

논문 2009-5-8

# WiFi-to-WiBro Access Point 구현 - WiMAX CPE

## Implementation of WiFi-to-WiBro Access Point -WiMAX CPE

박천관\*, 송한영\*\*, 전병천\*\*

Chun-Kwan Park, Han-Young Song, Byung-Chun Jeon

요 약 본 논문은 WiBro 무선망에 접속하여 Wi-Fi 단말에게 무선 인터넷 서비스 제공이 가능한 WiMAX CPE(무선 AP)를 개발하는 것이다. 상향 인터페이스로 WiBro를 기본으로 지원하며 하향 인터페이스로 Wi-Fi 및 100M 이더넷 인터페이스를 지원하는 것을 목표로 하여, 무선 인터넷 사업자가 지하철, 자동차, 선박 등에서 다수의 인터넷서비스 가입자에게 Wi-Fi 단말을 이용하여 무선 인터넷 서비스를 제공받을 수 있도록 하는 사업자용 장치와, WiBro 서비스에 가입한 다수의 Wi-Fi 단말들이 동시에 인터넷 접속을 할 수 있도록 일반 사용자들이 직접 구매하여 설치할 수 있는 일반 사용자용으로 구분하여 개발하였다.

**Abstract** This paper is to develop WiMAX CPE(wireless AP) that can provides Wi-Fi terminal with wireless Internet service by connecting to Wibro wireless network. This AP aims to support WiBro in upstream interface basically, and Wi-Fi and 100M Ethernet interface in downstream. So, we has developed the equipment for business that wireless ISP can provide many Internet customers with wireless Internet service by using Wi-Fi terminal in subway, car, ship, and so on, and the equipment for users that a user can purchase and then install in person. For the latter, multiple Wi-Fi terminals that be registered in WiBro service can be connected to Internet simultaneously.

**Key Words** : WiBro, WiMAX CPE, HSDPA, Wi-Fi, Ethernet, Mobile IP

### I. Introduction

최근 고속 무선 인터넷을 지원할 수 있는 이동통신 기술이 발전함에 따라 빠른 이동성과 고속의 데이터 통신을 지원할 수 있게 되었다. 기존 hot spot에 인터넷 서비스를 제공하기 위해 보급된 Wi-Fi는 이미 많은 가입자를 확보했을 뿐만 아니라 저가격의 고속의 서비스의 장점이 있어서 향후에도 많은 활용이 예상된다<sup>[1][2][3]</sup>. 이러한 Wi-Fi는 고속 이동성을 지원할 수 없으므로 WiBro (Wireless Broadband) 및 HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)와 연계하여 이동성을 지원하며, 기존의 Wi-Fi 가입자들이 기차, 버스 등에서 손쉽게

인터넷 서비스를 사용할 수 있도록 하므로 두 가지 기술의 장점들을 결합한 새로운 서비스 시장을 창출할 수 있다.

국내에서는 3.5G 통신 기술인 WiBro와 HSDPA 서비스를 진행하고 있으며, WiBro는 세계 휴대 인터넷 기술의 표준이 될 이동 WiMAX (IEEE 802.16e, World Interoperability for Microwave Access)에 통합되는 추세이다. WiMAX는 초기에 802.16a인 고정 WiMAX를 시작으로 802.16e인 이동 WiMAX로 발전해왔으며, 이동 WiMAX는 앞으로도 계속 발전할 전망이다<sup>[3][4]</sup>. 성능적인 면에서 802.16a는 최대 50Km 반경 내에서 75Mbps의 속도를 제공하고, 802.16e는 현재로서는 어느 정도의 이동성을 지원하면서 셀 반경 1~5Km에서 30Mbps의 속도를 제공한다. WiBro 기술은 802.16e의 프로파일로 채택

\*종신회원, 국립목포해양대학교 해양전자통신공학부

\*\*정회원, (주)넷비전텔레콤

접수일자 2009.9.12, 수정일자 2009.10.9

되었고 30~50Mbps의 속도를 제공한다. 이와 같은 동향에 따라 이동 WiMAX는 국내의 WiBro 서비스 시작을 통하여 WiBro가 제공하는 서비스를 뛰어 넘어 완벽한 이동성과 더 빠른 서비스를 구현하는 방향으로 발전할 것으로 예상된다<sup>[4][5][6][7]</sup>.

본 논문에서는 WiBro 무선망에 접속하여 Wi-Fi 단말에게 무선 인터넷 서비스 제공이 가능한 무선 AP를 구현하는 것이다. 무선 AP는 무선 인터넷 사업자가 지하철, 자동차, 선박 등에서 다수의 인터넷서비스 가입자에게 Wi-Fi 단말을 이용하여 무선 인터넷 서비스를 제공받을 수 있도록 하는 사업자용 장치와, WiBro 서비스에 가입한 다수의 Wi-Fi 단말들이 동시에 인터넷 접속을 할 수 있도록 일반 사용자들이 직접 구매하여 설치할 수 있는 일반 사용자용으로 구분할 수 있다. 사업자와 일반 사용자용을 구분하는 가장 큰 차이는 인증/주소할당/과금/보안을 위한 경계선의 위치가 상향 인터페이스(WiBro)에 있느냐 하향(Wi-Fi) 인터페이스에 있느냐에 있다. 본 과제에서는 사업자와 일반 사용자용 모두에게 적용할 수 있도록 기술들을 개발하고자 한다.

본 논문은 2장에서 광대역 무선 액세스 기술에 대하여 언급하고, 3장에서는 WiMAX CPE (Customer Premise Equipment)구현에 대하여 언급하고, 4장에서 구현된 WiMAX CPE의 기능 및 성능 시험에 대하여 언급하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 광대역 무선 액세스 기술

최근의 통신시장은 회선 기반 음성서비스에서 IP기반 데이터 서비스 중심으로, 유선통신 기반에서 무선통신 기반으로 변화하고 있다. 이런 통신환경에서 사용자의 다양한 멀티미디어 서비스요구에 부합할 것으로 기대되는 휴대인터넷 기술은 중저속의 이동성, 고속의 전송속도 및 저렴한 사용요금 등과 같은 특징을 기반으로 무선 인터넷 사용을 활성화될 것으로 예상되고 있다.

