

옥내 WiBro 서비스 품질 향상을 위한 WiBro AP 개발

Development of WiBro Access Point for Offering WiBro Service with Enhanced Quality in Indoor Environment

곽도영*, 이종식, 박세준, 이성춘
(Do-Young Kwak, Jong-Sik, Lee, Se-Jun Park, Seong-Choon Lee)

Abstract: In order to expand cell coverage, increase system capacity, and offer various multimedia service with high throughput in indoor environment, WiBro Access Point(AP) is developed. Home AP is 1FA/Omni type and has stack-up structure of channel card and RF board. SOHO AP is designed to support up to 2FA and has remote RF(RRF) structure using UTP method. Inter-operational test with mobile terminal were completed for 3 terminals using web browsing service simultaneously. The performance test results of WiBro AP are as follows: RCE(EVM) value is -34.431 dB for 64-QAM and throughput is up to 6.79 Mbps(DL) and 1.1 Mbps(UL) with 2.5m Line-of-Sight(LOS) condition.

Keywords: WiBro Access Point, WiBro Service, Femtocell

I. 서론

최근 모바일 데이터 서비스에 대한 관심이 높아지면서 이동 시에도 초고속 통신 서비스를 제공할 수 있는 서비스 모델에 대한 요구가 늘어나고 있다. 이를 위해 KT에서는 무선 가입자망 (Wireless Local Loop: WLL)에 할당되었던 2.3GHz 주파수 대역을 활용하여, 정지 및 이동(< 60km/hr) 중에도 고속 통신이 가능한 WiBro 서비스를 제공하고 있다[1].

원활한 WiBro 서비스 제공을 위해서는 최적의 망 설계는 필수적인데, 특히 전체 이동통신 트래픽의 약 80%가 옥내 접속인 점을 감안할 때 옥내 환경에서 고품질의 WiBro 신호를 제공하는 것은 매우 중요하다. 하지만 신호가 건물벽을 통과하면서 발생하는 손실(35cm 두께의 철근 콘크리트 벽 통과 시 약 22dB 감쇄 및 12cm 두께의 철근 콘크리트 벽 통과 시 약 9dB 감쇄)[2]로 인해 옥외 Radio Access Station(RAS)를 이용할 때 옥내는 음영 지역이 되기 쉽다. 또한 옥내 환경에서 WiBro 서비스의 사용자가 많을 경우, 옥내 사용자들을 위한 새로운 자원 할당이 필요하다. 따라서 낮은 CAPEX로 고수익을 올려야 하는 사업자의 입장에서는 기존의 인프라를 활용하는 방향으로 이러한 문제점들을 해결해야 한다.

이러한 사업자의 요구를 충족할 수 있는 솔루션으로 개발하고 있는 것이 WiBro Access Point(AP)인데, 이것은 기존의 중계기와는 달리 셀 커버리지를 확대시켜주며, 옥외 RAS와는 다른 자원 할당으로 용량을 증가시켜 줄 뿐 아니라, 신호 품질을 향상시켜 높은 전송율의 다양한 멀티미디어 서비스 제공을 가능하게 할 수 있는 장점을 지니고 있다[3].

본 논문에서는 현재 KT 인프라연구소에서 개발 진행 중인 WiBro AP의 시스템 구성과 성능 시험 결과를 소개하고자 한다. 또한 추후 개발 및 보완해야 할 사항에 대해서도 언급할

것이다.

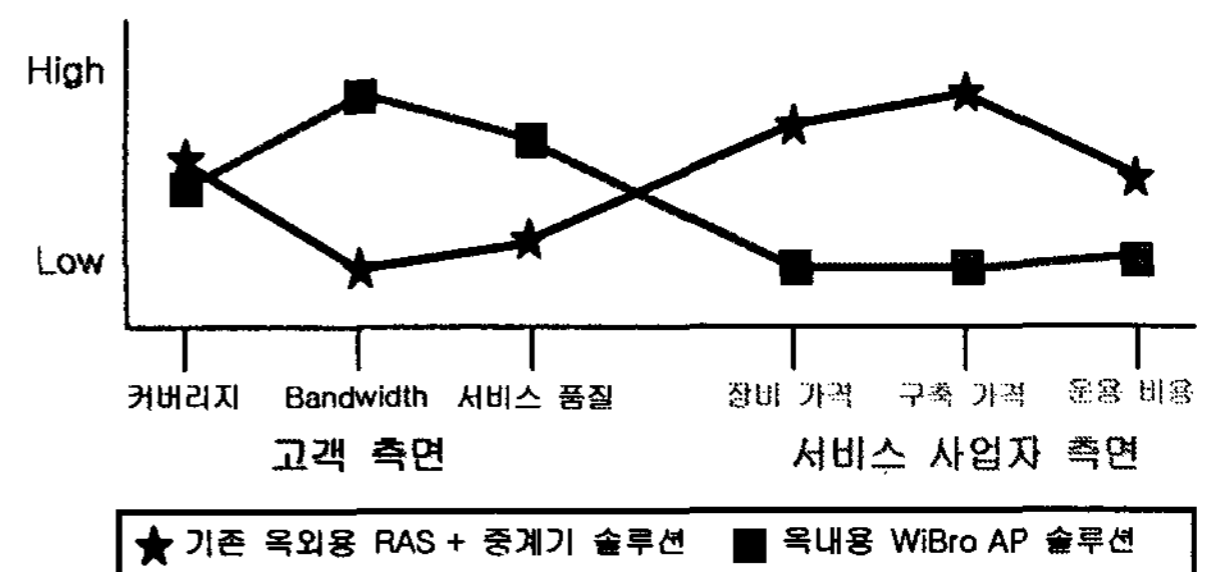
II. Femtocell 개념 및 WiBro AP 솔루션

현재 이동통신의 유선통신 대체(Fixed Mobile Substitution, FMS) 전략의 일환으로 3G 시장에서는 Femtocell이 주목받고 있다[4]. Femtocell은 일반 브로드밴드망을 통해 이동통신 코어 네트워크에 접속하는 소형 기지국을 의미한다. Femtocell은 Femtozone을 활용한 요금인하와 이동통신망의 커버리지 확대, 네트워크 운영비용절감 및 single mode 단말 사용 가능 등의 장점을 지니고 있고, 나아가 가정 내 홈 네트워크 서비스의 관문 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

