≪主 題≫

WLL 기술 동향

박 판 종
(데이콤종합연구소 무선접속개발팀)

□ 차 례 □

Ⅰ. 개 요
Ⅱ. WLL 서비스 동향
Ⅲ. 협대역 WLL 기술 동향
Ⅳ. 광대역 WLL의 기술 동향
Ⅴ. 결 론

Ⅰ. 개 요

가입자망(Local Loop)은 PSTN에서 가입자와 교환기 사이의 전송 경로를 말하며 가입자가 보유한 터미널과 교환기는 포함하지 않는다. 전통적인 가입자망은 구리 회선으로 구성되었으며, 구리 회선은 설치 및 유지비용이 비싸고, 제한된 대역폭과 융통성을 가지기 못하기 때문에 신규 사업자가 넓은 지역에서 통신망을 구축하기에는 매력적이지 못하다. 가입자 회선은 가입자망에서 경쟁의 도입, 비용 절감의 필요성 및 고품질의 서비스에 대한 수요로 인하여 전화 사업자의 비용중 가장 중요한 부문이었다. 근간에 가입자망 기술의 발전으로 전화 사업자가 가입자망의 구축 또는 고도화를 위해 케이블 텔레비전 기술, 무선 가입자망 기술 등의 다양한 기술을 선택할 수 있게 되었다.

동선을 이용한 가입자 전송 기술은 디지털 기술을 이용하여 발전되었고 Asymmetrical Digital Subscriber Line(ADSL), High bit-rate Digital Subscriber Line(HDSL), Rate Adaptive Digital Subscriber Line(RADSL) 및 Very high data-rate Digital Subscriber Line(VDSL)등으로 개발이 진행되었으며, 2Mbps이상의 전송 능력을 제공할 수 있다. 광으로 댁내, 건물 및 사무실까지 연결하여 광대역의 전송 능력을 제공할 수 있으나 아직까지 댁내까지 광으로 가입자 회선을 구축하기에는 비경제적이다.

70년대 이후 무선 통신 기술의 급격한 발전과 더불어 개발 도상국의 경제가 급격히 성장함에 따라 기존 사업자의 수요가 폭발되었고, 선진국에서는 규제가 완화되어 신규 사업자가 등장하게 되므로써 빠른 시간 내에 가입자망을 경제적으로 구축할 수 있는 무선 가입자망이 유선 가입자망의 대안으로 사용되기 시작하였다. 무선 가입자망은 기존 유선망과 다른 비용 구조를 가지고 있어 기존 또는 신규 통신 사업자에게 서로 다른 장점을 제공하는데 특히 아시아 및 동유럽의 개발 도상국에서 많은 전회회선의 수요를 충족시키기 위해 기존의 가입자 선로 대신에 값싸고 빨리 설치할 수 있기 때문에 손쉽게 가입자망을 고도화할 수 있어 정보통신망으로 각광을 받고 있다.

현재 다양한 무선접속 방식에 의해 무선 가입자망 기술이 발전하게 되는 배경은 첫째, 유무선 전화 사업자는 유선과 동일한 서비스 품질과 저 가격으로 서비스를 제공할 수 디지털 기술이 발전함에 따라 고객의 입장보다는 사업자의 입장에서 무선 가입자망을 구축할 수 있다는 점과 둘째, 사설망 사업자는 규제를 적게 받으며, 사설 무선 액세스 시스템은 표준에 제한을 받지 않는다는 것이다. 이로 인해 표준화 없이 위성 이동통신, 무선 LAN, 무선 PBX와 Thin-route M/W에서 개개의 형태

로 개발되어 왔으며, 다양한 기술 및 규격에도 공통적인 기본 개념을 가지고 개발되어 왔다. 초고속 정보통신망의 구축이 본격화되면서 국내에서도 구내 통신망 사업자가 등장할 예정이다. 구내통신망 사업자는 고객에게 편리하고 저가의 무선 PBX를 이용하거나 복합적인 가입자망을 구축하여 서비스를 제공할 것으로 예상된다. 그러므로, 무선 가입자망은 POTS 수준의 전화 서비스에 국한되지 않고 편리성을 추구하는 서비스를 중심으로 협대역 WLL 기술이 발전될 것이고 나아가 멀티미디어 서비스의 발전과 새로운 신규 서비스의 신속한 도입을 위해 밀리미터 파를 이용한 광대역 무선가입자망으로 발전될 것이다.

무선 액세스망을 일반적으로 공중 전화 사업자가 전화 서비스를 위한 가입자망으로 국한하여 표현을 하지만 응용 분야는 그림 1의 응용 Tree 다이아그램과 같이 매우 광범위하다. 고객의 요구 및 기술의 발전에 따라 다양한 형태로 서비스가 제공될 것이다.

1950년대에 아날로그 FM-based Rural Radio가 극히 거리가 먼 지역에서 유선 통신의 임시 방편으로 도입되었으며, 전화 사업자에게 근대 무선에 의한 액세스 시스템은 1970년대에 캐나다에서 도입된 Thin-route point-to-multipoint M/W 시스템이라 할 수 있으며 경제성 문제와 낮은 스펙트럼 효율로 인하여 단지 격리된 지역에서 낮은 밀도의 응용으로 사용되었다. 1986년 미국에서 보다 스펙트럼 효율이 좋은 디지털 레디오 시스템 기술을 이용하여 기본적인 전화 서비스를 제공해 주는 Basic Exchange Telecommunications Radio Service (BETRS)라는 새로운 서비스가 FCC에 의해 새로운 무선 액세스로 출현하였다. 90년까지 미국에서 60개 이상의 BETRS 시스템이 설치되었고 1990년대에 셀룰라, PCS등 디지털 셀룰라 기술의 급격한 발전으로 인하여 고도화된 전화 서비스를 제공할 수 있는 시스템이 개발되어 WLL 서비스 영역이 농어촌 중심에서 도시로 변화되었다. 지금까지 기술된 무선엑세스 기술의 주요 특성은 [표 1]과 같다.

이동 전화 서비스는 셀룰라와 TRS와 같은 비셀룰라 계통의 음성 위주의 이동성 중심의 서비스가 90년대 들어 본격적으로 제공되었고, 개인 통신에의 응용은 저속의 이동성을 요구하나 셀룰라와는 달리 핸드오버를 요구하지 않고 제한된 이동성을 요구하는 수요 층을 중심으로 제공될 것으로 예상된다. 대표적인 예로는 900MHz 무선전화와 무선 PBX를 이용한 구내 통신망을 들 수 있다. 사설망으로는 무선 LAN, MAN 및

