전송속도 등에

따른 PER(Packet Error Rate)을 측정하여 무선링크의 Throughput을 산출한다. 이를 통해 5GHz 대역의 전파 특성 및 적정 서비스 커버리지를 분석한다. 전파 특성 분석시험은 다양한 환경적 요인을 수용하기 위하여 시험 환경을 다음과 같이 분류하여 시험한다.

- 옥내환경(콘크리트, 석고보드 등 재질별 분류)
- 옥외환경(대도시, 중소도시 등 지형별 분류)
- Outdoor-to-Indoor, Indoor-to-Outdoor환경(콘크리트, 유리 등 재질별 분류)

다. 전파 간섭 분석 시험

전파 간섭 분석 시험은 전파간섭 요인이 존재하는 상태에서 PER을 측정하여 간섭에 대한 영향을 분석하기 위하여 수행한다. 전파 간섭 분석 시험은 동일 채널 간섭에 대한 영향 분석 및 인접채널 간섭에 대한 영향을 분석하도록 하며, 간섭을 피하기 위한 소요 대역폭에 대한 분석도 포함한다. 전파 간섭 분석을 위한 주요 간섭 대상은 다음과 같다.

- 레이더(지상, 항공, 항해, 기상 및 군사용)
- 이동위성서비스(Mobile Satellite Service : MSS)
- 인접 Access Point(AP), NIC(Network Interface Card)

또한, 기존 무선국에 대한 간섭영향 뿐만 아니라 5GHz 대역 RLAN에 의한 기존 무선국에 대한 간섭영향에 대해서도 분석하기로 한다.

라. 주파수 공유기술 분석시험

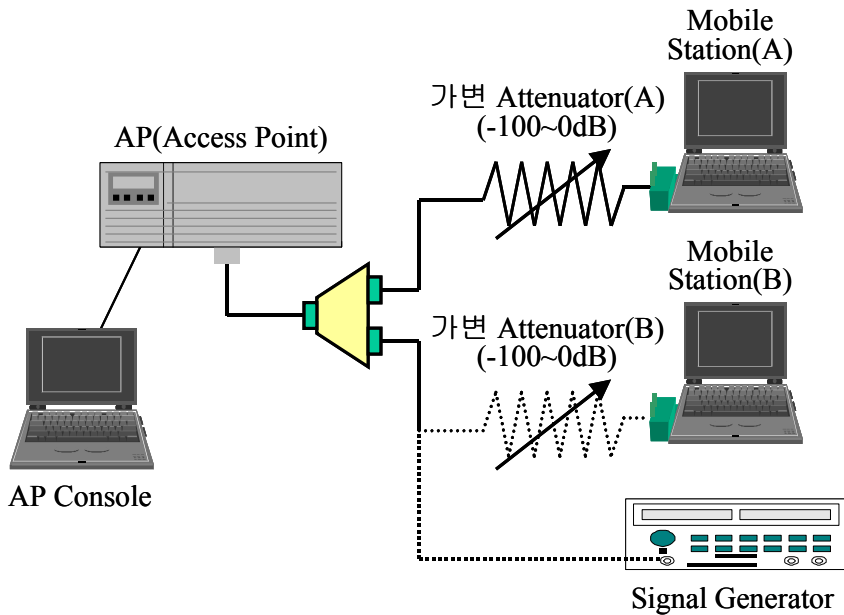
주파수 공유기술 분석시험은 전파 간섭요인이 존재하는 상태에서 주파수 공유기술의 유무 또는 적용방법에 따른 간섭에 대한 영향을 분석한다. 이를 위한 적용규격은 IEEE 802.11h(Draft)를 적용한다. 이를 통해 기존 무선국과 5GHz 무선 LAN과의 상호 간섭 영향을 피할 수 있는 기준을 수립하고, 주파수 공유기술 적용시 5GHz 무선 LAN에 의해 기존 무선국에 대한 간섭요인도 분석하기로 한다.

3. 시험 망 구축

시험 망은 RF 특성시험, 전파간섭에 대한 기본 특성, 공유기술에 대한 기본 검증 등의 실험실 레벨의 기본 특성시험 망과 전파 특성 분석, 옥내외 환경에서의 무선링크의 Throughput 측정, 실제 운용중인 간섭원에 대한 특성 등을 분석하기 위한 현장 시험 망으로 이원화하여 구축하도록 한다.

가. 기본 특성시험 망

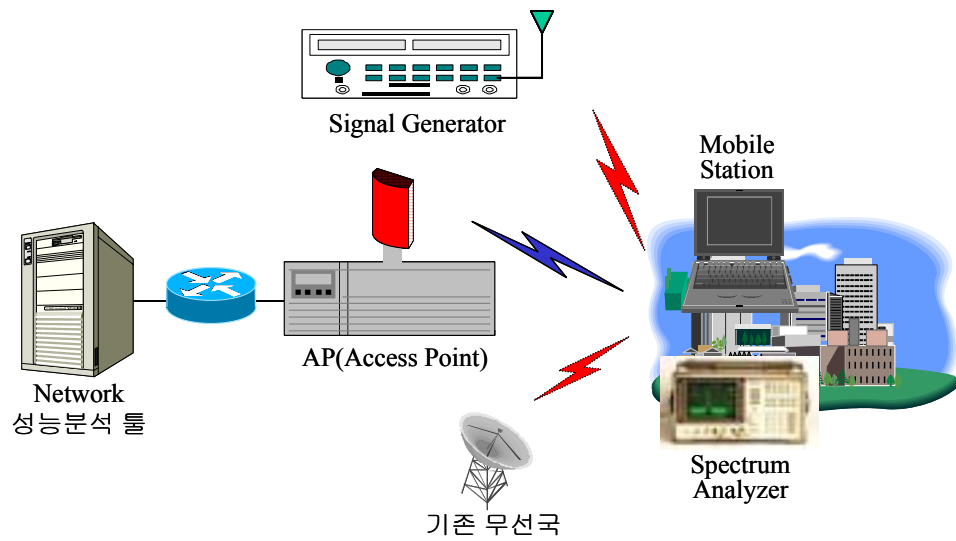
실험실 레벨에서 수행할 수 있는 기본적인 특성에 대한 검증을 위한 기본 특성시험 망은 RF 케이블을 통해 송수신단을 접속하고 간섭원은 Signal Generator 또는 RLAN 장비를 이용하여 발생시킨다. 이를 통해 RF 특성시험, 전파 간섭시험, 공유기술 시험 등이 가능하다. 다음은 전파간섭 및 공유기술의 기본 특성 시험을 위한 시험 망 구성도이다. 간섭원의 특성에 따라 Mobile Station(B) 또는 Signal Generator를 선택적으로 사용한다.



[그림 3-65] 시험 망 구성도

나. 현장 시험 망

현장 시험 망은 6개 국소(RRL, 두루넷, 삼성전기, 서울이동통신, KT, SKT)에 대해 5.150~5.350GHz 대역으로 무선국 허가를 받았으며, 무선국의 특성에 따라 각 사별로 시험분야를 분배하고 이에 대한 시험을 실시한다. 다음은 전파특성, 전파간섭 및 공유기술 현장시험을 위한 망 구성도로서, 전파 간섭원은 Signal Generator를 이용하여 임의로 발생시키거나, 레이더, 이동위성서비스 등의 기존 무선국의 간섭원이 존재하는 지역에서 시험을 수행한다.



[그림 3-66] 현장 시험 망 구성도

제4절 5GHz대 주파수 공유간섭 분석시험

미국의 FCC에서는 5GHz 대역을 UNII Lower Band (5.150 - 5.250GHz), UNII Middle Band (5.250 - 5.350GHz) 및 UNII Upper Band (5.725 - 5.825GHz)로 배정하였으며, 유럽의 CEPT에서는 Lower Band (5.150 - 5.350GHz)와 Upper Band (5.470 - 5.725GHz)을 고속 무선 LAN 시스템(HiperLAN)을 위해 할당하였다. 국내에서는 5.725 - 5.825GHz 대역에 대해 ISM Band로 지정한 상태이고, 5.150 - 5.350GHz, 5.470 - 5.725GHz 대역에서 무선 랜의 사용이 검토되고 있다. 국내에서 무선 랜으로 사용이 검토되고 있는 대역은 고정위성업무(지구대우주), 무선표정, 지구탐사위성, 우주 연구 등으로 이미 분배되어 있는 상태로 이 대역에서 무선 랜의 사용을 위해서는 주파수 공유는 필수적이라 할 수 있겠다. 따라서, 본 절에서는 기 할당된 주파수와의 공유할 수 있는 방안을 분석하기 위해 가장 직접적으로 영향을 줄 수 있는 기 사용중인 레이더 신호와의 전파 간섭시험을 수행하여 무선 랜의 사용가능 대역에 대해 분석하기로 하겠다.

본 연구를 위해 수행한 주파수 공유간섭 분석시험은 간섭원이 존재하지 않는 상태에서의 무선 랜의 전송 에러율과 레이더 신호 등에 의한 간섭원이 존재하거나 간섭원과 인접된 채널에서의 전송 에러율을 상호 비교하여 기존에 할당된 역무에 의한 무선 랜의 영향을 분석하고, 이 결과를 바탕으로 국내 지역별로 사용 가능한 무선 랜 채널에 대해 추정하는 단계로 수행하였으며, 이에 따른 상세 내용은 다음과 같다.

1. 시험환경 구축

본 시험은 레이더 신호와의 간섭에 의한 무선 랜의 영향을 분석하기 위해 실시하며, 이를 위해 지역별로 사용 주파수, 사용 가능한 주파수를 검출하기 위한 5GHz 대역 전파환경 분석 시험과, 동일 또는 인접채널에서 무선랜을 사용하는 경우의 영향을 분석하기 위해 5GHz 대역 전파간섭 분석시험을 수행하였다. 이를 수행하기 위한 기본적인 주요 시험조건은 다음과 같다.

o 적용 규격

IEEE Std 802.11a-1999 Edition, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications

o 주파수 범위

5.150 - 5.875GHz 대역의 전체 주파수 범위에 대해 시험을 수행하여야 하나, 시험장비의 주파수 지원범위가 제한적인 관계로 아래의 주파수 범위에 대해 시험을 수행하고, 범위내 타 대역에 대해서는 유추하여 해석하기로 하겠다.

- Band I (Lower band) : 5.150 - 5.250GHz
- Band II (Middle band) : 5.250 - 5.350GHz

o 주요 간섭영향 분석 대상

레이더 (지상, 항공, 항행, 기상 레이더 및 군사용 레이더), 이동 위성서비스(Mobile Satellite Service : MSS) 등 다양한 간섭원에 대해 측정이 이루어져야 하지만 본 연구에서는 무선 랜에 가장 직접적으로 영향을 줄 수 있는 레이더에 중점을 뒀서 시험하

도록 하겠다.

o 전기적 특성

본 시험에서 사용한 장비의 전기적 규격은 다음표와 같으며, 앞에서도 언급했듯이 IEEE 802.11a 규격을 준수하였다.

[운용규격]

항 목	사 양	비 고
Wireless Medium Access Protocol	CSMA/CA (IEEE 802.11a)	
Duplex	TDD (Time Division Duplex)	
Wireless Technology	OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)	
Modulation	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	
Channel Coding	K=7(64 States) Convolutional code	
Number of Sub-carriers	52	
Data Rate	6, 12, 18, 24, 36Mbps	
Operating Frequency	Band 1 (Lower band): 5.150~5.250MHz Band 2 (Middle band): 5.250~5.350MHz	
Center Frequency	5.18, 5.20, 5.22, 5.24, 5.26, 5.28, 5.30, 5.32	

[송신단 규격]

항 목	사 양	비 고
Maximum Transmit Power Levels	Lower band (5.15~5.25MHz) : 40mW(25mW/MHz) Middle band (5.25~5.35MHz) : 200mW(12.5mW/MHz)	
Transmit Spectrum Mask	0dB@fc±9MHz -20dB@fc±11MHz -28dB@fc±20MHz -40dB@fc±30MHz	
Occupied Channel Bandwidth	16.6MHz (Channel Spacing : 20MHz)	
Transmit spurious emission	<-27dBm	
Spectral Flatness	Spectral lines -16 ~ -1 및 +1 ~ +16에서 2dB 이하 Spectral lines -26 ~ -17 및 +17 ~ +26에서 +2/-4dB 이하	
Transmit Center Frequency Tolerance	Max. ±20ppm	

[수신단 규격]

항 목	사 양				비 고
Minimum Input Level Sensitivity	Data Rate (Mbps)	Minimum Sensitivity (dBm)	Adjacent Channel Rejection(dB)	Non-adjacent Channel Rejection(dB)	PER < 10% at a PSDU Length of 1000 bytes
Adjacent Channel Rejection	6	-82 이하	16 이상	32 이상	
	9	-81 이하	15 이상	31 이상	
	12	-79 이하	13 이상	29 이상	
	18	-77 이하	11 이상	27 이상	
Non-adjacent Channel Rejection	24	-74 이하	8 이상	24 이상	
	36	-70 이하	4 이상	20 이상	
	48	-66 이하	0 이상	16 이상	
	54	-65 이하	-1 이상	15 이상	
Maximum Input Level	-30dBm				

가. 5GHz 대역 전파환경 분석시험

5GHz 대역 전파환경 분석시험은 지역별로 현재 사용중인 대역에 대해 조사하여 무선랜이 사용 가능한 주파수를 분석하기 위해 실시하며, 전파환경 분석은 서울, 경기지역을 중심으로 실시하였다. 5GHz 대역 전파환경 분석시험은 현재 실험국이 운용되고 있는 지역을 중심으로 원거리의 시계 확보가 가능한 고도가 높은 장소를 선택하여 Spectrum Analyzer를 이용하여 6시간 이상 장시간 운용하며, 5.100~5.900GHz 대역에서 방사되는 신호를 측정한다.

나. 기존 역무(레이더)에 의한 간섭 분석시험

기존 역무(레이더)에 의한 간섭 분석시험은 레이더 신호와 완전히

이격된 채널과 레이더와 중첩 또는 인접되는 채널에서 무선 랜의 PER(Packet Error Rate)을 상호 비교하여 레이더에 의한 무선 랜의 영향에 대해 분석하는데 목적이 있다. 기존 역무(레이더)에 의한 간섭 분석시험은 5.150~5.350GHz 대역에서 현재 운용중인 레이더 신호가 검출되는 지역에서 AP와 Mobile Station 간의 PER을 측정할 수 있도록 AP에서 1,000Bytes 크기의 PSDU(Physical layer Service convergence protocol - Service Data Unit) 신호를 일정주기로 반복 전송하고, 이를 Mobile Station에서 수신하며, 이때 Mobile Station에서 수신한 데이터의 Packet의 Error율을 분석한다.

다. 무선 전송성능 분석 시험시스템 구성

무선 전송성능 분석시스템은 Packet을 생성하여 무선으로 송출하는 무선 송신단, 송신단에서 전송한 Packet을 수신하여 분석을 위한 기본 데이터를 생성하는 무선 수신단, 그리고 기본 수신 데이터를 이용하여 사용자 요구에 따라 분석하는 수신 Packet 분석시스템으로 구성되며, 주요 구성요소 및 기능은 다음과 같다.

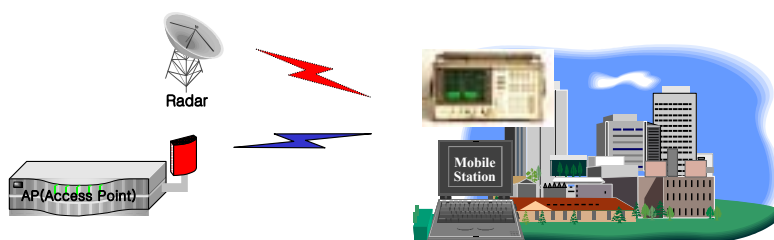


그림 3-67. 무선전송성능분석 시험시스템 구성도

o 무선 송신단

일정 패턴, 일정 간격으로 1,000 Byte 크기의 PSDU(PLCP SDU) 신호를 발생하여 안테나를 통해 무선으로 전송하는 기능을 수행하며, AP(Access Point)를 이용하며, 본 시험을 위해 개발한 PER 시험모드로 전환하여 사용한다.

- 전송속도(Tx Rate) : 6, 12, 24, 36, 48, 54 bps
- 주파수(Frequency) : 5.18, 5.20, 5.22, 5.24, 5.26, 5.28, 5.30, 5.32GHz (8 채널)

o 무선 수신단

무선 송신단에서 전송한 Packet을 수신하여 수신 Packet Counter, CCA Counter, RSSI, C/I, Error Packet Counter를 위한 기본 데이터를 생성하는 기능을 수행하며, NIC(Network Interface Card)를 이용하여 본 시험을 위해 개발한 PER 시험모드로 전환하여 사용한다. 생성된 데이터는 수신 Packet 분석 시스템으로 전송한다.

o 수신 Packet 분석시스템

무선 수신단으로부터 수신한 기본 분석 데이터를 이용하여 사용자 이용할 수 있도록 가공, 편집하는 기능을 수행하는 시스템으로, 그래프를 이용한 분석이 가능하고, 분석 데이터의 저장이 가능하도록 한다.