셀 내 음영 지역의 해소를 위해 다수의 중계기를 사용하고 있는 WiBro 서비스에서도 커버리지 확대 뿐 아니라 용량 증대의 장점을 제공하는 Femtocell의 도입은 예전부터 검토되어 왔고, Femtozone 서비스를 위한 WiBro AP 개발이 현재진행 중이며, 상용화를 위한 성능 시험을 수행하고 있다. 다음은 WiBro AP를 도입함으로써 얻을 수 있는 장점들이다.

- 기존 WiBro 망의 트래픽 부하 분산 효과
- KT의 가입자 접속망 인프라 활용을 통한 투자비 절감
- 범용 단말의 변경을 요구하지 않음
- Home/SOHO/Inbuilding AP의 다양한 형상 제공을 통해 다양한 서비스 공간에 맞춰 설치 가능

그림 1은 기존의 옥외형 RAS+중계기 솔루션을 도입했을 때와 WiBro AP 솔루션을 도입했을 때 고객과 서비스 사업자 측면에서의 가치를 비교한 것이다[3].



* 책임저자(Corresponding Author)
곽도영, 이종식, 박세준, 이성춘: KT 인프라연구소
(dykwak@kt.co.kr, lowe@kt.co.kr, sjpark@kt.co.kr, lsc@kt.co.kr)

그림 1. 기존 솔루션과 옥내용 WiBro AP 비교

Fig. 1. Comparison between existing solution and WiBro AP

그림 2는 기존의 KT 유선 인프라를 활용한 WiBro AP의 망 구조를 간략하게 나타낸 것이다.

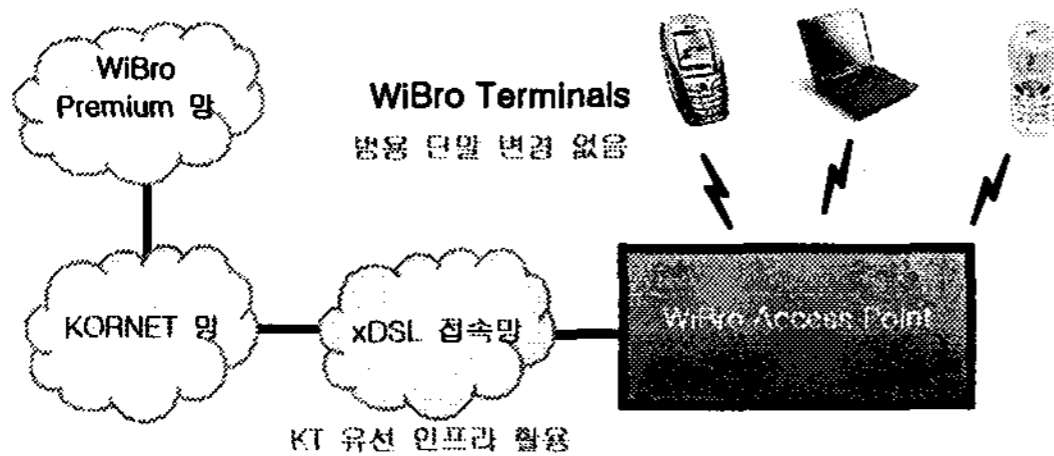


그림 2. WiBro AP 망 구조

Fig. 2. Network architecture of WiBro AP

III. WiBro AP 시스템

본 논문에서는 Home/SOHO AP의 두 가지 시스템 형상을 소개하기로 한다. Home AP는 채널 카드와 RF 일체형이며, SOHO AP는 UTP CAT5 cable을 활용한 RRF(Remote RF) 구조로 되어 있다. 그림3은 이러한 형상의 Home AP와 SOHO AP의 개념도를 간략하게 나타낸 것이다.