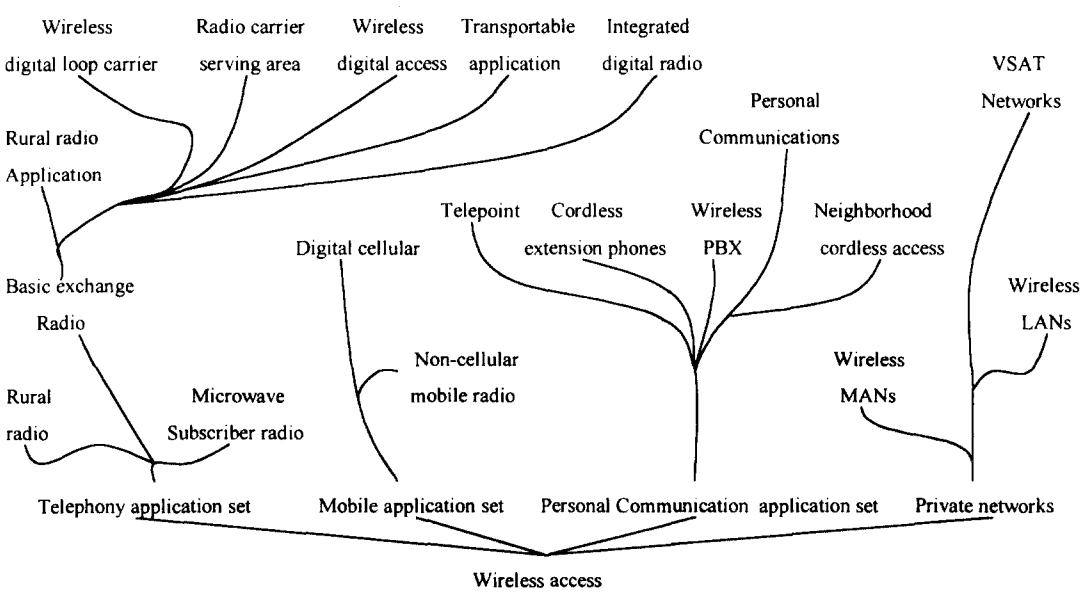


그림 1. 무선 액세스 응용의 Tree 다이어그램

〈표 1〉 전화 서비스 중심의 무선 액세스 기술 주요 특징

구분	서비스 지역	특징
Rural radio	극히 격리된 지역	. 아날로그 FM 기술 이용 . 공중망에서 수동으로 접속 . 가입자당 설치비가 $3,000 ~ 10,000로 아주 비싸나 유선 보다는 저렴 . 품질이 떨어지고 스펙트럼 효율이 아주 낮음
Thin-route Point-to-multipoint M/W	격리된 지역	. Rural Radio의 대체 개념으로 개발 . 고정국 응용으로 최초의 무선 엑세스 방식 . Repeater의 사용으로 통달 거리가 약 100 Km이상 가능 . SR Telecom이 개발하여 캐나다에서 주로 사용됨.
BETRS	농어촌 지역 임시, 응급 복구용	. FDMA/TDMA . 용량 문제 및 가입자당 경제성 문제 해결 . 본격적인 WLL임 . 150/450MHz 대역으로 FCC에서 주파수를 할당
Cellular-based		. 스펙트럼 효율, 가입자 용량 등이 개선됨. . 개발도상국의 신규 수요 및 선진국의 규제 완화로 급격한 신규 수요 창출 . 도심 지역에서 WLL 가능성 부각 . 유선에 필적하는 전화 서비스 제공이 요구됨

VSAT을 이용하여 음성과 데이터위주의 서비스가 있다. 제2장에서는 현재 각 국의 협대역 중심의 WLL 서비스 동향을 기술하고, 제3장에서는 셀룰라 및 디지털 전송 기술을 기반으로 개발된 협대역 WLL 기술 동향과 제4장에서는 밀리미터파 대역을 이용한 광대역 WLL 기술 동향을 기술하고자 한다.

Ⅱ. 각국의 서비스 동향

현재 각 국에서의 WLL서비스 동향을 보면, 국가 및 대륙별로 다양한 시스템을 이용하여 서비스되고 있으며, 현재 86개국에서 약 210만 가입자들이 WLL서비스를 제공받고 있다[2]. MTI-EMCI 보고서[2]에 따르면 2000년에 60백만 가입자 회선, 2005년에는 202백만 회선으로 예측하고 있으며, OVUM 보고서[3]에 따르면 2000년에 19백만 회선, 2005년에 33백만 회선이 신규로 무선으로 구축될 것으로 전망하고 있다. 아래 [표 2]는 현재 각 국가에서 서비스 중인 기술 및 시스템에 대한 동향에 관 한 내용이다.

Ⅲ. 협대역 WLL 기술 동향

90년대 디지털 셀룰라, 디지털 코드레스 및 디지털 전송 기술의 발전과 이동통신의 급격한 수요 증가로 인하여 시스템 및 단말기의 가격이 하락하였고, 각 국의 규제 완화와 상대적으로 전화 보급률이 낮은 개발 도상국의 괄목할만한 경제 성장과 동유럽의 개방으로 인하여 전화의 수요가 급증하였다. 90년 중반이후 각 국의 통신 시스템 제조업체들이 각각 이용 가능한 모든 기술을 이용하여 WLL 시스템을 개발하였다. 이러한 시스템을 기술 측면으로 분류하면 제1세대 이동통신 기술이라고 할 수 있는 AMPS, TACS, NMT 등의 시스템으로 단지 이동성을 제거하여 고정형 가입자 장치로 개발하여 동유럽을 비롯한 몇몇 국가에 설치하였다. 이러한 시스템의 품질은 기존 유선 통신에 비해 열악하지만, 수요에 대해 공급이 우선시되는 지역에 설치하는 것이 가능하였다.

제2세대 이동통신 기술인 GSM/DCS-1800, DAMPS, PDC, Q-CDMA 등의 셀룰라 시스템을 고정형으로 개조한 시스템이 시장에 등장하였으나 아날로그

〈표 2〉 각국의 WLL 서비스 동향

서비스 국가	시 스 템	비 고
콜럼비아	Motorola의 WiLL(CDMA), Ericsson의 RAS-1000	1.5만 가입자(95),상용
멕시코	Ultraphone(IDC), IRT, RAS-1000	1.3만 가입자(93),상용
미국	하와이,부룩클린 지역, Ultraphone(IDC)	상용서비스
중 국	RAS-1000,E-TDMA(Hughes), CDMA는 테스트중	2만 가입자(95), 상용
인 도	Motorola의 WiLL, Qualcomm의 QCTel	상용서비스(96)
인도네시아	Hughes의 E-TDMA, Ultraphone, IRT등	27만 가입자(94),
말레이시아	Ericsson의 RAS-1000/AMPS , 전지역	3.2만 가입자(95)
뉴질랜드	TRT의 IRT이용	1.3 만 가입자(95)
러시아	Hughes의 E-TDMA, 7개 지역에서 서비스중	6만 회선 이상
스리랑카	모토롤라의 WiLL, 전지역	1만 이상(95)
Tatarstan	전국 망, Hughes의 E-TDMA	35만 이상
프랑스	파리 지역, Alcatel의 DECT이용	2,300 가입자
독 일	구 동독지역, RAS-1000	5만 가입자(94)
헝가리	모토롤라의 WiLL(전지역), 에릭슨의 RAS-1000	22만 가입자(96)
스페인	모토롤라의 WiLL(전지역)	80만 회선(92)
영국	BT, Liberty, Mercury, Erobell, Scottish Telecom사	Trial/commercial
카메룬(아프리카)	TRT의 IRT시스템	약 2천회선(92)
Malawi(아프리카)	Hughes사의 E-TDMA 시스템	2만회선

셀룰라를 이용한 시스템보다는 품질이 우수하나 여전히 유선 전화 수준의 품질을 제공하지는 못하였다. 디지털 코드레스 계열인 PHS, PACS, DECT 등의 기술을 이용한 WLL 시스템이 등장하였고 최근에는 WLL의 경쟁 상대인 유선 가입자 선로에 필적하는 품질과 서비스를 제공할 수 있는 시스템 개발중에 있거나 개발을 완료하여 시범 서비스중에 있다.