라. 무선 전송성능 분석 시스템의 RF 특성시험

무선 전송성능 분석시스템을 이용하여 간섭영향 분석시험을 하기 위해서는 사용시스템에 대한 RF 특성시험을 실시하여 사용 시료에 대한 적정성을 평가하여야 시험 결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다. RF 특성시험은 AP(Access Point)와 Mobile Station에 대해 각각 수행하였으며, 5.150 ~ 5.250GHz 대역에 대해 각 채널별로 실시하였다. 다음의 표에서 나타나듯이 앞에서 언급한 IEEE 802.11a 규격을 기준으로 적정한 시스템으로 평가되었다. 표의 비고란의 'P'는 측정 대상 장비의 설정 Power Level을 나타낸다.

o AP(Access Point)

[송신출력]

Band	규 격	주파수	측정정치	비 고
5.15~ 5.25GHz	10mW (10dBm)	5.180GHz	11.4mW/10.6dBm	P=16
		5.200GHz	10.2mW/10.1dBm	P=16
		5.220GHz	12.0mW/10.8dBm	P=15
		5.240GHz	10.4mW/10.2dBm	P=15
5.25~ 5.35GHz	50mW (17dBm)	5.260GHz	53.7mW/17.3dBm	P=9
		5.280GHz	53.7mW/17.3dBm	P=10
		5.300GHz	53.7mW/17.3dBm	P=12
		5.320GHz	50.0mW/17.0dBm	P=14

P : 설정 Power Level

[Spurious]

규 격	주파수	측정치	비 고
< -27dBm	5.180㎐	-29.4dBm/-48.0dBc	P=16
	5.200㎐	-34.7dBm/-44.8dBc	P=16
	5.220㎐	-31.0dBm/-41.8dBc	P=15
	5.240㎐	-33.8dBm/-44.0dBc	P=15
	5.260㎐	-27.7dBm/-45.0Bc	P=9
	5.280㎐	-30.8dBm/-48.1dBc	P=10
	5.300㎐	-31.8dBm/-49.1dBc	P=12
	5.320㎐	-32.0dBm/-49.0dBc	P=14

[Center Frequency Tolerance]

규 격	주파수	측정치	비 고
< 20ppm	5.180㎐	5,179,999,199Hz(0.15ppm)	P=16
	5.200㎐	5,199,999,281Hz(0.14ppm)	P=16
	5.220㎐	5,219,999,279Hz(0.14ppm)	P=15
	5.240㎐	5,239,999,242Hz(0.14ppm)	P=15
	5.260㎐	5,259,999,234Hz(0.15ppm)	P=9
	5.280㎐	5,279,999,251Hz(0.14ppm)	P=10
	5.300㎐	5,299,999,239Hz(0.14ppm)	P=12
	5.320㎐	5,319,999,202Hz(0.15ppm)	P=14

[Occupied Channel Bandwidth]

규 격	주파수	측정치	비 고
< 17MHz	5.180㎐	16.3MHz	P=10(9.9dBm)
	5.200㎐	16.3MHz	P=9(10.3dBm)
	5.220㎐	16.3MHz	P=9(9.6dBm)
	5.240㎐	16.3MHz	P=8(10.5dBm)
	5.260㎐	16.3MHz	P=2(16.9dBm)
	5.280㎐	16.3MHz	P=2(17.3dBm)
	5.300㎐	16.3MHz	P=4(17.1dBm)
	5.320㎐	16.3MHz	P=6(17.1dBm)

[Spectrum Mask]

주파수 (GHz)	규격	측정치	비고
5.18GHz	< -20dB @ (Fc±11MHz)	-30.8dB	P=10(9.9dBm)
	< -28dB @ (Fc±20MHz)	-48.3dB	
	< -40dB @ (Fc±30MHz)	-60.7dB	
5.20GHz	< -20dB @ (Fc±11MHz)	-32.8dB	P=9(10.3dBm)
	< -28dB @ (Fc±20MHz)	-39.0dB	
	< -40dB @ (Fc±30MHz)	-45.8dB	
5.22GHz	< -20dB @ (Fc±11MHz)	-32.6dB	P=9(9.6dBm)
	< -28dB @ (Fc±20MHz)	-39.6dB	
	< -40dB @ (Fc±30MHz)	-48.0dB	
5.24GHz	< -20dB @ (Fc±11MHz)	-35.3dB	P=8(10.5dBm)
	< -28dB @ (Fc±20MHz)	-46.1dB	
	< -40dB @ (Fc±30MHz)	-60.5dB	
5.26GHz	< -20dB @ (Fc±11MHz)	-30.8dB	P=2(16.9dBm)
	< -28dB @ (Fc±20MHz)	-40.6dB	
	< -40dB @ (Fc±30MHz)	-48.4dB	
5.28GHz	< -20dB @ (Fc±11MHz)	-25.1dB	P=2(17.3dBm)
	< -28dB @ (Fc±20MHz)	-32.5dB	
	< -40dB @ (Fc±30MHz)	-47.1dB	
5.30GHz	< -20dB @ (Fc±11MHz)	-23.8dB	P=4(17.1dBm)
	< -28dB @ (Fc±20MHz)	-32.5dB	
	< -40dB @ (Fc±30MHz)	-45.3dB	
5.32GHz	< -20dB @ (Fc±11MHz)	-23.2dB	P=6(17.1dBm)
	< -28dB @ (Fc±20MHz)	-30.2dB	
	< -40dB @ (Fc±30MHz)	-45.6dB	

[수신 감도]

Data Rate	규 격	측정치	PER(%)	비 고
6Mbps	< -82dBm	-82dBm	0%	
12Mbps	< -79dBm	-81dBm	0%	
24Mbps	< -74dBm	-76dBm	0%	

[수신단 최대 입력레벨]

규 격	PER(%)	비 고
-30dBm	0%	0%

o Mobile Station

[송신 출력]

Band	규 격	주파수	측정정치	비 고
5.15~ 5.25㎐	10mW (10dBm)	5.180㎐	11.2mW/10.5dBm	P=11
		5.200㎐	10.0mW/10.0dBm	P=11
		5.220㎐	10.7mW/10.3dBm	P=11
		5.240㎐	10.0mW/10.0dBm	P=12
5.25~ 5.35㎐	50mW (17dBm)	5.260㎐	57.5mW/17.6dBm	P=5
		5.280㎐	53.7mW/17.3dBm	P=6
		5.300㎐	60.3mW/17.8dBm	P=7
		5.320㎐	47.9mW/16.8dBm	P=9

[Spurious]

규격	주파수	측정치	비고
< -27dBm	5.180㎐	-35.3dBm/-45.8dBc	P=11
	5.200㎐	-38.0dBm/-48.0dBc	P=11
	5.220㎐	-36.0dBm/-46.3dBc	P=11
	5.240㎐	-35.5dBm/-46.3dBc	P=12
	5.260㎐	-30.2dBm/-47.8dBc	P=5
	5.280㎐	-30.5dBm/-47.8dBc	P=6
	5.300㎐	-31.0dBm/-48.8dBc	P=7
	5.320㎐	-31.3dBm/-48.1dBc	P=9

[Center Frequency Tolerance]

규격	주파수	측정치	비고
< 20ppm	5.180㎐	5,180,018,837Hz(3.64ppm)	P=11
	5.200㎐	5,200,019,014 Hz(3.66ppm)	P=11
	5.220㎐	5,220,019,110 Hz(3.66ppm)	P=11
	5.240㎐	5,240,019,195 Hz(3.66ppm)	P=12
	5.260㎐	5,260,019,285 Hz(3.67ppm)	P=5
	5.280㎐	5,280,019,358 Hz(3.67ppm)	P=6
	5.300㎐	5,300,019,442 Hz(3.67ppm)	P=7
	5.320㎐	5,320,019,525 Hz(3.67ppm)	P=9

[Occupied Channel Bandwidth]

규 격	주파수	측정치	비 고
< 17MHz	5.180MHz	16.3MHz	P=4(10.1dBm)
	5.200MHz	16.3MHz	P=4(10.0dBm)
	5.220MHz	16.3MHz	P=4(10.2dBm)
	5.240MHz	16.3MHz	P=5(10.0dBm)
	5.260MHz	16.3MHz	P=0(16.0dBm)
	5.280MHz	16.3MHz	P=0(16.4dBm)
	5.300MHz	16.3MHz	P=1(17.3dBm)
	5.320MHz	16.3MHz	P=3(16.3dBm)

[수신 감도]

Data Rate	규 격	측정치	PER(%)	비 고
6Mbps	< -82dBm	-82dBm	0%	
12Mbps	< -79dBm	-79dBm	0%	
24Mbps	< -74dBm	-74dBm	0%	

[수신단 최대입력 레벨]

규 격	PER(%)	비 고
-30dBm	0%	0%

2. 공유간섭 분석 시험

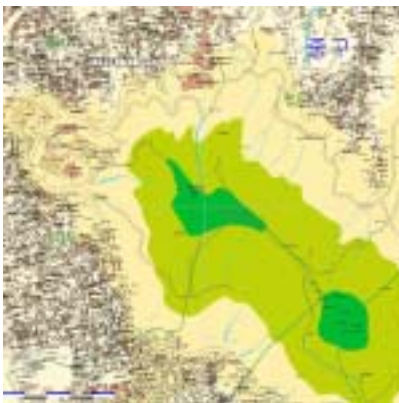
가. 공유 간섭분석 측정

o Site 선정

전국의 주요 레이다 국소중 전파 측정 수행이 원활하며, 시험장비와 중첩 또는 인접된 채널에서 운용중인 곳을 선정하였으며, 측정 Site는 다음 표와 같다.

Site명	위도	경도	해발고 (m)
K 기상레이다(서울지역)	37 26 29	126 57 57	625
Y 기상레이다(경북지역)	36 37 32	128 21 15	120

아래 그림은 Site 선정을 위한 전자지도를 이용한 도상검토 그림이다.



K 기상레이다 Site검토



Y 기상레이다 Site검토

○ 측정점 선정

측정 Site에 대한 측정점은 레이더 신호에 대한 스펙트럼 검출이 가능하고, LOS(Line Of Sight)가 가능한 지역을 주요 검토 대상으로 하였으며, 측정 Site에 대한 측정점은 다음 표와 같다.

Site명	측정점	위도	경도	해발고(m)
K 기상레이다	남산	37 32 55	126 59 28	250
Y 기상레이다	비행장 인근도로	36 37 8	128 20 33	96

아래그림은 현장 측정업무를 원활히 수행기 위한 목표지점과의 LOS 등을 검토에 이용되는 각 지점별 도상검토 그림이다.

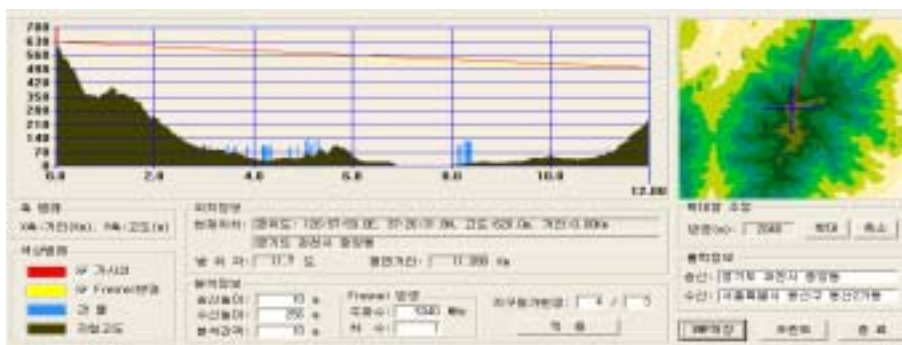


그림 3-68. K기상레이더 지역 도상검토

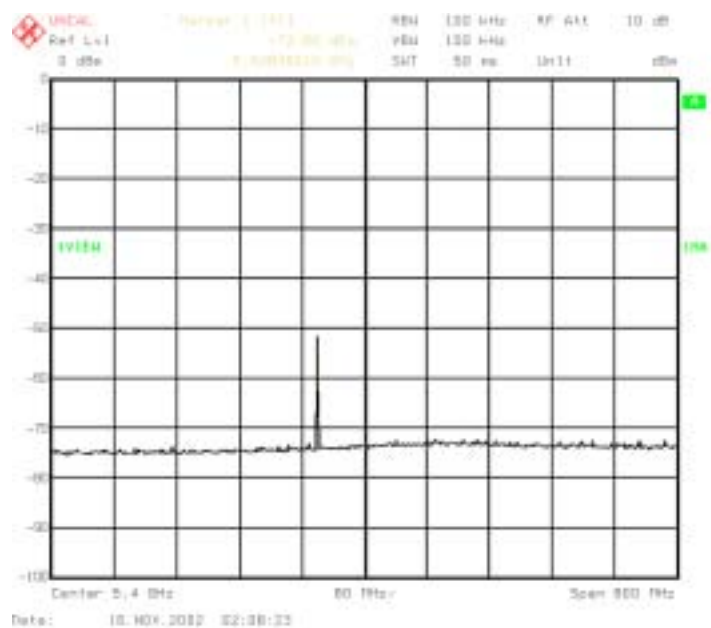


그림 3-69. Y기상레이더 지역 도상검토

나. 실험결과

o 5GHz 대역 스펙트럼 분석(전파환경 분석)

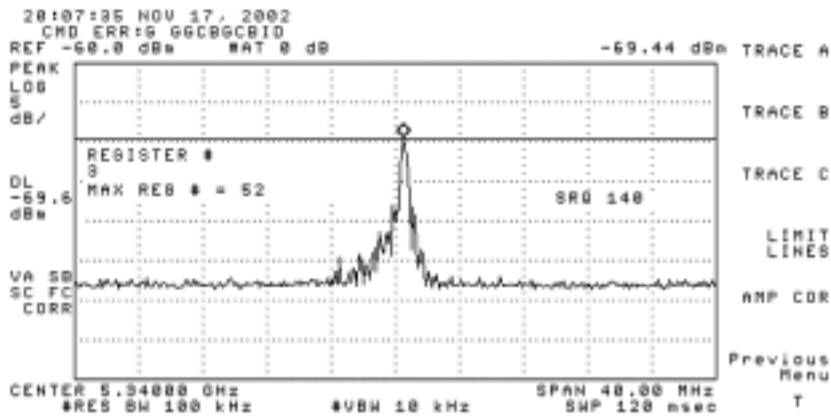
5GHz 대역 스펙트럼 분석은 전 지역을 대상으로 측정이 이루어져야 하지만 신호 축출이 가능한 측정 포인트를 찾는 데 어려움이 존재하며, 장기간 운용을 통해 검출될 수 있는 사항임에 따라, 기존 서울지역에서 운용 중인 실험국을 중심으로 측정하였으며, 5.100GHz ~ 5.900 GHz 대역에서 방사되는 신호에 대해 다음 그림과 같은 결과를 얻을 수 있었다.



[그림 3-70] 용산지역 스펙트럼 측정 Data



[그림 3-71] 목동지역 스펙트럼 측정 Data



[그림 3-72] 강남지역 스펙트럼 측정 Data

상기 그림에서 나타나듯이 5GHz 대역에서 스펙트럼을 분석한 결과 K 기상레이더 신호가 5.340GHz 대역에서 검출되고, 이외의 대역에서는 스펙트럼이 검출되지 않는다는 것을 알 수 있었다. 군용 레이더, 방송중계 등에 의해 특정시간, 특정장소에서는 점유되는 주파수가 발생할 수 있으나, 본 시험을 수행하는 과정에서는 검출되지 않은 상태로 사용 빈도수가 매우 적은 것으로 예측된다.

o 기존 역무(레이더)에 의한 간섭 분석시험

레이더에 의한 간섭분석시험은 레이더 신호가 검출되는 지의 여부를 판단하기 위한 스펙트럼 분석과 무선 전송성능 분석 시스템을 이용한 레이더 신호와의 이격채널, 동일채널 및 인접채널에서의 PER 분석을 통한 전송성능에 대해 측정하는 방식으로 시험을 수행하였으며, 주요 시험환경은 다음과 같다.

- 레이더 신호의 수신에 용이한 장소에서 시험수행 (서울지역의 경우 지형, 지물에 의해 레이더 신호의 전파에 영향을 받을 수

- 있기 때문에 고도가 높아 가시거리 확보가 용이한 장소 선택)
- 무선 송신단과 무선 수신단이 가시거리를 확보하여 레이더와의 이격 채널에서는 오류 없이 송수신이 가능하고, 외부 영향을 최소화하기 위해 Open Space에서 시험 수행 (송·수신단의 설치 위치에 의해 통행자와 차량 등에 의해 일부 영향을 받는 경우가 존재하지만 이에 따른 영향이 크지 않음에 따라 결과 분석시에는 무시)
 - 1,000 Bytes PSDU 100개씩 10 term(즉, 1,000개 Packet)을 전송하여 이에 따른 성능 분석

(1) 서울지역 시험결과

5GHz 대역 스펙트럼 분석시험 결과 서울, 경기의 측정지역에서 동일하게 나타났으며, 이에 따라 관악산 및 서울지역의 용이한 남산타워 인근에서 측정한 결과를 제시하도록 하겠다. 다음 그림은 남산과 관악산의 지형정보 및 남산타워 인근에서 측정한 스펙트럼을 나타내고 있다.

