

主題

# 광대역 무선 가입자 망의 현황 및 관련 기술 개발 동향

한국전자통신연구원 교환전송기술연구소 정해원, 박봉혁, 이형호

차례

- I. 개요
- II. 광대역 무선 가입자 망의 구성
- III. DAVIC과 MCNS
- IV. 핵심기술의 소개
- VI. 결론

## I. 개 요

21세기의 정보통신 서비스는 어디서나, 언제나, 누구와도, 어떠한 서비스도 상호통신이 가능하여야 하며, 이는 기존의 다양한 유선 및 무선의 공중망, 사설망 영역에 제한 없이 서비스의 연속성, 정보 전달 능력의 고속화 및 광대역화, 단말기의 이동성을 제공하는 통합 서비스 개념으로 발전될 것으로 전망된다. 즉, 앞으로의 서비스는 유선과 무선의 통합, 방송과 통신의 결합, 멀티미디어 서비스의 전개와 같은 패러다임 변화를 수용하는 유무선 통합 구조로 진화하여 갈 것이다.

이러한 서비스를 제공하기 위한 인프라 네트워크 (Infrastructure Network)인 초고속 정보 통신 기반은 21세기 사회의 최대 간접 자본으로서 관공서, 산업체, 일반 가정 등을 초고속 정보 통신로로 연결하여, 기존의 전기통신 서비스는 물론이고, 미

래의 멀티미디어 서비스를 제공할 목적으로 2010년까지 정부와 민간이 공동으로 망을 구축하는 것을 목표로 하고 있다. 이때 나타날 가장 큰 변화 중의 하나가 과거 교환기와 단말기간에 단순히 점 대 점 간 선로를 연결하여 구성되던 기존 가입자 액세스 망 분야이다.<sup>(1)</sup>

초고속 정보통신 기반 구축 기본 계획에서 초기에는 모든 가입자까지 완전 광케이블로 구축하는 것을 목표로 하였으나 관련 기술의 실용화가 지체됨에 따라 경제성을 고려하여 광 가입자의 대안 기술에 의한 준 고속망의 서비스를 제공하는 것으로 수정하였다. 이러한 대안 기술에는 전통적인 광 가입자망 (FTTx : Fiber To The Office/Curb/Home) 등과 함께 기존 전화선을 이용하는 xDSL로 통칭되는 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) 과 VDSL (Very high bit rate DSL) 기술의 결합, 무선 채널을 이용하는 광대역 무선 가입

자 망(B-WLL: Broadband Wireless Local Loop), 동축 케이블TV망을 이용하는 HFC (Hybrid Fiber Coax) 기술 등이 있다. 또한 액세스 망의 구성도 가입자 망 특성에 따라 다양하게 전개 시킬 수 있는 액세스 서비스 플랫폼(Access Service Platform) 개념을 도입하여, 다양한 통신 사업자를 수용하고, 통신 서비스와 방송 서비스의 융합, 그리고 유선과 무선의 통합을 추구하는 것이다.

단말계도 종래의 통신 단말의 개념을 뛰어 넘어, TV, 전축, 컴퓨터 등과 같은 맥내 가전 기기들을 지속적으로 통합해 나가고, 가입자계 내부의 맥내 통신 기반도 광대역, 고속화, 전달의 투명성을 확보해 갈 것이며, 급증하는 이용자 정보 대역의 수용을 위해서 궁극적으로 이용자의 맥내까지 광대역 채널을 확보하는 형태로 발전될 전망이다. 특히 초고속망 도입 우선 순위가 낮았던 가정내의 맥내 통신 기반(infrastructure)도 기존의 맥내 배선 체계를 개선하여 고속의 인터넷 통신 및 디지털 가전기기를 수용할 수 있는 새로운 개념의 맥내 통신 기반을 지향하는 홈 네트워크로 진화되어 갈 것으로 전망된다. 궁극적인 광대역 가입자망은 초고속망의 진화와 함께 다양한 서비스의 발전에서 중심이 되어 기존 기간통신망과의 연동, 통신망의 지능화 및 이동 통신망과의 통합, 통신 관리 망의 도입, 통신형 양방향 서비스로의 발전, 망의 안전한 운영을 위한 보안기술 발전 등이 예상된다.

광대역 무선 가입자 망을 정의하면, (준)밀리미터파(26GHz) 주파수를 사용한 광대역 고정무선통신망으로서 음성전화, 고속 데이터, 영상 전송 등 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하고, 망 구성은 점대 다중 구조(Point to Multi-point)이고 상하향 채널은 비대칭 구조로 운용되며 전파의 특성상 가입자와는 가시거리(LOS: Line of Sight)가 요구 되는 시스템으로서 제공되는 서비스는 음성(POTS), ISDN, Ethernet (10BaseT), 여러

채널의 64Kbps 및 T1/E1 채널과 ATM 25/155 Mbps 채널 및 영상 분배 서비스 등이다.

광 화이버를 대체할 만한 무선에 의한 초고속 광대역 전송은 밀리미터파대(30 GHz - 300 GHz)에서 가능하다. 밀리미터파대 통신은 광 화이버에 버금가는 충분한 전송 용량을 확보하고 있으나, 대기에 포함된 산소 입자 및 강우에 의한 전파 감쇄 때문에 중계 거리에 제약을 받으며, 소자 기술이 성숙되지 않는 등 아직 그이용이 미미한 실정이다. 현실적으로 현재 이용 가능한 주파수대는 24~28 GHz 대의 준 밀리미터파를 사용하는 광대역 고정 무선 통신 시스템(Fixed Wireless Access System)으로 유선으로 설치하는 것이 불가능하거나 시간적, 공간적, 경제적인 제약이 많은 영역을 대상으로 하고 있다. 광대역 무선 가입자 액세스 기술의 근원은 CATV 가입자 분배 망을 무선으로 구축한 MMDS(Multi-channel Multipoint Distribution Service), LMDS(Local Multipoint Distribution Service), 캐나다의 LMCS(Local Multipoint Communication System), 유럽의 MVDS(Microwave Video Distribution Service) 등의 고정 무선 전송 기술에서 찾을 수 있다. 즉, 초창기의 LMDS는 영상 분배 서비스용 시스템으로 인식되었으나 점차 인터넷 서비스와 같은 양방향 비대칭의 고속데이터서비스, 그리고 영상전화 서비스와 전용회선 서비스 같은 통신 서비스까지 제공할 수 있는 시스템으로 그 개념이 확대 되었으며 그 응용 서비스의 하나가 광대역 무선 가입자 망(B-WLL: Broadband Wireless Local Loop) 시스템이라고 볼 수 있다.<sup>[2]</sup>

광대역 무선 가입자 망에 대한 대표적인 표준 규격으로는 96년 9월에 DAVIC(Digital Audio-Visual Council)에서 제정된 MMDS/LMDS 규격과 97년 3월에 HFC 규격으로 작성된 MCNS(Multimedia Cable Network System) 규격을 무선에서도 그대로 준용하는 방식

