

특 집

휴대인터넷 서비스 후보 무선기술 성능분석

이 성 춘

KT 서비스개발연구소

I. 서 론

현재의 무선인터넷 서비스는 SK텔레콤, KTF, LG텔레콤이 제공하고 있는 실내 및 실외를 망라하여 광역 서비스가 가능한 이동통신망에 의한 서비스와 KT, 하나로통신, 데이콤 등에서 제공하고 있는 가정, 공공장소 등에서 제한적으로 서비스가 가능한 무선LAN에 의한 서비스로 대별될 수 있다.

이동통신망에 의한 무선인터넷 서비스는 단말기의 고속 이동성을 보장하고 휴대가 용이하며 광역의 커버리지를 갖는다. 그러나 IS 95A/B, CDMA2000 1x와 같은 음성 위주의 이동통신망은 최대 전송속도가 144 kbps 이하이며, 최대속도가 2.4Mbps로 알려진 CDMA2000 1x EV-DO도 실제로는 600 kbps 이하이고, 급년도 하반기 상용예정인 W-CDMA도 최대 384 kbps에 불과하다¹⁾. 인접한 기지국이 상호 간섭을 일으키고 다수의 이용자들이 무선인터넷에 접속을 하는 실제 상황을 고려하면 이용자들이 느끼는 체감 전송속도는 수십 kbps 정도로 훨씬 낮게 된다. 또한 이동통신망은 기지국, 네트워크 장비 비용 등이 고가가 되어 높은 통신요금이 불가피하다. 현재의 무선인터넷 요금은 월 24,000~25,000원에 12만 패킷이 기본적으로 주어지고 추가 패킷당 추가 요금을 받도록 되어 있다. 12만 패킷은 4분짜리 뮤직비디오 17개 분량에 지나지 않으며, 휴대폰으로 매일 1시간씩 30일 동안 TV 시청을 하면 약 72만원의 통신요금이 부과되게 된다.

이에 반하여 무선LAN에 의한 무선인터넷 서

비스는 높은 전송속도와 우수한 전송품질 등의 장점을 갖고 있다. 현재 서비스중인 2.4GHz대 IEEE802.11b 무선LAN은 전송속도가 최대 11 Mbps이고, 곧 서비스될 IEEE802.11g 또는 5 GHz대 IEEE802.11a 무선LAN은 전송속도가 최대 54 Mbps에 이른다²⁾. 이용요금도 무선LAN 서비스는 월 10,000원 정도의 정액제 요금이므로 이동통신망에 의한 무선인터넷에 비하여 요금 경쟁력이 우수하다. 그러나 무선LAN은 태생적 한계인 좁은 커버리지 등으로 인하여 이용지역이 제한되는 단점을 갖고 있다. 통상 무선LAN의 커버리지는 200m 정도로 알려져 있으나 이는 옥외 개활지에서의 거리일 뿐이며 실내 사용시는 수십 m 이내로 커버리지가 제한되게 된다. 즉 무선LAN은 출력이 제한되고 실내 사용을 기준으로 설계되어 가정, 회의실, 사무실 등에서만 사용이 가능하여 이용자들이 체감하는 무선LAN 서비스가 가능한 지역은 상대적으로 적을 수 밖에 없다.

따라서 KT를 비롯한 많은 통신사업자들은 이동통신망과 무선LAN에 의한 무선인터넷 서비스의 문제점을 해소하며 무선인터넷 서비스를 활성화할 수 있는 솔루션으로 2.3GHz 휴대인터넷 서비스 사업을 추진중에 있다. 휴대인터넷 서비스는 언제 어디서나 정지 및 이동중에 고속으로 무선인터넷 접속이 가능한 서비스이다. KT의 경우 실내기반의 무선LAN 서비스와 효과적으로 연동할 수 있는 2.3GHz 휴대인터넷 기술을 적용하는 계획을 추진중이다. 하나의 단말기를 가지고 가정, 공공장소와 같은 실내 Hot Spot에서는 무선LAN을 사용하고 실외 또는 무선LAN

이 설치되지 않은 실내에서는 2.3GHz 휴대인터넷을 사용하는 방안이다. 휴대인터넷은 이용자당 최대 1Mbps를 제공하고, 서비스는 인터넷 접속, 스트리밍 비디오/오디오, VPN(Virtual Private Network) 서비스, 온라인게임 등 유선 초고속 인터넷의 연장선상 서비스이며, 이용요금은 이동통신에 비하여 훨씬 낮고 정액제 요금 채택이 가능할 것으로 예상된다. 단말기는 초기에는 노트북 PC, PDA(Personal Digital Assistant), 웹패드 등이 될 것이지만 시장상황에 따라 스마트폰, 휴대폰, 전용단말기 등이 속속 출현할 것으로 보인다.