휴대 인터넷은 언제 어디서나 이동 가능한 초고속 인터넷 서비스를 말하며, IEEE802.16의 고정 광대역 무선 액세스 표준인 WiMAX에 이동성을 추가하여 휴대가 가능하도록 한 것이다. WiMAX는 IEEE802.16e에서 고정 또는 이동 표준을 지원하고 있어 휴대 인터넷 표준 기술을 이동 WiMAX 기술로 부르며, 국내에서는 WiBro라는

이름으로 2006년부터 서비스하기 시작하였다. 휴대 인터넷이 기존 정보통신 서비스와 차별되어 각광받는 주된 이유는 실시간 멀티미디어 콘텐츠를 이동성을 확보하면서 DSL(Digital Subscriber Line)과 같은 수준의 서비스를 안정적으로 제공할 수 있다는 것이다<sup>[2][3]</sup>.

WiBro는 휴대전화로부터, WiMAX는 무선랜으로부터 서로의 영역으로 진보하려는 기술들로서 WiBro는 약 5~6km 거리에서 1Mbps를 제공하고, WiMAX는 30km 정도의 거리에서 50Mbps를 서비스한다. 그러나 WiBro는 WiMAX에 고려되지 않은 이동시의 통신(약 60km/s 정도의 이동속도)과 과금 체계를 가지고 있고, 상용화 예정시기도 2006년으로 2007~8년경 시제품이 나올 WiMAX보다 훨씬 빨리 적용될 수 있다는 장점이 있다. 그리고, WiBro는 이미 통신 기술 자체의 개발은 끝나 있는 상황인데 비해 WiMAX는 통신기술이 아직 검증되지는 않고 이론적인 수준에 머물러 있다고 할 수 있다<sup>[6][7][8]</sup>. <표 1>은 광대역 무선 액세스 기술을 비교한 것이다.

표 1. 광대역 무선 액세스 기술 비교<sup>[2][3][9]</sup>

Table 1. Wideband Wireless Access Technologies Comparison

	Wi-Fi	WiMAX	Mobile WiMAX	WiBro
주파수 대역	2.4GHz/5.0 GHz	2~11GHz	2.5/3.5/5.8 GHz	2.3GHz
서비스	고정 무선랜	고정 인터넷	휴대인터넷	휴대인터넷
단말 이동성	고정	고정	이동성	휴대폰형/노트북형
접속 방식	DSSS/OFDM	OFDMA	OFDMA	OFDMA
대역폭	11/24/54Mbps	1.25~28GHz	10MHz	8.75MHz
커버리지	100m	36Mbps	DL : 20Mbps UL : 5Mbps	DL : 18.6Mbps UL : 4.0Mbps
사업자	기업	인텔	인텔	KT/SKT

WiBro와 HSDPA는 무선인터넷 서비스이며, 이동하면서 인터넷을 사용할 수 있다는 점에서 유사한 특성을 가지고 있다. 그러나 WiBro는 무선인터넷을 위해 개발된 기술이고, HSDPA는 휴대폰 개념에 기반을 둔 기술이다. WiBro와 HSDPA는 각각 장단점이 있지만 대체로 무선 인터넷 환경에서는 WiBro가 우세한 편이며, WiBro는 HSDPA에 비교해 다운로드는 물론이고 업로드에서까지

2배 이상의 체감 속도를 제공한다<sup>[4][8][9]</sup>. HSDPA는 W-CDMA (Wide-Code Division Multiple Access)를 확장한 고속 패킷통신 규격이다. W-CDMA나 CDMA보다 훨씬 빠른 속도로 데이터를 주고받을 수 있다는 것 때문에 WiBro와 함께 3.5세대 이동통신 방식이라 한다. 이 기술을 사용하면 W-CDMA보다 5배 이상 빠른 속도로 통신할 수 있으며, 다운로드 속도는 최대 14.4Mbps이다. 기지국에 대한 별도의 투자 없이도 W-CDMA 시스템을 개량하는 방식으로 서비스를 제공할 수 있다는 것도 장점이다. HSDPA는 데이터의 하향 전송 속도에 초점이 맞추어져 있으며, 앞으로 상향 속도를 개선한 HSUPA(High Speed Uplink Packet Access)를 거쳐 HSOPA로 진화할 로드맵을 갖고 있다. HSOPA(High Speed OFDM Packet Access)에 가서는 IP 기반 서비스를 제공할 것으로 전망되며, 이는 비슷한 시기의 이동 WiMAX와 서비스 수준이 거의 대등할 것으로 예상된다.

WiMAX(802.16)는 기업이나 가정에 고속 인터넷 접속 환경을 제공하는 last mile 솔루션으로서 기대를 모으고 있는 광대역 무선 접속 기술이다. 현재 널리 이용되고 있는 WiFi(802.11a/b/g)는 사무실이나 핫스팟 등의 로컬 지역을 대상으로 삼고 있지만, WiMAX는 도심부나 교외 등 보다 넓은 범위를 커버한다<sup>[3][9]</sup>.

WiMAX는 마이크로웨이브 액세스를 위한 전 세계에 걸친 상호 운용성을 의미하며, IEEE802.16 산업 표준에서 정의된 무선 광대역 시스템이다. WiMAX 포럼은 IEEE 802.16 표준의 적응과 상호 운용성을 촉진시키기 위하여 구성된 조직이다. 고정 WiMAX 표준으로 알려진 IEEE802.16-2004 (802.16d) 표준은 2004년 6월 IEEE에 의하여 승인되었다. 그것은 고정형 점대 다점(Point-to-multipoint) 광대역 무선 액세스 서비스를 제공하며, 주로 무선 MAN으로 사용된다. 2005년에, IEEE는 이동 WiMAX 개정, IEEE802.16e-2005(802.16e)를 승인하였다. 802.16e-2005 개정안에는, 이전의 이동성에 이동성 관리, EAP (Extensible Authentication Protocol) 및 핸드오버를 첨가한 것이다. 이동 WiMAX는 OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access)를 근간으로 하고 있으며, 전형적인 셀 사이즈 2~10km의 기지국에서 최대 75Mbps의 데이터 전송을 실현한다. 이 정도의 대역폭이면, 기업이 이용하고 있는 T1/E1급의 회선이라면 60개 이상, 가정의 DSL (Digital Subscriber Line) 회선이라면 몇백 개분의 데이터 전송을 룰 근의 기지국

에서 동시에 지원(Ortho. 초기에 WiMAX는 고정형과 nomadic 접속을 제공하게 되지만 최종적으로는 노트북, PDA (Personal Digital Assistant) 및 핸드폰 등 다양한 모바일 기기에 모바일 접속을 실현하게 된다.