이 있다. 한편 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서는 98년 4월부터 B-WLL시스템과 부품 레벨에서의 시험 방법, 호환성 확보를 위한 Test bed 구축을 목표로 하여 N-WEST (National Wireless Electronics System Test-bed) 프로젝트를 추진하고 있으며, IEEE 802 위원회에서도 관련 분야의 표준화 수립의 필요성을 인식하여 99년 5월부터 IEEE 802.16 위원회를 구성하여 BWA (Broadband Wireless Access) 표준화 작업을 추진하고 있다. 유럽의 경우, ETSI(European Telecommunication Standards Institute)에서 LAN위주의 규격화 작업을 추진하여오던 RES10 연구 그룹을 개편하여 광대역 이동 액세스 망과 광대역 무선 가입자 망 분야로 범위를 확대한 BRAN(Broadband Radio Access Network) 과제를 추진하고 있다. ATM Forum에서는 5GHz 대역에서 ATM 기반의 광대역 이동 액세스 망 표준을 목표로 하여 공중망과 LAN과 같은 사설 망에서 사용하기 위한 Radio ATM, Mobile ATM의 표준화를 추진하고 있다. 무선 채널과 관련이 있는 Radio ATM분야는 ETSI BRAN에서 제정한 규격을 그대로 수용할 것이며, 시제품의 구성은 일본의 MMAC(Multimedia Mobile Access Communication)를 이용한다는 전략을 구사하고 있다. 일본의 경우에는 MMAC위원회를

구성하고, 5GHz 대 고속 무선 액세스, 60 GHz 주파수대의 초고속 무선 LAN, 무선 채널에 의한 홈 네트워킹 등에 대한 연구 및 시험 개발을 수행하고 있다. 국내에서도 이러한 국제적인 추세에 발맞추어 97년 4월에 24~26 GHz 주파수대에 대한 광대역 고정 무선 가입자 액세스 시스템 (B-WLL)용으로 주파수를 할당한바 있으며, 관련 시스템의 표준화를 위하여 한국통신기술협회를 중심으로 하여 한국전자통신연구원, 한국통신, 하나로통신, 산업체 등이 참여하여 DAVIC, MCNS 방식의 국내 표준 규격을 작성하여 곧 국내 표준으로 확정될 예정이다.

본 논문은 유무선 광대역 고정 무선 가입자 망의 구성과 핵심 기술 및 관련 표준화 현황 등에 대하여 살펴보고자 한다. 제2장에서는 광대역 무선 가입자 망의 구성과 프로토콜 참조 모델을 살펴보고, 제3장에서는 DAVIC, MCNS 규격의 핵심 사항을 분석한다. 제4장에서는 광대역 무선 가입자 액세스 기술의 핵심 사항에 대하여 살펴보고 제 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 광대역 무선 가입자 망의 구성

무선 가입자 망(WLL: Wireless Local Loop)은 교환기와 단말기 간에 유선 가입자 회선을

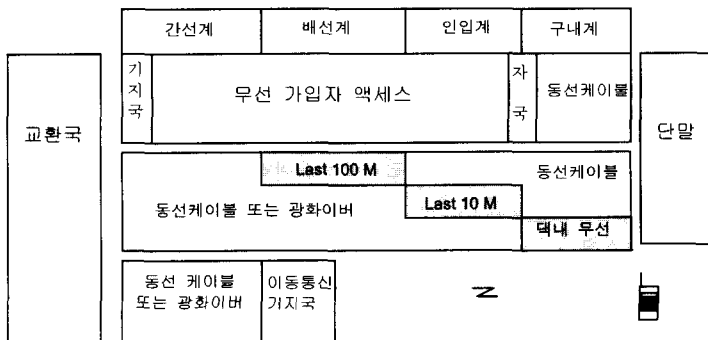


그림 1. 액세스계의 무선 방식 적용 분류

무선으로 대체하는 것으로서, 서비스 도입 초기에는 농어촌 같이 인구밀도가 희박한 지역에 전화를 가설할 경우에 가설비를 줄이기 위한 것이었다.(그림1 참조) 그러나 도입 초기인 80년대에는 관련 무선 장비의 가격 경쟁력이 취약하여 활성화 되지 못하였으나, 최근에는 디지털 이동 통신 기술의 발전과 가격 경쟁력을 확보함에 따라 새롭게 주목을 받는 분야가 되었다. 특히 단 기간 안에 전화 서비스를 제공할 수 있는 장점으로 인하여 통신시설의 보급이 저조한 개발 도상국 또는 신규통신 사업자를 중심으로 한 관련 시장의 활성화가 진행되고 있다.

광대역 무선 가입자 액세스망은 이와 같은 WLL 시스템에 기초하여, B-ISDN에서 제공하는 Full 서비스를 무선으로 제공하는 시스템을 추구한다. 여기서 Full 서비스란 음성 신호로부터 데이터, 화상 및 동영상 신호까지를 포함하는 통신 및 컴퓨팅 분야를 망라한 다양한 응용 서비스를 동시에 제공하는 것으로 정의할 수 있다. 현재 검토되고 있는 B-WLL시스템은 FTTC형태로 가입자 밀도가 높은 일정 구간까지는 광 전송로를 구성하고, 마지막 가입자 회선 구간(last drop 구간)에 고품질 및 대용량의 전송으로 Full 서비스를 수용하는 양방향 디지털 무선 전송 기술을 적용하는 일종의 HFR (Hybrid Fiber-Radio) 시스템이다. 광대역 무선 가입자 시스템은 광 화이버와 대등한 수준의 광대역 전달 특성을 제공하며, 경우에 따라서는 다른 어느

FTTH 대안 기술보다 유리한 비용 경쟁력을 갖추에 따라 최근에는 FTTH의 대안 기술로 공감대가 형성이 되고 있다.<sup>[3]</sup> (그림 2)는 B-WLL 시스템을 이용하여 가시거리(Line Of Sight)에 있는 일반 가정용 가입자 및 소규모 업무용 가입자에게 전화, 디지털 CATV, VOD, 인터넷 액세스, 고속 데이터 등의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 가입자 인근 지역까지 광 섬유로 전송하고 Last Drop 구간에 무선을 도입하는 대표적인 HFR (Hybrid Fiber-Radio) 기반의 유무선 통합 가입자 액세스 시스템의 구성 형태를 도식화한 것이다.