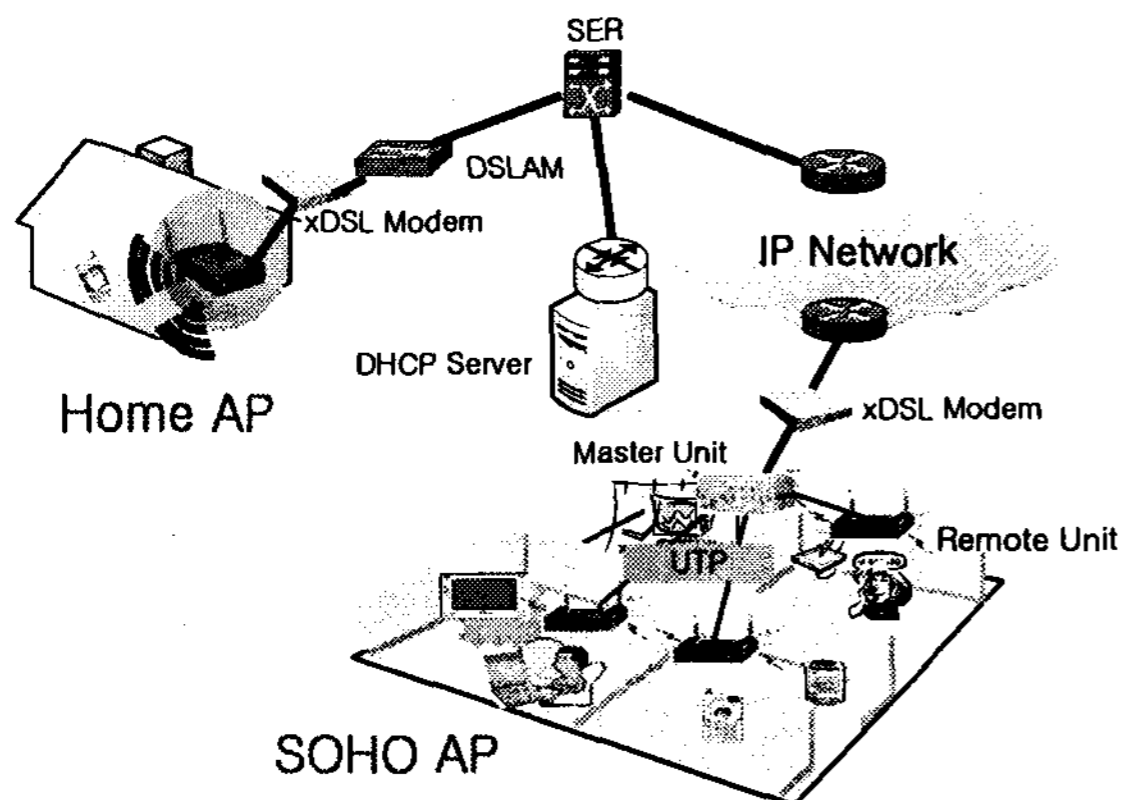


그림 3. Home/SOHO AP의 개념도

Fig. 3. Concept of Home/SOHO AP

Home AP는 크게 MAC/PHY로 구성된 채널 카드 부분과 RF 부분으로 나뉘어진다. Home AP의 MAC은 Ethernet 접속, DHCP relay, 단말 인증/과금 및 다중 단말 접속 시 스케줄링 기능을 제공한다. 또한 PHY는 현재 8.75 MHz 대역폭에 1024 FFT size, QPSK/16QAM/64QAM(DL), QPSK(UL) 및 Convolutional Coding(CC) 방식을 지원한다. 마지막으로 RF 부분은 2.3 GHz의 반송 주파수에 1FA/Omni를 지원하며, 안테나 포트 당 최대 20 dBm의 세기로 신호를 송출한다. 그림 4는 Home AP의 채널 카드 부분의 block diagram을 나타낸 것이다.

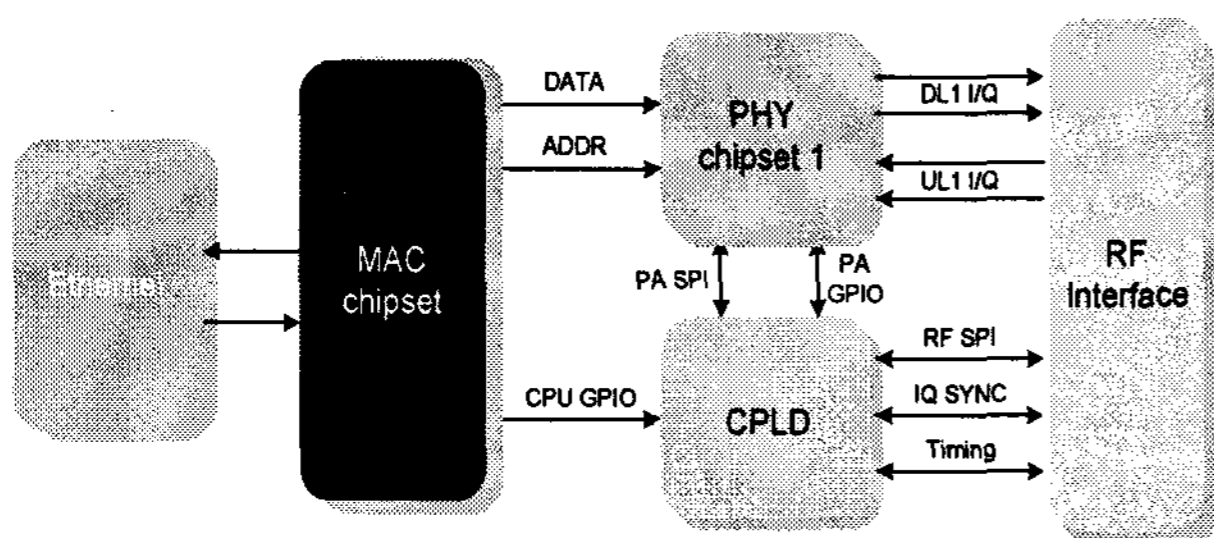
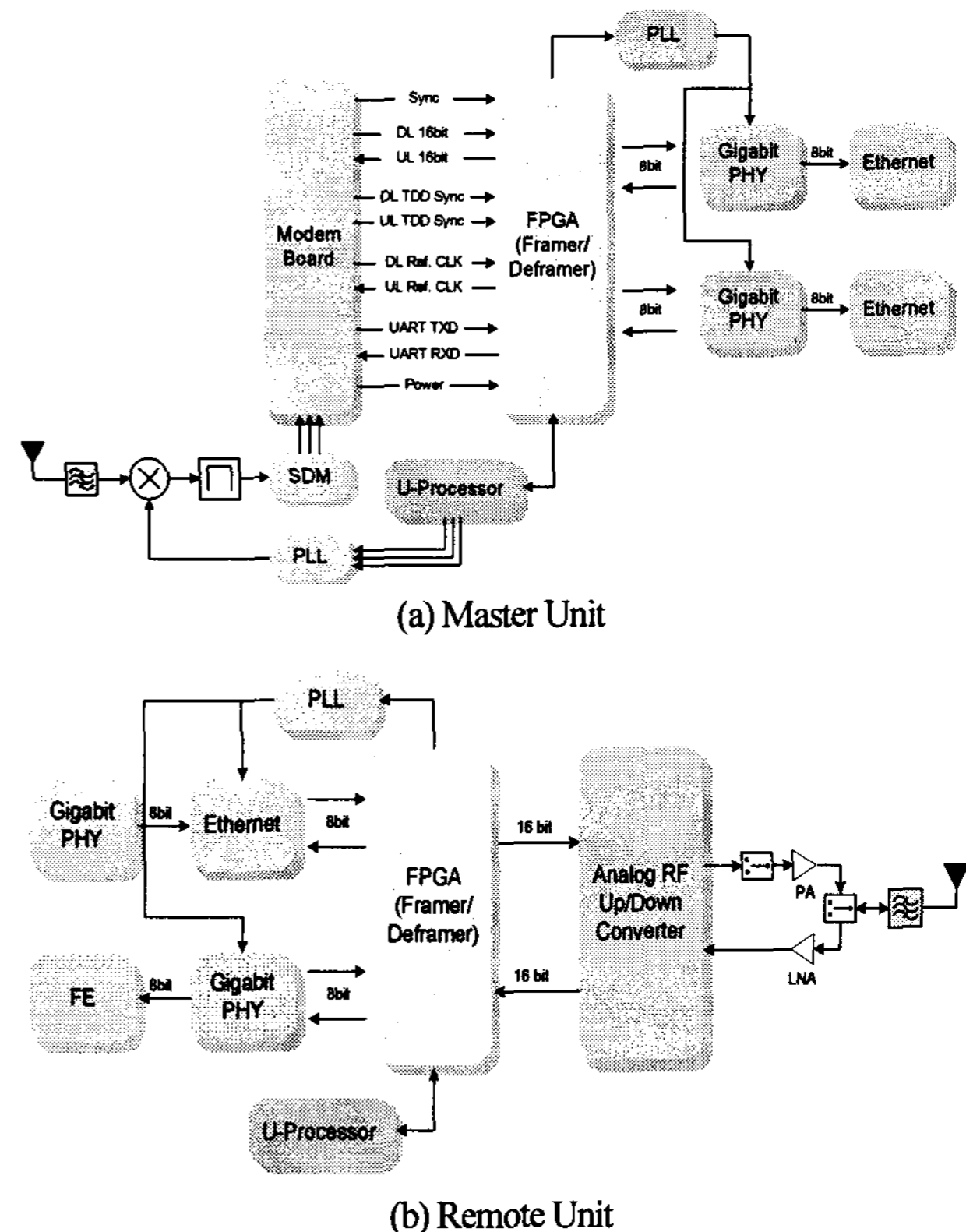


