케이블TV망을 이용한 고속 데이터 서비스 시스템 기술

전자부품연구원 조병학·김한태·백유현

1. 서 론

1993년 9월, 미국 정부가 정보고속도로(Information Superhighway)를 국가적 사업으로 추진하겠다는 백서를 발표한 이래, 세계 각국은 인터넷은 물론, 미래를 대비한 국가적 초고속 정보통신망 구축에 더욱 더 많은 관심을 기울이게 되었다. 아울러, 미국에서는 1996년 2월에 통신법을 개정하여, 기존의 케이블 TV 사업자와 통신사업자(전화회사)간의 사업장벽을 허무는 조치를 취함으로써, 이들 양 사업자간의 고유 사업 영역 제한이 철폐되고, 어느쪽이든 통신사업과 방송사업을 겸할 수 있게 되었다. 이로 따라 케이블 TV사업자(Multiple System Operator)들은 자신들의 생존방책의 하나로써, 기존의 방송사업에서 통신사업으로 사업영역을 확대하기 시작하였고, 그 전략적 신규 투자 분야로서, 케이블 TV망을 이용한 부가 통신서비스 사업, 특히, 인터넷 서비스 사업 분야에 관심을 돌리기 시작하였다. 이에 따라 등장하게 된 것이 자신들의 케이블 TV망을 이용한 고속 데이터 서비스 시스템, 즉 광의의 케이블모뎀(Cable Modem)이다.

이러한, 케이블모뎀을 이용한 고속 서비스 시스템은 기존의 아날로그 케이블 TV 전송망을 업그레이드하여 가입자 억세스망으로 사용하므로, 비교적 저렴한 비용으로 고속 부가통신서비스를 위한 광대역 가입자망을 구축할 수 있으며, 하향신호의 전송속도는 10~30Mbps, 상향신호의 전송속도는 500Kbps~10Mbps로써 기존의 전화선이나 ISDN 모뎀에 비해 수백배 빨라서, 동화상 멀티미디어는 물론, 향후 널리 파급될 DTV의 전송까지도 가능하다는 장점이 있다. 또한, 데이터 전용선 서비스의 경우와 마찬가지로 접속을 위한 다이얼 업이 필요없고 비교적 저렴한 서비스 요금으로 원하는 때에 언제고 사용할 수 있다.

보통 "케이블모뎀"이라고 불리는 단말장치는 PC와의 접속이 LAN카드나 USB 포트를 통해 이루어지고, 외부로의 통신 선로는 HFC 케이블 TV망을 이용하면 되므로 설치가 매우 간단할 뿐 아니라, 통신 서비스 사업자가 구비해야 할 가입자 접속 장치 또한, 가입자 별로 필요하지 않으므로, 센터 장치에 대한 설치 공간이나 비용에 대한 부담도 적다.

이러한 케이블모뎀을 이용할 경우, Web chat, Web Browsing, Interactive Game 등 기존의 인터넷 서비스는 물론, 초고속 인터넷 억세스, 초고속 대화형 멀티미디어 서비스(IVDS, Interactive TV, VOD), 재택근무를 위한 실시간 화상회의, 원격 강의, 원격 진료, 홈쇼핑, 홈 뱅킹, 방범, 방재 등의 초고속 부가통신 서비스가 가능하다.

본 고에서는, 케이블모뎀에 관한 표준화 동향으로서, 미국의 MCNS 및 국제 표준 규격 마련을 위한 IEEE802.14의 현황을 간단히 언급하고 구체적인 서비스 시스템의 하나로서, MCNS 규격의 서비스 시스템 구성, 구성 요소의 기능, 물리 계층 규격 및 MAC 프로토콜 등을 중심으로 살펴보고자 한다.

2. 표준화 동향

2.1 국외 표준화 동향

현재 케이블모뎀의 표준화 동향은 크게 두 갈래로 나눌 수가 있다. 하나는 미국의 주요 케이블TV 사업자들이 모여서 컨소시엄을 이룬 MCNS의 규격이고, 다른 하나는 IEEE의 802.14 워킹 그룹(working group)의 규격이다. MCNS는 표준화 추진 단체인 IEEE802.14의 추진 체계에 따라 조속한 표준안 마련을 위하여 구성됐으며, 대다수의 가입자를 확보하고 있는 실제적인 MSO들이 요구한 규격이므로, 미국내의 사실상의 표준(Industry Defacto Standard)이라고 말할 수 있다. MCNS는 표준화 작업을 완료하여 97년 7월에, DOCSIS 1.0(Data Over Cable System Interface Specifications 1.0) 규격을 발표한 바 있고, 현재, DOCSIS 1.1, 1.2 등의 작업을 진행하는 등, 케이블모뎀의 표준화의 선도적인 역할을 하고 있다.