B-WLL 시스템은 (그림 2)에서 보는 바와 같이 크게 유선망, 기지국(Hub) 및 가입자 장치(CPE : Customer Premises Equipment)로 구성된다. 기지국의 NIM은 ATM 데이터의 다중화 기능 및 라우팅 기능을 수행한다. 가입자 장치와 기지국은 26GHz대의 준 밀리미터파를 이용하여 통신채널을 형성하며, RF모듈과 혼 안테나를 이용하여 송수신한다. 기지국은 교환 기능을 수행하지 않고 단순 중계 기능만을 수행하며, 기지국의 NIM(Network Interface Module)은 ATM 다중화 및 광 다중 접속으로 액세스 노드 플랫폼에 접속한다. 액세스 노드 플랫폼은 각 서비스의 특성 및 트래픽의 종류에 따라 ATM스위치, PSTN/ISDN 교환기, CATV 헤드엔드, VOD 서버, 라우터 등으로 접속한다. 기지국에 설치되는 RF 장비는 송수신 변

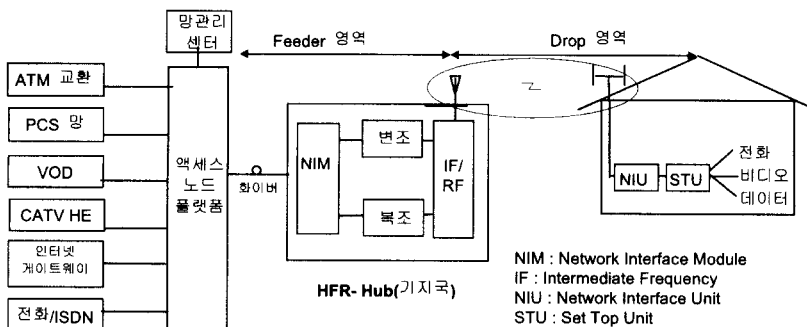


그림 2. HFR 시스템의 구성

복조 모듈, IF/RF변환기, 혼 안테나 등으로 구성된다. 가입자 장치는 송수신기 및 안테나의 RF 장비와 NIU(Network Interface Unit)로 구성된다. 가입자 측의 송수신기는 수신된 신호를 중간 주파수(IF: Intermediate Frequency)로 변환하고, NIU는 다양한 가입자 단말(예, 전화, 인터넷 서비스 등)에 필요한 무선자원을 기지국으로부터 할당 받고, 정해진 포맷으로 데이터를 전송하는 기능을 수행한다.

광대역 무선 가입자 시스템에 대한 주파수 할당은 국내외적으로 24~31GHz의 대역을 할당하고 있으나, 각국별로 대역 및 대역폭이 상이하다. 미국의 경우 28~31GHz 대역에서 1.3GHz의 대역폭을 경매에 의해 104개 LMDS 사업자들에게 분배한 바가 있다. 캐나다의 경우 1996년에 LMCS 서비스를 규정하고 28GHz 대역에서 1GHz의 대역폭을 전국의 사업자들에게 분배하였다. 한편, 영국을 포함한 유럽의 일부 국가들에서는 MVDS 서비스를 규정하고, 40.5~42.5GHz 대역을 할당하여 현재 단방향 아날로그 서비스를 제공하고 있다. 우리나라의 경우, 정보통신부 공고 제 1997-49호에서 상향 채널은 24.25 ~ 24.75 GHz(500MHz 대역폭), 하향 채널은 25.50 ~ 26.70 GHz (1200MHz 대역폭)를 할당하였다.

99년 3월 IEEE 802 전체 회의에서 Broadband Wireless Access 표준화 그룹으로

탄생되어 5월 회의부터 본격적인 표준화 활동을 시작하고 있는 IEEE 802.16의 표준화 영역은 ETSI BRAN의 HIPERACCESS와 같이 IP, ATM, 그리고 SDH 기반의 망을 수용하는 점 대다중 통신으로 28~31GHz 주파수 대역에서 40~50Mbps 전송 속도를 목표로 한 광대역 무선 액세스 시스템이다. (그림 3 참조) 현재 시스템 참조 모델, 기능적 요구사항, 서비스 요구 사항 등의 기고서가 제출되었으며, 향후 상세 표준화 일정이 현재 논의되고 있는 중이나, 표준화 참여 업체의 특성을 고려할 때 표준화 완료 시기는 HIPERACCESS의 표준화 완료 시기(2000년 1/4분기 목표)와 동일할 것으로 전망된다. 특히 현재 IEEE 802.16그룹의 창설에 있어서 N-WEST 프로젝트의 참여기관이 주축이 된 것으로 보아, 충분한 시스템 구현 경험 및 시험 데이터를 갖춘 실질적인 표준화 기관으로 형성될 것으로 판단된다.<sup>[4]</sup>

### III. DAVIC과 MCNS

이미 앞에서 언급한바와 같이 B-WLL 기술은 28 GHz 대 디지털 무선 CATV 기술에 기반한 것이다. 이와 같은 준밀리미터파 혹은 밀리미터파 대역에서의 광대역 무선 서비스를 위해서는 고속 무선 전송 기술, 효율적인 주파수 활용 기술, 멀티미디어

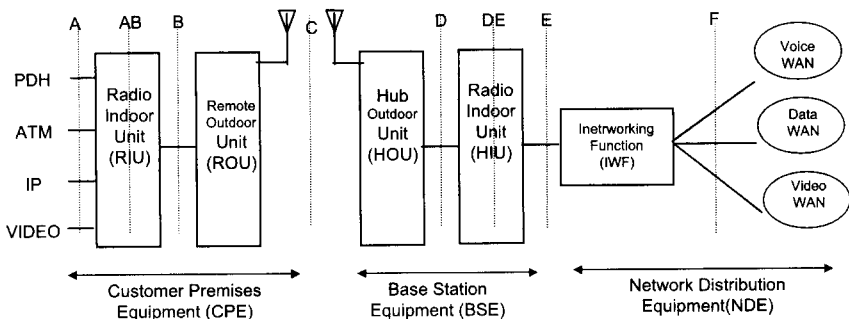


그림 3. IEEE 802.16 BWA의 참조 모델

서비스에 적합한 동적 대역할당 방식의 구현을 위한 매체접근제어 기술, 강우 감쇄에 따른 전력 보상 기술, 핵심 부품 기술 현황 등에 대하여 유기적인 검토가 필요하다.

### 1. DAVIC 규격

96년 9월에 제정된 DAVIC규격은 Stanford Telecom 시스템을 기초로 하여 MMDS 및 LMDS 규격을 제시하고 있으며, 10GHz 대역 이하 및 10GHz 대역 이상에서의 양방향 전송을 각각 MMDS와 LMDS로 정의하고 있다. DAVIC에서 정의한 디지털 LMDS의 하향 데이터 전송 패킷은 기존 디지털 방송 시스템과의 호환을 위하여 (그림 4)와 같이 1개의 동기 바이트와 187개의 데이터 바이트로 구성된다. 이러한 패킷은 RS(Reed Solomon) 순방향 에러 정정 코드가 첨가되어 204 바이트로 재구성된다. 이때 RS코드는 8비트의 오류

를 정정할 수 있다. 응용 서비스가 MPEG2 비디오 전송인 경우에는 서비스 식별, 스크램블링과 제어 정보를 갖는 3바이트의 헤더와 184개의 MPEG2 데이터 비트로 구성된다. ATM 전송인 경우에는 187바이트가 53바이트의 배수로 나누어 지지 않기 때문에 (그림 5)와 같이 7개의 ATM셀과 3개의 제어 바이트(셀 안에 에러가 포함되었는지의 여부, 전송 우선순위 등의 정보)로 구성하여 (그림 6)과 같은 번복조를 통하여 전송 된다.<sup>[2]</sup>