그림 4. Home AP 채널 카드 부분의 block diagram

Fig. 4. Block diagram of channel card part of Home AP

SOHO AP는 Home AP와 동일 기능을 지원하나 SOHO 환경에서 사용할 경우 많은 사용자가 존재하는 점을 고려하여 2FA까지 지원할 수 있도록 확장하였다. 1FA 당 최대 3개의 Remote Unit(RU)가 Gigabit Ethernet을 통해 Master Unit(MU)과 cascade 방식으로 연결될 수 있다. 또한 FA 간 Handover(HO)를 지원하며, Network Management System(NMS)를 위한 통신 채널과 각 branch의 링크 연결 상태를 검출하고 테스트를 위한 루프 기능을 제공한다.

그림 5는 SOHO AP의 MU와 RU의 block diagram을 나타낸 것이다.



(b) Remote Unit

그림 5. SOHO AP의 block diagram

Fig. 5. Block diagram of SOHO AP

Home AP의 채널 카드는 그림 6과 같이 1FA를 지원하기 위해 MAC 프로세서와 2개의 PHY chip으로 구성하였고, RF 부분은 그림 7과 같이 1개의 송수신 칩으로 구현하였다. 현재 제작한 채널 카드의 크기는 205mm × 185mm이며, RF 보드는 205mm × 110mm의 크기를 지니고 있다.

SOHO AP의 채널 카드는 Home AP와 동일하고, 현재 1FA만 지원 가능하도록 구현되어 있다. 그림 7은 MU와 RU의 UTP 인터페이스 보드이며, 그림 8은 RU의 RF 보드이다. MU 부분의 UTP 인터페이스 보드 크기는 120mm × 160mm이며, RU 부분의 UTP 인터페이스 보드 및 RF 보드의 크기는 120mm × 80mm이다.