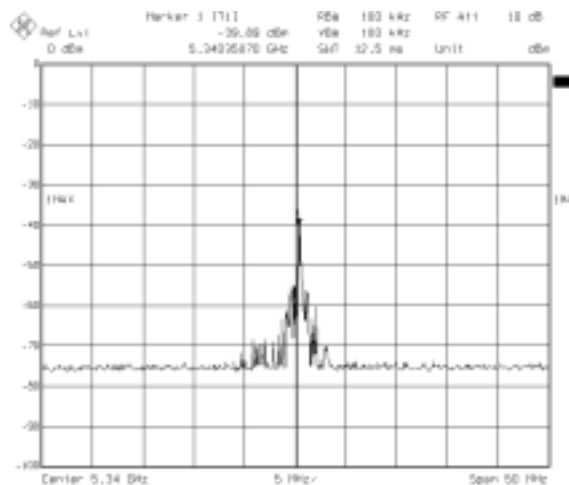


그림 3-73. K레이다 스펙트럼 측정

상기 그림에서 나타나듯이 남산타워 인근에서도 타 지역과 동일한 대역의 스펙트럼인 관악산 기상레이더 신호인 5.340GHz 대역에서 검출되고, 이외의 대역에서는 스펙트럼이 검출되지 않았다. 따라서, 서울 지역에서의 레이더와의 간섭영향을 분석하는데 가장 적합한 장소로 사료된다. 다음 그림은 남산타워 인근에서 시험을 위한 측정시스템의 송수신단 구성을 나타낸다.



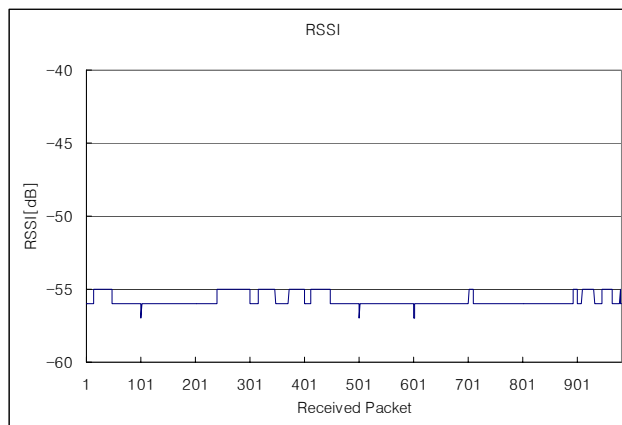
그림 3-74. 간섭분석 실험을 위한 송수신 장비

(가) 5.180GHz 대역에서의 Packet 전송률 분석

다음 표는 5.180GHz 대역에서 24Mbps로 전송한 Packet을 측정한 결과로서, RxPkt, CCA, CRC, PE는 Counter값을 표시하며, RRSI, C/I는 평균값을 표시한다. 표에서 나타나듯이 1,000개의 Packet에 대해 에러가 발생되지 않았으며, 평균 RRSI는 -55dB, C/I는 22dB로 매우 안정적으로 통신이 가능한 것으로 나타났다.

TrmNo	RxPkt	CCA	CRC	RSSI	C/I	PE
1	100	100	0	-56	23	0
2	100	100	0	-56	22	0
3	100	100	0	-55	22	0
4	100	100	0	-55	21	0
5	100	100	0	-55	21	0
6	100	100	0	-55	22	0
7	100	100	0	-56	22	0
8	100	100	0	-56	23	0
9	100	100	0	-55	22	0
10	100	100	0	-55	23	0
Total(Avg.)	1000	1000	0	-55	22	0

다음 그림은 상기 표에 대한 RSSI 값과 C/I 값의 변환상태를 도식한 것으로 Open Space임에 따라 변환이 거의 없으며, 반복적으로 시험한 결과 AP와 Station의 설치조건이 사람 키보다 낮은 1m 정도의 높이로 사람들의 통행에 의해 일부 영향을 받는 것으로 나타난다.



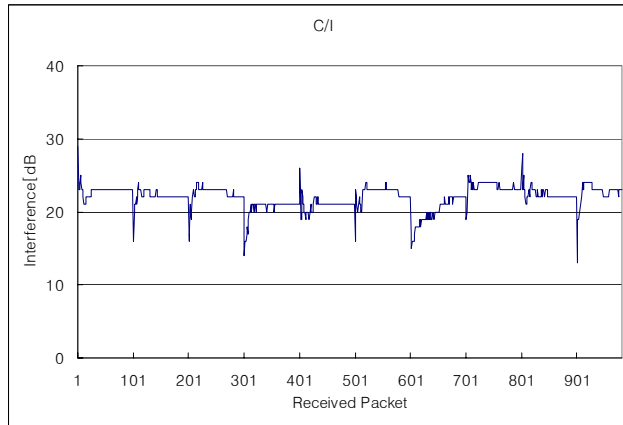


그림 3-75. 5.180GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태

(나) 5.320GHz 대역에서의 Packet 전송률 분석

다음 표는 레이더 신호와 가장 가까운 채널인 5.320GHz 대역에서 24Mbps로 전송한 Packet을 측정 한 결과로서, RxPkt, CCA, CRC, PE 는 Counter값을 표시하며, RSSI, C/I는 평균값을 표시한다. 표에서 나타나듯이 1,000개의 Packet에 대해 에러가 발생되지 않았으며, 평균 RSSI는 -53dB, C/I는 24dB로 매우 안정적으로 통신이 가능한 것으로 나타났다.

TrmNo	RxPkt	CCA	CRC	RSSI	C/I	PE
1	100	100	0	-53	24	0
2	100	100	0	-53	23	0
3	100	100	0	-52	23	0
4	100	100	0	-52	25	0
5	100	100	0	-52	23	0
6	100	100	0	-53	23	0
7	100	100	0	-54	23	0
8	100	100	0	-53	25	0
9	100	100	0	-53	24	0
10	100	100	0	-52	23	0
Total(Avg.)	1000	1000	0	-53	24	0

다음 그림은 상기 표에 대한 RSSI 값과 C/I 값의 변환상태를 도식한 것으로 Open Space임에 따라 변환이 거의 없으며, 앞에서도 언급했듯이 반복적으로 시험한 결과 AP와 Station의 설치조건이 사람 키보다 낮은 1m 정도의 높이로 사람들의 통행에 의해 일부 영향을 받는 것으로 나타난다.

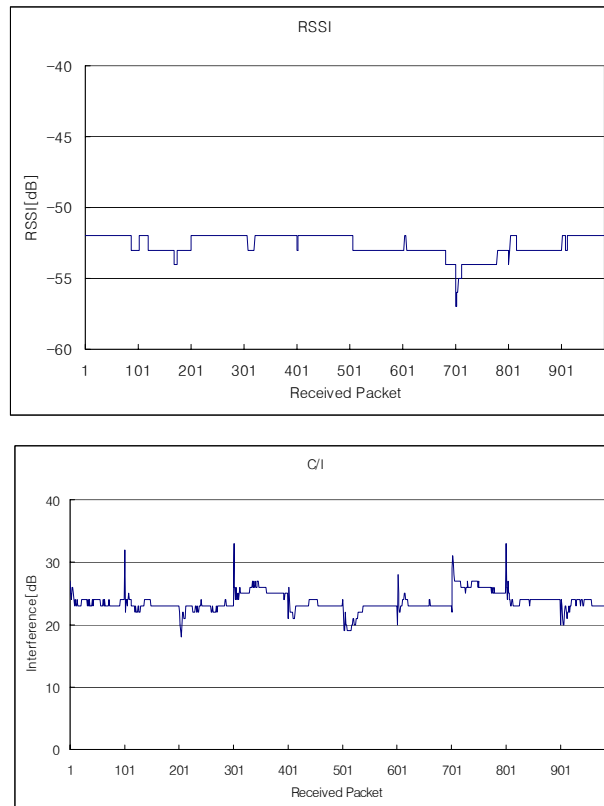


그림 3-76. 5.320GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태

상기 시험에서 나타나듯이 5.180GHz 대역과 5.320GHz 대역에서 비슷한 시험 결과를 얻을 수 있었으며, 이에 따라 외부 환경적인 요인(AP와 Station의 설치 높이가 낮아 사람이 왕래하는 경우에 일부 Packet에 영향을 미침)을 제외하고는 1,000개의 Packet에 대해 에러가 발생되지 않아 정상적인 통신이 가능한 것으로 나타났다.

(2) 예천(경북)지역 시험결과

예천지역은 Y 비행장 인근에서 5.320GHz 대역의 레이더 신호가 검출되는 지역으로서 5.320GHz 대역과 동일 또는 인접 채널에서의 무선 랜의 영향에 대해 분석하기로 하겠다. 다음 그림은 예천지역의 지형정보 및 Y 비행장 인근에서 측정한 스펙트럼을 나타내고 있다.

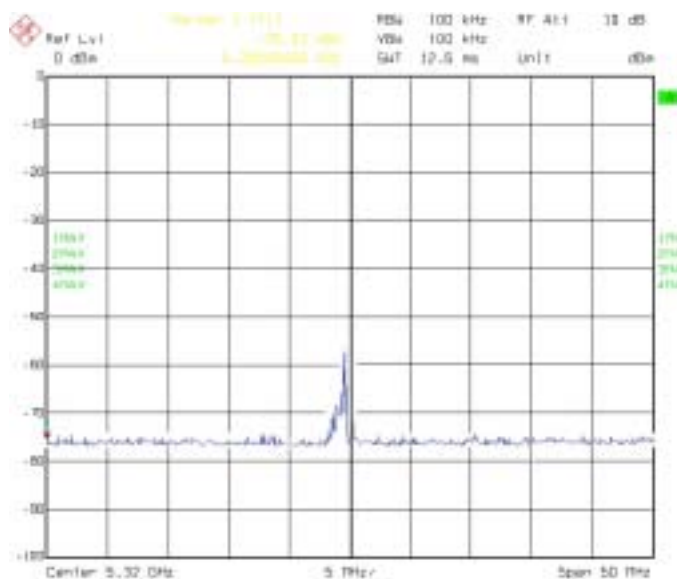


그림 3-77. Y 레이더 스펙트럼 측정

상기 그림에서 나타나듯이 예천 지역에서는 기상레이더 신호인 5.320 GHz 대역에서 검출되고, 이외의 대역에서는 스펙트럼이 검출되지 않았다. 따라서, 레이더 신호와 무선 랜과의 간섭영향을 분석하는데 가장 적합한 장소로 사료된다. 다음 그림은 Y 비행장 인근에서 시험을 위한 측정시스템의 송수신단 구성을 나타낸다.



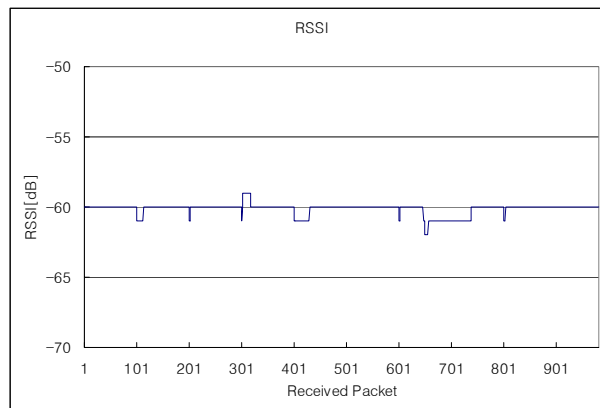
그림 3-78. 간접분석 실험을 위한 송수신 장비 및 현장사진

(가) 5.180GHz 대역에서의 Packet 전송률 분석

다음 표는 5.180GHz 대역에서 6Mbps로 전송한 Packet을 측정한 결과로서, RxPkt, CCA, CRC, PE는 Counter값을 표시하며, RRSI, C/I는 평균값을 표시한다. 표에서 나타나듯이 1,000개의 Packet에 대해 일부 에러가 발생되었으나 AP와 Mobile Station의 설치높이가 낮고 송신 출력이 낮아 차량통행에 의해 일부 시점에서 영향이 받은 상태이나, 시험결과의 유추에는 문제가 없을 것으로 사료되며, 매우 안정적으로 통신이 가능한 것으로 나타났다.

TrmNo	RxPkt	CCA	CRC	RSSI	C/I	PE
1	100	100	0	-60	27	0
2	100	100	0	-60	27	0
3	100	100	0	-60	26	0
4	100	100	0	-60	27	0
5	100	100	0	-60	27	0
6	100	100	0	-60	25	0
7	100	104	3	-61	97	3
8	100	100	0	-60	26	0
9	100	100	0	-60	27	0
10	100	100	0	-60	26	0
Total(Avg.)	1000	1004	3	-60	34	3

다음 그림은 상기 표에 대한 RSSI 값과 C/I 값의 변환상태를 도식한 것으로 Open Space임에 따라 변환이 거의 없으며, 특정 시점에서 C/I 값이 급속한 변화가 발생하였는데 이는 차량의 통행에 의해 일부 영향을 받는 것으로 사료된다.



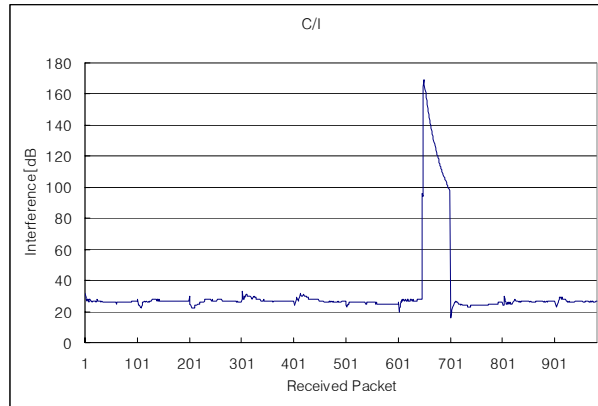


그림 3-79. 5.180GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태

(나) 5.300GHz 대역에서의 Packet 전송률 분석

다음 표는 5.300GHz 대역에서 12Mbps로 전송한 Packet을 측정한 결과로서, RxPkt, CCA, CRC, PE는 Counter값을 표시하며, RSSI, C/I는 평균값을 표시한다. 표에서 나타나듯이 1,000개의 Packet에 대해 일부 에러가 발생되었으나 AP와 Mobile Station의 설치높이가 낮고 송신출력이 낮아 차량통행에 의해 일부 시점에서 영향이 받은 상태이나, 시험결과의 유추에는 문제가 없을 것으로 사료되며, 매우 안정적으로 통신이 가능한 것으로 나타났다.

TrmNo	RxPkt	CCA	CRC	RSSI	C/I	PE
1	100	101	4	62	135	4
2	100	100	0	61	25	0
3	100	111	2	61	65	2
4	100	100	0	60	27	0
5	100	101	1	61	67	1
6	100	100	0	60	29	0
7	100	100	0	61	29	0
8	100	100	0	61	29	0
9	100	100	0	61	30	0
10	100	100	0	61	28	0
Total(Avg.)	1000	1013	7	61	46	7

다음 그림은 상기 표에 대한 RSSI 값과 C/I 값의 변환상태를 도식한 것으로 Open Space임에 따라 변환이 거의 없으나, 차량 또는 사람들의 통행에 의해 일부 영향을 받는 것으로 사료됨에 따라 시험결과를 분석하는데에는 고려하지 않기로 하겠다.

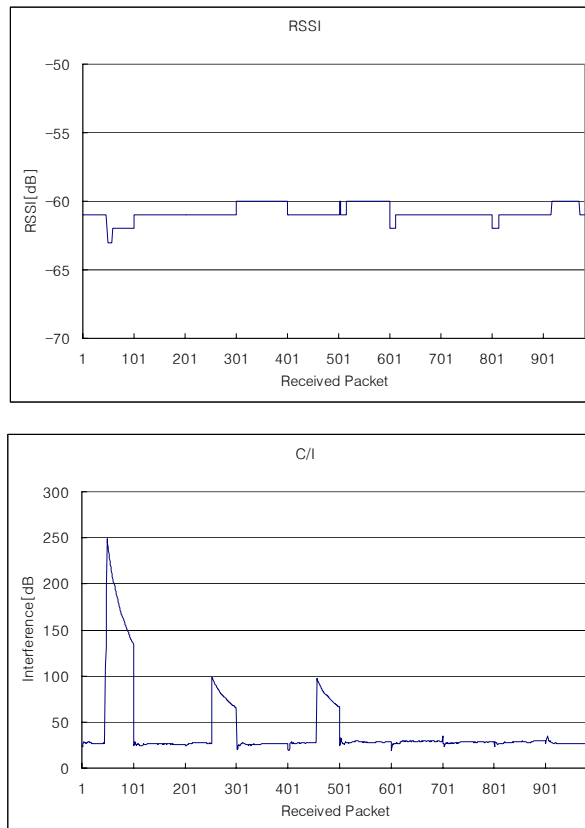


그림 3-80. 5.300GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태

(다) 5.320GHz 대역에서의 Packet 전송률 분석

다음 표는 레이더와 동일 채널인 5.320GHz 대역에서 수신 Packet을 측정한 결과이다. 본 시험에서는 레이더 신호의 출력이 높아서 무선 성

능분석시스템의 송신단에서 송출한 데이터를 정상적으로 수신할 수 없는 상태로 CCA Counter 및 CRC Error Counter가 비정상적으로 표시되고, C/I 값이 매우 높게 나타나 실질적으로 통신이 불가능한 것으로 나타난다.

TrmNo	RxPkt	CCA	CRC	RSSI	C/I	PE
1	100	213	111	-75	2933	111
2	100	236	106	-82	3015	106
3	100	248	113	-80	3135	113
4	100	254	114	-70	2804	114
5	100	182	115	-65	2544	115
6	100	241	116	-66	2404	116
7	100	237	110	-77	3107	110
8	100	224	107	-82	2942	107
9	100	217	107	-77	2852	107
10	100	238	110	-69	2710	110
Total(Avg.)	1000	2290	1109	-74	2845	1109

다음 그림은 상기 표에 대한 RSSI 값과 C/I 값의 변환상태를 도식한 것으로 RSSI 값은 레이더 신호에 대한 레벨을 표시하는 상태로 나타나고 있으며, C/I 값이 매우 높게 나타나 무선 랜 신호의 수신에 불가능한 상태임을 알 수 있다.