DAVIC의 무선 전송방식은 TDM/TDMA방식으로, 상향 채널은 ATM 전송만을 사용한다. 상향 채널의 TDMA 프레임 길이는 하향링크의 TDM 프레임 길이(3~6msec)와 동일하게 설정한다. 상향 채널의 동기는 두 단계로 나눌 수 있다. 망 접속 전의 최대 동기 오차는 기지국과 NIU간의 불확실한 양방향 전파지연에 의해 결정된다. 그리고 양방향 전파지연의 불확실 정도는 셀 반경에 의하여 결정된다. 초기의 망 접속을 위하여 기지국은 TDMA

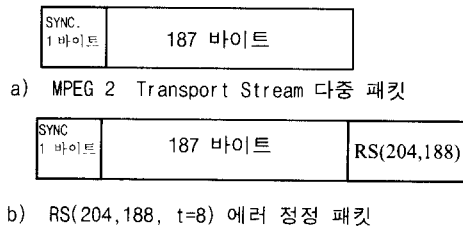


그림 4. LMDS의 MPEG2 전송 패킷 구조

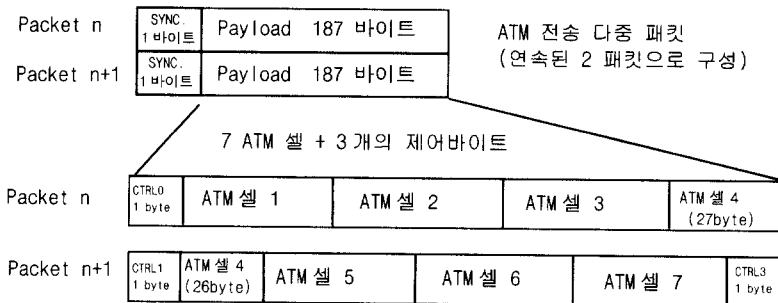


그림 5. LMDS의 ATM 셀 전송 구조

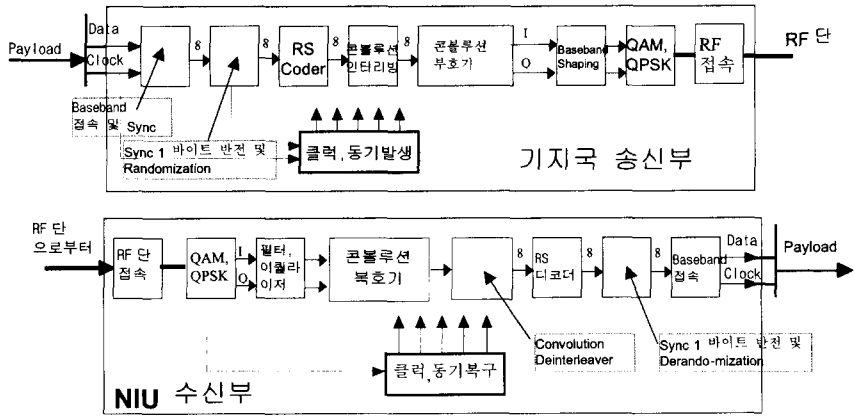


그림 6. 디지털 LMDS 하향 채널의 변복조기 구성도

패킷 충돌을 배제할 수 있을 정도로 충분히 긴, 여러 개의 연속적인 상향 폴링(polling) 슬롯을 할당한다. STB의 망 접속후의 상향링크 동기 오차는 하나의 상향링크 심볼길이 보다 작도록 유지된다. 이 때 패킷의 보호 시간은 4심볼이다. 망에 접속된 후에 NIU는 기지국으로부터 주기적으로 상향링크 동기 오차 값을 피드백 받아서 규격화된 동기 정밀도를 유지하는 데에 이용한다. 상향 채널 프레임은 하향 채널 프레임에 대하여 일정한 지연 값을 갖도록 구성한다. NIU는 상향 채널 패킷의 전송 타이밍을 조정하여 기지국에 수신된 상향 채널 프레임이 일정 범위 값으로 들어올 수 있도록 한다. 이렇게 함으로써 NIU는 기지국 수신기와 상향링크 심볼 동기를 정해진 정밀 레벨로 맞추게 된다.

이트의 보호구간(guard time)으로 구성되어 총 68 바이트로 구성된다. 여기서 프리앰블은 00FCFCF3로서 나머지 데이터 (64 바이트)는 차동 부호화(differential encoding)가 적용되는 반면에 프리앰블에는 차동 부호화를 적용하지 않는다. 상향 채널의 프레임은 n개의 시분할 슬롯으로 구성되며, 여기서 n은 상향링크 변조 전송율에 의해 결정된다. n개의 슬롯은 폴링(polling) 슬롯, 경쟁 슬롯, 트래픽 슬롯으로 나누어지며, 각 종류의 상대적인 슬롯의 개수는 기지국으로부터 동적 슬롯 할당에 따라 가변적으로 변하게 된다. 물론, 항상 모든 종류의 슬롯 수를 합하면 n개로 제한된다. 이렇게 구성된 패킷은 (그림 8)과 같이 DQPSK 변조에 의해 기지국으로 무선 전송된다.

4 Byte Sync Preamble	ATM Cell	10 Byte RS PARITY	1 Byte Guard
----------------------	----------	-------------------	--------------

그림 7. 상향 채널의 전송 패킷의 구성

상향링크의 타임 슬롯은 (그림 7)에서 보는 바와 같이 4 바이트의 프리앰블, 53 바이트의 ATM cell, 10 바이트의 리드-솔로몬 패리티 바이트, 그리고 상향 채널의 동기 오차에 대응하기 위한 1 바

## 2. MCNS 규격

MCNS(Multimedia Cable Network System)은 원래 케이블 TV망에서 음성, 데이터, 비디오가 통합된 양방향 서비스 제공을 위하여 Time Warner 등 미국 케이블 사업자 등이 주축이 되어 96년 1월에 구성되어 97년 3월에 DOCSIS(Data Over Cable Service

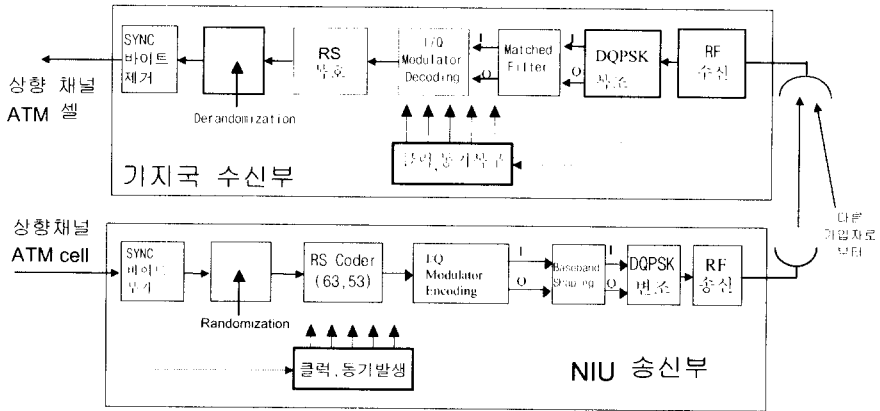


그림 8. 디지털 LMDS 상향 채널의 변복조기 구성도

Interface Specifications) 규격을 작성하였으며 ITU에서도 98년 3월에 이를 인정하여 J.112로 변복조 방법과 프로토콜 정의 부분을 승인하였다. MCNS의 하향 프레임 구조는 패킷 데이터나 ATM 데이터를 전송할 때 MAC 헤더가 매 프레임마다 첨가되며 프레임의 길이 정보는 MAC 헤더 속에 들어 있다. MAC 헤더의 길이는 통상 6바이트이나 그 이상 될 수 있다.(그림 9) 포인터 바이트는 MPEG-2 스트림에서 MAC 프레임의 시작점을 나타내며