그에 반해 IEEE의 규격은 모뎀 등의 장비 제조업체가 중심이 되어 표준화를 진행하고 있는데, 각자의 이해와 입장 차이 때문에 작년말에야 초안 작성이 마무리 되는 등, 당초 표준화 작업 일정 계획보다 늦어지고 있다. 게다가, IEEE가 국제적인 기구이기 때문에 사실상의 표준으로 간주되고 있는 MCNS의 규격을 포함하는 규격을 표준으로 제정하고자 하고 있어 더욱 지연되고 있는 실정이다. 그 밖에, DAVIC, ATM Forum 등 몇몇 기구에서도 나름대로의 표준을 제정하고 있으나 큰 흐름을 형성하지 못하고 있다. 이 들 규격의 가장 큰 차이점은 MAC에 있어서 MCNS안은 패킷 방식을, IEEE802.14는 ATM을 기본으로 한다는 것이며, 이 들의 특징을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

◆ MCNS(Multimedia Cable Network System)
- 1996년 1월에 구성
- 북미 업계 사실상 표준규격 DOCSIS 1.0 제안
- 1998. 3월 ITU에서 국제 표준으로 채택
- 하향 최대 42Mbps(254/64 QAM), 상향 최대 10Mbps(16QAM/QPSK)
- IP 기반의 인터넷 서비스용
- ATM 지원 않음

◆ IEEE802.14
- 표준화 지연
- ATM 셀 전송을 의무화
- 하향 64QAM. 상향 QPSK/16QAM
- 기본 전송 단위의 하나로 ATM 셀을 사용

2.2 국내 표준화 동향

1997년 1월, 케이블 TV 망을 통한 부가서비스를 위한 케이블모뎀의 도입 및 기술 개발을 위한 기술적 조건을 협의하기 위하여, 한국 케이블 TV협회 및 케이블 모뎀 업체들이 케이블 모뎀 협의회를 구성하여, 개정된 전기 통신법에 케이블 TV망을 통한 부가 서비스의 시행규칙(안) 작성을 추진한 바 있으나 별다른 성과를 얻지 못하였다.

그 후, 국내 표준 추진 기구인 한국정보통신 기술협의회(TTA)의 전송기술분과위원회 CATV 연구위원회를 중심으로 1998년 말부터 관련 업체들이 모여 MCNS에서 작성된 표준규격을 근간으로 표준화 작업을 수행, 1998년 9월에 국내 케이블모뎀 표준화 초안을 작성 완료하고, 이를 정통부에 제안한 바 있다.

3. 서비스 시스템 기술

3.1 서비스 시스템 구조

3.1.1 시스템 구성

케이블 TV 전송망을 이용한 고속 데이터 서비스 시스템의 구성은 다음 그림 1과 같다. 케이블 모뎀을 이용하여 데이터 서비스를 받기위해서는 일종의 Link Router인 CMTS(Cable Modem Termination System), 사용자 단말인 CM(Cable Modem), NMS(Network Management System), 서비스 분배망(WAN/LAN), Cable TV 망, 서비스 서버, 그리고 Up Converter등 여러가지 구성요소들이 필요하다.