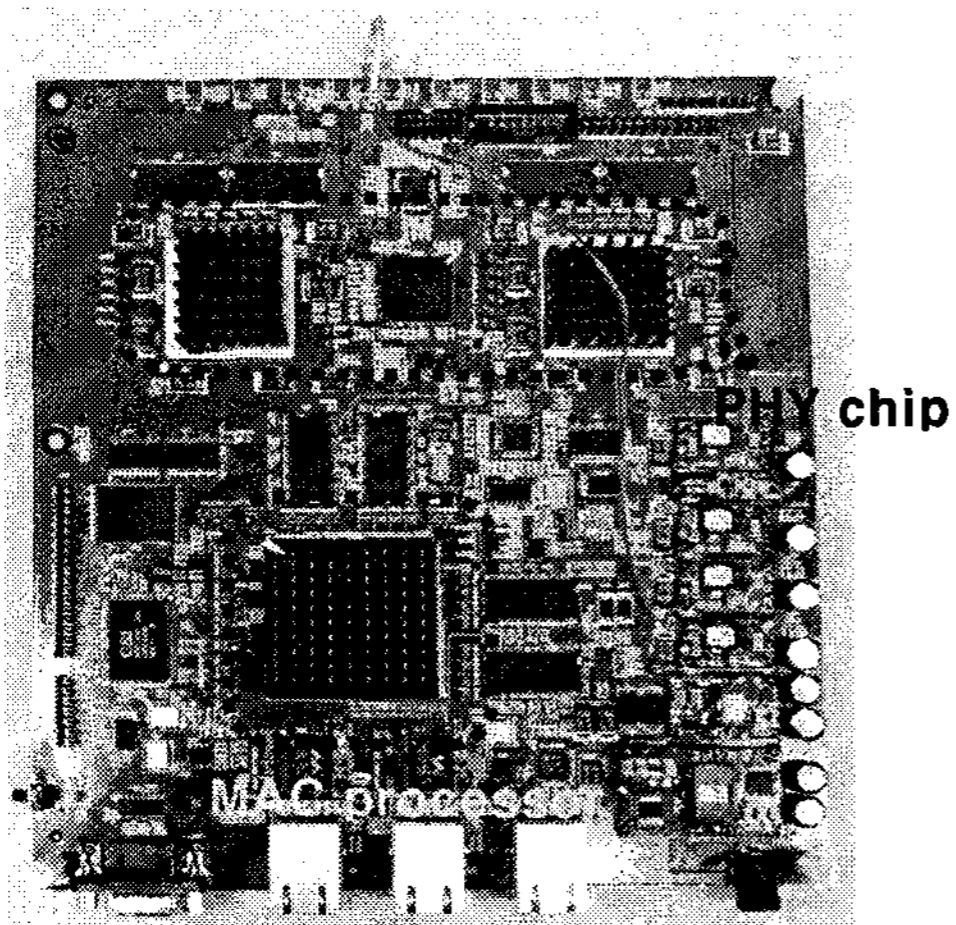


그림 6. Home AP 채널 카드
Fig. 6. Channel card of Home AP

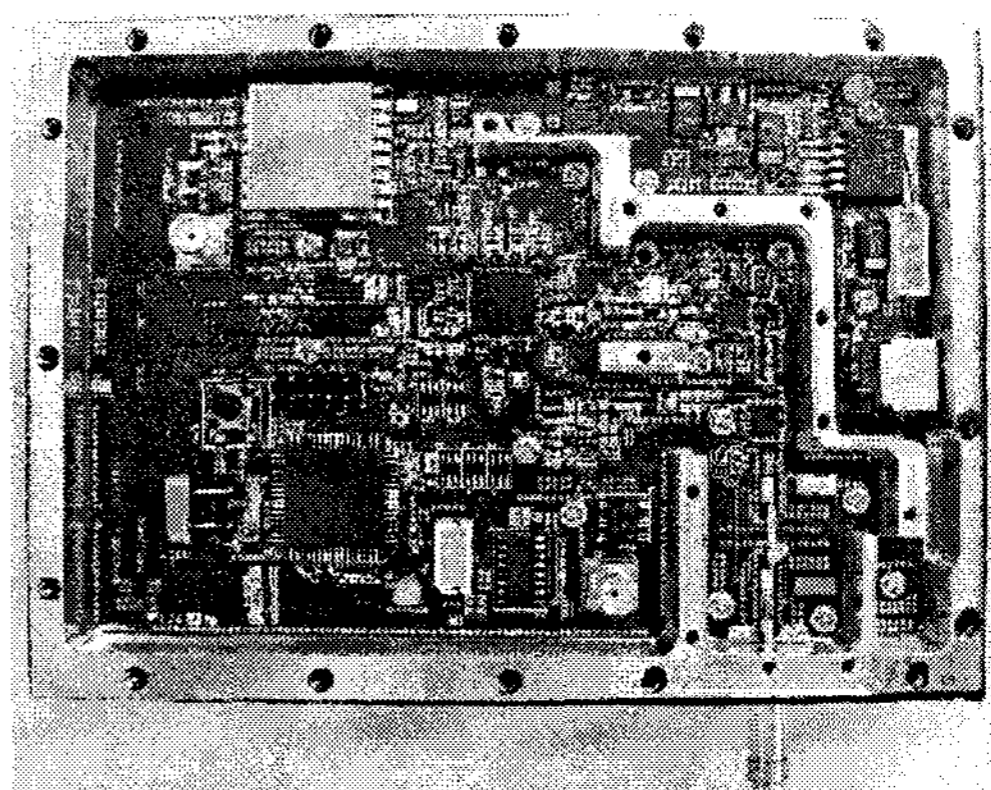


그림 8. RU의 RF 보드