### III. WiMAX CPE 구현

#### 3.1 이동 IP 기술<sup>[10][11][12]</sup>

IP 이동성은 IP 주소를 사용하는 개체가 위치를 이동하여 인터넷과의 접속점이 변경되더라도, 자신의 IP 주소를 변경하지 않고도 이전의 인터넷 연결 서비스를 그대로 유지하면서, 이전과 같은 인터넷 서비스를 제공하거나 제공 받을 수 있는 것을 말한다. 이때 접속 환경의 변화에 따른 경로 변경 및 동적인 연결 유지 등을 자동으로 제공하여야 한다. 그림 1은 IP 이동 서비스망 구성도를 나타낸다. Mobile IPv6에서, 노드는 3가지 형태로 분류된다. 하나는 HA(Home Agent)가 있는 HL(Home Link)에서 할당된 자신의 HoA(Home Address)를 가지고 IPv6 Internet에서 이동하는 MN(Mobile Node)이다. HA는 라우터이며 MN의 어드레스를 다루며, 자신의 신호를 지원하고, 그리고 도달성을 보장하는 다른 형태의 노드이다. 다른 것은 MN과 통신하는 노드인 CN(Correspondent Node)이다. CN은 이동 또는 정지할 수 있다.

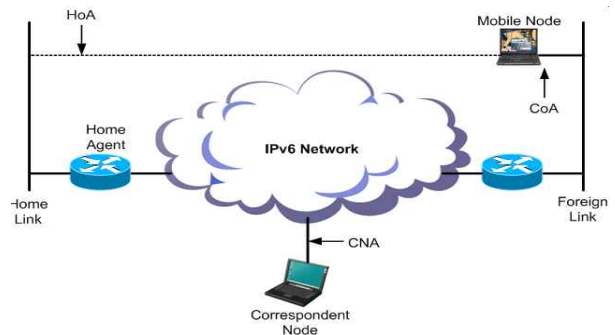


그림 1. IP 이동 서비스망 구성도  
Fig 1. Mobile Service Network Configuration

#### 3.2 WiMAX CPE 특징

WiMAX CPE는 무선 인터넷 사업자가 지하철, 자동차, 선박 등에서 다수의 인터넷 서비스 가입자에게 Wi-Fi 단말을 이용하여 무선 인터넷 서비스를 제공받을

수 있도록 하는 사업자용 장치와, 일반 사용자들이 직접 구매하여 설치하는 일반 사용자용으로 구분된다. 일반 사용자용은 WiBro 서비스에 가입서비스다수의 Wi-Fi 단말들이 동시에 인터넷 접속을 할 수 있다.

사업자용과 일반 사용자용을 구분하는 가장 큰 차이는 인증/주소할당/과금/보안을 위한 경계선의 위치가 상향 인터페이스(WiBro)에 있느냐 하향(Wi-Fi) 인터페이스에 있느냐에 있다. 그림 2는 사업자용 WiMAX CPE 구성을 보여준다.



그림 2. 사업자용 WiMAX CPE 구성도  
Fig 2. WiMAX Configuration for Business

사업자용 WiMAX CPE는 상향 인터페이스로 WiBro, HSDPA (선택사양) 등을 사용하며 인터넷과 접속한다. 이 부분은 사업자 영역으로 망에서 Wi-Fi 단말의 인증/주소할당/이동성 관련 기능을 제공하여야 한다. 다수의 가입자 단말과 WiMAX CPE간 접속은 ISP가 제공하는 적당한 인터페이스를 지원하여야 하며, Wi-Fi, Ethernet 등을 통하여 이루어진다. 이를 통하여 사업자가 제공하는 인증/주소할당/이동성을 제공 받을 수 있다.

그림 3은 일반 사용자용 WiMAX CPE 구성을 보여준다.



그림 3. 일반 사용자용 WiMAX CPE 구성도  
Fig 3. WiMAX CPE Configuration for user

일반 사용자용 WiMAX CPE는 상향 인터페이스로 WiBro, HSDPA 등을 사용하며 인터넷과 접속한다. 사업자 영역은 인터넷 망과 일반 사용자용 WiMAX CPE간 영역이며, 망에서 Wi-Fi 단말의 인증/주소할당/이동성 관련 기능을 제공할 필요가 없다. 일반 사용자들은 WiMAX CPE를 직접 구매, 설치하여 구내망을 구성한 후 WiBro 서비스에 가입한 다수의 Wi-Fi 단말들이 동시에 인터넷 접속을 할 수 있도록 한다. 다수의 가입자 단말은 Wi-Fi, Ethernet 인터페이스를 통하여 WiMAX CPE와 접속한다.

### 3.3 WiMAX CPE 하드웨어 구성

WiMAX CPE 플랫폼은 기존의 무선랜 AP가 유선망에 고정적으로 접속되어야 하는 데 반해 이동이 가능하다. WiMAX CPE는 무선 랜과 유선 랜 포트, WiBro 인터페이스를 지원함으로써, 유무선 통합과 더불어 WiBro 기지국의 연동을 통하여 이동하는 기차나 버스 등에서 인터넷 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 WiMAX CPE는 상향으로 WiBro, 하향으로 Ethernet 기반 유-무선을 갖는 장치로 유-무선 가입자들을 WiBro 망에 접속하게 함으로서 고품질의 이동성을 보장한다. WLAN의 경우도 이동성을 지원할 수 있으나, 서비스 제공 범위가 작기 때문에, 광대역의 지역을 지원하는 장치로 개발하였으며, 다음과 같은 모듈로 구성되어 있다.