본 고는 I장 서론에 이어, II장에서는 2.3GHz 주파수 현황에 대하여 살펴본다. III장에서는 휴대인터넷 후보기술로 거론되고 있는 i-BURST, flash-OFDM, Ripwave, Broad@ir에 대하여 무선측면의 기술 및 성능에 대하여 알아본다. IV장에서는 KT의 휴대인터넷 실험국 구축 및 운용현황에 대하여 기술하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 2.3 GHz 주파수 현황

국내에서 2.3GHz 주파수는 총 100MHz로 1997년 3월 가입자망 고도화 명목으로 무선가입자망(WLL: Wireless Local Loop) 용으로 KT, 하나로통신, 데이콤과 온세통신에 무상할당을 하였다. 이후 1998년 2월 데이콤과 온세통신이 자사의 할당분을 하나로통신에 양도하여 <그림 1>과 같이 KT에 20MHz(상향: 2.30~2.31GHz, 하향: 2.37~2.38GHz), 하나로통신에 40MHz(상향: 2.31~2.33GHz, 하향: 2.38~2.40GHz) 할당되어 있다. 그러나 국내개발 WLL 장비는 음성 및 ISDN급의 상용서비스 제공을 위한 성능상의 문제와 때마침 등장한 ADSL 등 초고속인터넷의 폭발적인 보급으로 인하여 시장진입에 실패하여 주파수의 이용률이 극히 저조한 상태이었다.



<그림 1> 2.3GHz WLL 주파수 할당 현황

이에 정통부에서는 2002년 3월 2.3GHz WLL 대역을 정지 및 이동중에도 인터넷 접속이 가능한 고속 무선접속망용으로 재활용을 추진한다는 “전파자원 중장기 이용계획”을 발표하였고^[3], 2002년 10월 2.3GHz WLL 주파수 공청회를 열어 정지 및 이동시 인터넷 사용가능한 휴대인터넷(Portable Internet)으로 재활용한다는 방침을 제시하였다. 이후 2002년 12월 정통부는 2.3~2.4GHz 대역을 도서통신 및 휴대인터넷 용도로 분배하는 2.3GHz대 주파수분배변경고시를 발표하였다^[4]. 최근 정통부에서는 2.3GHz 휴대인터넷의 표준화, 주파수 할당 및 사업자 선정 등을 2004년내에 완료하고 2005년에 상용서비스를 한다는 대체적인 추진일정을 제시하여 관련 업체를 중심으로 많은 관심이 고조되고 있는 상태이다.

III. 휴대인터넷 후보 무선기술 분석

휴대인터넷 서비스의 기술방식 선정을 위한 고려사항으로는 옥외 서비스 환경에 적합하도록 설계된 기술, 이동통신 서비스와 차별화를 위해 단말기의 이동성보다는 전송성능과 커버리지에 강점이 있는 기술, 경제적인 광역접속망 구축/운용 및 유지보수가 용이한 기술, 조속한 상용서비스가 가능한 기술이 되어야 한다.

지금까지 휴대인터넷 후보 무선기술로 무선 LAN 기술과 W-DSL(Wireless Digital Subscriber Line) 기술이 검토되어 왔다. 무선LAN 기술을 적용한다고 하는 것은 무선LAN의 2.3GHz 주파수 변환, RF 회로 출력 증강, 수신감도 개선, 방향성 안테나 사용, MAC(Medium Access Control) 보안을 하여 개조하는 것을

말한다. 그러나 무선LAN은 인접 셀에 같은 주파수를 사용할 수 없어 주파수 이용효율(bps/Hz/cell)이 아주 낮고, 옥외 적용시 옥외 채널환경의 지연퍼짐(delay spread) 문제, 단말기의 출력 문제 등으로 인하여 휴대인터넷 후보 무선기술로 적합하지 않다. W-DSL 기술은 IEEE 802.16a, e, IEEE802.20 계열의 장비로 옥외에서 유선망에 근접한 품질로 인터넷 접속이 가능한 초고속 무선시스템을 말한다. 현재 KT를 비롯한 국내의 통신사업자들은 2.3GHz대 휴대인터넷 서비스를 위한 최적 기술로 W-DSL 기술을 대상으로 해당 장비의 기술성과 사업성을 심층적으로 평가중에 있다.

본 장에서는 W-DSL 기술로 ArrayComm사의 i-BURST, Flarion사의 flash-OFDM, Navini사의 Ripwave, Broadstorm사의 Broad@ir 기술에 대하여 살펴본다.