Fig. 8. RF board of RU

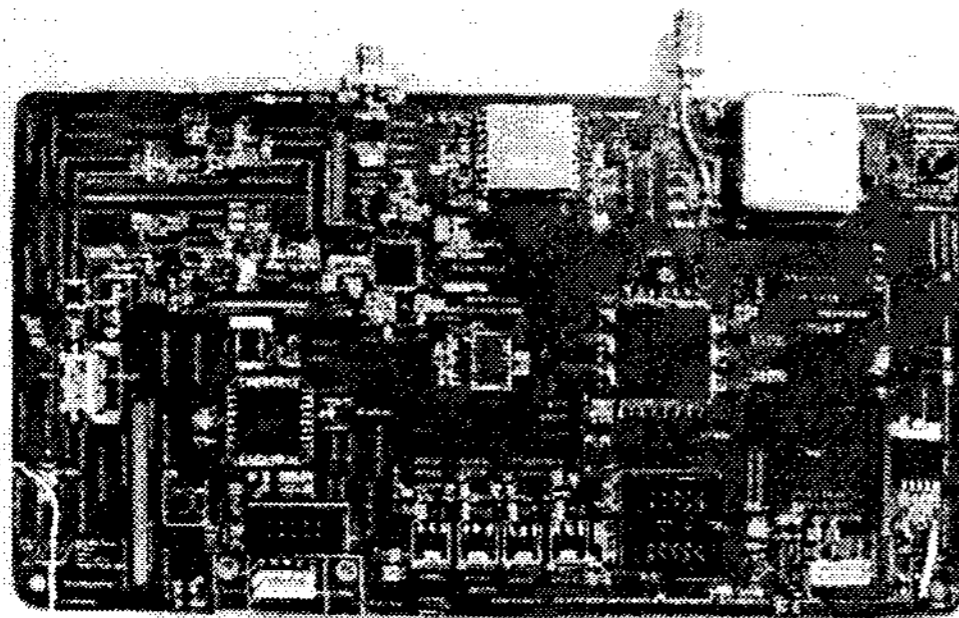
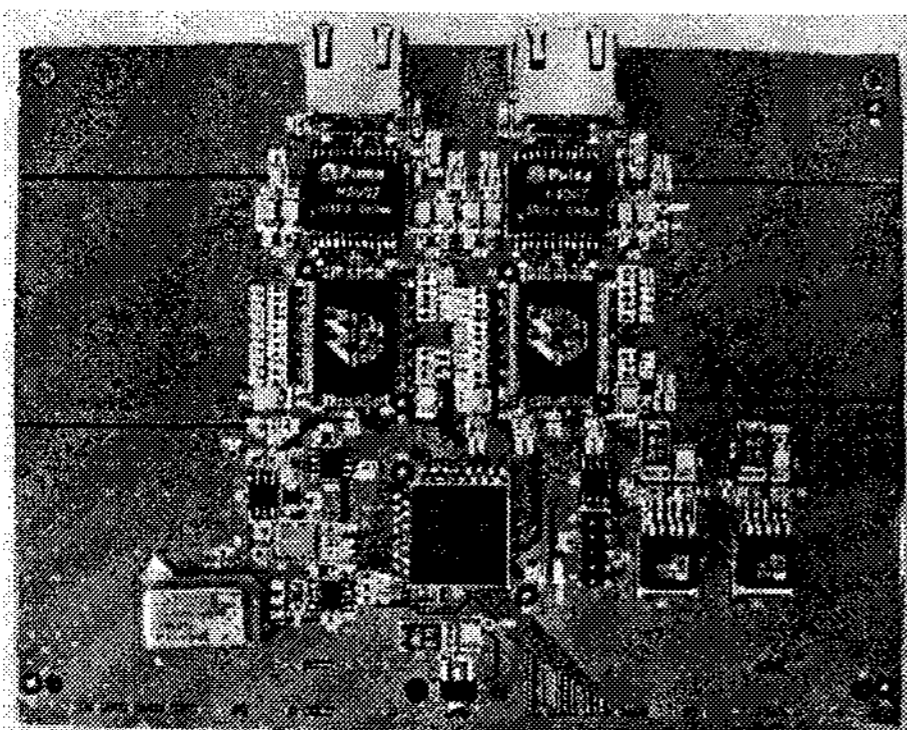
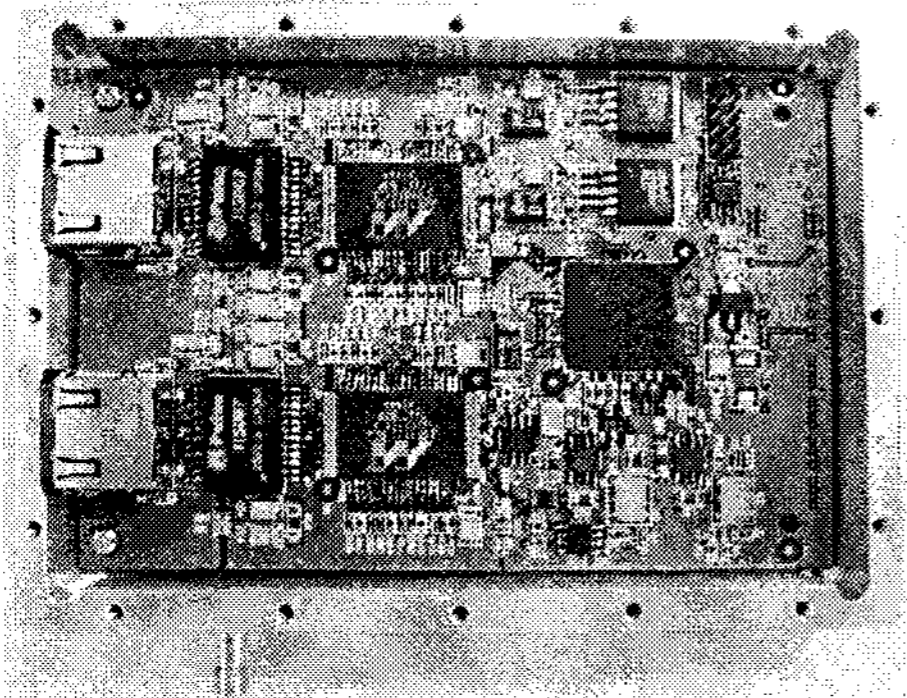