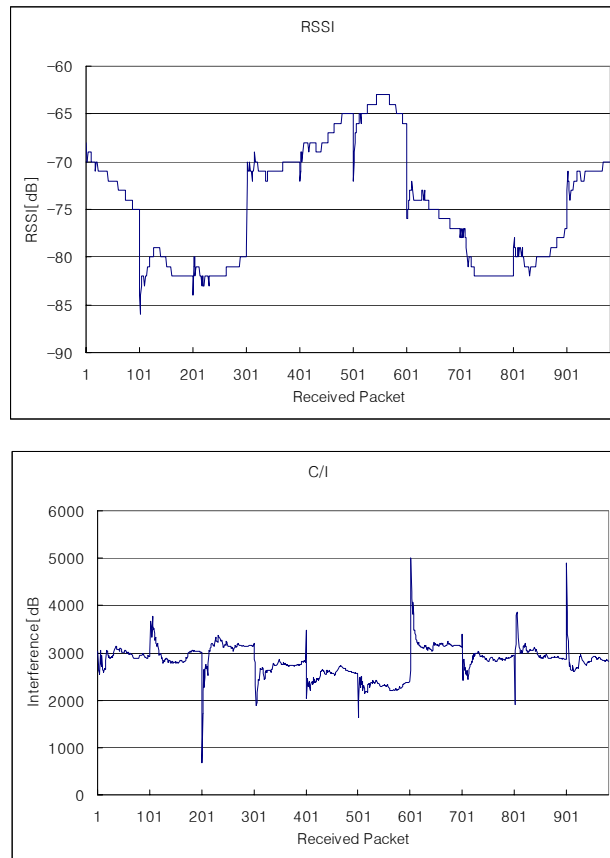


그림 3-81. 5.320GHz대 RSSI 값과 C/I 값 변환상태

3. 공유방안 분석

가. 주파수 공유 대상 및 관련 기술검토(ITU-R연구자료 중심)

(1) 5GHz 대역 Radar 시스템 특징

5GHz 대역에서 운용중인 레이더 시스템은 표 3-13과 같은 특성을 가지고 있다. 일반적인 레이더 시스템의 스캐닝 주기는 표 3-14와 같이 2초 - 1분의 값 Maritime Navigation surface radar가 가장 짧은 스캐닝 시간을 가지고, Weather Surveillance Radar가 가장 긴 스캐닝 시간을 가진다. 가장 긴 빔 스캐닝 주기를 가지는 Weather Surveillance Radar는 보통 1분당 20초의 스캐닝 시간을 필요로 하고, 일부의 레이더는 모든 스캐닝 시퀀스를 수행하기 위하여 여섯주기의 스캐닝 시간을 요구한다. 일반적으로 Weather Surveillance Radar는 맑은 날씨에서는 동작을 멈추었다가 구름이 형성된 경우에 다시 동작을 시작한다. 한편 고도별로 1분의 스캐닝 과정을 거치면서 일련의 스캐닝 시퀀스를 수행하기 위하여 6분이 소요되는 Weather Surveillance Radar도 있다.

표 3-13. 5GHz 대역 레이더 시스템의 특징

Radar(Type)	A	B	C	D	E
Peak EIRP	98.6 dBW	26 dBW	60 dBW	93-dBW	97 dBW
Emission Designation	3M00PON	15M5PON	30M0PON	14M0PON	3M00PON
PRF(pps)	300	1 200-1 300	160-1 650	2 000-3 000	300
Pulse Width(s)	5	0.5-1	0.25-1	0.25	2
Repetition interval(ms)	3.3	0.8-0.7	6.25-0.6	0.5-0.33	3.3
Antenna Gain(dBi)	40	0	46	43	43
Basing	TRANS	MOBILE	FIXED	TRANS	FIXED
Tune Range (MHz)	5 300-5 600	5 700-5 800	5 400-5 820	5 250-5 850	5 600-5 650
Operational or Training	BOTH	OPERAT.	OPERAT.	BOTH	OPERAT.
Airborne	NO	YES	NO	NO	NO

표 3-14 대표적인 5GHz 레이더 시스템의 안테나 빔 스캐닝 주기

Radar	Weather Surveillance	Navigation Surface search	Tracking
Typical beam scan interval (seconds)	20; 30; 60; 360 conical scan;	2	No scanning
Beam scanning can cease (Yes/No)	Yes	No	Yes

표 3-13에 제시된 Pulse width는 시간 축에서 0.255us의 범위를 가진다. 안테나의 3dB horizontal Beam Width는 일반적으로 10-25개의 펄스가 존재한다. 따라서 Beam Dwell Interval은 300-3000 PPS(Pulse Per Second)와 2초의 레이더 회전 시간 및 1.5도의 Beam Width를 고려하였을 때, $(1/300)*10 - (1/3000)*25$ 초에 걸쳐서 정의된다. 한편, 그림 3-82, 3-83, 3-84는 5GHz 대역 레이더의 방사 특징을 나타낸 그림이다. 이 그림들은 3가지의 레이더 시스템이 정상 운영상태에서 각각 방사되어 나오는 신호의 세기를 측정한 값이다. 그림 3-82, 3-83, 3-84에 대한 방사 대역폭은 수신 신호의 세기를 기준으로 표 3-15와 같다.

표 3-15. 그림 3-82, 3-83, 3-84 레이더의 방사 패턴(3-dB and 40dB)

Radar	Weather surveillance	Navigation/surface search	Airborne
3-dB bandwidth	330 kHz	1-10 MHz	40 MHz
40-dB bandwidth	150 MHz	50 MHz	135 MHz

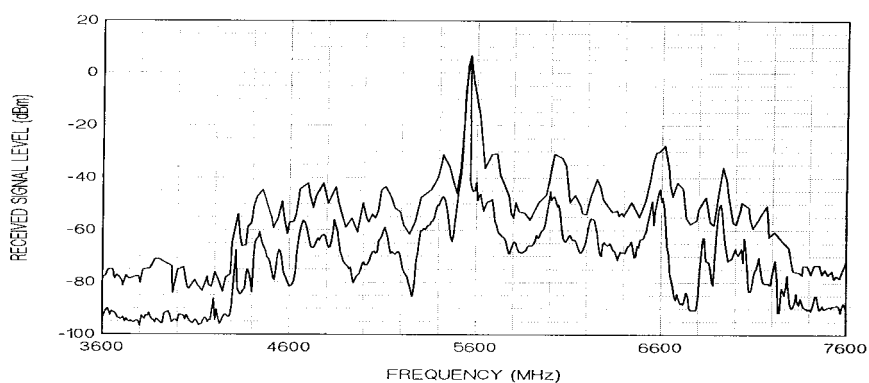


그림 3-82. Weather surveillance radar 방사 스펙트럼

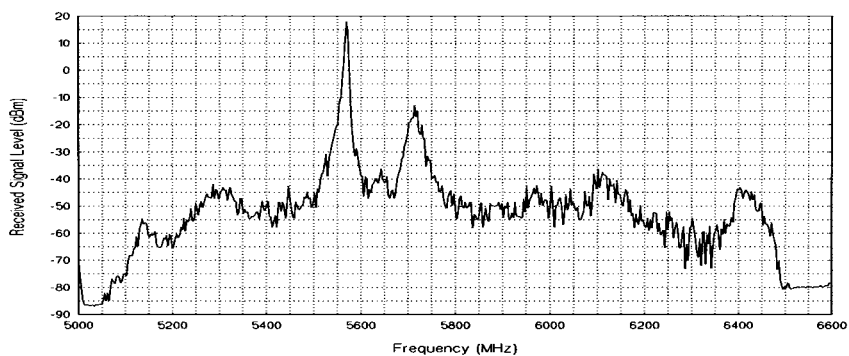


그림 3-83. Navigation surface search radar의 방사 스펙트럼

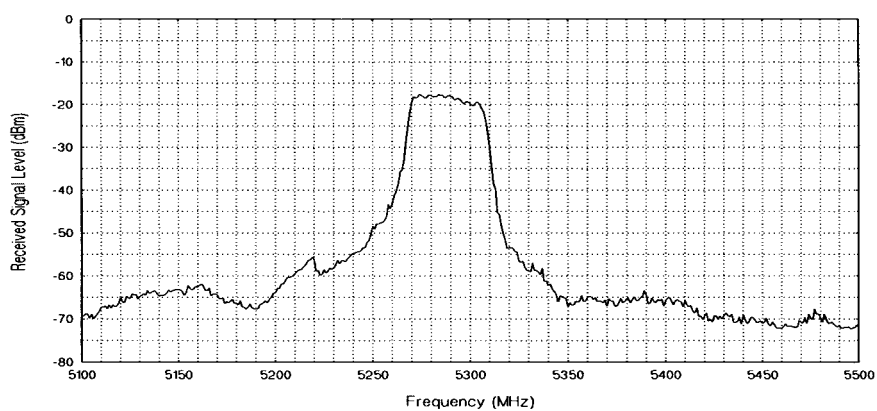


그림 3-84. An airborne radar의 방사 스펙트럼

위의 결과를 바탕으로 20MHz 대역폭에서 Spurious 방사 대비 기본 방사 주파수 전력은 표 3-16과 같이 주어진다.

표 3-16. Spurious 방사 대비 기본 방사 주파수 전력

Radar	Weather Surveillance	Navigation/Surface search	Airborne
Relative spurious emission level in 20bandwidth (dBc)	40 to 60	27 to 62	45

(2) 주파수 공유기술 검토(DFS 메커니즘)

레이더 시스템이 채널 점유 여부를 파악하기 위하여 위한 DFS 메커니즘은 그림 3-85과 그림 3-86과 같다. 그림 3-85는 감시 시스템이 계속적으로 채널을 샘플링하는 경우이고, 그림 3-86의 경우는 감시 시스템의 채널 샘플링을 다른 시스템이 동작하는 시간동안 중단하는 경우이다. 다른 관점에서 살펴보면 그림 3-85는 RLAN이 동작하기 전에 보통 시행되는 DFS 메커니즘이고, 그림 3-86은 RLAN이 운용 중에 수행되는 DFS 메커니즘이다. 한편, 그림 3-87은 이 메커니즘을 하드웨어로 구현하였을 때의 블록도이다.

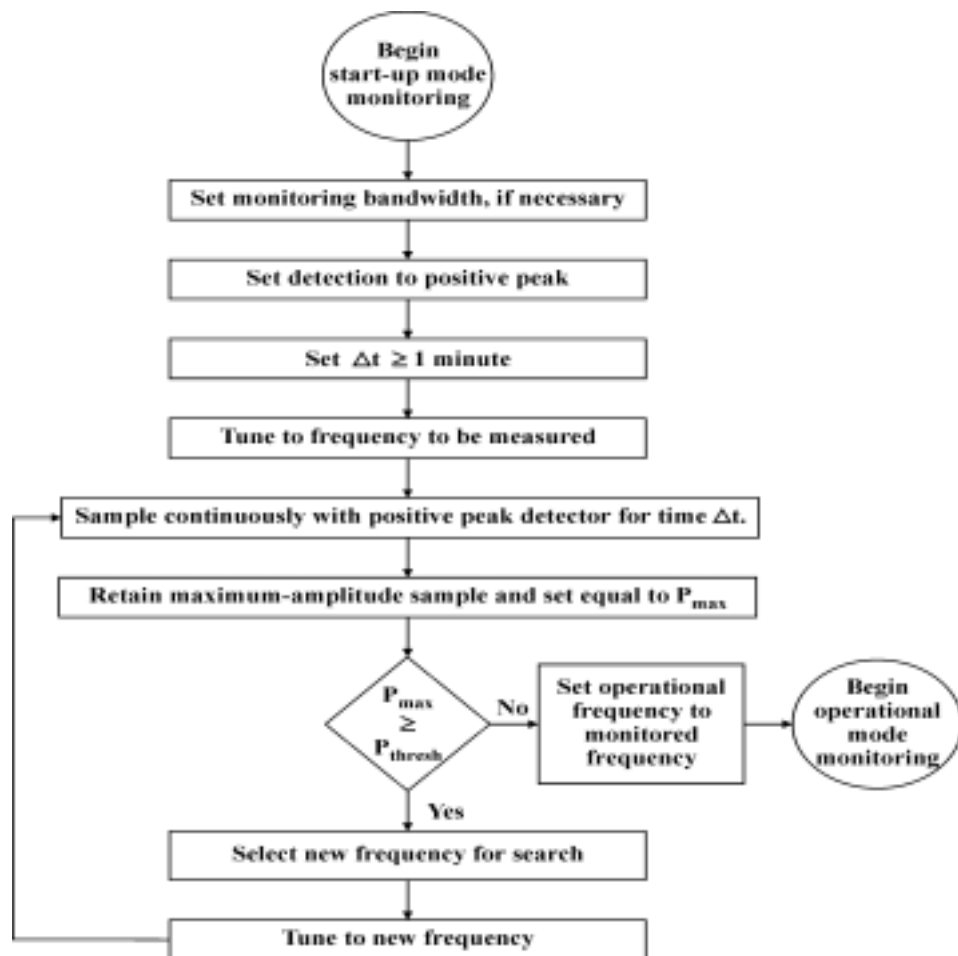


그림 3-85. Start-up DFS 메커니즘: 연속적인 채널 샘플링 방식

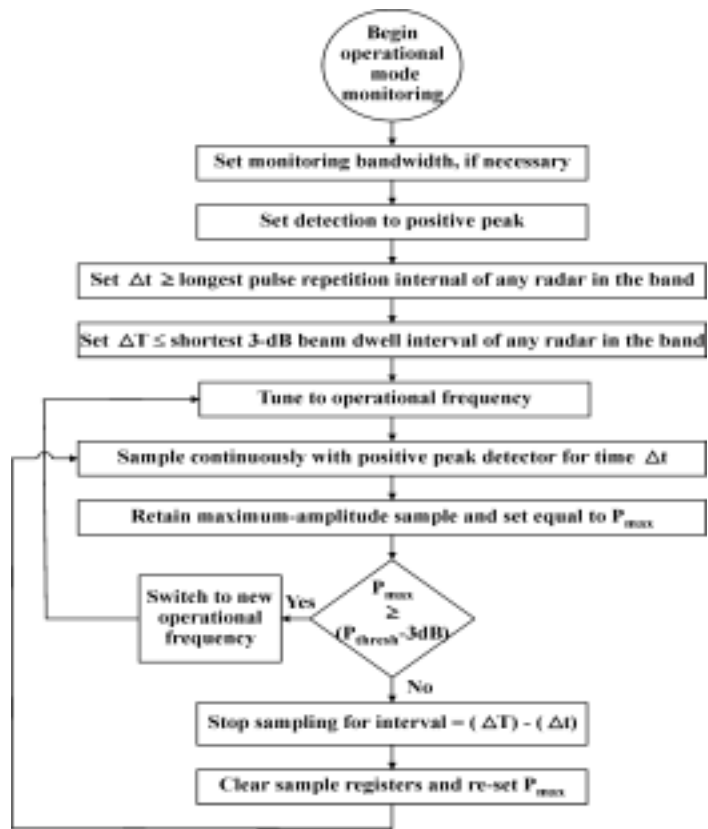


그림 3-86. Operation Mode DFS 메커니즘: 비연속적인 샘플링 방식

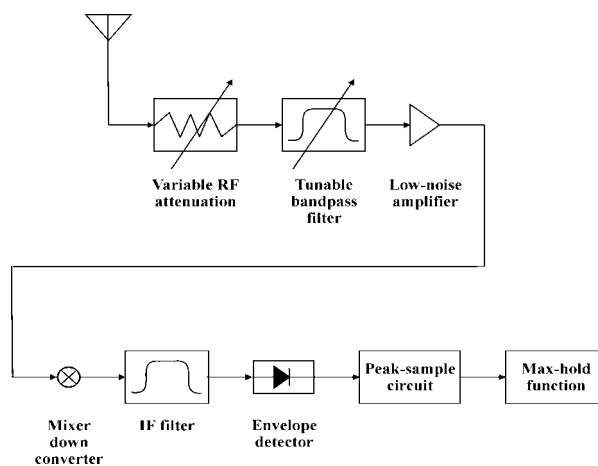


그림 3-87. DFS 메커니즘의 하드웨어 구현

그림 3-85의 알고리즘은 채널에 대한 샘플링을 연속적으로 수행하는 경우이기 때문에 최초 AP가 전원이 켜졌을 때 또는 AP의 새로운 채널에 접근을 시도하려 할 때 이루어진다. 그림 3-85의 마지막 단계에서 알 수 있듯이 Start Up Mode 알고리즘은 AP가 동작할 수 있는 모든 채널에 대하여 1차 사용자의 점유 여부를 검색할 수 있다. 만약 1번 채널을 미리 정해진 시간동안 검색하는 동안 1차 사용자의 사용 여부를 발견하게 되면 2번 채널에 대한 1차 사용자의 검색을 시작한다. 1 채널당 Start-Up Mode 검색 시간을 1분으로 설정해 두고 있다. 그림 3-86의 알고리즘은 AP가 운용중에 사용되는 알고리즘이다. 동작중인 AP는 채널을 검사하는 동안에 어떠한 전송을 할 수가 없으므로 Start-UP Mode처럼 연속적인 채널 Sampling은 불가능하다. 본문서에서는 최소 샘플링 시간($\Delta t \leq$ 해당 대역의 레이더 시스템의 가장 긴 Pulse Repetition Interval)과 NO Sampling 종료시간을 ($\Delta T \leq$ 해당 대역의 레이더 시스템의 가장 짧은 Beam Interval) 설정한다. 따라서 Operation Mode에서는 Δt 시간동안 채널을 미리 정해진 시간간격으로 Sampling을 하고, $\Delta T - \Delta t$ 시간동안 AP는 데이터를 전송하게 된다. 따라서 $\Delta t / \Delta T$ 가 ΔT 시간동안에 채널에서 1차 사용자를 감지하기 위하여 보장되는 샘플링 시간 비이다.