1. i-BURST 기술

광대역 무선인터넷 시스템인 i-BURST 기술은 1992년에 설립된 캘리포니아 산호세 소재의 ArrayComm사에서 개발되었다. ArrayComm사는 Intellicell이라는 스마트 안테나 기술을 개발하여 전세계적으로 11만개의 기지국에 스마트 안테나를 적용중인 기술개발 전문 벤처기업이다. 현재 일본의 Kyocera사에서 실내/실외에 설치 가능한 상용 기지국, PCMCIA(Personal Computer Memory Card International Association) 카드, 관리시스템을 출시중에 있으며 한국의 LG전자는 ArrayComm사와 기술계약을 맺고 장비를 개발중에 있다.

i-BURST 시스템의 일반적인 기술사항은 다음 <표 1>과 같다¹⁾. TDMA, TDD(Time Division Duplex) 방식이며, 프레임 길이는 5ms로 타임 슬롯 수는 3개이다. 프레임은 3개의 상향 타임 슬롯 1.635ms, 가드타임 10 μ s, 3개의 하향 타임 슬롯 3.27ms, 가드타임 85 μ s로 구성되어 있다. 채널 대역폭은 625kHz로 5MHz 대역폭 할당시 8개의 채널이 가능하게 된다. 상하향 TDD 시간 비율이 1:2인 상하향 비대칭 전

<표 1> i-BURST 일반 사양

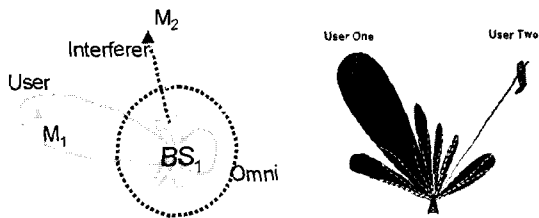
구 분	사 양
다원접속/복신방식	TDMA/TDD
타임 슬롯수	3
TDD 시간 비율 (상향:하향)	1:2
주파수 대역폭	625 kHz
심볼 전송속도	500 ksps
프레임 길이	5 ms
변조방식	적용변복조 (BPSK~24QAM)
오류정정	길쌈 부호, 블록 부호

송모드로 단말기당 625kHz 채널 1개를 사용하여 하향 최대 전송속도 1.061Mbps, 상향 최대 전송속도 346kbps를 얻을 수 있다. 셀 커버리지의 90%에서 하향 850kbps, 상향 200kbps의 유효 전송속도 성능을 보인다. 하향 링크는 BPSK(Binary Shift Keying)에서 24QAM(Quadrature Amplitude Modulation), 상향 링크는 BPSK에서 16QAM까지 채널상태에 따라 적응적으로 변조방식이 변화하는 구조이다. 채널 부호화는 길쌈 부호와 블록 부호를 함께 사용한다. 다음 <표 2>에 변조방식과 채널 부호화에 따른 9가지 전송모드에 대한 전송속도 및 요구 CNR(Carrier to Noise Ratio)이 나와 있다. 수신 감도는 전송모드에 따라 -108.6dBm~-94.6dBm 값을 갖는다.

주파수 재사용률은 1로써 기지국간 동일 주파수를 사용할 수 있다. 스마트 안테나를 사용하여 <그림 2>와 같이 간섭신호의 널링(nulling) 및 SDMA(Spatial Division Multiple Access) 기능을 실현함으로써 셀 용량 증가, 셀 커버리지 확대와 주파수 이용 효율성을 증가시켰다. 12개의 array를 사용하는 스마트 안테나의 주파수 이용효율은 최대 3배이다. 따라서 5MHz의 대역폭으로 8개 주파수 채널, 3개 타임 슬롯, 3개 공간 채널을 구성하여 하향 최대 21Mbps의 전송용량을 얻을 수 있다. 이 때 기지국은 동시에 21

〈표 2〉 i-BURST 전송속도

변조모드	변조방식	하향 링크		상향 링크	
		전송속도 (kbps)	CNR (dB)	전송속도 (kbps)	CNR (dB)
0	BPSK	106	1.1	19	0.2
1	BPSK+	149	2.9	38	1.8
2	QPSK	245	4.0	77	3.5
3	QPSK+	379	7.0	130	6.4
4	8PSK	485	8.8	173	8.6
5	8PSK+	595	11.3	216	10.9
6	12QAM	787	13.2	293	12.9
7	16QAM	922	14.6	346	14.2
8	24QAM	1061	16.6	-	-



〈그림 2〉 스마트 안테나의 간섭신호 널링 및 SDMA 가능

명의 이용자에게 1Mbps, 69명의 이용자에게 330 kbps를 제공할 수 있으며 최대 640명의 이용자를 등록할 수 있다. 또한 단말기의 저속 이동성 및 셀간 핸드오프가 가능하다.