MPEG-2 스트림과 MAC 프레임 시작점이 같을 경우 0, 그 외에는 임의의 값을 가지며, 계속되는 프레임일 경우 포인터 바이트는 존재하지 않고 184바이트 전체가 MAC 프레임의 일부이다. 이 MAC 프레임 데이터는 188바이트의 MPEG-2 스트림에 매핑되며, 랜덤화 과정과 리드-솔로몬 코딩을 거친 후 인터리빙되어 전송된다.<sup>15)</sup>

상향 채널의 프레임 구조는 (그림 10)에서 보는 바와 같이 가변적으로 변하며, 이런 가변데이터를

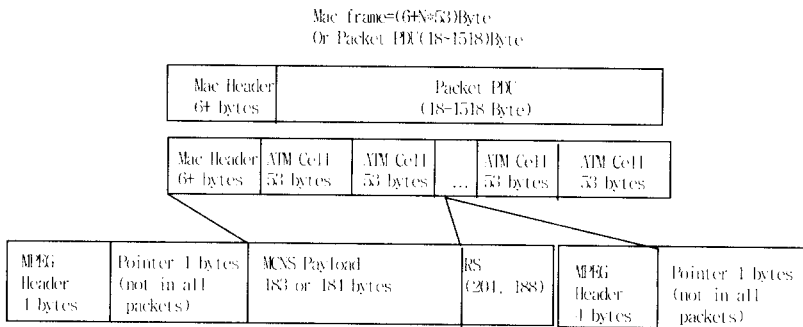


그림 9. MCNS의 하향 프레임 구조

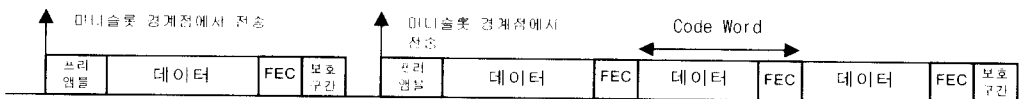


그림 10. MCNS의 상향 프레임 구조



기지국에서 할당된 미니슬롯의 개수에 매핑 시킨다. 코드워드의 길이를 16바이트에서 253바이트까지 지정할 수 있으며, 상향링크로 보낼 데이터를 코드 워드에 맞게 나누어서 FEC 패리티를 붙여서 코드 워드 단위로 조립하여 전송한다. 이 때 고정길이 코드워드 방식 또는 마지막 단축코드워드 방식으로 전송할 수 있다. 고정길이 코드워드 방식만 사용하면 마지막 큰 코드워드가 마지막 미니슬롯과 일치하지 않아서 대부분의 패킷 전송에서 쉬는 전송구간이 존재한다. 패킷 전송에서 무선자원을 효율적으로 전송하기 위해서는 마지막 단축 코드워드 방식을 사용할 필요가 있다. 한편 프레임의 전송은 송수신 동기를 위하여 미니슬롯의 시작점에 맞추어서 전송한다. 프레임블과 보호구간은 프레임마다 가변적으로 지정할 수 있어서 시변적인 무선채널 환경에 능동적으로 쉽게 적용할 수 있다.

MCNS와 DAVIC의 물리 계층의 특징을 상하향

채널별로 비교 검토한 것이 (표 1)이다.

#### IV. 핵심기술의 소개

광대역 무선 가입자 망에 이용되는 핵심기술로는 크게 밀리미터파 대 광대역 무선 전송기술 및 관련 소자 기술과 안테나 기술, 중계 기술, 무선 자원을 여러 가입자가 공유하는 매체 접근 기술, 시스템 엔지니어링으로 대표되는 시스템 구성, 서비스 제어 관리, 운용/관리 기술 등이 있다.

##### 1. 광대역 무선 전송 기술

수백 Mbps급 이상의 광대역 고속 전송에서 가장 중요한 요소가 어떠한 변복조 방식을 선택 사용하는가 하는 점이다. 이와 같이 상,하향링크 전송을 위해

시스템		DAVIC	MCNS
특징 사항	상향	DQPSK	QPSK
	하향	QPSK / 16-QAM	QPSK / 16-QAM/64QAM
변조율	상향	Grade A : 833 ~ 2083 Ksym/sec Grade B : 1.54 ~ 20 Msym/sec	Grade A : 160 ~ 5120 Ksym/sec Grade B : 5.12 ~ 20.48Msym/sec
	하향	a=0.20 : 16.67~33.33 Msym/sec	a=0.15 : 6.95 ~ 34.78 Msym/sec
대역폭	상향	1~2.5 MHz / 2~26 MHz	200~6400 KHz / 6.4 ~ 40MHz
	하향	20~40 MHz	8 ~ 40 MHz
필터계수	상향	0.30	0.25
	하향	0.20	0.15
랜덤화기	상향	$1+x^5 + x^6$	$1+x^{14} + x^{19}$
	하향	$1+x^{14} + x^{19}$	$a^3+x+x^3, a^n \text{는 GF}(128)$
오류정정 부호화	상향	Reed-Solomon (63,53,t=5), GF(2 <sup>8</sup> )	Reed-Solomon (18~255,16~253,t=1~10), GF(2 <sup>8</sup> )
	하향	Reed Solomon (204,188,t=8'),GF(2 <sup>8</sup> ) Convolutional : puncturing with rate 1/2 (1/2,2/3,3/4,5/6,7/8)	Reed Solomon (204,188,t=8'), GF(2 <sup>8</sup> ) Convolutional : puncturing with rate 1/2 (1/2,2/3,3/4,5/6)
인터리빙	상향	사용 안함	사용 안함
	하향	Convolutional 인터리빙: I=12,J=17	Convolutional 인터리빙: 가변 길이 I/J = 8/16,16/8,32/4,64/2,128/1