아래 그림 3-88, 그림 3-89는 전파연구소에서 실제 구현된 DFS 시스템을 이용한 위에서 제시한 두가지 모드에서의 동작 실험 결과이다.

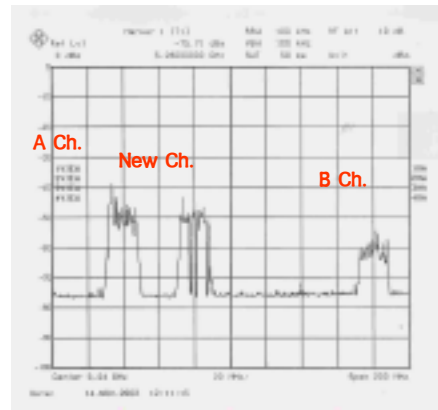
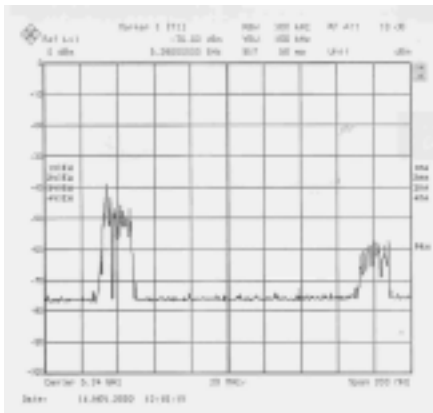


그림3-88. Start Up Mode 동작 설정에서의 DFS동작

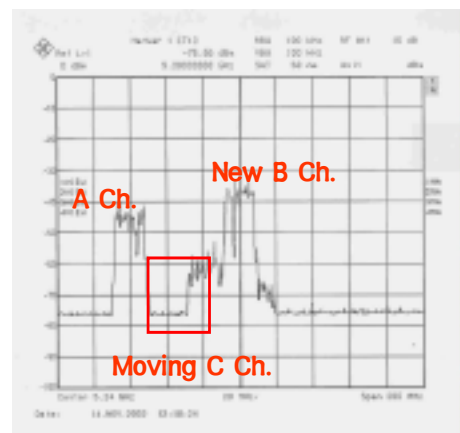
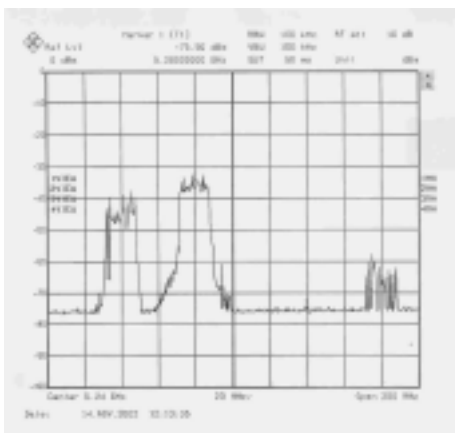


그림3-89. Operating Mode 동작 설정에서의 DFS동작

그림 3-89의 DFS Start up mode 동작 실험 결과에서 알 수 있듯이 기존의 점유하여 사용중인 Channel인 A와 B대역을 피하여 새로운 Channel인 C Channel이 할당되어 동작됨을 알 수 있다. 그리고 그림 XX의 DFS Operating mode 동작 실험 결과에서 알 수 있듯이 기 할당 동작중인 A, B, C Channel에서 C Channel을 기존의 B

Channel 대역으로 간섭을 일으키도록 설정하였을 경우 Channel 간의 간섭을 피하여 빈 Channel로 새로이 C Channel이 설정되어 동작됨을 확인 할 수 있다.

(가) DFS 메커니즘을 통한 레이더 신호 검출

그림 3-85의 메커니즘으로 5,250 ~ 5,925MHz 대역에서 3개 도시의 레이더 시스템에 대한 검출 결과는 그림 3-90, 3-91, 3-92와 같다. 그림 3-90은 San Diego에서 14.7 시간동안, 그림 3-91은 Los Angeles에서 23.3 시간동안, 마지막으로 그림 3-92는 San Francisco에서 9.8시간동안 2주간 각 도시의 높은 언덕 정상에서 2dBi 이득의 전방향성 안테나를 사용하여 측정한 결과이다.

측정 대역폭은 3MHz이고 샘플링 주기는 12초이다. 그림의 세 그래프는 각각의 환경에서 관찰된 신호 곡선중 최대치와 최소치, 그리고 평균치의 그래프들이다. 그림 3-90, 3-91, 3-92에서 최대 방사전력 곡선의 경우 최대 전송전력은 15dB까지, 그리고 감지된 최대 방사전력의 세기는 Spurious 방사 레벨보다 대략 40dBm(in 3MHz) 높음을 알 수 있다. 한편 평균 방사전력 곡선은 -60 ~ -80dBm 사이의 방사전력 값을 보여주고 있다. 일반적으로 RLAN의 대역폭이 20MHz임을 고려했을 때 평균 방사전력 곡선은 -53 ~ -72 dBm의 범위에서 형성된다. RLAN의 신호 감지 문턱값(Detection Threshold)가 61dBm임일 고려할 때 매 12초마다 적어도 한번 이상 RLAN의 감지 문턱값을 넘는 레이더의 방사 신호가 감지됨을 알 수 있다. 이 세 도시는 모두 바다와 인접한 도시이다.

따라서 이들 도시에서 주로 나타난 레이더는 Maritime Surface search Radar, Navigation Radar, Weather Surveillance Radar와 일

부의 Airbone Radionavigation Radar들이다. 한편, Whether Surveillance Radar는 맑은 날씨에서는 동작을 하지 않고, Maritime Surface search Radar , Navigation Radar은 주로 야간에 주로 동작을 함으로 날씨 및 주야간의 시간 변화가 관찰결과에 중대한 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 가장 강력한 빔 전력을 가진 레이더는 Maritime Radionavigation Radar였다. 이 레이더는 수 킬로미터에 떨어진 섬에까지 자신의 신호를 전송하기 위하여 고출력의 방사를 사용하기 때문이다.

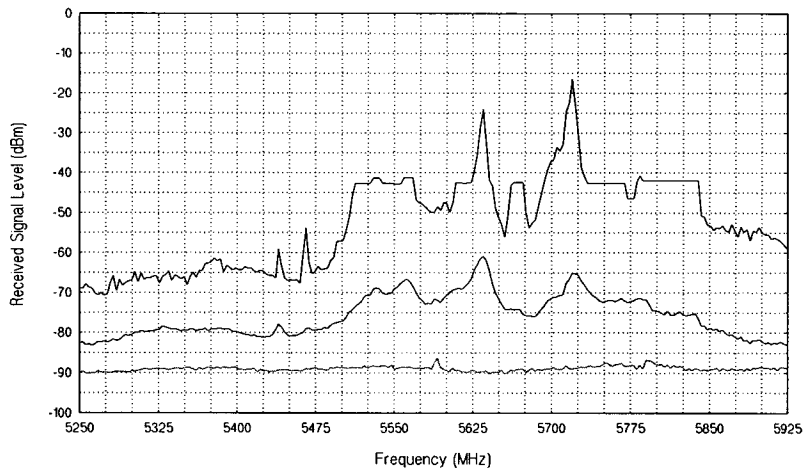


그림 3-90. 미국 San Diego에서 레이더 신호 검출 결과

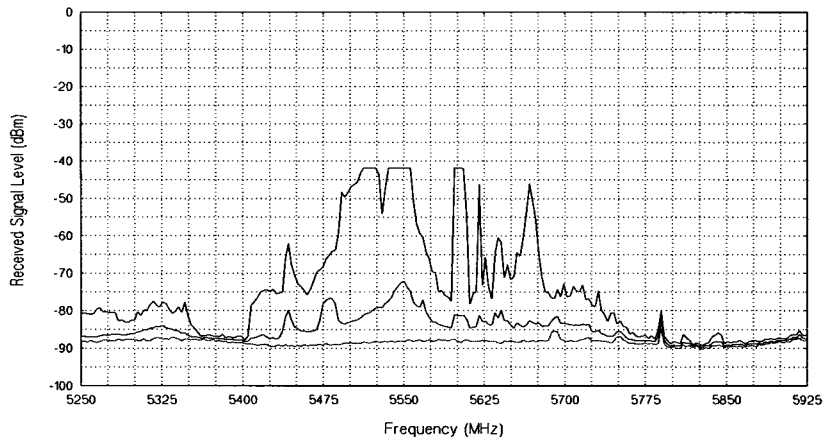


그림 3-91. 미국 Los Angeles에서 레이더 신호 검출 결과

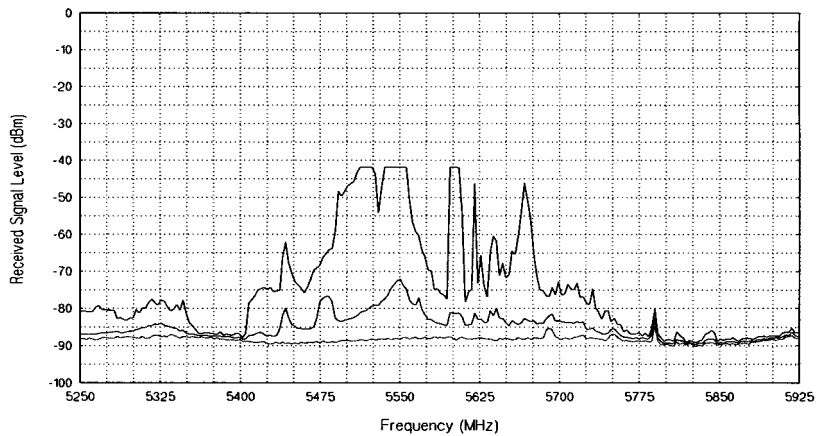


그림 3-92. 미국 San Francisco에서 레이더 신호 검출 결과

(나) DFS 메커니즘 구현을 위해 고려되어야 할 사항들

지금까지 살펴본 레이더 시스템의 특징과 DFS 메커니즘상에서 검출된 레이더 신호의 형태를 종합하면 DFS 메커니즘 구현을 위하여 고려되어야 할 사항은 9가지로 정리될 수 있다.

1) 표 3-16에서와 같이 측정된 Spurious 방사 전력과 20MHz 대역폭의 기본 방사 주파수의 전송전력과 비교되는 비율은 40 dB부터 62dB의 비교적 높은 값을 갖는다. 이는 그림 3-90, 3-91, 3-92에서도 확인이 된다. 따라서 DFS 메커니즘은 Spurious 방사 전력으로부터 레이더 기본 방사 주파수를 구별할 수 있어야 한다.

2) 감지 문턱값(Detection Threshold)에 의존한 DFS 메커니즘은 일반적인 마스크 기법을 사용하여 기본 방사주파수의 펄스를 Spurious 방사 펄스로부터 보호함으로써 충분히 지원 가능하다. 하지만 좀 더 복잡한 DFS 메커니즘을 사용할 경우에는 서로 겹치는 기본 방사 주파수 펄스를 위한 Interleave 기술이 고려되어야 한다.

3) 그림 3-91, 3-92, 3-93에서 알 수 있듯이 Spurious 방사 전력의 크기가 RLAN의 간섭 허용 레벨인 61dBm을 넘는 경우가 매 12초마다 발생한다. 따라서 RLAN은 자신의 전송을 방해 받지 않으면서 동시에 레이더의 동작을 보장하기 위해서 충분한 수의 채널 확보가 요구된다.

4) RLAN의 수신기에서 RF Front-End Overload 문제는 반드시 고려되어야 한다. 따라서 RLAN 수신기에는 비록 일정량의 레이더 전송 대역폭이 누락되더라도 Tunable Bandpass Filter가 사용되어야 한다. 특정 기본방사 주파수의 신호가 강하여 수신기의 증폭단이 강한 신호에 의하여 독점되고 결국 증폭단의 sensitive를 저하시켜 다른 기본방사 주파수의 신호를 놓치는 결과를 야기시킨다.

5) DFS Start Up Mode 알고리즘은 적어도 채널 당 1분 의 연속적인 수신신호 샘플링 시간이 필요하다. 이 값은 해당대역의 레이더들이 통상적이고 주기적인 빔 스캐닝 패턴을 갖는 것을 가정하였을 경우의 시간값이다.

6) DFS Operation Mode 알고리즘은 두 레이더 시스템의 파라미터

에 의해 결정된다. 한 시스템은 해당 대역에서 가장 샘플링 주기가 긴 레이더 시스템이고, 나머지 시스템은 주기가 가장 짧은 시스템이다. 따라서 두 레이더 시스템의 샘플링 인터벌의 비율은 해당 대역에서 레이더 시스템의 Identification을 구별하는 최소한의 시간비이다. 예를 들어, 표 3-13의 레이더 시스템을 기준으로 할 때 40%의 시간비와 3.3msec의 최소 연속 샘플링 시간을 얻을 수 있다. 한편 Operation Mode 알고리즘은 레이더 안테나 빔 스캐닝 전력보다 3dB 작은 신호가 검출할 가능성 때문에, Operation Mode 알고리즘의 검출 문턱값은 반드시 Start Up Mode 알고리즘보다 3dB 작아야 한다.

7) DFS 메커니즘은 Operation Mode에서 레이더 신호의 검출로 인한 RLAN의 전송 중단을 현상을 막기 위하여 Start Up Mode의 목적이기도 한 운용할 채널 이외의 채널에, 대한 검출 기능이 필요하다. 따라서 DFS 메커니즘은 적어도 Operation Mode와 Start Up Mode를 동시에 지원할 수 있는 이중 채널 모니터링 기능이 요구된다.

8) 5GHz 대역의 레이더시스템 중 불규칙적으로 On-Off 상태가 바뀌는 레이더와, 이동을 하는 레이더 또한 Frequency Diversity Technique을 도입한 레이더가 운용될 전망이다. 현존하는 DFS 메커니즘은 이런 레이더 시스템을 지원하지 못하고 있다. 따라서 다양한 통계적 특성을 가지는 레이더에 대한 DFS 메커니즘의 구현이 필요하다.

9) 향후 레이더 시스템의 발전 추세는Solid State 출력장비를 이용한 저전력 송신기가 도입되는 방향으로 접어들고 있다. 따라서 간섭 신호 관측을 위한 문턱값이 더욱 낮아질 전망이다. 그러므로 DFS 메커니즘의 설계 및 구현을 위해서는 레이더 시스템의 기술 발전 방향을 반드시 고려해야 한다.

나. 5GHz대 국제주파수 분배(WRC-2003) 가능성 검토

본 절에서는 WRC-2000의 Agenda 1.5 Resolution 736의 범주 내에서 ITU-R 권고 내용에 대해서 살펴보려 한다. 5GHz 대역에 대해 기존 할당 현황과 RLAN을 위한 추가적인 할당을 위해 WRC-2000 Resolution 736에서 제안된 현황은 표 3-17과 같다.

1) Resolves 1 관련

Resolution 736의 첫번째 결의로서 표 3-18과 같이 5,150 - 5,350 MHz, 그리고 5,470 - 5,725 MHz 대역에서 RLAN의 적용에 따른 NGSO MSS Feeder Link (Non-Geostationary Mobile Satellite Service) 및 각종 EESS (active)와의 공유 문제를 다루고 있다. NGSO MSS Feeder Link 관련 공유연구는 1998-2000년도 ITU-R 회기동안 충분한 논의를 통해 현재 표 3-18과 같은 권고안을 도출한 바 있다 (ITU-R M.1454, ITU-R S.1426, ITU-R S.1427).