#### □ CPU 보드

- 533MHz IXP465 CPU 적용(저가형에서는 200MHz RTL8186 CPU 적용)
- 32M Flash, 256M SDRAM(저가형에서는 4~8M Flash, 16~32M SDRAM 적용)

#### □ Mobile WiMAX(WiBro) 모듈

- USB 인터페이스를 지원하는 모듈 적용(GCT chip 사용)
- 저가형에서는 삼성 chip을 사용한 wave 2 모듈 적용(2x2 MIMO)

#### □ Wi-Fi 모듈

- 802.11b/g 지원 Athelos chip 적용
- 저가형에서는 Realtek RTL8225 chip 적용하여 CPU 보드에 통합

그림 4는 WiMAX CPE 시스템 구조를 나타낸다. 이 구조에서 HSDPA는 선택사항이다. WiMAX CPE는 상향 망 접속을 위한 WiBro 또는 HSDPA(선택사항) 인터페이스와 하향 서비스 중 무선인 Wi-Fi 인터페이스와 유선인 10/100Base-Tx 인터페이스를 갖는다. 또한 옵션으로 VoIP (Voice over Internet Protocol) 전화 인터페이스를 지원하는 데, 이는 선인 전화를 연결하여 인터넷 전화 서비스 가입자를 위한 것이다. 추가적으로, S/W 이미지와 각종 파라미터를 저장할 위한 Flash Memory의 각운용을 위한 SDRAM이 배치되어 있고, 용량은 각각 4MByte 각16MByte이며, 이는 S/W의 용량에 따라 선택적으로 사용이 가능하다.

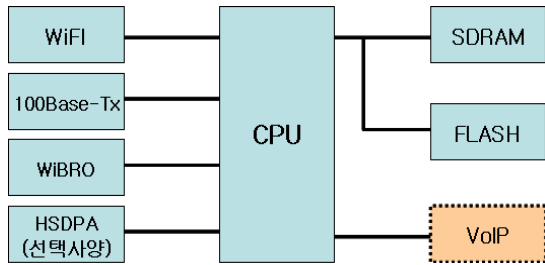


그림 4. WiMAX CPE 구조  
Fig 4. WiMAX CPE Architecture

그림 5는 WiMAX CPE 시스템 보드 전면 구성도를 나타낸다. WiMAX CPE 시스템 보드는 프로세서 (RTL8186P, 32비트 RISC 마이크로 프로세서), SDRAM (IS42S16400-7, 1M x 4banks x 16bits), Flash ROM(EN29LV640), Fast Ethernet PHY chip (RTL8201CP-LQFP48), RF 모듈, WiBro 인터페이스 모듈, USIM 인터페이스 모듈, 100Base-T Ethernet Ports로 구성된다. 마이크로 프로세서는 고성능 32비트 RISC 마이크로 컨트롤러를 가진 SoC (System on Chip) 이다. 이 프로세서는 또한 두 개의 Ethernet MAC과 하나의 WLAN (Wireless LAN) 컨트롤러를 내장하고 있다. 또 이 보드에는 USIM (Universal Subscriber Identity Module) 인터페이스 모듈과 WiBro 모듈을 가지고 있으며, PCI-USB 변환기가 있다.

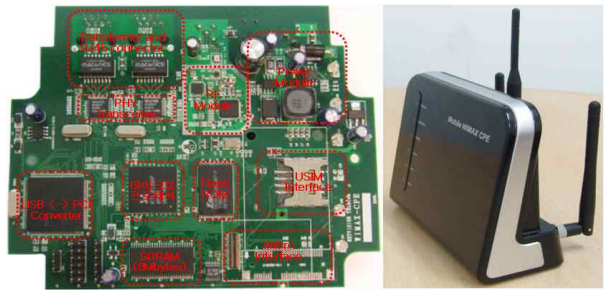


그림 5. WiMAX CPE 보드 및 실물 구성도  
Fig 5. WiMAX CPE Board and Product

### 3.4 WiMAX CPE 소프트웨어 및 프로토콜 구성

WiMAX CPE는 기본적으로 Wi-Fi 및 WiBro, HSDPA(선택사항) 인터페이스를 지원하도록 구현되었다. 그림 6은 WiMAX CPE의 인터페이스 구조도를 보여준다. 이 그림에서 사용자 영역과 커널 영역을 보여주고 있다. 사용자 영역은 사용자가 인터넷과 접속하기 위한 접속관리 기능을 수행하고, 커널영역은 커널 IP 스택과 연동하여 Wi-Fi 및 WiBro, HSDPA를 구동하기 위한 드라이버, Wi-Fi 및 WiBro, HSDPA 인터페이스를 담당한다.

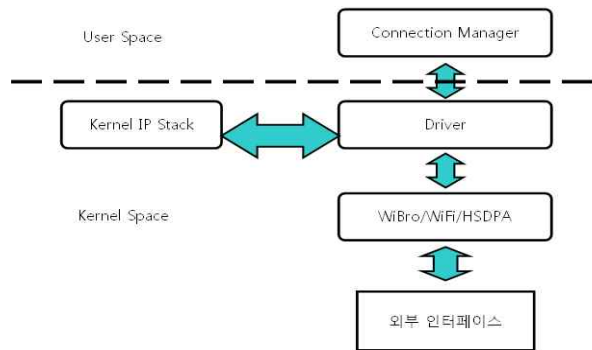


그림 6. WiBro/Wi-Fi/HSDPA 인터페이스  
Fig 6. WiBro/Wi-Fi/HSDPA Interfaces

그림 7에서는 WiMAX CPE의 소프트웨어 구성도를 보여주고 있다. 이 그림에서 보는 바와 같이 WiMAX CPE는 유저 기반의 모듈과 커널 의존적인 부분으로 나누어진다. 유저 영역에서는 이동성 지원을 위한 Mobility Header를 다루는 부분과 이를 이용한 바인딩 관리를 주로 하며 커널 레벨에서는 이 정보를 바탕으로 라우팅 설정 및 터널 생성 등의 작업이 이루어진다. 커널과 유저 레벨의 프로그램 사이에는 Netlink Socket과 ROW Socket를 이용하여 통신한다.



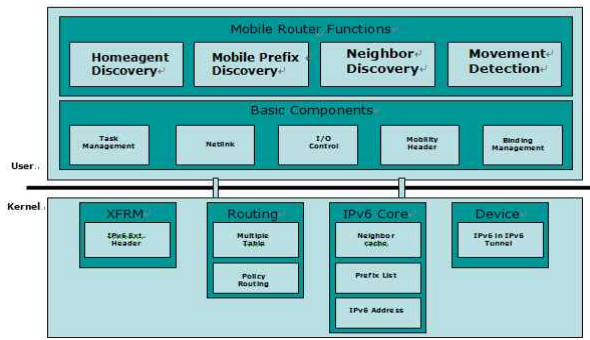


그림 7. WiMAX CPE 소프트웨어 구성도  
Fig 7. WiMAX CPE Software Configuration

그림 8은 WiMAX CPE의 프로토콜 스택 구조를 보여주고 있으며, WiMAX CPE는 IPv6를 기반으로 하여 인터페이스 드라이버 및 WiBro 서비스를 위한 제어 프로토콜로 구성된다.