WLL 시스템에 사용되는 기술은 크게 High tier와 Low tier 무선 기술로 분류할 수 있으며, 시스템 구조, 서비스 데이터 전송 능력, 용량 및 스펙트럼 효율, 운용과 커버러지에 따라 응용 분야가 다르다. 기개발된 시스템을 중심으로 High tier와 Low tier 기술의 주요한 특징은 다음[4]과 같고, 품질, 이동성과 커버리지 면에서 장단점을 가진다. High tier 무선 기술을 이용하여 유선에 필적하는 품질과 서비스를 제공하고 가입자당 설치비면에서 유선과 경쟁할 수 있는 WLL 시스템이 개발되어 98연초에는 공급될 전망이다.

〈표 3〉 High tier와 Low tier 기술의 주요 특징

구 분	High tier	Low tier
기지국	크고 비쌈	적고 값쌈
기지국당 커버리지	10Km이상	600m이하
단말기의 통화 시간	짧음(1시간정도)	김(4시간 이상)
이동성	100km/h이상	최대 50Km/h 정도
품질	낮음	높음(유선에 필적)
이용자	낮음	높음
가입자당 트래픽	낮음	높음
주 응용 분야	옥외 이동형	옥내외 도보용
대표적인 시스템	GSM/DCS-1900, IS-136, IS-95	PACS, PHS, DECT

3.1 해외 기술 동향

3.1.1 PACS

PACS는 PCS와 WLL로 사용하기 위해 개발된 저전력 시스템으로 Bellcore 에서 1983년부터 개발을 시작하여 1989년에 시스템 구조와 요구사항을 제시하였다. 1994년에 미국 PCS의 표준화를 위한 Joint Technical

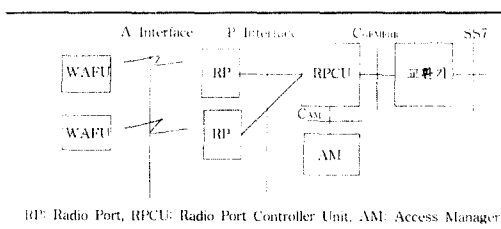


그림 2. PACS 시스템 구조

RP: Radio Port, RPCU: Radio Port Controller Unit, AM: Access Manager.

〈표 4〉 PACS 시스템 파라메타

항 목	규 격
주파수 대역	상향: 1850 - 1910MHz 하향: 1930 - 1990MHz
RF 채널 간격	300KHz
채널 Bit rate	384kb/s
액세스 방식	TDM/TDMA
음성 코딩	32kb/s ADPCM
채널 코딩	15bit CRC
프레임 길이	2.5 ms(8 time slots)
Handover/Automatic link transfer	단말기/가입자 장치로 제어
기지국 최대 출력	800 mW peak
단말국 최대 출력	200 mW peak
수신감도	-101dBm
주파수 계획	QSAFA(주)

주) Quasi Static Automatic Frequency Assignment (QSAFA)는 서로 다른 기지국간의 중암 집중된 주파수 조정이 없이 기지국 자체에서 주파수 채널을 제어한다.

Committee(JTC)에 일본의 Personal Handy Phone Service(PHS)와 결합하여 제안되어 1996년에 미국 표준 ANSI J-STD-014로 채택되었다. PACS는 WLL의 요구사항을 기본적으로 지원하고 부가적으로 이동성을 지원할 수 있다. 주요한 특징으로는 이동성 지원을 포함한 공중망의 ISDN/AIN feature set를 이용할 수 있다. 서비스 면에서는 음성, Fax, Voiceband data 및 무선 data를 제공할 수 있고 50 km/h까지 이동성을 제공할 수 있다.

시스템 구조는 [그림 2]와 같으며 주요 시스템 파라메타는 [표 4]와 같다[4].

3.1.2 PHS

PHS 시스템을 이용한 WLL 시스템을 이용하여 NTT, NEC, Fujitsu등에서 개발해 오고 있으며, 교환기와 인터페이스는 2W 아날로그 또는 V5.2로 접속되며, 기지국내에서는 이동성이 보장된다. NEC사의 Digital Cordless Telephone System(DCTS)의 시스템 구조는 [그림 3]과 같고 주요 시스템 파라메타는 [표 5]와 같다.

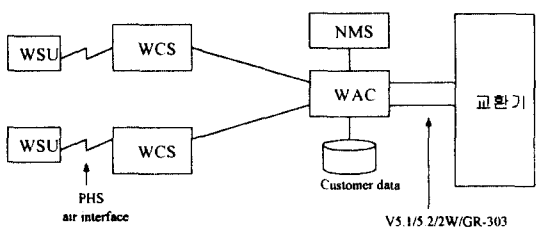


그림 3. DCTS 시스템 구조

WAC : WLL Access Controller, WCS : WLL Cell Station, WSU : WLL Subscriber Unit

〈표 5〉 NEC사의 DCTS 시스템 파라메타

항 목	규 격
주파수 대역	1895 - 1918.1MHz
RF 채널 간격	300KHz
채널 Bit rate	384kb/s
액세스 방식	TDD/TDMA
음성 코딩	32kb/s ADPCM
변조방식	pi/4 shift QPSK
프레임 길이	5 ms(4 time slots/RF)
기지국의 최대 반경	3 Km
기지국 최대 출력	800 mW peak
단말국 최대 출력	80 mW peak
기지국당 최대가입자수	128

3.1.3 DECT

DECT는 무선 PBX, 사설 코드레스 전화, 공중용 텔리포인트 및 Radio-in-the-Local Loop 시스템의 액세스 방식으로 범 유럽 표준으로 개발되어 WLL로 운용시 고정용뿐만 아니라 이동형 서비스를 제공한다. 일반적인 PSTN 및 댁내에서 코드레스 전화가 가능하고 ISDN 및 집 주변에서의 코드레스 전화 서비스로 진화할 것이다. Ericsson사의 DRA-1900 시스템의 구조는 [그림 4]와 같고 주요 시스템 파라메타는 [표 6]과 같다.