i-BURST 시스템은 도심 밀집환경에서 500

〈표 3〉 i-BURST 링크 버짓

구 분	하향 링크	상향 링크
Tx 스마트 안테나 이득 (dB)	21.6	0.0
Tx 안테나 이득 (dBi)	11.0	0.0
Tx 전력/이용자/안테나 (dBm)	23.0	25.0
Tx 손실 (dB)	1.0	0.0
Tx EIRP (dBm)	54.6	25.0
Rx 스마트 안테나 이득 (dB)	0.0	10.8
Rx 안테나 이득 (dBi)	0.0	11.0
Rx 열잡음 (dBm/500 kHz)	-116.8	-116.8
Rx 잡음지수 (dB)	7.0	6.0
Rx 손실 (dB)	0.0	1.0
Rx 요구 CNR (dB)	X	Y
링크 버짓 (dB)	164.4-X	156.6-Y

m~1 km, 교외 및 농어촌 환경에서 2~4 km의 커버리지 성능을 보이는 것으로 알려져 있으며, 하향 787 kbps, 상향 130 kbps 전송속도에서 Class 2급 단말기, 안테나 이득(기지국 11 dBi, 단말기 0 dBi), 케이블 손실(기지국 1 dB, 단말기 0 dB), 비페이딩 조건하에서 150 dB 이상의 링크 버짓 성능을 갖는다. 다음 〈표 3〉에 하드웨어 링크 버짓 산출표가 나타나 있다.

2. flash-OFDM 기술

flash-OFDM 기술은 1998년 Bell Lab를 거쳐 2002년 2월 루슨트에서 분리 독립한 미국 뉴저지 소재 Flarion사에서 개발되었다. 미국의 Nextel사와 700 MHz대 flash-OFDM 기술에 대한 Trial을 실시한 바 있고 현재 유럽, 미국, 아시아 등에서 3G 이동통신의 대안기술로 Trial을 추진중이다. 미국의 Flextronix사를 통하여 Flarion사에서 integration하여 기지국에 라우터 기능을 부가한 RadioRouter 상용 장비와 PCMCIA 카드를 출시중에 있다.

flash-OFDM 시스템의 일반적인 기술사양은 다음 〈표 4〉와 같다. RF 주파수는 당초 700 MHz 대역에서 설계되었지만 3.5 GHz 대역까지 확장가능하다. CDMA 이동통신과 같은 대역폭 1.25 MHz의 FDD(Frequency Division Duplex) 방식이며, 100 km/h 이상의 고속 주행

〈표 4〉 flash-OFDM 일반 사양

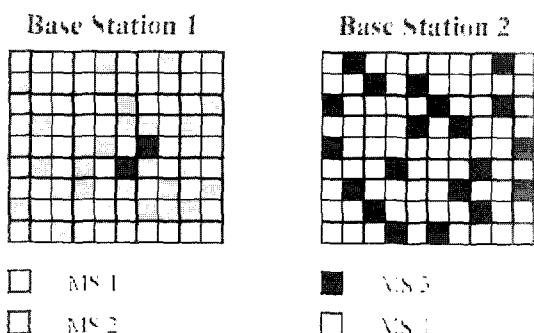
구분	사양
다원접속/복신방식	FH-OFDM/FDD
주파수 대역폭	1.25MHz
FFT 크기	128 (~88.8 μs)
Cyclic prefix	16 (~11.1 μs)
톤 간격	11.25 kHz
심볼 전송속도	10kHz
톤 수	113
오류정정	Vector-LDPC

환경에 맞추어 설계되었다^[6]. 핵심 기술은 이용자에게 할당되는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)의 톤을 일정한 패턴으로 변경시키는 호핑 방식을 사용하고, LDPC(Low Density Parity Check Code) 채널 부호를 사용하여 간섭에 의한 성능열화 문제를 해결하는 것이다. 호핑은 하향 링크의 경우 100 μs 길이의 심볼 단위로 이루어지며, 상향 링크의 경우 7 심볼로 구성된 드웰(dwell) 단위로 이루어진다. 셀내의 이용자들은 각기 다른 톤을 사용함으로써 셀내 이용자간 간섭이 없고, 셀간의 이용자들은 〈그림 3〉과 같이 톤의 호핑 시퀀스를 달리 하여 셀간 이용자들의 톤 충돌을 최소화하여 간섭을 최소화한다. 즉 모든 셀에서 같은 톤을 사용함으로써 주파수 재사용률 1을 구현한다. 1.25 MHz 대역폭내에 총 113개의 직교 톤이 있으며 하향 트래픽 채널에 최대 96개 톤, 상향 트래픽

채널에 최대 77개 톤 할당이 가능하여 하향 최대 3.172 Mbps, 상향 최대 347 kbps가 가능하다. 트래픽 채널에 사용되는 톤들은 하향 링크의 경우 48, 24, 12, 6개의 톤, 상향 링크의 경우 28, 14, 14, 7개의 톤을 논리 채널로 분할하여 셀내의 이용자들에게 할당한다.