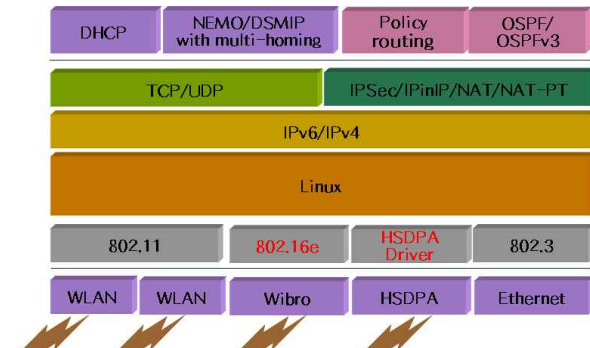


그림 8. WiMAX CPE의 프로토콜 스택  
Fig 8. WiMAX CPE Protocol Stack

IPv6를 지원하기 위하여 WiMAX CPE에 Linux 커널 2.6.16을 포팅하여 IPv6 기본 기능인 RFC2461(Neighbor Discovery for IPv6), RFC2462(IPv6 Stateless Address Auto-configuration), RFC3587 (IPv6 Global Unicast Address Format)을 지원할 수 있도록 한다. 또한 Qugga OSPFv3를 적용하여 RFC2740(OSPF for IPv6) 라우팅 프로토콜을 지원할 수 있도록 한다.

그림 9는 무선랜 인증 릴레이를 보여준다. WiMAX CPE는 상향으로 WiBro망 또는 HSDPA망(선택사항)과 접속할 수 있으며 가입자 인증도 이루어져야 한다. 무선랜은 IEEE 802.1X 을 기반으로 유선망의 접근제어 기술을 적용하고 있으며, 인증 매커니즘으로 EAP/EAPoL 프로토콜, EAP 기반의 인증 방법을 채택하고 있다. 또한 무선랜 단말과 WiMAX CPE 사이의 키 분배를 통하여

데이터 프라이버시 매커니즘 즉, cipher suite(WEP, TKIP, CCMP)를 제공함으로써 무선구간을 지나는 데이터에 대한 기밀성, 무결성, 데이터 출처인증 등을 보장하는 정보보호 서비스를 필수적으로 요구하고 있다<sup>[14][15]</sup>. 무선랜의 안전한 보안체계를 구축하기 위해서는 802.11b의 보안 요소들을 이용한 표준체계 및 공개된 구조를 사용하여 강력한 수준의 이용 가능한 보안수준을 제공하는 것이며 중앙 집중적인 보안 관리체계를 보장하는 것이다. 이러한 보안 매커니즘의 절차는 다음과 같은 순서로 이루어진다.

- ① 이동 단말이 이동 AP와 접속 요청
- ② 이동 AP는 LAN에 접속하고자 하는 모든 사용자 요청을 상호 인증이 이루어질 때 까지 차단
- ③ 사용자는 사용자명과 암호를 사용하여 네트워크에 로그인 수행
- ④ 인증서버와 이동단말간 상호인증을 수행하고 WEP 키를 유도
- ⑤ 인증서버는 이동 AP로 관련 Key 전달
- ⑥ 이동단말과 이동 AP는 WEP키를 활성화하고 서로 간 통신을 위해 관련 Key 사용

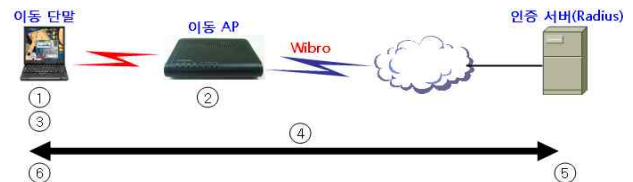


그림 9. 무선랜 인증 릴레이  
Fig 9. Wireless LAN Authentication Relay

#### IV. WiMAX CPE 기능 및 성능 시험

본 논문에서의 WiMAX CPE는 망측(상향) 인터페이스로 WiBro를 기본으로 지원하며 선택적으로 HSDPA를 지원할 수 있다. 그리고 가입자측(하향) 인터페이스로 Wi-Fi 및 100M 이더넷 인터페이스를 지원할 수 있다. 본 논문의 WiMAX CPE는 특정 장소에 고정되지 않고 이동체에 탑재되어 이동하면서도 Wi-Fi 단말에게 무선 인터넷 서비스 제공이 가능하며, IPv6, 무선랜 정합, Mobile IPv6 등을 기반으로 한다, 그리고 개발 장치의 가격 경쟁력을 확보하기 위하여 WiBro 및 Wi-Fi 정합 모듈 기술

을 가진 업체와 저가격 통합 모듈의 개발을 협력하여 사업자용 및 일반 사용자용 기능을 모두 갖출 수 있도록 개발하였다.

#### 4.1 WiMAX CPE 기본 기능 및 성능 시험

그림 10은 상용 WiBro망 기반 시험 환경에 따른 기본 시험 구성도를 나타낸다. 이 구성에서 Wibro는 서버를 통하여 인증된 후 할당 받은 IP를 사용하였으며, 하향 단말의 경우 (Client), Ethernet(LAN) 또는 Wireless를 사용하여, WiMAX CPE와 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)를 이용하여 사설망을 구축하였다. 그리고 이 사설망에서 WiMAX CPE의 내부에 있는 NAT (Network Address Translation) 및 포트 포워딩 기능을 이용하여 상향 및 하향에 대한 서버와 클라이언트 간의 통신 성능을 측정하였다. 그림 9의 a)는 WiBro to LAN (Ethernet) 구성을 나타내며, b)는 WiBro to Wi-Fi 구성을 나타낸다. 이 구성에서 WiMAX CPE는 WiBro Server로부터 인증과 더불어 IP주소를 받고, 클라이언트도 WiMAX CPE로부터 인증과 더불어 IP 주소를 받는다. 이와 같이 구성된 망에서 TCP를 이용한 대역폭, RSSI, 그리고 CNIR를 측정하였다.