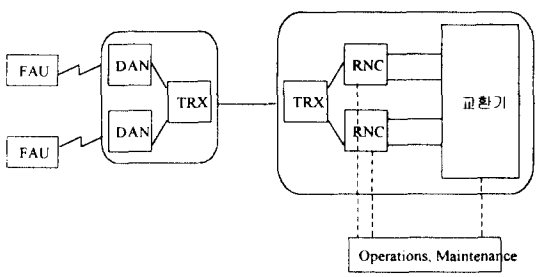


그림 4. DRA-1900 시스템 구조

FAU : Fixed Access Unit, DAN : DECT Access Unit, RNC : Radio Node Controller

<표 6> DRA-1900의 시스템 파라메타

항 목	규 격
주파수 대역	1880 - 1900MHz
RF 채널 간격	1.728MHz
채널의 수	10
채널 Bit rate	1152kb/s
액세스 방식	TDD/TDMA
음성 코딩	32kb/s ADPCM
프레임 길이	10 ms(24 time slots/RF)
기지국당 채널의 수	60

3.1.4 GSM/DCS-1800 based WLL 시스템

급격한 이동 통신 가격의 인하와 더불어 Ericsson 등의 일부 장비 업체에서 전통적인 이동 전화 단말기를 고정형 단말기로 개발하고 GSM/DCS-1800 시스템의 하부 구조를 이용하여 GSM에서 제공될 수 있는 서비스와 동일한 수준의 서비스를 제공한다.

시스템의 구조는 [그림 5]와 같이 MSC에 사설 WLL 시스템을 접속시킨 형태가 된다. 주요 시스템 파라메타는 [표 7]과 같다.

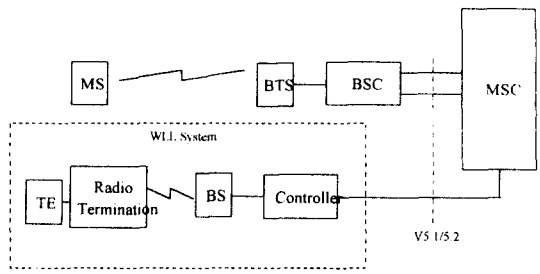


그림 5. GSM을 기반으로 하는 WLL 시스템 구조

MS : Mobile Station, BSC : Base Station Controller, MSC : Mobile Switching Center
TE : Terminal Equipment

〈표 7〉 GSM 무선접속 파라메타

항 목	규 격
주파수 대역	상향 : 890 - 915 MHz 하향 : 935 - 960 MHz
RF 채널 간격	200KHz
채널의 수	8
채널 Bit rate	270.833 kb/s
액세스 방식	FDD/(TDMA+FHMA)
음성 코딩	13kb/s ADPCM
프레임 길이	4.615ms(8 time slots/RF)
변조 방식	GMSK

3.1.5 CDMA based WLL 시스템

CDMA방식을 사용하는 시스템은 협대역 CDMA방식과 광대역 CDMA방식으로 나눌 수 있는데, 협대역 CDMA방식으로는 IS-95 CDMA 무선접속규격을 근간으로 개발한 Qualcomm사의 QCTel과 Motorola사의 WiLL 시스템으로 두 시스템의 공통점은 기존의 셀룰라 시스템의 무선접속규격을 그대로 적용하고 가입자 장치만 약간의 수정 및 개량을 통하여 개발한 시스템들이다.

한편, 광대역CDMA방식을 이용하는 대표적인 WLL 시스템은 루슨트(Lucent)의 AirLoop와 인터디지털, 지

〈표 8〉 CDMA방식을 사용하는 WLL시스템 비교

항목/방식	Narrowband-CDMA		Wideband-CDMA		
제조업체	Qualcomm	Motorola	IDC	DSC Com.	Lucent Tech.
시스템명	QCTel	WiLL	CDMALink	AIRSPAN	AirLoop
무선접속방식	IS-95CDMA	IS-95CDMA	B-DS/CDMA	B-DS/CDMA	B-DS/CDMA
RF 채널대역폭	1.23MHz	1.23MHz	7/10/10.5/14/15	3.5MHz	5/10MHz
듀플렉스방식	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD
사용주파수대	800MHz 대역	800/1900MHz	1.7/1.8/2.0~2.7GHz	2.3~2.5/3~4GHz	2.3~2.5GHz 3.4~3.5GHz
변조방식(F/R)	QPSK/OQPSK	QPSK/OQPSK	QPSK/QPSK	QPSK/QPSK	BPSK /QPSK
Transcoder	IS-96A Vocoder (8k/13Kbps)	IS-96A Vocoder (8k/13kbps)	64KPCM 32KADPCM	64K PCM	64K PCM 32KADPCM 16K LD-CELP
음성대역 데이터 속도	G3 FAX (14.4Kbps)	G3 FAX (14.4Kbps)	G3 FAX (28.8kbps)		G3 FAX (19.2kbps)
ISDN Service	불가능	불가능	B+D, 2B+D	B+D, 2B+D	B+D, 2B+D
전력제어	가능	가능	가능	가능	가능
채널부호화	Convolution (K=9)	Convolution (K=9)	Convolution (K=7)	Convolution	Convolution (K=7)

멘스 및 삼성전자가 공동 개발중인 CDMALink, 그리고 DSC가 개발한 AIRSPAN등이 대표적인 것이다. [표 8]에서 각 시스템에 간단하게 비교하였으며, 협대역 CDMA방식과는 달리 광대역CDMA방식을 사용하는 시스템은 PSTN에 필적하는 음성대역 데이터와 ISDN BRI 서비스 제공을 목표로 하고 있다.

3.2 국내 WLL 시스템

WLL 서비스는 환경의 변화에 따라 기존의 음성 및 저속의 음성대역 데이터 서비스 위주에서 디지털 데이터 서비스, ISDN(2B+D) 서비스까지도 제공하여 가입자들의 요구를 충족시켜야 하는 시대가 되었다. 현재 국내에서 개발중인 WLL시스템은 통신시장 개방 및 WLL 서비스 개념의 변화라는 환경 변화에 대응하고 새로운 서비스 욕구를 충족시키고 핵심 기술 분야의 외국 기술 의존도를 최대한 줄이기 위해 WLL의 무선접속규격을 국내 단일 표준(안)으로 개발중이다.

3.2.1 무선접속 규격

현재 TTA주관하에 ETRI, DACOM 및 KT가 제안하여 통신사업자 및 제조업체를 중심으로 표준화가 진행중인데, 이 무선접속 표준 규격은 97년 말까지는 확정될 예정이다. 몇 가지 특징을 살펴보면[5] 첫째 역방향 채널에 파일롯 채널을 사용하여 Coherent 복조방식을 사용하며, 둘째는 이동성을 고려하지 않는 관계로 기지국간 비동기 방식을 채택하여 GPS 수신기가 필요 없으며, 셋째는 고속의 전력 제어채널을 이용하여 전력제어를 수행함으로써 보행자 수준의 이동성 및 페이딩을 보상할 수 있고, 광대역 CDMA 채널이므로 고속의 디지털 데이터 및 ISDN(2B+D)서비스를 제공 할 수 있으며 또한 무선구간에서 발생하는 Burst Error를 극복하기 위해 인터리빙 기능을 채택하고 있고, 패킷 데이터 전송기능도 가지고 있다. 다음의 [표 9]에 무선접속 규격의 내용을 요약하였다.