그림 7. SOHO AP의 RF board
Fig. 7. RF board of SOHO AP



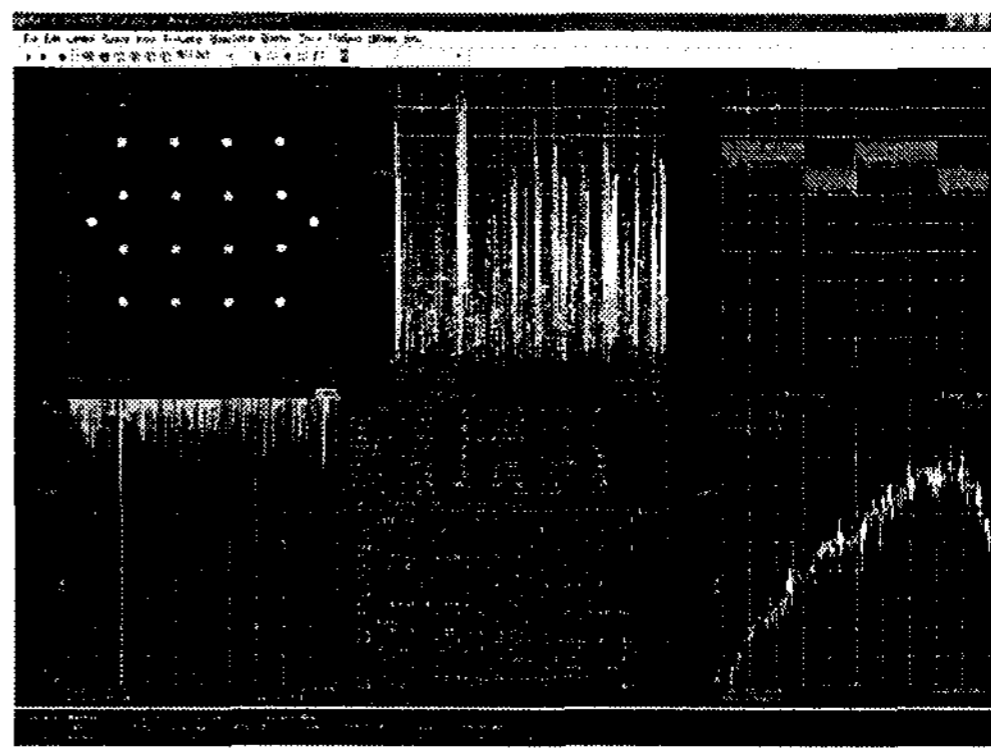
(a) Master Unit



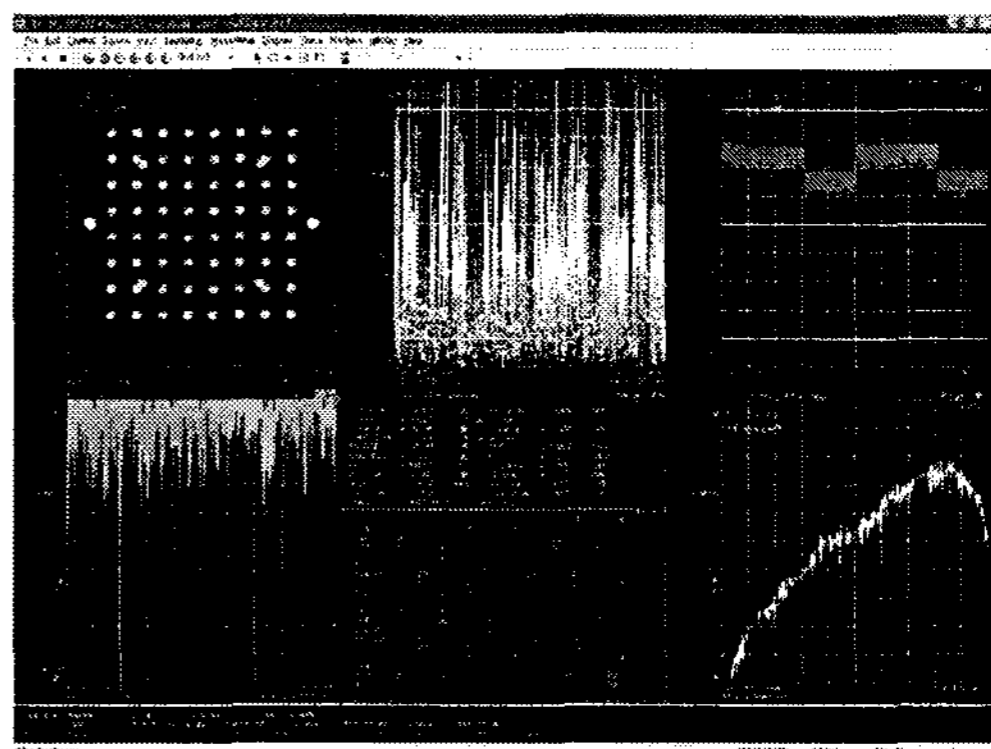
(b) Remote Unit
그림 7. UTP 인터페이스 보드
Fig. 7. UTP interface board

IV. 성능 시험 결과

이번 장에서는 구현된 Home/SOHO AP의 성능 시험 결과를 소개한다. 먼저 AP 송신부의 상대적인 배열 오차 충실도 (Constellation Error Fidelity)를 검증하기 위해서 AP의 송신 안테나와 Vector Signal Analyzer(Agilent 89600)과 cable로 연결한 뒤 그림 9와 같이 Error Vector Magnitude(EVM)을 측정해 보았다 [5].



(a) 16QAM



(b) 64QAM

그림 9. Home/SOHO AP의 EVM 값
Fig. 9. EVM values of Home/SOHO AP

RCE EVM 값은 각각 -34.786dB (16QAM)와 -34.431dB (64QAM)로 나타나 [5]에서 제안하고 있는 요구치(16QAM 3/4 CC일 때 $RCE < -24.0\text{dB}$, 16QAM 3/4 CC일 때 $RCE < -30\text{dB}$)를 만족하는 것을 알 수 있다.

다음으로 Home/SOHO AP와 상용 단말과의 interoperational test(IOT)를 수행하였다. Home/SOHO AP와 상용 단말(KWM-U1100) 간의 거리는 약 2.5m이고, 주변의 장애물들로 인해 약간의 다중경로 신호들(Multipath signal)이 존재하기는 하지만 Line-of-Sight(LOS)가 확보되어 있다. 이 때 web browsing 서비스를 사용하는 3개의 단말기들을 AP에 접속했을 때 끊김 없이 서비스 가능하였다.