표 1. DAVIC과 MCNS 의 주요 파라미터 비교

적절한 변복조 기술을 선택하는 것은 경제적 멀티미디어 광대역 무선 시스템을 개발하는데 중요한 요소이다. 이런 변복조 기술을 선택하는 데, 영향을 미치는 요소로는 채널특성, 전력효율, 스펙트럼 효율, 위상잡음에 대한 민감도, 복잡도 및 구현 가능성 등을 들 수 있다. 광대역 무선 가입자 액세스 망의 서비스 특징은 비대칭 통신 시스템으로 하향 채널은 높은 데이터 전송율을 필요로 하는 반면에 상향채널은 상대적으로 낮은 전송율이 요구된다. 사용 가능한 변복조 기술은 크게 단일 캐리어(Single Carrier Modulation)와 다중 캐리어 변복조 (Multiple Carrier Modulation) 기술로 나눌 수 있다. 이러한 기술의 성능을 분석할 수 있는 구성 요소들로는 다음과 같은 것이 있다.<sup>6)</sup>

- 전력효율(Power efficiency) : 요구되는 송신단 전력증폭기의 백오프(back off) 마진은 주어진 BER 성능에서의 PAPR(Peak-to-average power ratio)에 비례한다. PAPR이 클수록 송신단의 백오프는 커지고 전력효율은 작아진다.
- 스펙트럼 효율(Spectral efficiency) : 단위 Hz당 얼마의 bps를 전송하는가 하는 점과 하나의 신호가 인접한 신호와 어느 정도의 간섭을 일으키는 가에 관한 것으로 이 특성은 중심 주

파수로부터 어느 정도 떨어진 오프셋(offset) 주파수에서의 신호 전력 스펙트럼으로 나타나는 감쇄정도로 평가된다.

- 위상잡음(Phase noise) : 위상잡음에 가장 많이 영향을 미치는 것은 송수신기의 국부 발진기이다. 몇몇 변복조 기술들은 다른 요소들보다 위상잡음이나 주파수 안정도에 의해서 더 많이 영향을 받는다.
- 전력증폭기 비선형성(PA Non-linearity) : 변복조 스펙트럼과 constellation distortion의 모양에 영향을 미친다.

위에서 열거된 변복조 기술의 기본적인 성능분석 요소들을 중심으로 단일캐리어와 다중캐리어 변복조 기술을 비교에 보면 (표 2)와 같이 나타낼 수 있다.

이상과 같은 점을 고려할 때 높은 전력효율, 적절한 스펙트럼 효율 그리고 위상잡음에 대한 낮은 민감성 때문에 LOS(Line of sight)의 상향링크에 GMSK, OQPSK 또는 QPSK가 적합하며, 높은 스펙트럼 효율이 요구되는 LOS 하향채널에는 QAM 계열의 변복조 기술이 권장된다.

안테나 기술로서, 혼 안테나, 개구면 결합 마이크로 스트립 배열 안테나, 도파관 슬롯 안테나 등의 지구적 섹터 안테나 기술과 리플렉터 안테나, Lens

파라미터	단일캐리어 변복조	다중 캐리어 변복조(OFDM)
PAPR	일정(GMSK) ~ 7dB (QAM-64)	>12 dB
위상잡음 요구조건	적절	>10 times stringent than SC
전력증폭기의 비선형 특성으로 인한 열화	1dB(GMSK) ~ 4dB(QAM-64)	>7dB
스펙트럼 효율	GMSK는 적절하며 64-QAM는 높음	높음
Power efficiency	GMSK는 우수하며 QAM 계열은 적절	열악
주파수 선택성 페이딩에 대한 내구성	GMSK는 적절하며 QAM은 높음	우수함
등화기	비 가지영역인 경우 복잡함	간단함
구현 비용	Baseband부분이 높음	RF 부분이 높음

표 2. 단일캐리어와 다중캐리어의 변복조 기술 비교

Horn 안테나, 마이크로 스트립 배열 안테나 등의 가입자 안테나 기술들이 있고, SSPA(Solid State Power Amplifier), TWTA(Traveling Wave Tube Amplifier)의 HPA(High Power Amplifier) 기술, DRO 또는 VCO로 이루어진 Local Oscillator 기술, Up-Converter 및 Down-Converter 기술 등의 RF Transceiver 기술로 구성되어 있는데, 현재 미국, 일본, 유럽 등지에서는 많은 시설투자로 인하여 20~30GHz 대역의 경우 이미 확보한 모듈별 MMIC 기술에 패키징 및 모듈 조립기술을 추가 확보하면 손쉽게 개발할 수 있는 능력을 보유하고 있다. 반면 국내 실정은 선진국에 비해 시설투자의 미비와 핵심기술의 미확보 등으로 인하여 현저히 부진한 상황이다. 고이득 가입자 안테나와 기지국용 섹터 안테나를 이용하여 구성할 수 있는 중계기 안테나 기술과 LNA 및 Up/Down-converter로 구성되는 중계기용 RF Transceiver 기술이 중계기술의 핵심 기술들이다.

## 2. 매체 접근 제어 기술

무선 채널에서의 MAC기술의 주요 사항으로, 서비스 영역에서의 동기 확보 방법, 프레임 구조 및 상향 채널 접속 방법, 충돌 해소 알고리즘, 멀티미디어 정보의 QoS확보 방법, 데이터의 보완 대책 등에 대한 검토가 필요하다.

- 동기화 : 물리 계층의 동기화와 아울러 MAC 계층의 동기화도 중요한 요소이다. 물리 계층의 동기화는 비트 단위의 동기로서 전파 지연 편이 등으로 생기는 것을 보호 시간 (Guard Time)으로 지연을 일정하게 유지한다. 이에 반하여 MAC에서 확보하는 동기는 하향 및 상향 채널의 프레임 단위의 동기로서 Hub에서는 매 프레임 송신 시마다 시간 기록(Time stamp)이 있는 패킷(Beacon 등)을 단말쪽으로 송신한다. 단말측에서는 이러한 시각 정보

를 이용하여 Hub와 단말기 간에 떨어진 거리를 추산함으로써 전파 지연 시간(보정 시간 offset)을 예측할 수가 있으며, 이는 궁극적으로 모든 단말기에서 송신되는 패킷이 Hub에 도착할 때는 프레임 단위에서 동기가 맞춰진 정해진 시간에 도착하게 된다. 이를 레인징(ranging)이라 부른다. (그림 11)

- 상향 채널 접속 방식 : 상향, 하향 채널의 각각의 프레임은 여러 개의 슬롯으로 구성이 된다. 일반적으로 하향 프레임은 상,하향 채널의 대역 할당 맵 정보를 포함하는 슬롯과 n개의 데이터 전송 슬롯으로 구성되고, 상향 프레임은 예약 요청 슬롯과 n개의 데이터 전송 슬롯으로 구성된다. 단말측에서 채널 사용을 요청하는 것은 예약 요청 슬롯을 통하여 이루어지며, 일반적으로 가장 많이 사용하는 프로토콜이 슬롯 알로하 (Slotted ALOHA) 방식이다. 예약 요청 슬롯은 기본적으로 경쟁(contention) 방식으로 충돌이 있다는 것을 가정한다. 이러한 충돌에 따른 대역 손실과 요청 경쟁의 횟수를 줄이기 위하여 미니 슬롯(mini slot)과 피기백(piggyback) 개념을 도입하기도 한다. 또한 트래픽의 상황에 따라 예약 슬롯과 데이터 전송 슬롯의 개수를 조정하는 동적 슬롯 할당 방식 (Dynamic Slot Allocation Scheme) 이 사용되기도 한다
- 충돌해소 알고리즘(CRA : Collision Resolution Algorithm) : 서비스 영역 내에 가입자 요구(가입자의 등록을 포함한 통신 채널 확보 요청 등)가 많아질수록 상향 프레임 내의 예약 요청 슬롯에서의 충돌이 빈번하게 발생된다. 이러한 랜덤 액세스 절차로 인한 충돌은 결국은 서비스 지연의 증가를 초래하게 된다. 따라서 모든 패킷들이 비록 지연을 겪지만은 일정 시간 뒤에는 패킷이 성공적으로 전송될 수 있도록 하는 충돌해소/재전송 알고리즘 필