채널구조는 단일 신호모드와 다중신호 모드에 따라 약간의 차이가 있다. 단일 신호 모드의 역방향 채널의 종류에는 액세스 채널, PPCS채널, 트래픽 채널로 구성되며, 패킷 트래픽 전송인 경우에는 여기에다 패킷 액세스채널, 패킷 트래픽 채널이 추가된다. PPCS채널은 파일럿 부채널, 전력제어 부채널, Signaling 부채널, Reserved Information채널이 시간 다중화(time mux) 방식으로 구성된다.

〈표 9〉 국내 WLL무선접속 표준(안)

항 목	제 원	비 고
사용 주파수대	2.30~2.33GHz(역방향), 2.37~2.40GHz(순방향)	정통부고시대역
다원접속방식	Wideband-DS/CDMA	
송수신채널분리방식	Frequency Division Duplex(FDD)	
RF채널 대역폭	5/10MHz	10MHz로 상용 시스템 개발
Chip Rate (Mcps)	4.096/8.192	Main lobe의 80%
채널 간격	RF채널 대역폭	
변조/복조 방식	Coherent QPSK/Coherent Detection	
동기 방식	Sync(순방향)/ Async(역방향), 기지국간 비동기	
채널부호화 방식	Convolutional coding (R=1/2, K=7 or 9)	
인터리빙	Block Interleaver (트래픽 채널은 선택사양))	
Speech Codec	8k CS-ACELP/16K LD-CELP/32k ADPCM/64k PCM	
서비스 종류	음성, 음성대역데이터, 패킷데이터, ISDN(2B+D)	
서비스 데이터속도	8k, 16k, 32k, 64k, 80k, 144k	
전력제어 방식	전력제어 채널 이용 양방향 Closed loop전력제어	slow전력제어

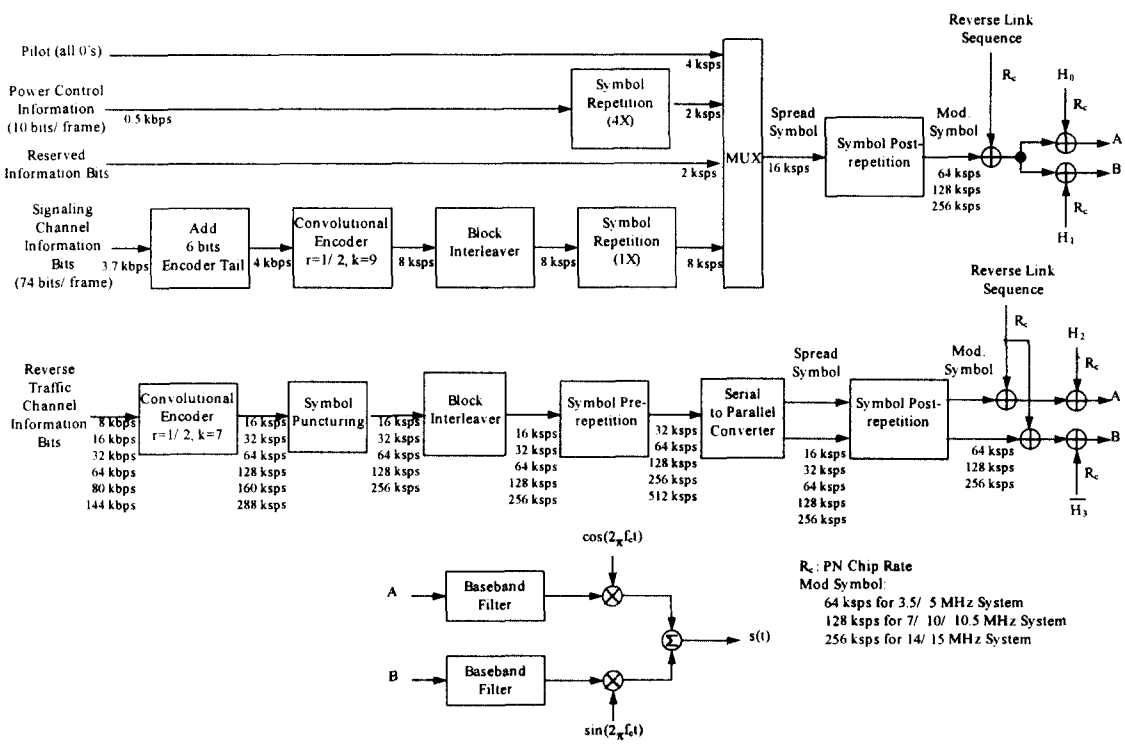


그림 6. 역방향 트래픽 채널 구조

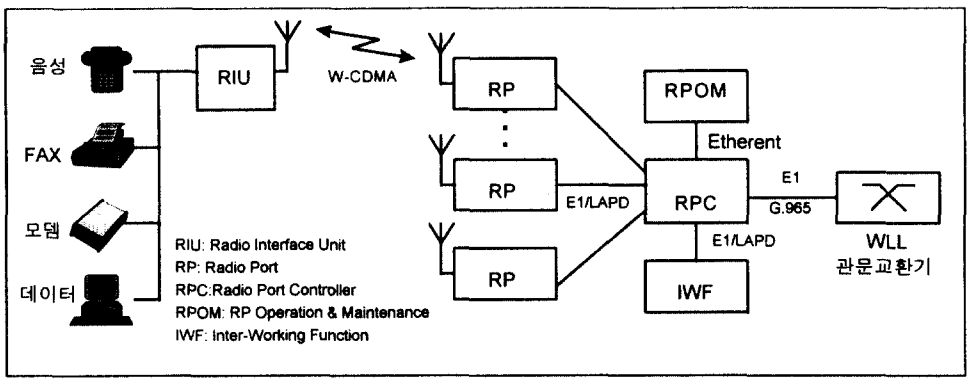


그림 7. WLL 시스템 구조

순방향 채널은 Pilot채널, Sync채널, Paging채널, 순방향 PCS채널, 트래픽채널로 구성되며, 순방향 PCS 채널은 순방향 신호채널과 순방향 PR채널(Power control & reserved information)로 구성된다. [그림 6]은 역방향 트래픽 채널 구조를 나타내고 있다. 특히, 광대역 CDMA방식을 사용함으로써 여러 가지 장점들이 있는데, 첫째 광대역일수록 주파수 선택적 페이딩에 따른 페이딩율(fading depth)이 적기 때문에 페이딩에 강하고, 동일한 데이터를 전송하는 경우 대역폭이 증가함으로써, 처리 이득이 증가 하기 때문에 이득이 증가하여 그만큼의 간섭이 감소하여 용량이 증가한다. 시스템의 대역폭이 수신기의 분해도를 결정하므로 광대역인 경우 시간지연(RMS delay)이 짧기 때문에 Rake 수신기를 이용하여 다중경로를 분해할 수 있기 때문에 마이크로 셀일 경우에도 실내환경에서의 전파지연을 극복할 수가 있다. 또한 1MHz대역폭당 대역폭 효율이 우수하여 가입자용량면에서 유리하며 처리이득이 증가하여 전력증폭기의 용량을 작게 하여 구현시 비용이 절감되고 전력증폭기의 크기를 작게 하므로써 단말기의 소비전력을 줄일 수 있고 크기도 줄일 수 있는 장점이 있다.