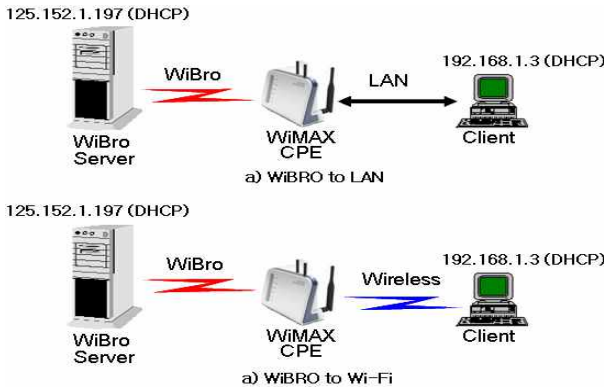


그림 10. WiMAX CPE 기본 시험 구성도  
Fig 10 WiMAX CPE Basic Test Configuration

성능 측정 요소에는 CINR (Carrier to Interface Ratio), RSSI (Received Signal Strength Indication), 그리고 대역폭이 있는데, CINR은 WIBRO(WiMAX)와 같이 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술을 사용하는 시스템에서의 신호 품질을 평가하는 기준으로 사용하며 단위는 dB 이다. CINR

의 측정은 Pilot power를 통하여 측정하는데, 기지국(BS, Base Station)에서 보내는 REP-REQ의 MAC메시지를 통하여 단말에 요청하고, 단말에서는 REP-RSP를 통하여 기지국에 보고 한다. BS에 의해 CINR 측정의 명령이 주어지고, 각 SS에서 CINR을 측정하게 된다. SS는 무선 채널의 품질을 측정하기 위하여 링크 부채널인 CQI를 통하여 주기적으로 채널품질정보를 BS에 전달한다. 먼저 BS가 REP-REQ의 MAC메시지를 통하여 단말에 요청하고, REP-RSP를 통하여 단말은 BS에 보고 한다. RSSI (Received Signal Strength Indication)는 수신 신호강도로 수신기에서 수신되는 전력이 얼마인지 그 수치를 말하는 것이다. 다만 이것은 수신기에 들어오는 신호전력만을 의미하기 때문에 안테나의 이득이나 회로내부의 손실은 고려하지 않는다. 시간과 장소 날씨에 따라 RF신호 레벨은 다르게 나타난다. 대부분의 실제 상황에서 이동 단말은 직접적으로 들어오는 신호 하나만 받기보다는 직접파와 함께 수많은 반사파도 함께 받게 된다.

그림 11은 WiBro to LAN 하향 성능 시험 결과를 나타낸다. WiMAX CPE와 클라이언트가 Ethernet로 접속된 상황에서 하향 대역폭은 4.6Mbps로 거의 일정한 값을 보여주고 있으며, 대역폭, CINR, RSSI와의 관계를 보여주고 있다. CINR, RSSI 값이 거의 일정한 값을 유지하고 있으며, 그에 따라 대역폭도 일정하게 유지되고 있는 것을 보여주고 있다.

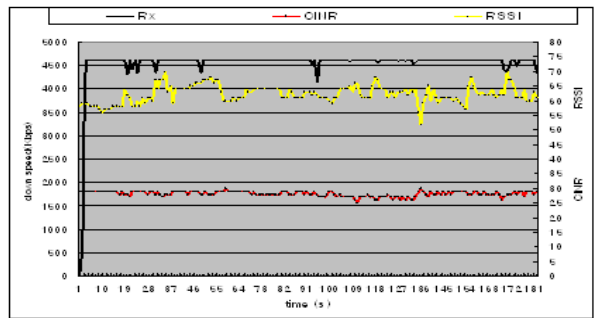


그림 11. WiBro to LAN 성능 시험 (Downstream)  
Fig 11. WiBro to LAN Performance Test (Downstream)

그림 12은 WiBro to LAN 상향 성능 시험 결과를 나타낸다. 상향 대역폭은 평균적으로 1.5Mbps를 보여주고 있으며, 간혹 기지국에 접속된 다른 가입자로 인하여 점유 대역폭이 다소 감소하는 영역이 있으나 안정되는 현상을 보여주고 있다. RSSI 값과 CINR값이 초기에 낮

은 변동이 있어 대역폭도 심한 변동이 있는데, RSSI 값과 CINR 값이 안정화됨에 따라 대역폭도 안정화되는 것을 보여주고 있다.

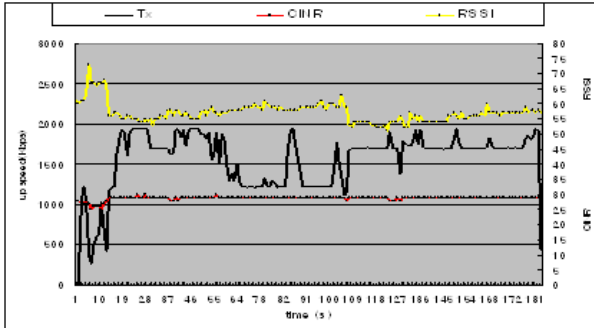


그림 12. WiBro to LAN 성능 시험 (Upstream)  
Fig 12. WiBro to LAN Performance Test (Upstream)

그림 13은 WiBro to Wi-Fi (Wireless) 하향 성능 시험 결과를 나타낸다. 대역폭은 4.6Mbps로 거의 일정한 값을 보여주고 있으며, WiBro to LAN (Ethernet) 하향 성능 시험 결과와 거의 일치함을 보여주고 있다. 또 CINR, RSSI가 일정한 값을 유지하고 있어 그에 따라 대역폭도 일정하게 유지되고 있다. 이 실험은 TCP를 이용한 대역폭 측정이기 때문에 그림과 같이 에러에 따른 재전송이 있어 대역폭이 순간적으로 감소되는 경우가 있을 수 있다. 이는 무선 AP가 Air Interface이기 때문에 발생 가능한 것이다.

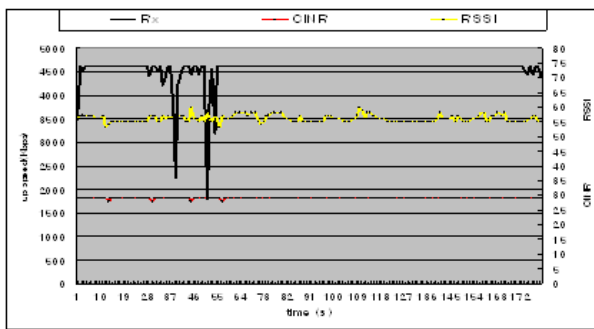


그림 13. WiBro to Wi-Fi 성능 시험 (Downstream)  
Fig 13. WiBro to Wi-Fi Performance Test (Downstream)

그림 14은 WiBro to Wi-Fi (Wireless) 하향 성능 시험 결과를 나타낸다.