표 3-17. WRC-2000 Resolution 736에서 제안한 RLAN 할당 현황

대역(MHz)	기존할당 현황	추가할당제안 현황
5 150-5 250	AERONAUTICAL RADIONAVIGATION FIXED-SATELLITE (Earth-space) S5.446 (RDSS feederlinks) S5.447 (MOBILE)	MOBILE (RLAN)
5 250-5 350	EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active) RADIOLOCATION SPACE RESEARCH (active) S5.448 (RADIONAVIGATION)	MOBILE (RLAN) FIXED (FWA) for Region 3
5 470-5 570	MARITIME RADIONAVIGATION Radiolocation S5.450 (AERONAUTICAL RADIONAVIGATION)	RADIOLOCATION (upgrade) EARTH EXPLORATION-SATELLITE (active) MOBILE (RLAN)
5 570-5 650	MARITIME RADIONAVIGATION Radiolocation S5.450 (AERONAUTICAL RADIONAVIGATION) S5.452 (MET RADAR 5 600-5 650 MHz)	RADIOLOCATION (upgrade) MOBILE (RLAN)
5 650-5 725	RADIOLOCATION Amateur Space Research (deep space) S5.453 (FIXED AND MOBILE) S5.454 (SPACE RESEARCH) S5.455 (FIXED)	MOBILE (RLAN)

표 3-18. Resolves 1 관련 대역별 공유 시스템

대역(MHz)	새로운 시스템	기존 할당 시스템	관련 JRG 8A-9B 권고안
5,150-5,250	RLAN	NGSO MSS Feeder Link	ITU-R M.1454 ITU-R S.1426 ITU-R S.1427
		Radiodetermination services	현재 연구 진행중
5,250-5,350		EESS (active)	PDNR M.[WAS 5GHz-EESS]
5,470-5,570		EESS (active)	현재 연구 진행중

한편, EESS (active)와의 공유연구는 2002년 4월 JRG 8A-9B 회의

에서 Resolution 1 관련 문서인 PDNR ITU-R M.[RLAN 5GHz-EESS] ("E.i.r.p. limit and operational restriction for wireless access systems (including RLANs) in the mobile service in order to ensure the protection of systems in the Earth exploration-satellites service (active) and the space research service (active) in the band 5,250-5,350 MHz")에서 다루어졌다. 한편, RLAN 작업반은 권고안에 대한 의견차이로 2001년 10월 회의의 결과와 같이 여전히 두 개의 권고안을 PDNR에 포함시키면서 2002년 10월 회의에 관련 기고문을 요청하고 있다. 이 2개의 권고내용은 표 3-19와 같다.

표 3-19. PDNR M.[RLAN 5GHz-EESS] 권고내용

권고안 1	권고안2								
5,250-5350MHz 대역에서 RLAN을 포함한 무선접속 시스템의 최대 평균 e.i.r.p.는 200mW이내여야 한다.	<ul style="list-style-type: none"> - 5,250-5350MHz 대역에서 RLAN을 포함한 무선 접속 시스템의 최대 전송 전력은 실내/외용 관계없이 250mW 또는 $11+10\log^{***} B$ dBm 이내여야 한다. - 전송기당 전력밀도는 11 dBm/MHz 이내여야 한다, - 최대 e.i.r.p 는 1.0watt 또는 $17+10\log B$ dBm 이내여야 한다. 								
5,250-5350MHz대역에서의 RLAN은 실내 환경에서 구현되어야 한다.									
RLAN을 포함한 무선 액세스 시스템에 의해 야기되는 간섭에 대응한 완화 기술(DFS, TPC)이 개발되어야한다.	<p>옥외용 RLAN 전송기의 e.i.r.p 는 수직고도 각도 θ에 따라 아래의 값 이내여야 한다.</p> <table> <tr> <td>-13 W/MHz</td> <td>$0^\circ \leq \theta < 5^\circ$</td> </tr> <tr> <td>-13 - 0.716(θ-8)W/MHz</td> <td>$5^\circ \leq \theta < 40^\circ$</td> </tr> <tr> <td>-35.9 - 1.222(θ-40)dB(W/MHz)</td> <td>$40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$</td> </tr> <tr> <td>-42dB(W/MHz)</td> <td>$\theta > 45^\circ$</td> </tr> </table>	-13 W/MHz	$0^\circ \leq \theta < 5^\circ$	-13 - 0.716(θ -8)W/MHz	$5^\circ \leq \theta < 40^\circ$	-35.9 - 1.222(θ -40)dB(W/MHz)	$40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	-42dB(W/MHz)	$\theta > 45^\circ$
-13 W/MHz	$0^\circ \leq \theta < 5^\circ$								
-13 - 0.716(θ -8)W/MHz	$5^\circ \leq \theta < 40^\circ$								
-35.9 - 1.222(θ -40)dB(W/MHz)	$40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$								
-42dB(W/MHz)	$\theta > 45^\circ$								
<p>* e.i.r.p 제한 값은 20MHz 대역폭 기준</p> <p>RLAN을 포함한 무선 액세스시스템이 야기하는 EESS(active)의 간섭신호 기준은 ITU-R SA.1166에 따른다. RLAN을 포함한 무선 액세스시스템과 EESS(active)와의 공유가능성은 새로운Rec. ITU-R SA 시리즈들에 따른다. 일부 규제단체에서는 동 대역에서 무선접속시스템의 최대 평균 e.i.r.p를 1W로 규정한다.</p> <p>** 방향성 안테나는 권고안 1의 첫번째와 두번째를 만족하는 경우에 사용 가능하다.</p> <p>*** B 는 99% Power Bandwidth in MHz를 나타냄.</p>									

2) Resolves 2 관련

결의안 736의 두번째 결의로서, 표 3-20과 같이 5,250 - 5,350 MHz 대역에서 FWA의 적용에 따른 다양한 EESS 서비스 및 각종 위치추적 레이더 서비스와의 공유문제를 다루고 있다[18].

표 3-20. Resolves 2 관련 공유 시스템

대역(MHz)	추가시스템	기존할당 시스템	관련 권고안
5,250-5,350	FWA	Radiolocation service	PDNR M.[8B-CHAR]
		EESS (active)	DNR F.[FWA 5GHz-EESS]

위치추적 서비스(Radiolocation service)와 FWA간의 공유연구는 PDNR M.[8B-CHAR]에서 다루어지고 있다. EESS(active)와의 공유연구는 2002년 4월 JRG 8A-9B 회의에서 Resolution 2 관련 문서인 DNR ITU-R F.[FWA 5GHz-EESS] ("Operational and deployment restriction for fixed wireless access (FWA) systems in the fixed service in region 3 to ensure the protection of systems in the Earth exploration-satellite service (active) and the space research service (active) in the band 5,250-5,350 MHz")에서 다루어지고 있다. 이 DNR은 WP 7C 및 JTG 4-7-8-9에 연계문서로 제출되고, WP 8A 및 9D에서 승인 절차를 받고 있다. 구체적인 권고내용은 표 3-21과 같다.

표 3-21. DNR F.[FWA 5GHz-EESS] 권고내용

o FWA 시스템으로부터 야기되는 군집성의 간섭량(EESS/SRS 위성을 향하는 FWA의 방향성 e.i.r.p.의 합)은 위성의 footprint 내에서 7.6dB (W/20MHz) 이내여야 한다.*
o 본 문서의 Annex 1에서 제시된 방식은 군집성의 레이더 간섭 레벨을 분석할 때 사용되어야 한다.
o 본 문서의 Annex 1 Table 4에 기초를 둔 FWA 시스템은 위성의 footprint 지역에서 최대 Base station 밀도가 23 STA / 220 km ² 이다.
o 각 FWA 단말의 최대 e.i.r.p는 3dB(W/20 MHz) 이내여야 한다.**
o 위의 4가지 권고 사항을 준수하면서 주변 전파환경을 고려해야 한다.
<p>* SAR4 수신기에서 측정되는 FWA의 군집성의 간섭량은 SAR4의 간섭 문턱값 (132.35 dB (W/20MHz)) 에 의하여 계산된다.</p> <p>위성의 footprint는 대략 220Km² 이며, FWA 시스템의 군집성 간섭신호의 크기는 FWA 시스템의 안테나 방향 및 위성과 동일 RF 채널을 사용하는 FWA base station의 수에 의하여 결정된다.</p> <p>** 주빔의 방사 수직 고도가 10도 이상이면 6dB 낮은 e.i.r.p 한계값이 사용되어야 한다.</p> <p>순간적인 위성의 주빔과 충돌현상을 막기 위하여 FWA station의 안테나 방사 방향은 적절히 조정되어야 한다. 예) BS로부터 멀리 떨어진 FWA Station은 BS를 직접 향해서는 안된다.</p>

3) Resolves 3 관련

Resolution 736의 세번째 결의로서, 현재 RLAN 및 FWA 시스템의 5GHz 대역 사용에 따른 EESS 및 SRS 서비스의 5,4605,570 Mhz 대역에서 우선적인 할당을 다루고 있다. 또한 해당대역에 새로운 서비스를 구현하기 위해 5,1405,460Mhz 대역에서의 상용 서비스인 각종 무선항해 서비스(Radionavigation service)들과의 공유연구가 표 3-22와 같이 다루어지고 있다

표 3-22. Resolves 3 관련 대역별 공유 시스템

대역 (MHz)	추가 시스템	할당 시스템	관련 권고안
5,460-5,470	EESS/SRS	Areonautical radionavigation service	PDNR [WAS 5GHz EXPANSION-EESS]
5,470-5,570		Maritime radionavigation service	
		Mobile service(RLANs)	
5,460-5,570		Radiolocation service	

현재 결의안 3 관련 논의는 JRG 8A-9B에서 Resolves 1의 연장선 상에서 논의가 되고 있다. 2002년 4월 회의에서 도출된 문서는 PDNR [WAS5GHz EXPANSION-EESS] ("Operational and deployment requirements for wireless access systems including RLANS) [in the Mobile service] to facilitate sharing between these systems and system in the Earth exploration-satellite service (active) and space research service (active) in the band 5,470-5,570 MHz")로서 표 3-23에서 보는 바와 같이 2개의 권고안이 PDNR에 포함되어 있다.

표 3-23. PDNR [WAS5GHz EXPANSION-EESS] 권고 내용

권고안 1	권고안2								
5,250-5350MHz 대역에서 RLAN을 포함한 무선접속 시스템의 최대 평균 e.i.r.p.는 실내외에 관계없이 1W(17dBm/MHz)이내여야 한다.*	<ul style="list-style-type: none"> - 5,470-5725MHz 대역에서 RLAN을 포함한 무선 접속 시스템의 최대 전송 전력은 실내/외용 관계없이 250mW 또는 $11+10\log^{**}B$ dBm 이내여야 한다. - 전송기당 전력밀도는 11 dBm/MHz 이내여야 한다, - 최대 e.i.r.p 는 1.0watt 또는 $-13+10\log B$ dBm 이내여야 한다. <p>옥외용 RLAN 전송기의 e.i.r.p 는 수직고도 각도 θ에 따라 아래의 값 이내여야 한다.</p> <table> <tr> <td>-13 W/MHz</td> <td>$0^\circ \leq \theta < 5^\circ$</td> </tr> <tr> <td>$-13 - 0.716(\theta - 8) \text{ W/MHz}$</td> <td>$5^\circ \leq \theta < 40^\circ$</td> </tr> <tr> <td>$-35.9 - 1.222(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)}$</td> <td>$40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$</td> </tr> <tr> <td>-42dB(W/MHz)</td> <td>$\theta > 45^\circ$</td> </tr> </table>	-13 W/MHz	$0^\circ \leq \theta < 5^\circ$	$-13 - 0.716(\theta - 8) \text{ W/MHz}$	$5^\circ \leq \theta < 40^\circ$	$-35.9 - 1.222(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)}$	$40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	-42dB(W/MHz)	$\theta > 45^\circ$
-13 W/MHz	$0^\circ \leq \theta < 5^\circ$								
$-13 - 0.716(\theta - 8) \text{ W/MHz}$	$5^\circ \leq \theta < 40^\circ$								
$-35.9 - 1.222(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)}$	$40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$								
-42dB(W/MHz)	$\theta > 45^\circ$								
<p>* RLAN을 포함한 무선 액세스시스템이 야기하는 EEES(active)의 간섭신호 기준은 ITU-R SA.1166에 따른다. RLAN을 포함한 무선 액세스시스템은 전송전력의 총합에 3dB 전송전력을 낮추어서 전송하여야 한다. 3dB Power control 기술이 구현되지 않은 무선 액세스 시스템의 경우 권고1안의 최대 전송 전력은 3dB 만큼 낮추어져야 한다. RLAN을 포함한 무선 액세스시스템에 의해 야기되는 간섭에 대응한 완화 기술(DFS, TPC)이 개발되어야 한다.</p> <p>** B 는 99% Power Bandwidth in MHz를 나타냄.</p>									

4) Resolves 4 관련

Resolution 736의 네번째 결의로서, 표 3-24와 같이 5,350 ~ 5,650MHz 대역에서 위치추적 서비스(radiolocation service)의 주파수 배치 상태의 재고려 및 해당 대역에서의 EESS와 각종 항해서비스와의 공유 문제를 다루고 있다.

표 3-24. Resolves 4 관련 대역별 공유 시스템

대역(MHz)	고려 시스템	할당 시스템	관련 권고안
5,350-5,460	Radiolocation	EESS (active)	현재 연구 진행중
		SRS (active)	
		Areonautical radionavigation service	
5,460-5,470		Spaceborn service	
		Maritime radionavigation service	

다. 5GHz대 공유방안 분석

우리는 앞에서 5GHz대 전파자원을 무선LAN의 이동업무와 FWA의 고정업무로 분배, 이용하기 위한 기술적 제약사항을 살펴보았다. 특히 기존업무를 보호해야하는 전제로 새로운 주파수 분배를 계획하는 것은 매우 어려운 일이다. 주파수 공유에 대한 기술적인 혁신등 국제적인 합의에는 관련연구를 더 진행해야 할 것으로 보인다. 앞에서 언급한 5GHz대 주파수 이용에 필수적인 기술사항인 주파수 공유기술(동적 주파수선택기능: DFS)을 적용한 국내 주파수이용 방안을 검토하여 보았다. 아래 그림은 5.150 ~ 5.350 GHz대역과 5.470 ~ 5.725 GHz대역에서의 기존 무선업무를 표시한 그림이다.

◆ 5.150 - 5.350 GHz

◆ 5.470 - 5.725 GHz,

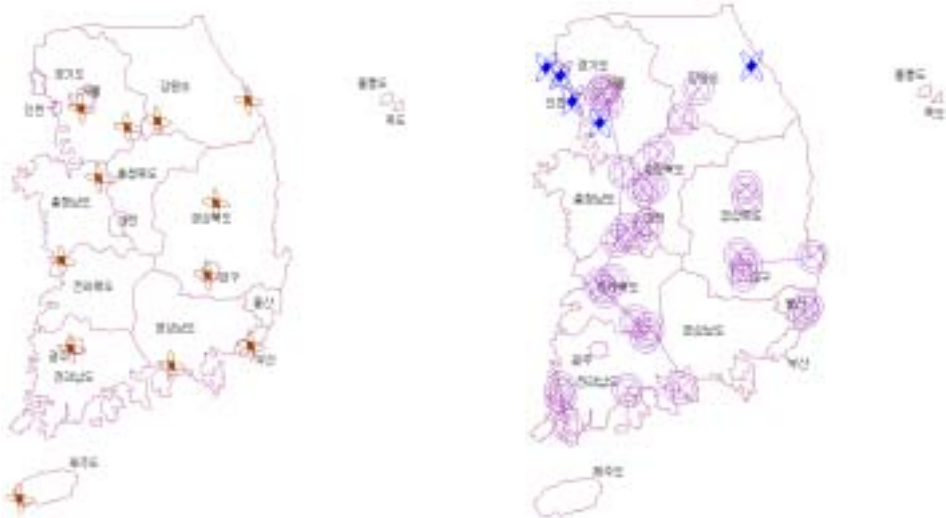


그림 3-93. 5.150 - 5.350 GHz 및 5.470 - 5.725 GHz 대역의 기존업무

기존업무는 크게 무선측위(레이다) 업무, 위성지구국 업무 및 방송업무(이동, 고정업무)가 있다. 앞의 나 항 “5GHz대 국제주파수 분배(WRC-2003) 가능성 검토”에서 언급하였듯이 위성지구국 업무와의 공유는 WRC-2000에서 1차적인 국제적인 합의를 통하여 마무리 단계에 있다. 현재 ITU-R이나 국내에서도 5GHz대 주파수 이용에 가장 문제시되는 것이 레이다 업무와의 주파수 공유이다. 앞의 2항 “실험결과”에서도 제시하였듯이 동일 주파수(채널)에서의 기존업무와의 주파수 동시 사용은 불가능함을 현장 실험의 기술적 검증을 통하여 검증하였다. 주파수 공유방안의 기본 전제는 기존업무의 점유 주파수 대역을 피하여 무선LAN등의 새로운 무선업무를 이용해야 한다. 작년의 “5GHz대 주파수 이용연구 전담반”의 연구결과에서도 밝힌바 처럼 5GHz대 주파수 공유방안으로 레이다 업무와의 12MHz대역 이상의 주파수 이격을 해야함(컴퓨터 모의실험 결과)을 제시하였다. 위의 가. 항 “주파수 공유 대상 및 관련 기술검토(ITU-R연구자료 중심)”의 (2)항

“주파수 공유기술 검토”에서 제시한 바와 같이 국제적으로 ITU-R이나 IEEE802.11 표준화 그룹에서 5GHz대 주파수 공유기술로 연구개발 중에 있는 동적주파수선택기능(DFS)에 대한 자세한 기술적 사항을 언급하였다.

이러한 일련의 기술적 검토결과를 바탕으로 향후 초고속 무선접속망(무선LAN, FWA) 도입으로 발생할지 모를 국내 5GHz대 주파수 혼신을 최소화할 수 있는 주파수 이용방안을 연구하였다. 아래 그림은 5GHz대 주파수이용 방안을 마련하기 위한 대응전략을 구상도이다.