3.2.2 WLL 시스템 구조

WLL시스템의 망 구성요소는 크게 WLL관문 교환기, 기지국제어기(RPC), 기지국(RP), 가입자접속장치(RIU), 기지국 운용장치(RPOM) 및 데이터 통신정합장치(IWF)로 구성이 된다. [그림 7]는 WLL시스템 구조도이다.

주요 특징은 교환기와 기지국 제어기간은 ITU-T G.965(V5.2)을 사용하여 WLL 관문 교환기 또는 시내 교환기에 정합 가능하게 하였으며 데이터 서비스를 위한 IWF와의 정합 기능이 제공된다. 가입자접속장치는 기지국과 가입자 단말장치의 중간에 위치하여 무선접속을 종단시키는 역할을 하며 가입자 댁내에 위치하여 아날로그 또는 ISDN 단말 및 데이터 단말 등과 접속하여 음성 및 데이터 및 ISDN서비스 등이 가능하도록 가입자 선로 인터페이스를 제공하여 RIU의 종류는 POTS용 단말, ISDN단말 및 데이터 단말용 또는 혼합형등 다양하게 개발하여 이용자의 수요에 부합할 수 있다.

3.2.3 시스템 용량

2세대 디지털 기술을 근간으로 개발되었거나 개발된 시스템은 TDMA와 CDMA 시스템으로 분류할 수 있다. TDMA 시스템으로는 ETSI의 GSM과 북미의 TIA/EIA IS-136 규격을 중심으로 개발되었으며 두 방식은 변조 및 채널 대역폭이 서로 다르다. CDMA 방식으로 위에서 설명한 바와 같이 TIA/EIA IS-95 규격으로 개발되었다. 이러한 시스템은 통신망 Infra가 열악한 국가에서 전화를 보급하기에는 적합하나 유선망에 필적하는 서비스를 제공하기에는 부적합하다. 근간에 광대역 CDMA 방식에 근간을 둔 WLL 전용 시스템이 개발되고 있으므로 각 방식간의 시스템 용량을 고려하고자 한다.[6,7]

(1) TDMA WLL 시스템

시스템 용량은 주파수 재사용 인자, 채널 대역폭 및 전체 스펙트럼 대역폭으로 계산될 수 있으며 주파수 재

사용 인자 N은 $N=\frac{1}{3}[6\frac{E_b}{N_o}]^{\frac{2}{\gamma}}$.

이고, 시스템 용량은 $C_c=\frac{[\frac{B_w}{b_c}]}{N}$,

여기서 $\frac{E_b}{N_o}$는 시스템의 요구 신호대 간섭비이고, γ는 전파전파 경로 손실 지수(=4)이고, B_w는 전체 스펙트럼 대역폭이고, b_c는 채널의 대역폭이다.

GSM에서 셀룰라의 경우는 $\frac{E_b}{N_o}=12\,dB$이고, WLL 시스템의 경우 IS-136에서는 $\frac{E_b}{N_o}=14\,dB$이며, N의 최소 값은 3이다

(2) CDMA 시스템

CDMA 시스템에서는 역방향의 용량에 의해서 시스템 용량을 구할 수 있으며, 파일롯, 시그날링 전력 제어 정보를 트래픽 채널을 이용하여 전송하는 구조 또는 분리된 구조에 따라서 시스템의 용량을 구할 수 있으며 시스템 용량은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$C_c=[\frac{B_w}{b_c}]\cdot\frac{1}{\frac{E_b}{N_0}}\cdot\frac{F\cdot G\cdot L}{d(1+\frac{P}{d}\cdot\alpha)}$$

여기서, F는 주파수 재사용 효율이고, G는 섹터화 이득이고, L은 Loading factor이고, d는 음성활동 성도이고, P는 역방향 파일롯의 활동도, α는 역방향 트래픽 신호외의 채널과 트래픽 채널간의 에너지 비율을 말한다.

전체 스펙트럼 대역폭이 10MHz일 경우 각 기술별 시스템 용량을 비교하면 〔표 10〕와 같다.

〔표 10〕에서 W-CDMA WLL은 국가 표준안으로 제안된 규격을 말하며 데이터 전송은 32kbps ADPCM을 사용하고 α가 -7dB인 경우의 시스템 용량이고 IS-95인 경우는 14.4 kbps로 데이터를 전송하고 음성 활성도가 0.6인 경우이다.

〈표 10〉 시스템 용량 비교

항 목	GSM	IS-136	IS-95	W-CDMA WLL
채널 대역폭(KHz)	200	30	1288	8192
채널의 수	50	333	7	1
최대 데이터 전송 속도 (Kbps)	9.6	8	14.4	144
요구 Eb/No(dB)	12	14	6	4
주파수 재사용	3	4	0.6	0.6
섹터당 트래픽 채널의 수	44	83	142	46
용량 (Erlang @ 1% blocking)	32.5	68.2	123.9	34.3

시스템 용량 비교에서 GSM이 용량이 IS-136보다 적은 것은 셀룰라와 WLL용일 경우에도 요구 $\frac{E_b}{N_o}$가 같기 때문이다(즉 IS-136의 경우 셀룰라에서는 $\frac{E_b}{N_o}$=18dB임). W-CDMA WLL인 경우 데이터 전송속도는 32Kbps, IS-95인 경우는 14.4Kbps인 경우이므로 실제 데이터 전송 속도를 고려하면 비슷한 용량을 가진다. 따라서, WLL 기술을 선택시에는 제공 가능한 서비스와 용량을 고려하면 W-CDMA 기술을 이용한 방식을 선정하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

Ⅳ. 광대역 WLL 기술 동향

본 장에서는 초고속 정보통신망의 가입자망으로 고려될 수 있는 광대역 WLL 기술 개발 동향을 살펴보고자 한다. 음성, 데이터 및 2Mbps 이상의 동영상 서비스를 제공하기 위해 LMDS(Local Multipoint Distribution Service), LMCS(Local Multipoint Communication Service), DMS(Digital Multipoint System)와 연계하여 광대역 WLL 기술을 개발중이다. 향후 광대역의 이동성 서비스를 가진 광대역 이동 멀티미디어 서비스가 가능한 무선 가입자망의 구현을 궁극적인 목표로 하고 있다. 이러한 고도의 서비스는 기술의 발전과 고객의 요구가 강하게 제기될 때 빠른 속도로 우리의 현실에 다가 올 것이다. 현재 개발중인 대표적인 시스템을 살펴보면 다음과 같다.