시스템의 평균 하향 전송용량은 통상 셀 가장자리 SNR은 0dB 또는 그 이하이고 셀 근처에서는 15dB를 상회하게 되므로, 셀내의 이용자가 균등 분포된 것을 가정하여 1.5Mbps가 된다. 기지국 용량의 극대화를 위하여 채널 조건이 양호한 기지국 근처의 이용자들에게는 많은 수의 톤을 할당하여 작은 출력으로 송신하고, 채널 조건이 열악한 셀 가장자리의 이용자들에게는 적은 수의 톤을 할당하여 높은 출력으로 송신하게 된다. 변조방식은 하향 링크의 경우 QPSK에서 16 QAM까지 채널상태에 따라 적응적으로 변조방식이 변화하며 상향링크는 DQPSK를 사용하고, 채널 부호화율은 1/6에서 5/6까지 채널상태에 따라 선택적으로 변화한다. 참고로 1/6 부호화율은 -3dB 이하의 SNR 조건하에서도 동작할 수 있다. 다음 〈표 5〉에 하향 링크에서 96개의 톤을 사용하고 상향 링크에서 28개의 톤을 사용할 경우의 변조방식과 채널 부호화율에 따른 전송속도가 나와 있다. 또한 단말기의 고속 이동성 및 셀간 핸드오프가 가능하다.

flash-OFDM 시스템은 도심 밀집환경에서 500m, 교외 및 농어촌 환경에서 1.3~4km의 커버리지 성능을 보이는 것으로 알려져 있으며,



〈그림 3〉 기지국간 다른 호핑 패턴 예시도

〈표 5〉 flash-OFDM 전송속도

부호화율	하향 링크 (kbps)		상향 링크 (kbps)
	QPSK	16QAM	DQPSK
1/6	317	634	69.4
1/3	634	1269	138.8
5/12	-	1586	-
1/2	952	1903	208.1
2/3	1269	2537	277.6
5/6	-	3172	347

〈표 6〉 flash-OFDM 링크 버짓

구 분	하향 링크	상향 링크
Tx 송신 출력 (dBm)	41	23
Tx 손실 (dB)	2.5	2.5
Tx 안테나 이득 (dBi)	13	-3
Tx EIRP (dBm)	48.2	20
Rx 안테나 이득 (dBi)	-3	13
Rx 손실 (dB)	1	1
Rx diversity 이득 (dB)	-	3.8
Rx 수신감도 (dBm)	-110.5	-119.4
간섭/페이딩/옥내투과 마진 (dB)	3/6/15	3/6/15
링크 버짓 (dB)	130.7	128.7

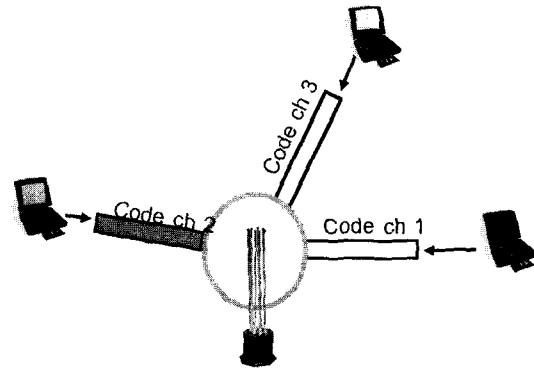
하향 634 kbps, 상향 208.1 kbps 전송속도에서 23dBm 출력 단말기, 안테나 이득(기지국 13 dBi, 단말기 -3dBi), 케이블 손실 2.5dB, 간섭/페이딩/옥내투과 마진 24dB 조건하에서 150 dB 정도의 링크 버짓 성능을 갖는다. 다음 〈표 6〉에 하드웨어 링크 버짓 산출표가 나타나 있다.

3. Ripwave 기술

Nomadic 광대역 무선접속 장비인 Ripwave 기술은 2000년 1월 미국 달라스 소재 Navini사에서 개발되었다. 기지국 장비의 경우 Navini사에서 integration하고 있으며 외장형 가입자장치인 CPE(Customer Premise Equipment)는 미국 California Amplifier사와 한국의 Telecess사가 제조 면허를 갖고 있다.

〈표 7〉 Ripwave 일반 사양

구 분	사 양
다원접속/복신방식	MC-CDMA/TDD
TDD 시간 비율 (상향 : 하향)	1 : 1 또는 3 : 1
주파수 대역폭	5MHz (500KHz 부반송파 10개)
반송파 chip 속도	400 kHz
확산 요소	32 chip TCC, 64 chip Sync
프레임 길이	10ms
변조방식	적용변복조 (QPSK~16QAM)
오류정정	Reed Solomon 부호



〈그림 4〉 상향 링크의 SCDMA

Ripwave 시스템의 일반적인 기술사양은 다음 〈표 7〉과 같다¹⁷⁾. RF 주파수는 당초 2.4GHz 및 2.5GHz MMDS(Multi-channel Multi-point Distribution Service) 대역을 위하여 설계되었지만 최근에 2.3GHz 대역 제품을 개발하였다. 〈그림 4〉와 같은 MC-SCDMA(Multi-carrier synchronous Code Division Multiple Access), TDD 방식이며, 프레임 길이는 10ms로 TDD 시간 비율 1 : 1 모드의 경우 프레임 내 하향 타임 슬롯 4.8ms, 가드타임 320 μ s, 상향 타임 슬롯 4.8ms, 가드타임 80 μ s이고, 1 : 3 모드의 경우 하향 타임 슬롯 7.0ms, 가드타임 320 μ s, 상향 타임 슬롯 2.5ms, 가드타임 80 μ s로 구성되어 있다.