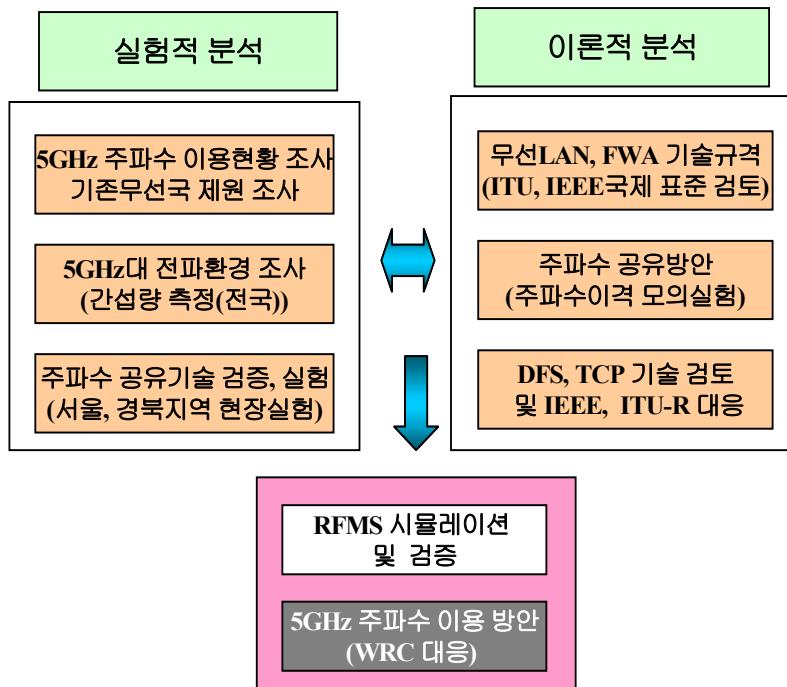


그림3-94. 대응전략 구상도

아래 표는 현재까지 국제표준으로 제시되고 있는 5GHz대 무선LAN 시스템의 주파수 채널 할당 사항이다.

표 3-25. 5GHz대 무선LAN 시스템 주파수 채널 할당

Regulatory domain	Band	Channel Numbers	Channel Center Frequency
JAPAN	HiSWAN band 5.15-5.25GHz	34	5,170MHz
		38	5,190MHz
		42	5,210MHz
		46	5,230MHz
USA CEPT	U-NII lower band 5.15-5.25GHz	36	5,180MHz
		40	5,200MHz
		44	5,220MHz
		48	5,240MHz
USA CEPT	U-NII lower band 5.25-5.35GHz	52	5,260MHz
		56	5,280MHz
		60	5,300MHz
		64	5,320MHz

Regulatory domain	Band	Channel Numbers	Channel Center Frequency
CEPT	5.47-5.725GHz	100	5,500MHz
		104	5,520MHz
		108	5,540MHz
		112	5,560MHz
		116	5,580MHz
		120	5,600MHz
		124	5,620MHz
		128	5,640MHz
		132	5,660MHz
		136	5,680MHz
		140	5,700MHz
USA	U-NII upper band 5.725-5.825GHz	149	5,745MHz
		153	5,765MHz
		157	5,785MHz
		161	5,805MHz

위의 주파수 채널 할당 표에서 알 수 있듯이 5GHz대 무선LAN 시스템

은 5,170MHz의 34번 채널부터 5,805MHz의 161번 채널로 구분, 설정되어 있다. 2.4GHz대역의 무선LAN인 IEEE802.11b 채널 이용환경보다 상당히 풍부한 채널이 존재함을 알 수 있으며, 이는 주파수 이격을 통한 5GHz대 공유방안인 동적주파수 선택기능(DFS)을 적용하기에 용이함을 알 수 있다. 또한 5GHz대 기존 무선국에 대한 현재상황에서의 지리적 이용분포를 분석한 결과 무선국 간의 거리 이격 또한 5GHz대 주파수 공유방안을 마련함에 있어 중요한 고려사항임분석하였다. 따라서 주파수 공유는 위 표의 무선LAN 설정 채널별, 기존무선국 지리적 위치를 고려하면 가능할 것이다. 기존무선국에 대한 위치 및 사용 주파수 등에 관한 자세한 사항은 본 보고서에서 생략하기로 하고 앞에서 공유분석 실험을 실시한 동일한 조건의 경인지역을 중심으로 주파수 공유방안 검토하기로 하겠다. 분석에는 기 구축 운용중인 전파관리시스템인 RFMS를 이용하였으며, 분석 모델은 ITU-R의 권고사항을 준수하여 분석하였다. 아래그림은 경인 지역을 중심으로 분석한 혼신 예상지역을 표시하였다.



그림3-95. 경인지역 혼신예상지역

위 그림에서 제시하였듯이 경인지역의 무선측위 업무(레이더)와 무선LAN 간의 주파수 공유를 위해서는 모의실험 결과로 제시된 혼신 예상지역(붉은색 지역)에서의 무선LAN 채널 126번부터 129번까지의 채널설정에 주파수 공유기술(DFS)의 설정 등의 조치가 필요할 것으로 분석된다. 이러한 분석 방법을 위 그림에서 제시한 5,150 - 5,350 MHz대역과 5,470 - 5,725MHz대역에서의 기존무선국에 대한 정밀한 분석을 통하여 5GHz대 주파수 공유방안을 제시할 수 있을 것을 연구되었다. 이후의 기존무선국에 대한 분석 결과는 기존무선국의 제원등이 국가 보안사항으로 주의를 요하므로, 본 보고서에서의 제시는 생략하기로 하겠다.

제4장 결 론

본 연구보고서는 5GHz대역 주파수를 효율적으로 활용하기 위한 방안을 마련하기 위한 2차년도 연구결과이다.

우선 5GHz대 주파수에 대한 국내외 기술동향과 이용현황 및 장비개발 동향에 대해서 조사하였다. 또한 RLAN과 FWA의 주파수 소요대역폭을 산출하였는데, 국내환경을 고려한 산출결과로 2005년의 경우 회사환경에서는 80MHz, 공공환경에서는 240MHz, 가정환경에서는 200MHz대역이 잠정적으로 필요할 것으로 연구되었다. 또한 FWA의 경우에는 총 260MHz 대역이 요구됨을 알 수 있었다.

또한 동대역에 기 사용중인 타업무와의 공유가능성을 분석하기 위하여 실내외 환경측정과 공유간섭 분석시험등 다양한 연구를 수행하였다.

5GHz대 실내환경 측정을 위해서 몇가지 환경하에서 propagation loss와 채널의 광대역 특성을 살펴 보았다. 또한 실외환경 측정을 수행하여 건물이 밀집한 지역일수록 수신전력의 표준편차가 증가하고 있음을 알 수 있었다.

5GHz대 WLAN의 성능분석을 위해 강의실, 사무실, 대강당 등의 환경하에서 throughput을 측정하였는데, 실험결과로 강의실 내부에서는 전체적으로 18Mbps 이상의 throughput을 보였으며, 사무실에서는 11~12Mbps 정도로 나타났고, 일부 5Mbps까지 낮게 떨어진 지점도 있었다. 대강당의 경우는 16~19Mbps 정도의 throughput이 나타남을 알 수 있었다.

그리고 5GHz대역에 기 할당된 업무와의 공유방안을 분석하기 위해 동 대역에 사용중인 레이더 신호와의 전파간섭시험을 수행하였다. 우선 5GHz대역 전파환경분석을 위해 서울 용산지역, 목동지역, 강남지역에 대해 5100 ~ 5900 Mhz 대역에서 방사되는 신호에 대한 스펙트럼을 분석한 결과 5.340 GHz 대역에서 기상레이더 신호를 검출할 수 있었고, 이외의 대역에서는 스펙트럼이 검출되지 않음을 알 수 있었다. 서울지역의 경우 전파환경분석을 위해 5.180GHz 대역 및 5.320GHz 대역에서 Packet 전송률을 실험한 결과 정상적인 통신이 가능함을 확인 할 수 있었으며, 지방(예천)의 경우 5.320GHz대역에서 기상레이더의 신호가 검출되었는데 동 대역에서 Packet을 측정한 결과 CCA Counter 및 CRC Error Counter가 비정상적으로 표시되고, C/I값이 높게 나타나 실질적인 통신이 불가능함을 알 수 있었다.

한편 주파수 공유기술인 DFS에 대한 동작실험을 통하여 간섭이 발생하였을 경우 channel 간의 간섭을 피하여 새로운 채널로 설정되는 실험을 통하여 DFS기술의 채택이 가장 효과적인 공유 방안을 확인 하였다.

위와 같은 연구 및 실험을 종합해볼 때 5GHz대 전파자원을 무선 LAN의 이동업무와 FWA의 고정업무로 분배, 이용하기 위하여서는 주파수 공유에 대한 기술적인 확신 및 국제적인 합의 등 관련 연구가 더 진행되어야 할 것으로 보인다. 특히 기존업무와의 주파수 동시사용은 불가능함을 현장실험을 통하여 검증되었으므로 주파수 공유방안의 기본 전제가 기존업무의 점유 주파수 대역을 피하여 무선LAN등의 새로운 무선업무를 이용해야만 한다는 것이다.

또한 5GHz대 기존 무선국에 대한 현상황에서의 지리적 이용분포를 조사한 결과 무선국 간의 거리 이격 또한 5GHz대 주파수 공유방안을 마련하기 위해 고려되어야 할 사항으로 보인다. 따라서 무선랜 채널 설정과 주파수 공유기술(DFS)의 설정등의 조치가 따른다면 기존무선국에 대한 분석을 통하여 5GHz대 공유방안을 제시할 수 있을 것으로 연구되었다.

<부록 : 시험 절차서>

1. RF 특성시험

가. 송신부에 대한 RF 특성시험

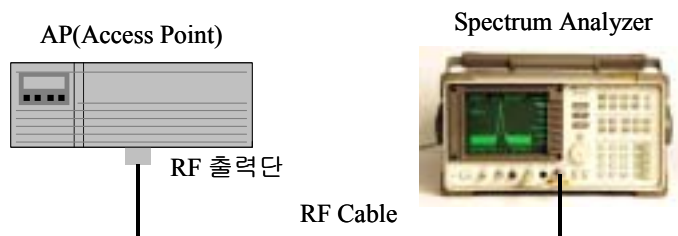
1) 측정 목적

RF 출력단에서 출력신호에 대해 Spectrum Analyzer를 이용하여 측정하여 시료에 대한 적정성을 평가한다. 평가기준은 IEEE 802.11a 규격을 만족하여야 한다.

2) 대상 측정항목

- Channel Bandwidth
- Maximum Transmit Power Levels
- Transmit Spectrum Mask
- In band & out of band spurious emission
- Frequency Tolerance

3) 측정 구성도



4) 측정 방법

- ① 상기 측정 구성도와 같이 시험망을 구성한다.
- ② AP에서 측정하고자 하는 채널로 변조(Frequency Tolerance 측정시에는 무변조 상태의 Single Carrier)된 무선신호가 지속적으로 송출될 수 있도록 한다.
- ③ Spectrum Analyzer를 측정항목에 따라 Setting 한다. 다음은 Channel Bandwidth를 측정하는 경우의 Setting 방법으로 측정항목에 따라 Setting 방법이 상이하다.
 - Center Frequency : 측정 채널의 중심주파수
 - Span = 대역폭의 2 ~ 3 배
 - RBW = 대역폭의 1% 정도
 - VBW = RBW
- ④ Spectrum Analyzer를 이용하여 해당채널에 대해 대상 측정항목을 측정한다.
- ⑤ 각 채널별로 상기의 측정과정을 반복하여 수행한다.
- ⑥ 시료를 교체하여 상기의 측정과정을 반복하여 수행하며, Mobile Station(NIC)도 동일방법으로 측정한다.

5) 소요장비 및 Components

- AP(Access Point) 1식
- Mobile Station(NIC : Network Interface Card) 2식
- Spectrum Analyzer 1식
- RF Cable

나. 수신부에 대한 RF 특성시험

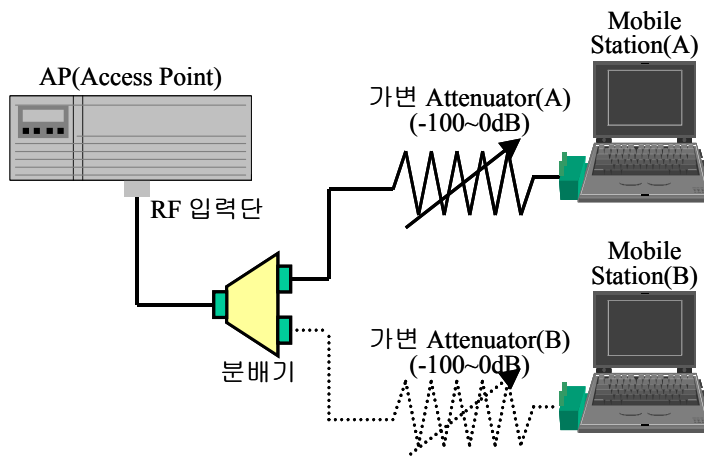
1) 측정 목적

RF 입력단으로 유입되는 입력신호에 대한 입력조건을 측정하여
시료에 대한 적정성을 평가한다. 평가기준은 IEEE 802.11a 규격
을 만족하여야 한다.

2) 대상 측정항목

- Minimum Input Level Sensitivity
- Adjacent Channel Rejection
- Non-Adjacent Channel Rejection
- Maximum Input Level

3) 측정 구성도



4) 측정 방법

- ① 상기 측정 구성도와 같이 시험망을 구성한다.
 - 구성 1안 : Minimum Input Level Sensitivity, Maximum Input Level 시험은 점선 Components가 제외된 Mobile Station(A)를 사용한다.
 - 구성 2안 : (Non-)Adjacent Channel Rejection 시험은 Mobile Station A와 B를 동시에 사용하며, Mobile Station B를 이용하여 간섭원을 발생시킨다.
- ② <구성 1안>은 다음과 같이 진행한다.
 - ㉠ AP와 Mobile Station A의 주파수를 측정하고자 하는 채널로 설정한다.
 - ㉡ Mobile Station A는 송신부로서 1000Bytes 길이의 PSDU를 일정간격으로 반복 송출될 수 있도록 한다.
 - ㉢ AP는 수신부로서 총수신 Packet 수와 Error 발생 Packet 수를 Counter 한다.
 - ㉣ AP에서 수신되는 Packet의 PER이 최대(최소) 10%가 될 때까지 가변 Attenuator A의 감쇄량을 감소(증가)시키고, 그때의 AP에 입력되는 Mobile Station A의 레벨을 측정한다.
- ③ <구성 2안>은 다음과 같이 진행한다.
 - ㉠ AP와 Mobile Station A는 측정하고자 하는 채널의 주파수, Mobile Station B는 인접(비인접) 주파수를 설정하며, Mobile Station A, B의 Transmit Power Level은 0dBm이 되도록 한다.

- ③ Mobile Station A는 송신부로서 1000Bytes 길이의 PSDU를 일정간격으로 반복 송출되도록 한다.
- ④ Mobile Station B의 무선신호가 송출되도록 한다.
- ⑤ AP는 수신부로서 총수신 Packet 수와 Error 발생 Packet 수를 Counter 한다.
- ⑥ Station A는 수신감도 Level에 3dB를 더한 Level이 입력되도록 가변 Attenuator A를 조정한다.
- ⑦ AP에서 수신되는 Packet의 PER이 최대 10%가 될 때까지 가변 Attenuator B의 감쇄량을 감소시키고, 그때의 AP에 입력되는 Mobile Station A와 B의 레벨 차이를 측정한다.
- ⑧ 전송속도를 가변시키며 상기 과정을 반복 측정한다.
- ⑨ 각 채널별로 상기의 측정과정을 반복하여 수행한다.
- ⑩ 시료를 교체하여 상기의 측정과정을 반복하여 수행한다.
- ☞ RLAN 장비에서 PER 측정기능이 지원되지 않는 경우에는 외부 입력원을 사용하여 지속적으로 Packet을 전송한다.

5) 소요장비 및 Components

- AP(Access Point) 1식
- Mobile Station(NIC : Network Interface Card) 2식
- 가변 Attenuator 2식
- 분배기(50Ω) 1식
- RF Cable

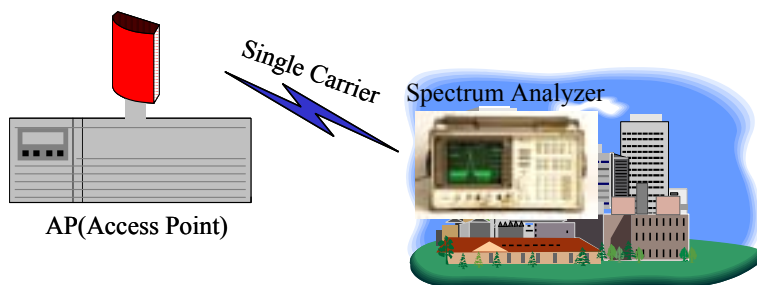
2. 5GHz 전파 특성시험

가. 전계레벨 측정

1) 측정 목적

옥내외 환경에서 5GHz 무선 신호의 전계 레벨을 측정하여 5GHz 주파수의 전파 특성을 분석한다.

2) 측정 구성도



3) 측정 방법

- ① 상기 측정 구성도와 같이 시험망을 구성한다.
- ② AP에서 무변조 상태의 Single Carrier가 지속적으로 송출될 수 있도록 한다.
- ③ 옥내외 시험환경을 변경하며 AP로부터 방사되는 전파의 전계 레벨을 측정하여 기록한다.