4.1 DMS(Digital Multipoint System)

유럽에서 10GHz대역과 24.5GHz~26.5GHz대역에서 고정형 광대역 시스템을 개발하여 사용할 계획으로 있다. 이 시스템은 유럽의 Ericsson과 Bosch에서 주로 개발하고 있으며, 음성, 데이터, 영상서비스를 제공할 수 있다. 시스템의 특징은 원래 광대역 통신용으로 시스템이 개발되어 광대역 폭의 무선주파수 자원을 이용 64Kbps~8Mbps의 다양한 데이터 속도를 가입자의 요구에 따라 동적대역폭할당(DBA:Dynamic Bandwidth Allocation) 및 고정 대역폭할당(FBA: Fixed Bandwidth Allocation)의 방법으로 가입자에게 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하고 향후 ATM망과의 적응성이 있도록 시스템을 구축하고 있는 것도 특징이다. 그리고 이 시스템은 북미에서 제안하고 있는 TDMA 접속방식과는 달리 FDMA 접속방식을 채택하고 있다.

4.2 LMDS 및 LMCS(Local Multipoint Distribution/ Communication System)

LMDS는 분배형 서비스를 제공하기 위해 개발되었으나 분배형 서비스 외에 여유대역 150MHz를 양방향 대칭으로 구현하여 음성 및 데이터, 영상 통신용으로 사용하기 위한 연구가 미국에서 활발히 이루어지고 있다. 대표적으로 TI (Texas Instrument), HP (Hewlett Packard)등에서 가장 활발히 연구하고 있다. TI에서는 양방향 아날로그/디지털 겸용시스템인 Multipoint System을 개발하여 애틀랜타의 Dunwoody에서 가용한 주파수 대역의 일부를 이용하는 제한적인 시험서비스를 하고 있다. HP에서는 850MHz+150MHz 대역을 갖는 하향 링크와 150MHz 대역을 갖는 상향 링크의 가용 주파수대역을 전부 이용하고, 4개의 섹터를 이용하는 허브 구성에 대한 구체적인 연구개발 결과에 관한 발표가 있으며, 전화, MPEG-TS, IP 기반 및 ATM 전송 계층에 대한 서비스 개발을 Stanford Telecom과 함께 수행하고 있다. 그 외에 BNI, S-Tel, Newbridge등에서도 위의 TI나 HP와 유사한 서비스를 목적으로 시스템을 개발하고 있다. 한편 비대칭 주파수를 사용하는 미국의 LMDS와는 다르게 캐나다에서는 LMCS라는 명칭으로 통신 위주의 시스템을 개발하고 있다.

LMCS는 25.35GHz~28.35GHz의 대역을 500MHz의 6개 블록으로 나누어 500MHz 대역내에서 양방향 대칭으로 구성하여 통신 서비스를 기본 서비스로 제공할 목적으로 시스템을 개발중에 있다. 주요 서비스로는 전화, 영상, 데이터 서비스를 제공하고, 광대역 고속 무선 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 ATM 기반으로 되어 있다. LMDS와 LMCS의 주요 특징은 〔표 11〕과 같다.

〈표 11〉 LMDS와 LMCS의 특징 비교

구 분		LMDS(미국)	LMCS(캐나다)
주파수 대 역	하향	27.5~28.35GHz	25.35~28.35GHz
	상향	29.1~29.25GHz 31.00~31.30GHz	상, 하향 대칭
코딩 방식		Reed-Solomon, Convolution Coding	
접속 방식		TDMA	
변조 방식		QPSK, 16-QAM, 64-QAM	
전송 속도		OC3, STM-1 급	
서비스 반경		3 ~ 5 km	
제공 서비스		영상,음성,데이터 등의 멀티미디어서비스	

4.3 기술발전 방향

4.3.1 주파수 측면

이용자당 최대 155Mbps 까지의 동화상 및 고속 데이터를 전송하기 위해서는 상대적으로 넓은 주파수 대역을 이용할 수 있는 30~300GHz 인 밀리파 대역을 이용하여야 한다. 그러나, 밀리파 대역에서는 자유공간 손실외에 눈이나 비, 안개에 의한 손실 및 산소에 의한 흡수 특성이 주파수에 따라 다르므로 서비스 환경에 따라 이용 주파수를 고려하여야 한다.

무선 LAN의 경우 900MHz 대역에서 2.5GHz, 5.8GHz 및 17GHz, 42GHz 대역과 61GHz으로 발전되고, 위성을 이용한 광대역 무선 멀티미디어 서비스를 위한 Sky Station Service의 경우에는 47GHz 대역을 사용할 계획으로 있다. 방송과 통신이 융합된 고정형 광대역 무선 가입자망의 개념인 북미의 LMDS/LMCS 대역은 하향 27.50~28.35GHz, 상향 29.10~29.25 GHz, 31.00~31.30GHz로 할당하였고, 47.20~50.20GHz 대역, 71.00~71.50GHz 대역과 84.00~84.50GHz 대역은 연구중에 있다. 유럽의 경우에는 DMS용으로 18GHz대역, 23GHz대역, 10.5GHz 대역, 26GHz대역을 사용될 계획이다. 일본에서도 3~30 GHz 대역에서 광대역 멀티미디어 서비스를 위한 시스

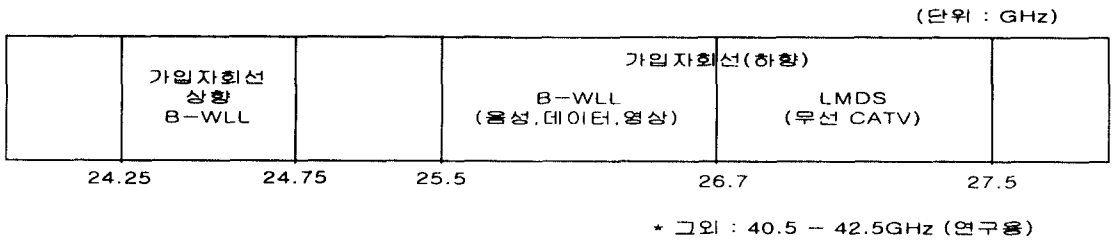


그림 8. 광대역 가입자 회선용 주파수 대역

템 개발중에 있으며, 30GHz 이상의 대역에서 광대역 무선 멀티미디어 서비스를 위해 고정업무용과 이동업무용으로 분리하여 일부 부문에서 사용중에 있으며 연구중에 있다. 그리고 차량충돌 방지 및 실내 무선LAN과 같은 근거리 통신용으로는 가급적 주파수 대역이 높은 60GHz대역과 100GHz 이상의 대역을 연구중에 있다.