채널 대역폭은 5MHz이며 500kHz 대역을 갖는 부반송파 10개로 구성된다. 부반송파당 32개의 CDMA 코드 채널 할당이 가능하며 칩핑 속도는 400,000 chip/s로 QPSK의 경우 코드당 25 kbps, 8PSK의 경우 코드당 37.5 kbps, 16QAM의 경우 코드당 50 kbps이다. CPE의 경우 최대 4개의 부반송파, PCMCIA 카드는 최대 2개의 부반송파를 점유할 수 있다. 주파수 재사용률은 1로써 기지국간 동일 주파수를 사용할 수 있다. 또한 8개의 array를 사용하는 스마트 안테나의 빔포밍 기술을 통하여 간섭을 최소화할 수 있다. 물론 기지국과 CPE에 저전력 증폭기를 사용할 수 있다. TDD 시간 비율이 1 : 1인 경우 CPE는 하향 링크에서 최대 전송속도 3.2Mbps(유효속

〈표 8〉 Ripwave 기지국 전송용량

변조방식		전송용량 (Mbps)
하향 링크	상향 링크	
QPSK	QPSK	8
8PSK	QPSK	10
16QAM	QPSK	12

도 2.1Mbps), 상향 링크에서 최대 전송속도 1.35Mbps(유효속도 1.056Mbps)이다. 변조방식은 하향 링크는 QPSK에서 16QAM까지 채널상태에 따라 적응적으로 변화하며 상향링크는 QPSK이고, 채널 부호화는 Reed Solomon 부호를 적용한다. 다음 〈표 8〉에 TDD 시간 비율이 1:1인 경우 변조방식에 따른 시스템 전송용량이 나타나 있다. 참고로 전송용량이 12Mbps의 경우 각종 오버헤드를 제외한 유효 전송용량은 하향 링크 4.2Mbps, 상향 링크 2.2Mbps로 총 6.4Mbps이다. 단말기의 저속 이동성 및 셀 간 핸드오프가 가능하다.

기지국 안테나 타입은 전기적으로 2°, 4° 틸팅이 가능하고 이득이 11.5dBi인 Omni 안테나와 수동 틸팅 조정이 가능하고 이득이 17dBi인 120° 패널 안테나가 있다. 스마트 안테나의 빔포밍 이득은 하향 링크의 경우 18dB, 상향 링크의 경우 9dB이다. CPE의 수신감도는 4개의 부반송파를 사용하는 2MHz 대역폭 내에서 QPSK 수신시 -117dBm이다. Ripwave 시스템은 LOS

〈표 9〉 Ripwave 링크 버짓

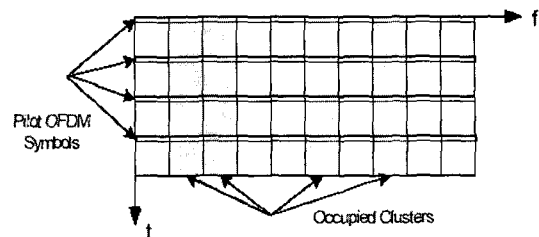
구 분	하향 링크	상향 링크
Tx 전력/안테나 (dBm)	30	25
Tx 안테나 이득 (dBi)	17	5
Tx 빔포밍 이득 (dB)	18	-
Tx 코드 채널당 출력 (dBm)	40	19.9
Rx 안테나 이득 (dBi)	5	17
Rx Coherent Combining (dB)	-	9
Rx 잡음지수 (dB)	5	4.5
Rx 열잡음 (dBm/500kHz)	-112.3	-112.8
Rx CDMA 확산 이득 (dB)	15.1	15.1
Rx QPSK 요구 CNR (dB)	10.5	10.5
링크 버짓 (dB)	161.8	163.3

(Line of Sight) 환경의 경우 19km, 통상 교외/농어촌 환경의 경우 8~13km 떨어진 실내에서도 통신이 가능하며, 하향 880 kbps, 상향 400 kbps 전송속도에서 25dBm 출력 단말기, 안테나 이득(기지국 17dBi, 단말기 5dBi), 케이블 손실 4dB, 간섭/페이딩/옥내투과 마진 13dB 조건하에서 160dB 이상의 링크 버짓 성능을 갖는다. 다음 〈표 9〉에 하드웨어 링크 버짓 산출표가 나타나 있다.