요하다. 특히 예약 기반 시스템에서 트래픽 스케줄러(Traffic Scheduler)는 상,하향 대역폭 요청과 할당, VC 단위의 트래픽/ QoS 정보의 관리, 재전송 요청 정보, 전송 지연 및 지연변이 제어, 단말의 연계/해제 여부 등의 기능을 제어하는 기능으로 시스템 성능을 결정하는 가장 중요한 요소이다.

이러한 MAC 동작은 (표 3)과 같은 서비스 속성(Attribute)에 따라 다양한 형태의 MAC으로 확장된다.

광대역 무선 가입자 액세스 시스템의 무선 채널의 매체 접근 제어 방식에서 유선과 비교하여 고려할 점은 다음과 같다.

- 우수한 처리율(Throughput) 및 MAC스케줄러의 지연 정책
- 서비스 영역과 전파지연(Delay) : 시간 의존적 서비스에는 매우 중요한 요소임
- 운용 트래픽 : 음성, 데이터, 비디오 등의 서비스의 수용 여부
- 패킷 순서의 확보
- 핸드오프 와 스테이션의 로밍(Roaming), Ad Hoc 서비스의 제공
- 동일 방식의 MAC이 동일 장소에서 여러 개가 동시에 사용 가능하여야 하며, 이 경우 사용자에 대한 적절한 인증 절차도 필요

- 우선 순위가 높은 트래픽의 처리 능력
- Asymmetrical Traffic 의 처리 : 하향 채널 대역폭이 상향 채널 대역폭보다 넓음
- 시스템의 유연성과 확장성
- 전력소모 문제 : MAC은 항상 동기, 전력 제어, 단말기 상태 등의 정보를 Hub와 주고 받아야 함
- 거리에 무관한 공정한 무선자원의 액세스 경쟁
- MAC이 최적의 서비스를 제공하는 가입자 수
- 비 허가된 사용자의 접근 제어 및 이로 인한 처리율의 감소를 극복
- 방송(Broadcast) 및 다중 전송(Multicast) 기능
- 캡처 효과(Capture Effects)에 둔감하여야 하며, 상향 채널에서 Hidden terminal 처리 대책
- 구현의 용이성과 시장성
- 상향, 하향 채널 내에서 할당된 대역폭을 용도에 따라 분할 사용
- 상위 계층과의 조화
- ATM 셀 등 전송 데이터의 패킷 크기
- 무선 채널의 Near Far문제에 대하여 대책을 세워야 함. 즉, 서비스 영역 내에서의 송수신간의 거리가 등 간격이 아님
- 재 충돌 해소 알고리즘 설계

Attribute		가능한 값
제공 서비스		CBR, VBR, UBR, ABR
프레임 내 슬롯 할당 등 스케줄링 정책		중앙 / 분산 방식 / 양쪽모두/ 없음
채널 액세스 요구		별도의 요구 패킷 사용, 데이터 패킷과 겸용, polling 방식
예약 방식	전송 패킷 열에서 첫번째 패킷	경쟁 기반 / 예약 / 고정 할당
	Remaining cells in a burst	none / burst reservation / adaptive polling
	추가적인 할당 요구	경쟁 / 요구 / 새로운 채널 설정
경쟁 해소 방식		random binary backoff / 없음 / 기타
다중화 기법		CDMA / TDMA / FDMA / 기타
트래픽 혼합		없음 / class-based (QoS-oriented) / seamless

표 3. MAC 프로토콜에서의 주요 attribute

- 무선 채널에서의 QoS(지연, 전송 에러)가 보장된 멀티미디어 전송을 수용
- 운용 안정도

MAC 프로토콜의 성능을 표시하는 기본 파라미터는 다음과 같으며, (표 4)는 이러한 내용을 기본으로 하여 DAVIC MAC과 MCNS MAC을 비교 정리한 것이다.

- 접속 지연 (Access Delay) : 전송 데이터 MAC계층에 전달된 시간으로부터 메시지의 마지막 비트가 기지국에 의해 수신될 때까지 경과된 시간
- 처리율(Throughput) : 총 전송 시도 중 전송에 성공한 데이터 량의 비율
- 충돌 수(Collision Multiplicity) : 한 타임슬롯 내에서 충돌한 사용자수
- 지연 변이(Delay Variation) : 한 패킷의 접

속지연과 평균 접속지연의 차이

### 3. 시스템 엔지니어링 기술

앞에서 설명한 광대역 무선 전송 기술, 매체 접근 제어기술을 기반으로 하여, 고속 실시간 에러 정정 기술, 망 연동 및 프로토콜 기술, 가입자 관리 및 망 관리 기술, 실내의 밀리미터 주파수대의 전파 환경 분석 등을 종합하여 시스템화 하는 시스템 엔지니어링 기술이 필요하다. 특히 최종 상용 제품을 고려할 때 시스템 구성에 소요되는 주요 기술이 경쟁력을 갖추기 위해서는 핵심기능(RF 전송 모듈 및 준 밀리미터파 대의 Front End 처리 부품, MAC, FEC 에러제어 등)에 대한 하드웨어의 소형화, 저전력화 하면서도 가격 경쟁력이 좋은 핵심 칩 개발이 필수 불가결한 요소이다. (표 5)는 B-WLL의

구 분	DAVIC	Wireless MCNS
전송 패킷	ATM	ATM, 가변길이 데이터 PDU
대역폭 할당	동적할당	동적할당
상, 하향 프레임	상향/하향 채널이 비독립(36ms)	상향 / 하향 채널이 독립
상향 타임슬롯	폴링, 경쟁, 예약 타임슬롯	경쟁 / 예약 미니슬롯
경쟁 해소 알고리즘	사업자에게 선택권 부여	Truncated Binary Exponential Back off Algorithm
프레임 구조	정의	정의 안됨
데이터 스케줄링	제조업체 선택권 부여	제조업체 선택권 부여
피기백 (Piggyback)	정의 안됨	정의
미니슬롯 크기	정의 안됨	QPSK 8바이트 16QAM 16바이트
QoS 지원	정의 안됨	정의
Contention Breakdown	2000 Users	2600 Users
평균 액세스 지연	좋음	좋음
프로토콜	복잡하지 않음	복잡
상향채널효율	VBR > 35%, CBR > 90%	VBR > 70%, CBR > 90%
Short Random Traffic	Better	Good

표 4. DAVIC MAC과 MCNS MAC의 비교

	현 재	미 래
부호화 방식	소스 부호화와 채널 부호화의 독립	소스 부호화와 채널 부호화의 독립
전송 에러 제어	에러 정정	ARQ 제어
간섭 제어	간섭 검출 회피	등화를 이용한 간섭 검출 소거
전송 용량	고정 용량	가변 용량
회선 제어	집중 제어	분산 제어
교환 방식	회선/패킷 교환	ATM 교환
통신 모드	단일 모드	복합 트래픽 처리
암호화	단순 시큐어리티	고속 시큐어리티
네트워크	동종 네트워크	이종 네트워크와 연동

표 5. 핵심 기술의 발전 방향

핵심 기술에 대한 발전 방향을 요약 정리하였다.