4) 소요장비

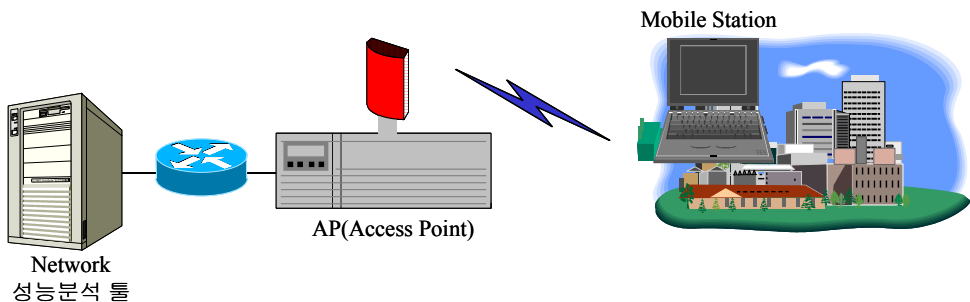
- AP(Access Point) 1식
- Spectrum Analyzer 1식

나. 무선링크 Throughput 측정

1) 측정 목적

옥내외 환경에서 5GHz 무선 신호의 PER(Pecket Error Rate)을 측정하여 무선링크의 Throughput을 산출한다. 수신부에서 수신되는 Packet의 PER의 10% 미만인 경우로 서비스 커버리지를 설정한다.

2) 측정 구성도



3) 측정 방법

- ① 상기 측정 구성도와 같이 시험망을 구성한다.
- ② AP와 Mobile Station의 주파수는 측정하고자 하는 채널로 설정한다.
- ③ AP는 송신부로서 1000Bytes 길이의 PSDU를 일정간격으로 반복 송출될 수 있도록 한다.
- ④ Mobile Station은 수신부로서 총 수신 Packet 수와 Error 발생 Packet 수를 Counter 한다.
- ⑤ Mobile Station에서 수신되는 Packet의 PER을 측정하여 기

록한다.

- ⑥ 전송속도를 가변시키며 상기 과정을 반복 측정한다.
 - ⑦ 각 채널별로 상기의 측정과정을 반복하여 수행한다.
 - ⑧ 앞 단계의 전계 레벨 측정결과와 대비하여 전계 레벨에 따른 무선링크의 Throughput을 비교 분석한다.
- ☞ RLAN 장비에서 PER 측정기능이 지원되지 않는 경우에는 네트워크 성능분석 툴을 사용하여 전송성능을 분석한다.

4) 소요장비

- AP(Access Point) 1식
- Mobile Station(NIC : Network Interface Card) 1식
- 네트워크 성능분석 툴 1식

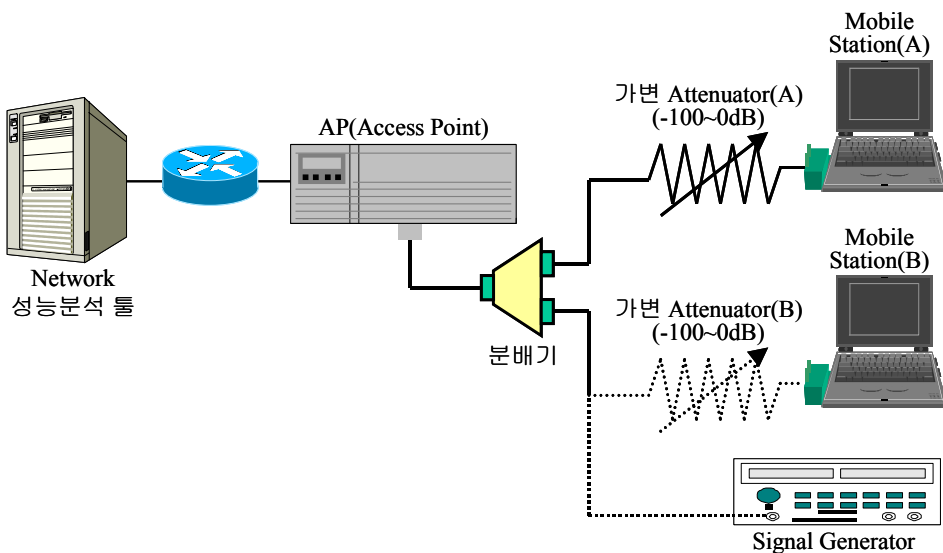
3. 전파 간섭 시험

가. 전파간섭 영향 분석시험

1) 측정 목적

실험실 레벨에서 5GHz RLAN 시스템에 대한 동일채널 간섭 및 인접채널 간섭에 대한 영향을 측정하고 분석한다.

2) 측정 구성도



3) 측정 방법

- ① 상기 측정 구성도와 같이 시험망을 구성한다.
- ② AP의 주파수는 측정하고자 하는 채널로 설정한다.
- ③ Mobile Station A는 송신부로서 1000Bytes 길이의 PSDU를 일정간격으로 반복 송출되도록 한다.
- ④ Mobile Station B 또는 Signal Generator는 간섭원으로서

간섭신호의 특성을 갖는 무선신호가 지속적으로 송출되도록 한다.

- ⑤ AP에서 수신되는 Packet의 PER이 최대 10%가 될 때까지 가변 Attenuator B의 감쇄량을 감소(또는 Signal Generator의 출력레벨을 증가)시키고, 그때의 AP 입력단에 입력되는 Mobile Station A와 B 또는 Signal Generator)의 Level 차이를 측정한다.
 - ⑥ 전송속도를 가변시키며 상기 과정을 반복 측정한다.
 - ⑦ 각 채널별로 상기의 측정과정을 반복하여 수행한다.
 - ⑧ 동일채널 간섭 및 인접채널 간섭에 대한 영향을 분석한다.
- ☞ RLAN 장비에서 PER 측정기능이 지원되지 않는 경우에는 네트워크 성능분석 툴을 사용하여 전송성능을 분석한다.

4) 소요장비 및 Components

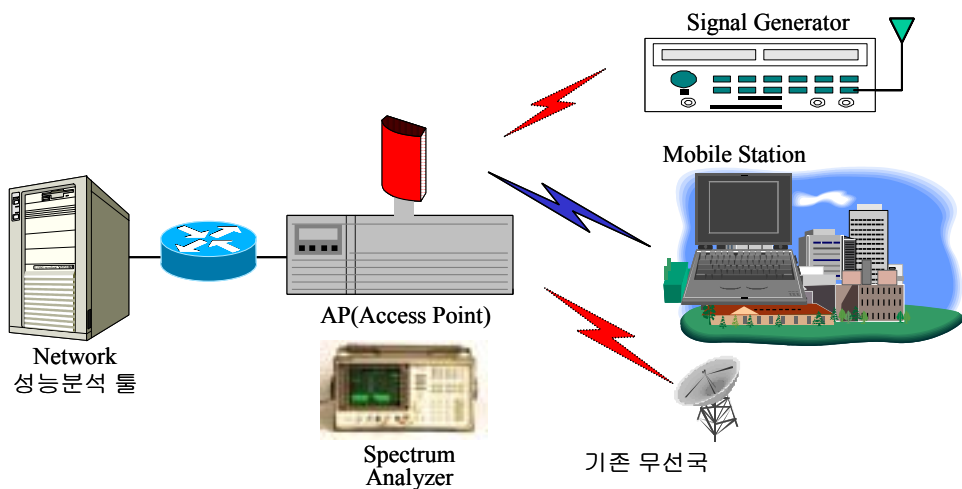
- AP(Access Point) 1식
- Mobile Station(NIC : Network Interface Card) 2식
- 가변 Attenuator 2식
- Signal Generator 1식
- 분배기(50Ω) 1식
- RF Cable
- 네트워크 성능분석 툴 1식

나. 전파간섭 영향 현장시험

1) 측정 목적

현장시험을 통해 5GHz RLAN 시스템에 대한 동일채널 간섭 및 인접채널 간섭에 대한 영향을 측정하고 분석한다.

2) 측정 구성도



3) 측정 방법

- ① 상기 측정 구성도와 같이 시험망을 구성한다.
- ② AP와 Mobile Station의 주파수는 측정하고자 하는 채널로 설정한다.
- ③ Mobile Station A는 송신부로서 1000Bytes 길이의 PSDU를 일정간격으로 반복 송출되도록 한다.
- ④ AP는 수신부로서 수신되는 PSDU 신호에 대한 PER을 측정한다.

- ⑤ 기존 무선국에 의해 간섭원이 발생하는 지역에서 시험을 수행하거나 Signal Generator를 이용하여 간섭원을 임의로 발생시킨다.
 - ⑥ 수신지역(AP 입력단)에서 Mobile Station의 Power Level과 간섭원의 Power Level(Mobile Station의 전원을 OFF한 상태로 측정)의 차이를 측정한다.
 - ⑦ 간섭신호의 레벨차이에 따른 AP에서 수신되는 Packet의 PER 변화를 측정하여 간섭에 의한 영향을 분석한다.
 - ⑧ 전송속도를 가변시키며 상기 과정을 반복 측정한다.
 - ⑨ 채널을 변경하여 동일채널 뿐만 아니라 인접채널에 대한 간섭영향에 대해서도 분석한다.
- ☞ RLAN 장비에서 PER 측정기능이 지원되지 않는 경우에는 네트워크 성능분석 툴을 사용하여 전송성능을 분석한다.

4) 소요장비 및 Components

- AP(Access Point) 1식
- Mobile Station(NIC : Network Interface Card) 1식
- 가변 Attenuator 2식
- Signal Generator 1식
- Spectrum Analyzer 1식
- 네트워크 성능분석 툴 각 1식

4. 주파수 공유기술 시험

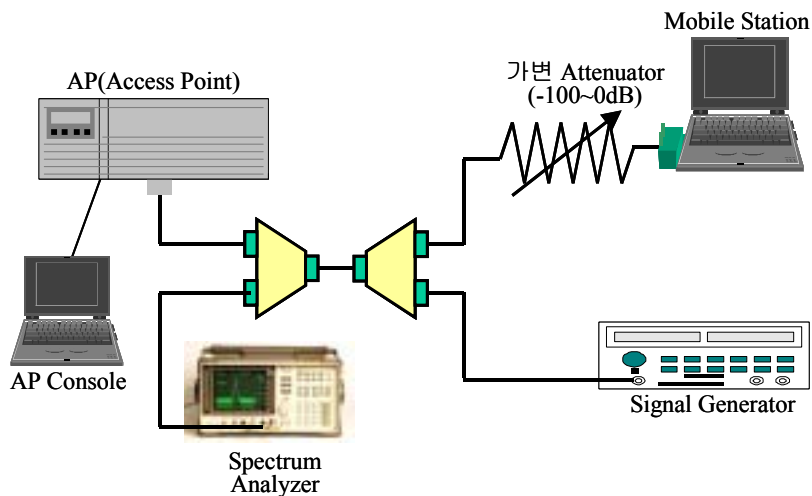
가. 주파수 공유기술 분석시험 절차

1) 측정 목적

전파 간섭요인이 존재하고 주파수 공유기술을 적용한 상태에서 간섭에 대한 영향을 실험실 레벨로 분석한다. 적용규격은 IEEE 802.11h(Draft)를 적용하며, 판정기준은 다음과 같다.

- 레이더의 신호의 탐지기준 레벨 : -52dBm
- 채널중지시간 : 200ms
- 채널이동시간 : 10sec

2) 측정 구성도



3) 측정 방법

- ① 상기 측정 구성도와 같이 시험망을 구성한다.
- ② AP와 Mobile Station의 주파수는 측정하고자 하는 채널로 설정한다.

- ③ AP와 Mobile Station이 통신상태가 유지되도록 한다.
- ④ Signal Generator는 간섭원으로서 간섭신호의 특성을 갖도록 레이더 시험신호의 대역폭이 무선 LAN에 의해 사용되는 채널 대역폭내에 점유되는 일정한 시간 T_0 에 무선신호가 송출되도록 한다.
- ⑤ 다음 사항을 확인한다.
 - 정해진 시간내에 수검장치가 운용 채널에서 전송을 중단하고 완전히 벗어났는지 Console을 이용하여 확인한다.
 - 정해진 시간내에 수검장치가 다른 채널을 점유하여 통신상태가 유지되는지 Console을 이용하여 확인한다.
- ⑥ 다른 레이더 시험신호에 대해 그리고 이용 가능한 하위대역 채널, 중위대역 채널, 상위대역 채널에 대해 본 시험을 반복한다.

4) 소요장비 및 Components

- AP(Access Point) 1식
- Mobile Station(NIC : Network Interface Card) 1식
- 가변 Attenuator 1식
- Signal Generator 1식
- Spectrum Analyzer 1식
- 분배기(50Ω) 2식
- RF Cable

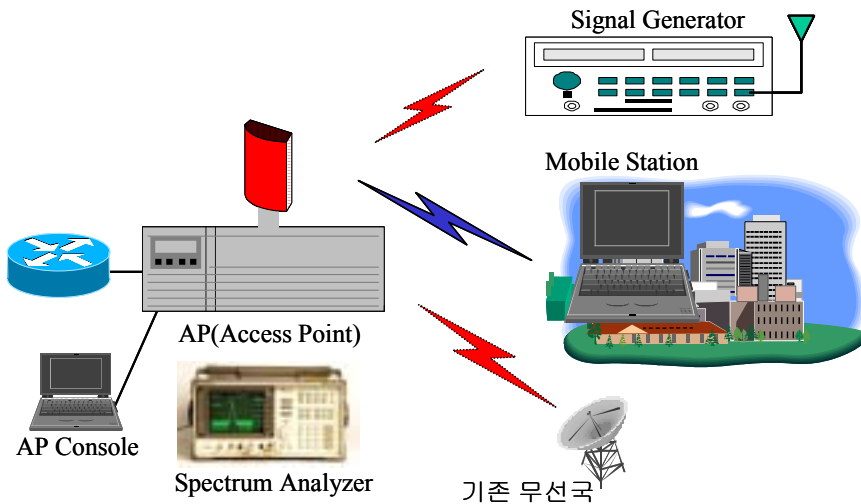
나. 주파수 공유기술 현장시험 절차

1) 측정 목적

전파 간섭요인이 존재하고 주파수 공유기술을 적용한 상태에서 간섭에 대한 영향을 현장시험을 통해 분석한다. 적용규격은 IEEE 802.11h(Draft)를 적용하며, 판정기준은 다음과 같다.

- 레이더의 신호의 탐지기준 레벨 : -52dBm
- 채널중지시간 : 200ms
- 채널이동시간 : 10sec

2) 측정 구성도



3) 측정 방법

- ① 상기 측정 구성도와 같이 시험망을 구성한다.
- ② AP와 Mobile Station의 주파수는 측정하고자 하는 채널로 설정한다.

- ③ AP와 Mobile Station이 통신상태가 유지되도록 한다.
- ④ Signal Generator는 간섭원으로서 간섭신호의 특성을 갖도록 레이더 시험신호의 대역폭이 무선 LAN에 의해 사용되는 채널 대역폭내에 점유되는 일정한 시간 T_0 에 무선신호가 송출되도록 한다.
- ⑤ 다음 사항을 확인한다.
 - 정해진 시간내에 수검장치가 운용 채널에서 전송을 중단하고 완전히 벗어났는지 Console을 이용하여 확인한다.
 - 정해진 시간내에 수검장치가 다른 채널을 점유하여 통신상태가 유지되는지 Console을 이용하여 확인한다.
- ⑥ 다른 레이더 시험신호에 대해 그리고 이용 가능한 하위대역 채널, 중위대역 채널, 상위대역 채널에 대해 본 시험을 반복한다.

4) 소요장비 및 Components

- AP(Access Point) 1식
- Mobile Station(NIC : Network Interface Card) 1식
- Signal Generator 1식
- Spectrum Analyzer 1식

參 考 文 獻

- [1] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications, Prentice Hall, 1996
- [2] J. D. Parsons, The Mobile Radio Propagation Channel, John Wiley & Sons, 2/E, 2000.
- [3] J. H. Lee, H. S. Lee, J. H. Park and S. C. Kim, Measurement, Modeling and Simulation of Power Line Channel for Indoor High-speed Data Communications, *proc. ISPLC '2001*, pp. 143 148, April, 2001.
- [4] Jean-Frdric Wagen, Propagation mechanisms, COST231 TD(96)042-A Truin, Ch. 4, pp. 9 - 16, April 1996.
- [5] S. Y. Seidel, T. S. Rappaport, Site-specific propagation prediction for wireless in-building personal communication system design, *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. 43, No. 4, pp. 879-891, November 1994.
- [6] S. C. Kim, Prediction model of wave propagation inside building including specular and diffracted transmission and reflection, 한국 통신 학회 논문지, vol. 23, no. 6, pp. 1592 - 1601, 1998년 6월.
- [7] D. K. Cheng, Field and Wave Electromagnetics, New York: Addison Wesley, 2nd ed., pp. 386 417, 1989.
- [8] J. B. Keller, Geometrical theory of diffraction, *J. Appl. Phys.*, Vol. 28, No. 4, pp. 136 149, February 1967.
- [9] R. G. Kouyoumjian, P. H. Pathak, A uniform geometrical theory of diffraction for an edge in a perfectly conducting surface, *Proc. IEEE*, Vol. 62, No. 11, pp. 1448 1461, November

1974.

- [10] R. J. Luebbers, Finite conductivity uniform GTD versus knife edge diffraction in prediction of propagation path loss, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-32, No. 1, pp. 70 – 76, January 1984.
- [11] W. Honcharenko, H. L. Bertoni, Mechanism governing UHF propagation single floors in modern office building, *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol.41, No.4, pp.496 – 504, November 1992.