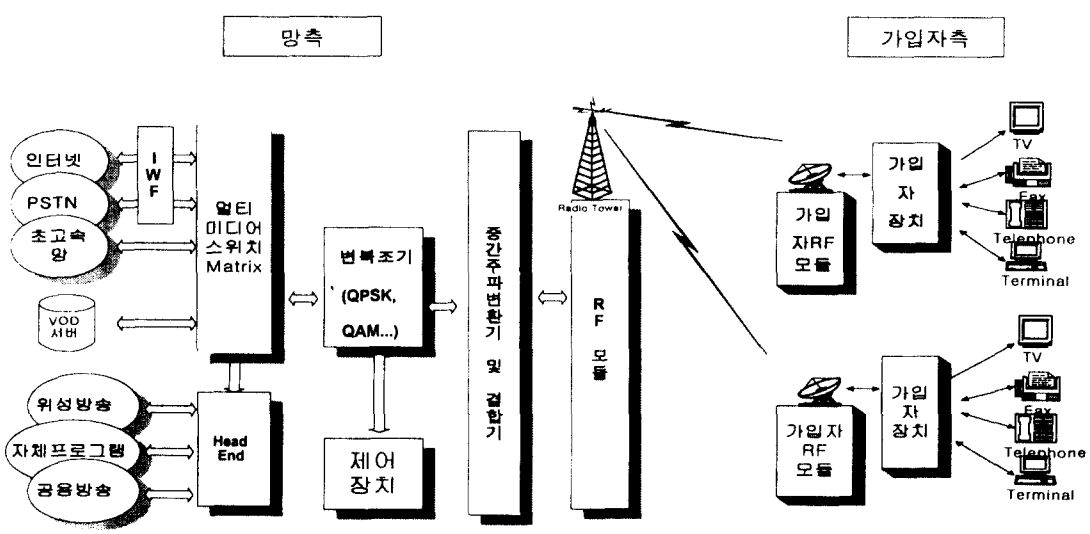
한편 우리 나라에서도 초고속 국가망과 연계되어 90년도 중반부터 망의 구축 및 용량증가의 용이성, 저렴한 투자비 및 광대역 서비스 제공의 용이성 때문에 광대역 무선 가입자망에 대해 신규 서비스업체 및 기존 사업자에까지 큰 관심거리로 대두되었다. 이러한 배경에서 정부는 '97년 광대역 가입자 회선용 주파수 분배가 [그림 8]와 같이 이루어지게 되었다[8].

그리고 무선 LAN의 경우에는 2400~2483.5MHz, 5725~5850MHz대역을 구내무선 LAN용으로 19.26~19.3GHz대역을 무선 LAN용으로 할당해 놓고 59~61GHz대역을 실내무선 LAN또는 광대역 구내 통신용으로 연구중이다.

4.3.2 광대역 무선가입자 시스템의 발전 방향

현재 우리 나라에서 제안되고 있는 26GHz대역의 광대역 무선가입자망은 초고속 정보통신망을 기간망으로 하는 광대역 무선가입자망 시스템은 고속 디지털 통신이 가능한 시스템이다. 각국이 경쟁적으로 ATM을 기반으로 초고속 데이터 전송이 가능한 시스템을 개발중에 있다.

광대역 무선 가입자망의 일반적인 시스템 구성도는 [그림 9]와 같으며, 인터넷, 데이터, 전화, VOD,



[그림 9] 광대역 무선가입자망 시스템도

CATV, 화상전화, ISDN등의 다양한 멀티미디어 서비스를 가입자에게 경제적이고 유연성 있게 제공하는 시스템이다. 밀리미터파 기술과 디지털 압축기술, 무선 접속기술, 디지털 변조기술의 발달로 개발 가능성이 확인되면서 발달하게 되었다.

MMIC, 채널 코딩, 무선접속 방식 등 디지털 기술과 밀리파 이용 기술의 발전으로 인해 광대역 무선 가입자망은 26GHz 대역 뿐만 아니라 40GHz 대역 60GHz 대역으로 발전하게 될 것이고, 주파수 대역이 높아짐으로 인하여 보다 광범위한 광대역 가입자망으로 발전할 전망이다..

VI. 결 론

본고에서는 협대역, 광대역 WLL의 기술 개발 배경, 서비스 및 기술 개발 동향에 대해서 기술하였다. WLL은 90년대에 규제 완화로 신규 사업자의 출현에 따른 경쟁 환경과 개발도상국의 지속적인 경제 성장으로 신규 가입자 회선의 급격한 수요의 신장으로 각광을 받기 시작하였다. 1997년 6월 싱가폴에 개최되었던 아시아 텔리콤 97에서 전 세계 통신 시스템 제조업체들이 WLL 시스템 개발에 가능한 모든 수단을 동원해서 WLL 시스템을 전시하였다는 사실에서, WLL의 90년대 후반에 가장 각광받는 분야 중의 하나임에 틀림없다. 대부분의 WLL 시스템은 급격히 팽창하는 WLL 수요에 대처하기 위해 기개발된 셀룰라 또는 코드레스 시스템의 가입자 장치만을 고정형으로 개조한 것들로는 유선 가입자 선로와 대등한 품질을 제공할 수 없다. 근래에 광대역 CDMA 방식의 WLL이 등장하여 유선 선로에 필적하는 품질과 경제적인 면에서 경쟁이 되는 서비스를 제공하는 것이 가능하였다. 국내에서도 서비스 품질과 경제적인 면에서 경쟁력을 가진 본격적인 WLL이 국가 표준 규격에 따라 개발되어 1998년에 구축될 전망이다. 광대역 CDMA 방식의 WLL기술은 미래의 종합이동통신망인 IMT-2000의 실현에 이용될 것이다.

초고속 정보통신망의 건설과 미래의 멀티미디어 서비스를 위한 가입자망을 신속히 구축하기 위해서 밀리미터파 대역을 이용한 광대역 WLL이 머지않아 개발될 전망이다. 또한, 이러한 기술들은 제한된 이동성을 갖는 구내통신망으로 발전될 전망이다. 유럽에서의 ACTS 프로그램에서 여러 연구 기관이 개발하는 40GHz 및 60GHz대역을 이용하는 MBS(Mobile Broadband System)등과 같은 이동형 광대역 무선접속 기술을 연구중이며, ATM 기술과 밀접하게 연관되어 발전해 나갈 것이다.

참 고 문 헌

[1] George Calhoun, Wireless Access and the Local Telephone Network, Artech House, 1992.

[2] Wireless Local Loop : Opportunities in the global marketplace, MTA-EMCI, Volume 1, 1996, p.89, p.135.

[3] Pauline Trotter, Adrian May, Wireless Local Loop : Market strategies, Ovum Ltd, 1996 pp.25-30 pp.49-56.

[4] C. C. Yu, D. Morton and etc, Low-tier wireless local loop radio system-Part1: Introduction, IEEE Commun. Magazine, Vol. 35 No 3. 1997 PP. 84-92

[5] TTA, Wireless Local Loop를 위한 무선접속 규격(안), 1997

[6] William C. Y. Lee, Applying CDMA to the Wireless Local Loop, Cellular Business, Oct. 1995. PP.78-80.

[7] Vijay K. Garg and E. L. Sneed, Digital Wireless Local Loop, IEEE Communication Magazine, Oct. 1996. PP.112-113.

[8] 정보통신부 공고, 제1995-205호 가입자회선용 주파수대분배, 1995.12.29

박 판 종

• 1982년 : 경북대학교 전자공학과 학사
• 1989년 : Texas A&M 대학교 전기전자공학과 석사
• 1991년 : Texas A&M 대학교 전기전자공학과 박사
• 1982년~1987년 : 국방과학 연구소
• 1992년~1994년 : 한국통신기술 연구소 선임연구원
• 1994년~현재 : (주)데이콤 종합연구소 책임연구원