4. Broad@ir 기술

Broad@ir 기술은 미국 시애틀 소재 Broadstorm사에서 개발되었으며 일반적인 기술사양은 다음 〈표 10〉과 같다¹⁸⁾. RF 주파수는 700MHz~2.7GHz에 적용할 수 있으며, 현재 1.8GHz, 2.3GHz, 2.5GHz 대역의 제품을 개발하였다. TDD 방식이며, 다원접속방식은 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)이다. 채널 대역폭은 5MHz이며 유효 대역폭은 4MHz이다. 대역폭내에 512개의 직교 톤이 있으며 톤 간격은 8kHz이다. 16개 톤 단위로 〈그림 5〉와 같이 클러스터를 형성하여 총 512개의 톤으로 32 클러스터가 만들어진다. 트래픽 채널에 28 클러스터, 콘트롤 채널 등에 4 클러스터를 사용하게 된다.

변조방식은 하향 링크의 경우 QPSK, 16QAM, 64QAM으로 채널상태에 따라 적응적으로 변조방식이 변화하며 하향 링크의 경우 최대 8Mbps, 상향 링크는 QPSK로 최대 512kbps가 가능하다. 다음 표에 변조방식에 따른 전송속도가 나와 있다. 기지국당 최대 6개의 섹터를 실장하여 최



〈그림 5〉 OFDMA와 클러스터 구성

〈표 10〉 Broad@ir 일반 사양

구분	사양
다원접속/복신방식	OFDMA/TDD
주파수 대역폭	5 MHz
프레임 길이	10 ms
Cyclic prefix	~24 μ s
심볼 길이	128 μ s
톤 간격	~8 kHz
톤 수	512
클러스터수	32

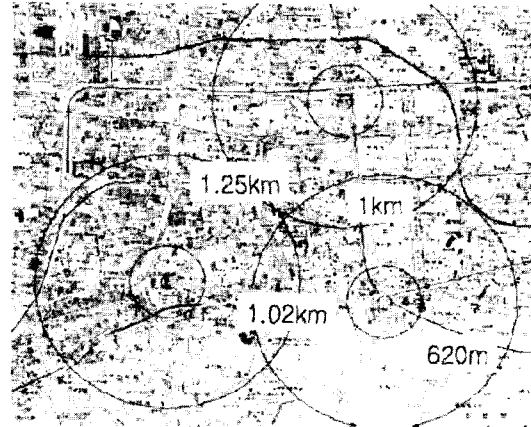
대 48 Mbps가 가능하며, 셀 내의 섹터간 주파수 재사용률 1/2을 통하여 주파수의 효율적 사용이 가능함을 설명하고 있다. 섹터간 단말기의 이동성 및 핸드오프가 가능하며 셀간 핸드오프 기능을 개발중이다.

출력 36 dBm, 60° 섹터 안테나의 기지국과 출력 24 dBm, 2개의 다이폴 안테나의 CPE를 사용하여 교외/농어촌 NLOS (Non Line of Sight) 환경에서 최대 10km의 셀 커버리지를 갖는 것으로 알려져 있다.

IV. 휴대인터넷 실험국 추진현황

KT는 휴대인터넷 후보기술을 실제 서비스를 실시하게 될 밀집 도심환경에 멀티 셀을 구축하여 현재 본격적으로 후보기술의 기능 및 성능을 검증하고 있다. 설치된 사이트는 서울 도심의 명동, 필동, 종로 3가의 3개 사이트이며 셀간 핸드오프 등 상호 연동이 가능한 구조이다. 〈그림 6〉은 명동, 필동, 종로 3가에 구축된 3개 사이트를 나타내고 있다. 셀간 직선 거리는 명동-필동 사이트간 1.02 km, 필동-종로3가 사이트간 1 km, 종로 3가-명동 사이트간 1.25 km로 셀당 커버리지는 600 m를 다소 상회한다.

각 사이트에는 i-BURST, flash-OFDM, Ripwave, Broad@ir의 4종류의 시스템을 설치



〈그림 6〉 휴대인터넷 실험국 3개 사이트

하여 휴대인터넷 후보기술들을 동일 장소 동일 환경에서 기술 및 성능을 비교평가할 수 있는 종합 실험국이다. 총 기지국 수는 11개, PCMCIA 카드를 포함한 단말국 장치는 110개에 이른다. i-BURST와 Ripwave 시스템의 경우는 스마트 안테나를 사용하였으며, flash-OFDM과 Broad@ir 시스템은 패널형 섹터 안테나를 사용하였다. 〈그림 7〉은 명동 사이트 옥상에 설치된 휴대인터넷 실험국의 안테나들을 보여주고 있다. 또한 휴대인터넷 후보기술의 무선LAN 연동 및 셀간 핸드오프 등을 위하여 Layer 2 스위치, Layer 3 스위치, PDSN (Packet Data Serving Node), 라우터 등 각종 네트워크 장비를 부설하였으며 기지국 최대 전송용량 시험시 병목현상이 발생하지 않도록 사이트간 광 전송로를 구축하였다.