마지막으로 LOS 경로가 확보되었을 때, AP와 상용 단말과의 전송율을 web 상의 속도측정 사이트(<http://speed.komet.com>)을 통해 변조 방식과 coding rate를 변화시켜 가며 측정하였다. 표 1은 각각의 변조 방식과 coding rate에 따른 전송율을 나타낸 것이다.

표 1. 변조 방식과 coding rate에 따른 전송율
Table 1. Throughput according to modulation scheme and coding rate

	Mod. scheme	Throughput (Mbps)
Downlink	QPSK CC 1/2	2.30
	QPSK CC 3/4	3.43
	16-QAM CC 1/2	4.59
	16-QAM CC 3/4	5.86
	64-QAM CC 1/2	6.79
Uplink	QPSK CC 1/2	1.1

V. 결론

WiBro AP의 개발은 WiBro 서비스의 옥내 환경에서의 음영 지역 해소뿐 아니라 용량 증가 및 전송율 향상을 통한 멀티미디어 서비스 제공 등 많은 장점을 지니고 있다. 현재 KT 인프라연구소에서는 Home/SOHO 환경을 위한 두 가지 형상의 WiBro AP를 개발하였고, 현재 성능 시험 중에 있다. Home AP는 1FA/Omni 방식이며, 현재 3명의 terminal까지 지원 가능함

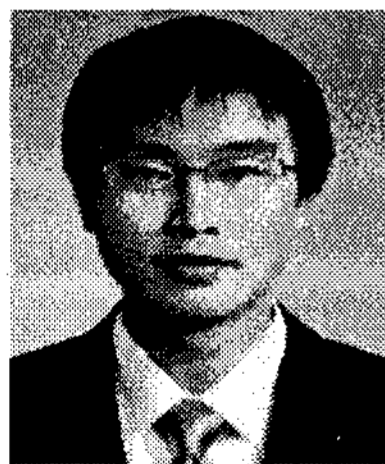
을 검증하였다. SOHO AP는 RRF를 채택한 2FA/Omni 방식이며, 현재 1FA/Omni 방식만 구현되어 있다.

RCE EVM 값은 각각 -34.786dB(16QAM)와 -34.431dB(64QAM)로 나타나 AP의 변조 정확도가 높은 것을 알 수 있었으며, web 상의 속도측정 사이트를 통한 전송율 측정에서는 최대 6.79Mbps(DL, 64-QAM CC 1/2), 1.1 Mbps(UL, QPSK CC 1/2)를 지원함을 알 수 있었다.

현재 WiBro AP의 접속 안정성을 높이는 작업을 계속 수행하고 있으며, FA간 HO 및 AMC 구현 등을 진행하고 있다. 또한 동기 신호의 획득을 위해 옥외 RAS 동기 신호를 활용하는 방식, IEEE1588을 이용하는 방식 등 다양한 방식에 대한 연구가 진행 중이다.

참고문헌

- [1] TTA, "Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service: Physical & Medium Access Control Layer," TTAS.KO-06.0082/R1, Dec., 2005.
- [2] Y. P. Zhang, Y. Hwang, "Measurements of the characteristics of indoor penetration loss," *Proc. of the 44th IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 1741-1744, June 1994.
- [3] 이종식, "옥내용 WiBro 시스템 기술 개발", 제 17회 통신정보 합동학술대회 논문지, pp. 141-155, 2007. 5.
- [4] ATLAS Research Group, "펨토셀 도입의 효과와 최근 동향 분석: 3G 딜레마를 해결할 히든카드가 될 것인가?", <http://www.arg.co.kr/HOME/index.jsp>, 2007. 8.
- [5] Hassan Yaghoobi, "WiMAX forum mobile radio conformance tests," *WiMAX Forum TWG MRCT doc. v. 1.0.0*, Dec. 2006.



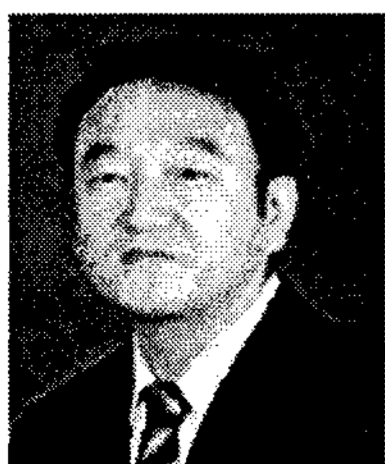
곽도영

1999년 서울대학교 전기공학부(공학사). 2001년 서울대학교 전기공학부(공학석사). 2006년 서울대학교 전기.컴퓨터공학부(공학박사). 2006년~현재 KT 인프라연구소 무선인터넷개발담당. 관심분야는 채널모델링, WiBro System 개발 등임.



이종식

1996년 서울대학교 전기공학부(공학사). 1998년 서울대학교 전기공학부(공학석사). 1998년~현재 KT 인프라연구소 무선인터넷개발담당. 관심분야는 WiBro System 개발 등임.



박세준

1985년 고려대학교 전자공학과(공학사). 1988년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사). 2002년 고려대학교 전자공학과(공학박사). 1998년~현재, KT 인프라연구소 무선인터넷개발담당. 관심분야는 휴대인터넷기술, CDMA 등임.



이성준

1982년 서울대학교 전자공학과(공학사). 1984년 서울대학교 전자공학과(공학석사), 2001년 서울대학교 전기공학부(공학박사). 1985년~현재 KT 인프라연구소 무선인터넷개발담당 상무. 관심분야는 초고속 무선 송수신 기술, Mobile WiMAX(WiBro) 기술, 이동통신 기술, 무선망설계 기술 등임.