## V. 결 론

광대역 무선 가입자 망의 장점은 수요 밀도가 낮은 지역에 신규로 광대역 서비스를 제공할 때, 초기 투자비(즉, 케이블 시설비)가 큰 유선에 의한 방식보다 경제적으로 신속하게 시설할 수 있다는 점이다. 신규 전화 사업자들은 이러한 장점에 매력을 느껴 광대역 가입자 망의 초기 시설 투자에 무선을 사용하는 것을 선호한다. 그러나 무선에 의한 솔루션은 서비스 영역 내의 모든 가입자에게 서비스 제공이 가능한 것이 아니라 가시 거리가 확보된 가입자에게만 가능하다는 무선 채널 고유의 단점도 갖고 있다. 따라서 궁극적인 광대역 무선 가입자망은 이용자의 서비스 요구 조건, 이용자의 지형적인 환경 및 밀도, 기지국 시설 등 outside plant 시설 방법, 각각의 통신 사업자들이 갖고 있는 각자의 통신망 진화 계획 등을 고려하면서 유선의 방식과 상호 조화를 이루면서 발전될 것으로 전망된다.

광대역 무선 가입자 액세스 시스템의 표준화는 사업 특성상 국제 표준화 보다는 통신 사업자별로 어

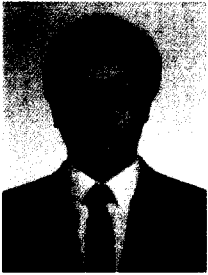
떠한 표준화를 채택하는가 하는 점이 중요한 경쟁 요소이다. 즉, 표준화 경쟁보다는 시장성에 지배되는 기술이었다. 그러나 최근에 이러한 점이 관련 기술의 개발을 저해한다고 느껴 미국 NIST에서는 시스템 레벨의 표준화 및 호환성 확보를 위하여 N-WEST 프로젝트를 추진하고 있으며 IEEE 802.16 위원회에서도 BWA (Broadband Wireless Access) 표준화 작업을 추진하고 있다. 광대역 무선 시스템을 경쟁력 있게 개발하기 위해서는 이러한 표준화 작업에 적극적인 참여가 필요하다. 즉, 산, 학, 연이 상호 협력하여 공동 참여를 하여 국제 표준화 흐름에 맞춘 기반 기술을 적기에 확보함으로써 세계 시장 진출의 기반을 마련할 필요가 있다.

광대역 무선 가입자 액세스 시스템의 기술 개발은 고비용의 초기 개발 투자비와 위험 부담이 따르기 때문에 어느 한 기업 위주로 추진되는 것보다는 일본의 MMAC 등과 같이 국가 공공적인 차원에서 공동으로 연구 개발을 수행하는 체계를 구축할 필요가 있다. 즉, 관련 핵심 부품의 개발과 기반 기술은 공동으로 연구 개발을 하여 연구 개발의 초기 투자비를 최소화하면서 각 사업자별로 필요한 응용 서비스

기술은 작자가 개발하는 시스템 개발 방법론을 도입하여 국내 기술의 경쟁력을 제고시키는 방법이 바람직하다고 생각된다.

#### ※ 참고 문헌

- [1] 정해원, 조성준, 김재근, 초고속 무선 가입자 액세스 망의 구성, 한국통신학회 정보통신, 제13권 12호, 1996년 12월.
- [2] 정해원, 강훈, Wireless ATM과 MMDS/LMDS DAVIC 세미나, 1996년 7월10일.
- [3] 정해원·박기식·노장래·조성준, 유선, 무선을 병용한 초고속 액세스 시스템의 구성 및 경제성에 대한 한 검토, 한국통신학회 논문지 제22권 제12호, 1997년 12월.
- [4] 정해원·강충구, 광대역 이동 액세스 망의 발전 및 관련 기술 개발 동향, 전자공학회지 제26권 제5호, 1999년 5월.
- [5] Lan Hu, Koon Hoo Teo, Modulation Candidates for LMDS/LMCS Broadband Wireless System, PIMRC99 D 4-3, Sep. 1999.
- [6] 임영원 외 2명, CATV망을 이용한 케이블 모뎀 기술, 전자공학회지 제26권 제5호, 1999년 5월.



정 해 원

- 1980년 2월 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (학사)
- 1982년 2월 한국항공대학원 항공전자공학과 (석사)
- 1999년 2월 한국항공대학원 항공통신정보공학과 (박사)
- 1982년 3월 ~ 현재 ETRI 교환전송연구소 라우터기술 연구부 무선 ATM 연구팀 근무 (책임연구원)
- \*주관심분야: 무선 LAN, 무선 ATM, 덕내 통신, B-ISDN 액세스망



박 봉 혁

- 1996년 2월 경북대학교 전기공학과 (학사)
- 1998년 8월 광주과학기술원 기전공학과 (석사)
- 1998년 8월 ~ 1999년 6월 Ansoft Co. Application Engineer
- 1999년 6월 현재 ETRI 교환전송연구소 라우터기술 연구부 무선 ATM 연구팀 근무
- \*주관심분야: 무선 LAN, RF Fron: End system, Millimeter-wave component



이 형 호

- 1977년 2월 서울대학교 공업교육과 전기전공 (공학사)
- 1979년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
- 1983년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
- 1984년 12월 ~ 1986년 11월 미국 AT&T Bell 연구소 방문 연구원
- 1996년 9월 ~ 1998년 8월 충남대학교 공과대학 전자공학과 겸임교수
- 1991년 1월 ~ 1998년 12월 대한전자공학회 회지편집위원장
- 1991년 1월 ~ 1998년 12월 대한전자공학회 전자교환연구회 전문위원장
- 1996년 1월 ~ 현재 IEEE ComSoc APB MDC의장
- 1998년 1월 ~ 현재 대한전자공학회 이사
- 1998년 5월 ~ 현재 통신위원회 전문위원
- 1999년 1월 ~ 현재 한국통신학회 교환연구회 위원장
- 1983년 8월 ~ 현재 ETRI 교환전송기술연구소 라우터 기술연구부장, 책임연구원
- \*주관심분야: BISDN망, ATM교환, 고속LAN 및 라우터 기술, 인터넷, 신호처리, 패킷통신, 무선ATM, IMT2000, 지능망