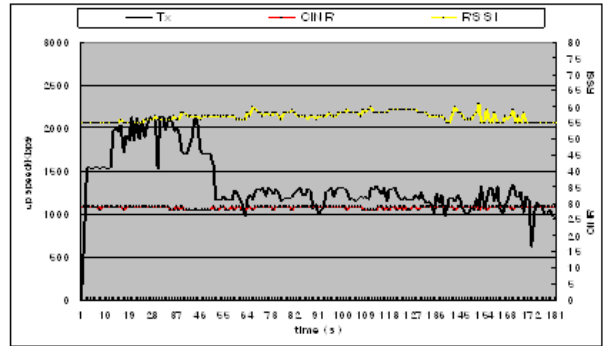


그림 14. WiBro to Wi-Fi 성능 시험 (Upstream)  
Fig 14. WiBro to Wi-Fi Performance Test (Upstream)

초기 대역폭 2Mbps정도 유지하다가 기지국에 연결된 다른 가입자 때문에 점유 대역폭이 1.2Mbps로 떨어져 일정하게 안정적으로 유지되는 것을 보여주고 있다. 그리고 CINR, RSSI가 일정한 값을 유지하고 있는 것을 보여준다.

#### 4.2 펌토셀을 이용한 WiMAX CPE 기능 및 성능 시험

그림 15는 펌토셀을 이용한 WiMAX CPE의 기능과 성능을 시험하기 위한 구성도이다. 펌토셀은 소형 WiBro 기지국이며, 서버는 DHCP 프로토콜을 구비하고 있어 펌토셀을 거쳐 WiMAX CPE에 IP 주소를 할당해 준다. 그리고 단말은 WiMAX CPE와 Wi-Fi 인터페이스를 통하여 접속하고, WiMAX CPE에 있는 DHCP 프로토콜을 통하여 IP 주소를 할당받는다. 이와 같은 구성을 통하여 TCP를 이용한 대역폭을 측정하였다.



그림 15. 펌토셀을 이용한 시험망 구성  
Fig 15. Test Network Configuration using Femtocell

그림 16은 WiMAX CPE와 단말간 무선 (Wi-Fi)로 접속한 상태에서 상·하향으로 측정된 수율이다.



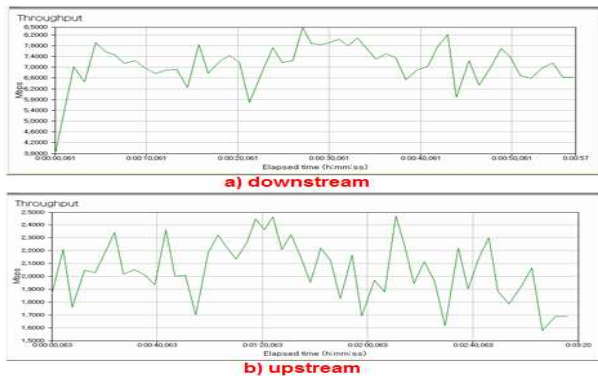


그림 16. Wibro-WiFi Throughput  
Fig 16. Wibro-WiFi Throughput

WiMAX CPE와 단말간 무선으로 접속되기 때문에 수신되는 신호 레벨에 따라 대역폭이 다소 유동적이며, 하향은 평균적으로 약 7Mbps, 상향은 약 2Mbps를 보여주고 있다.

그림 17은 WiMAX CPE와 단말간 이더넷(LAN)으로 접속한 상태에서 상·하향으로 측정된 수율이다. 하향은 Wi-Fi로 연결했을 때와 거의 같은 것을 보여주고, 상향에서는 Wi-Fi로 연결했을 때보다 높고 일정한 수율을 보여주고 있으며 간혹 패킷 손실에 따른 대역폭 감소를 보여주고 있지만, 상향에서 Wibro-WiFi로 접속했을 때보다 패킷 손실이 훨씬 적음을 알 수 있다. 연결 하향은 평균적으로 7Mbps, 상향은 약 3Mbps 정도를 보여주고 있다.

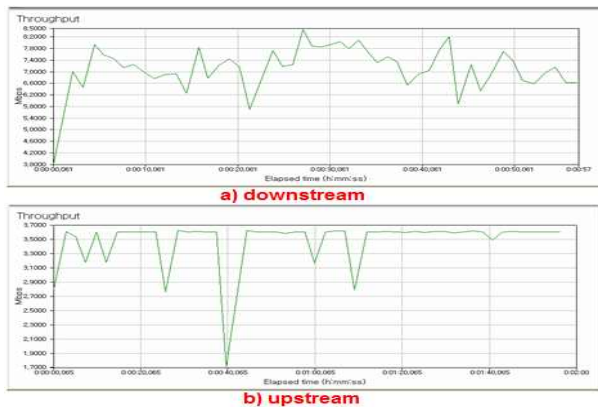


그림 17. Wibro-Ethernet Throughput  
Fig 17. Wibro-Ethernet Throughput

그림 18은 이동시 차량 속도에 따른 상·하향 대역폭을 측정하는 것이다.