케이블모뎀은 케이블 TV망을 이용하여 고속의 데이터 통신을 제공하기 위해 서비스 가입

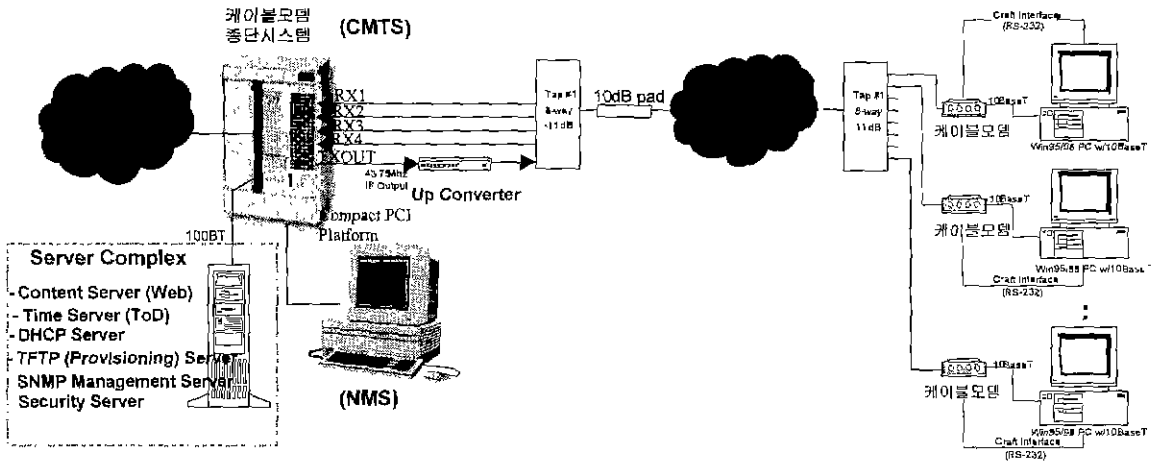


그림 1 케이블 TV망을 이용한 고속 데이터 서비스 시스템 구성

자측에 설치되는 단말기로, 전송속도는 전송방식에 따라 차이가 있으나, 통상적으로, 하향이 최대 30Mbps(64QAM시), 상향이 최대 5Mbps(QPSK시)로써 비대칭(Asymmetric) 구조이다. CM은 보통 2개의 인터페이스를 가지며 케이블 TV망과 접속하는 동축케이블용 F-Type 인터페이스와 PC측은 LAN용 10Base-T인터페이스를 지원한다. CMTS는 사용자측의 케이블모뎀과 대응되는 장치로 IP Network과 케이블TV망 사이에서 투명한 IP 전송을 제공하고 Tree & Branch망 형태의 케이블망을 적절히 공유하기 위한 MAC(Media Access Control)을 주요 임무로 하는 장치로서, 변복조기능, 네트웍관리, 사용 대역폭 할당, OSS(Operation Support System), BSS(Billing Support System)을 지원하며 실상, 케이블망을 이용한 고속 데이터 시스템의 핵심 장치라 할 수 있다. 서비스 분배망은 액세스 노드들과 외부 서비스/망을 연결시키는 망으로서 일반적으로 T1, E1 등이 사용된다. 서비스 서버는 CMTS와 함께 케이블 TV방송국에 설치되며 전자우편, 전자게시판, FTP 등 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다. 전송로는 분배기 및 10dB 패드에 의해 좌우대칭의 형태로 구성되며, Up Converter는 IF 신호를 케이블 TV 전송대역인 91MHz-857MHz로 변환하는 역할을 한다.

3.1.2 참조 모델 구조

MCNS의 DOCSIS 규격에서는 동축이나 HFC(Hybrid Fiber & Coaxial) 케이블 네트워크를 통하여 사용자의 PC(CPE)와 CMTS 간에 양방향으로 IP 패킷을 투명하게 전송하는 것을 목표로 하고 있다. 그림 2는 DOCSIS의 참조모델 구조를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 CMTS는 수많은 케이블 모뎀들과 접속하여 상·하향 데이터를 처리해야 하므로 CMTS-NSI는 비교적 속도가 빠른 100Base-T로 외부망(WAN/LAN)과 접속한다. 반면, 케이블 모뎀과 사용자의 PC는 외장형일 경우, 10Base-T 이더넷 또는 USB 포트를 이용하여 접속하며, PC의 내장형일 경우, PCI 버스 인터페이스를 이용하여 접속한다. DOCSIS 규격에서는 시스템에 가해질 수 있는 각종 공격으로부터 방어할 수 있도록 보안 시스템의 규격을 제안하고 있다. 시스템의 보안 기능은 두가지 모드로 동작할 수 있는데, 기본 보안 모드(BPI)와 고급보안 모드(FSM)이다. 기본 보안 모드에서는 인증 및 전송 데이터의 암호화/복호화 등 기본적인 보안 기능만을 제공하는 모드이다. 반면, 고급보안 모드는 좀 더 엄격한 인증 및 암호화/복호화, 자원에 대한 제어 정책 등의 보안기능을 제공한다. 케이블 모뎀은 초기화 과정에서 두 모드 중의 한 모드를 선택하여 한 모드에서만 동작한다. 현재 고급 보안 모드는 PCMCIA 규격의 장착형 모듈로서 제공된다.