KT는 휴대인터넷 종합 실험국을 통하여 후보 기술들의 데이터 전송성능 시험, 현장 시험, 서비스 연동시험, RF 시험 등을 복합적으로 수행하여 휴대인터넷 적정 기술을 선정함은 물론 국내 휴대인터넷 표준화 활동에 적극 반영할 예정으로 있다. 주요 시험 항목으로는 단일 셀, 멀티 셀 환경에서의 이용자 전송속도, 기지국 용량, 다중 사용자 환경 전송성능, 커버리지 시험, 핸드오프 기능, 무선LAN 연동 등이다.

V. 결 론

휴대인터넷 서비스는 고속 전송, 저렴한 요금, 단말의 큰 화면, 유선인터넷 콘텐츠, 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다는 점에서 이동통신망에 의한 무선인터넷 서비스와 차별성을 보일 것이다. 현재의 무선인터넷은 이동통신망에 의한 무선인터넷이던 무선LAN에 의한 무선인터넷이던 보편적 무선인터넷 서비스로 자리매김을 못하고 있는 것으로 보인다. 이는 여러 설문 조사기관에서 조사된 “무선인터넷 이용실태 조사”에서도 잘 나타나고 있다. 즉 무선인터넷 활성화를 위해서는 이용요금, 전송품질, 이용지역의 문제점을 해결해야 할 과제로 꼽고 있다는 점이다.

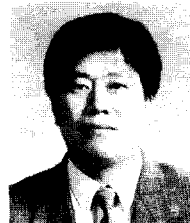
이런 측면에서 볼 때 이용자에게 실질적인 보편적 무선인터넷 서비스를 가능하게 할 수 있는 2.3GHz대 휴대인터넷 서비스를 조속한 시일내에 사업화하는 것이 바람직한 것으로 보인다. 초고속인터넷 강국인 한국이 무선인터넷 기술의 상용화를 선도하고 있음에도 불구하고 호주, 일본 등에서 휴대인터넷 유사기술을 적용하여 금년중에 상용서비스 개시를 준비중인 것을 간과해서는 안되기 때문이다. 주파수 할당의 경우 휴대인터넷 서비스를 위한 인구 밀집, 고층 빌딩 등 국내 도시여건을 고려하면 사업자당 40MHz 이상이 소요될 것으로 보여 2.3GHz대 휴대인터넷 사업자는 2개 사업자가 적정한 것으로 판단된다.

기술표준의 경우 Time to Market을 고려한 거시적 표준규격의 채택을 고려할 필요가 있다. 아울러 최근 기술발전으로 단일표준의 의미가 퇴색되고 있으며 복수표준을 선택하는 경우도 단말에서 호환성이 제공가능함을 고려해야 할 것으로 보인다. 현재 전세계적으로 휴대인터넷 서비스를 위하여 채용가능한 시스템이 10개 이상임을 감안하면 경쟁을 통한 유리한 조건의 기술을 조기 도입하여 단말, 기지국, 코아망 등의 국내 제조업체 생산체계를 구축하는 것이 국내의 휴대인터넷 사업은 물론 해외의 유사 서비스를 위한 장비 수출 시에도 유리할 것이기 때문이다.

참 고 문 헌

- [1] 4세대이동통신비전연구위원회, “4세대 이동통신 비전연구위원회 실무세미나 I,” 2002. 6. 30
- [2] IEEE 802.11a-1999, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: High Speed Physical Layer in the 5 GHz Band, 1999.
- [3] 정보통신부 “전파자원 중장기 이용계획,” 2002. 2
- [4] 정보통신부고시 제2002-53호, “대한민국주파수분배표중개정(2.3GHz대역),” 2002. 12. 6.
- [5] Kyocera, i-BURST Base Station specification, 2003. 5.
- [6] Flarion, flash-OFDM Physical Layer, 2003. 3.
- [7] Navini, Ripwave 2.3 GHz System specification Rev. D, 2003. 7.
- [8] Broadstorm, Broadband Portable Mobile System, 2003.

저 자 소 개



이 성 춘

1982년 2월 서울대학교 공과대학 전자공학과 (학사), 1984년 2월 서울대학교 대학원 전자공학과 (석사), 2001년 8월 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학부 (박사), 1985년 5월~현재 KT 서비스개발연구소 휴대무선인터넷연구실장, <주관심 분야: 휴대인터넷 기술, 무선LAN 기술, 이동통신 기술, 고정무선통신 기술>