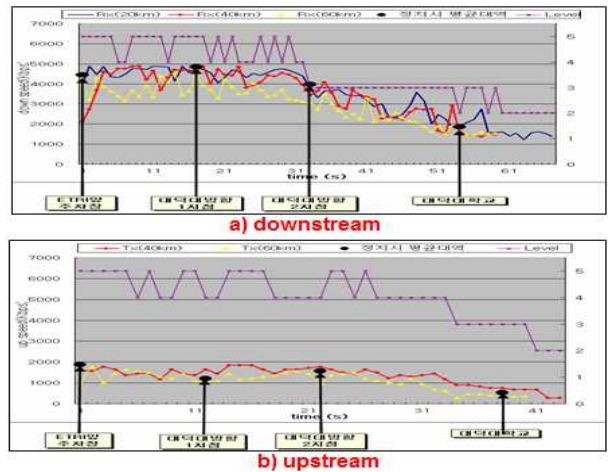


그림 18. 속도별 대역폭 측정  
Fig 18. Bandwidth Measurement for speed

측정 장소는 대전 ETRI에서 대덕 대학교까지 측정하였다. 측정 내역은 신호 레벨, 정지시, 그리고 이동시 (20km, 40km, 60km) 대역폭 변동을 측정하였다. 일반적으로 ETRI에서 멀어질수록 수신 신호 강도가 약해지기 때문에 대역폭이 감소되고, 차량의 속도가 높을수록 대역폭 성능이 감소되는 것을 알 수 있다. 하향에서는 출발 지점에서 약 4Mbps 정도에서 시작하여 중간 지점2 부터 감소하기 시작하였다. 중간지점2 까지 차량 속도가 40km/h, 60km/h에서 거의 동일한 대역폭을 보이다가 중간지점2부터 수신 신호 강도가 감소되면서 대역폭이 감소되는 것을 알 수 있다. 상향에서는 출발 지점에서 약 2Mbps 정도에서 시작하여 중간 지점2 이후부터 수신 신호 감소로 대역폭이 감소되는 것을 알 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서 개발한 WiMAX CPE는 망측(상향) 인터페이스로 WiBro를 기본으로 지원하며 선택적으로 HSDPA를 지원할 수 있으며, 가입자측(하향) 인터페이스로 Wi-Fi 및 100M 이더넷 인터페이스를 지원하는 것을 목표로 하여, 무선 인터넷 사업자가 지하철, 자동차, 선박 등에서 다수의 인터넷서비스 가입자에게 Wi-Fi 단말을 이용하여 무선 인터넷 서비스를 제공받을 수 있도록 하는 사업자용 장치와, WiBro 서비스에 가입한 다수의 Wi-Fi 단말들이 동시에 인터넷 접속을 할 수 있도록 일반 사용자들이 직접 구매하여 설치할 수 있는 일반 사용자용으로 구분하여 개발하였다.

사업자용과 일반 사용자용을 구분하는 가장 큰 차이는 인증/주소할당/과금/보안을 위한 경계선의 위치가 상향 인터페이스(WiBro)에 있느냐 하향(Wi-Fi) 인터페이스에 있느냐에 있다. 이를 통하여 국산 장비의 보급을 넓히고 다양한 응용 분야에 활용될 것으로 기대된다. 이를 통하여 이미 많은 가입자를 확보하고 있는 Wi-Fi는 저가격의 고속의 서비스의 장점이 있지만, 고속 이동성을 지원할 수 없으므로 WiBro 및 HSDPA와 연계하여 이동성을 지원하며, 기존의 Wi-Fi 가입자들이 기차, 버스 등에서 손쉽게 인터넷 서비스를 사용할 수 있도록 하므로 두 가지 기술의 장점들을 결합한 새로운 서비스 시장을 창출할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] 양용석, “무선인터넷 망 개방 활성화를 위한 소고”, ETRI 주간기술동향 1348호, 2008.5.28.
- [2] “WiBro와 WiMAX”, <http://downrg.com/68>
- [3] 김광용, “휴대인터넷 서비스 기술의 오늘과 내일”, 한국전자통신연구원 주간기술동향 통권 1281호, 2001.01.31.
- [4] “무선인터넷 시장 활성화 방안”, 인터넷이슈리포트 2008권 4호, 2008.04.29.
- [5] “2006년 무선 인터넷 이용 실태 조사”, 한국인터넷진흥원, 2006.11.30.
- [6] 이승주, “최근 WiBro 표준화 산업 동향”, ETRI 주간기술동향 1348호, 2008.1.16.
- [7] “WiBro-품목별핵심보고서“, 정보통신국제협력진흥원, 2008.03.14.
- [8] 오세근, “최근 WiBro 추진 동향과 전망”, 한국전자통신연구원 주간기술동향 통권 1288호, pp12~23, 2007.3.21.
- [9] Abdulrahman Yarali, Saifur Rahman, Bwanga Mbula “WiMAX: The Innovative Broadband Wireless Access Technology”, JOURNAL OF COMMUNICATIONS, VOL. 3, NO. 2, PP53~63, APRIL 2008.
- [10] 박혜경, 안운영, 김성혜, 박창민, 홍성백, “IP 네트워크 이동성 기술 동향 분석, 전자통신동향분석 19권 1호(통권85호), 2004.02.15.
- [11] “IP 네트워크 이동성 기술”, 전자과학 기획기사, 2004.11.30.
- [12] Microsoft, “Understanding Mobile IPv6”, White Paper, May.2005.
- [13] 백은경, “이동 네트워크에서의 Multihoming(멀티호밍) 지원 표준화 현황”, 한국정보통신기술협회, 2004.11.01.
- [14] RFC 3748, “Extensible authentication protocol(EAP)”, June 2004.
- [15] 이욱연, “무선 통신 보안”, 물리학과 첨단기술. March 2007.
- [16] “WiBro Mobile AP 플랫폼 설계서”, (주)넷비전텔레콤

본 연구는 중소기업기술개발지원사업(주관기관 : (주)넷비전텔레콤)의 지원으로 수행된 것입니다.

저자 소개

박 천 관(중신회원)



- 1987년 건국대학교 전자공학과 학사 졸업
- 1991년 충남대학교 전자공학과 석사 졸업
- 1996년 건국대학교 전자공학과 박사 학위
- 2009년 현재 국립목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수

- 1997년~1998년 한국전자통신연구원 초빙연구원
- 2002년~1998년 PolyTechnic University 방문 연구원
- <관심 분야> IP QoS, PON 기술, 통신 프로토콜, WiBro, LTE 등

송 한 영(정회원)



- 1984년 충남대학교 계산통계학과 학사 졸업
- 2002년 배재대학교 정보통신공학과 석사 졸업
- 1987년 배재대학교 정보통신공학과 박사 졸업
- 1984년~1998년 한국전자통신 연구원 선임연구원

- 1998년 ~ 2003년 (주)한영정보통신 대표
- 2003년 ~ 2005년 온넷기술(주) 이사
- 2009년 현재 (주)넷비전 텔레콤 이사
- <관심분야> 유.무선통신, 임베디드 시스템, 영상처리, 통신 프로토콜 등

전 병 천(정회원)



- 1984년 충남대학교 전자공학과 학사 졸업
- 1986년 충남대학교 전자공학과 석사 졸업
- 1992년 충남대학교 전자공학과 박사 학위
- 1987년~1988년 국방과학연구소 연구원

- 1988년~2002년 한국전자통신연구원
- 2002년~2003년 한국전자통신연구원 초빙연구원
- 2002년 현재 (주)넷비전텔레콤 대표이사
- <관심 분야> PON기술, 통신 프로토콜, NGN 설계, WiBro, LTE 등