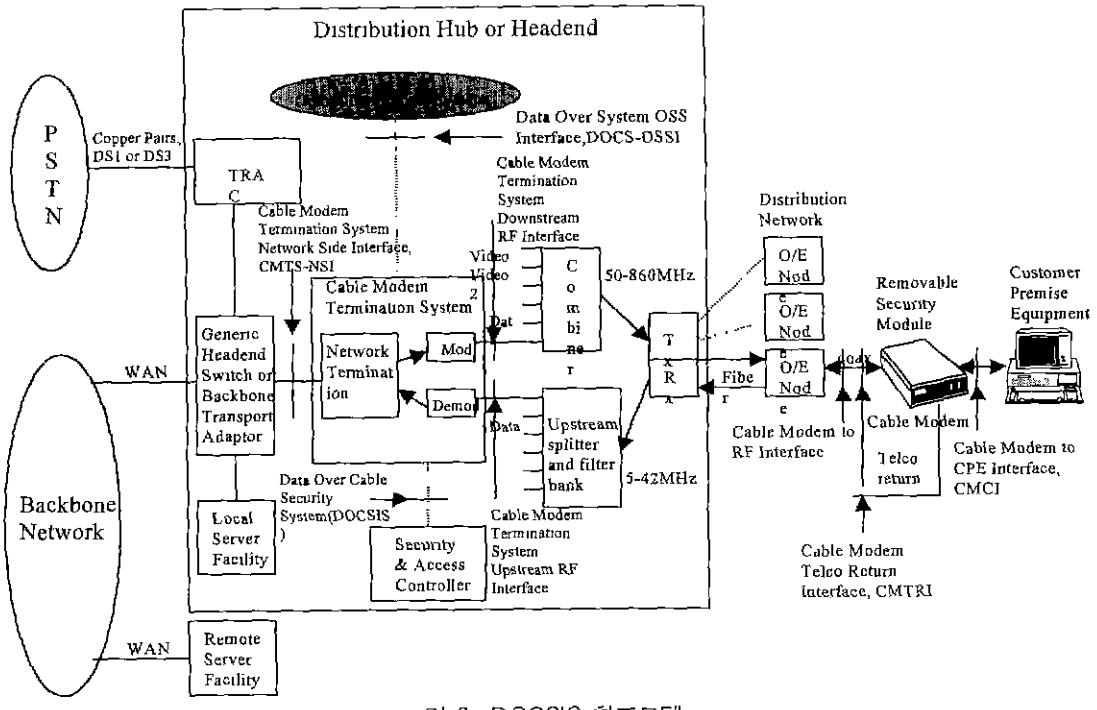


그림 2 DOCSIS 참조모델

DOCSIS 규격은 HFC 망을 이용하여 상향으로 데이터를 보낼 경우, 상향을 타고 오는 잡음으로 인해 오류가 발생할 수 있으므로, 이를 줄이기 위하여 전화망을 사용하여 상향으로 전송할 수 있도록 한 규격도 제시하고 있다. 이 경우, TRAC(Telco Return Access Concentrator)이라는 장치가 있어 외부 망(WAN/LAN)과 접속하여 상향통신을 한다.

3.1.3 프로토콜 스택

CM과 CMTS가 호스트 시스템으로서 동작할 때와 IP 패킷을 투명하게 전송할 때의 프로토콜 스택을 그림 3에서 보여주고 있다. PMD 계층과 Transmission Convergence 계층은 전적으로 제어 칩에 의해 이루어진다. MAC 계층은 부분적으로 제어 칩이 수행하고 나머지는 소프트웨어에 의해 이루어진다. CM과 CMTS 간에 각종 제어 메시지를 송수신하거나, 투명한 IP 패킷전송은 MAC 계층 이하에서 모두 수행되고 Link security 계층 이상 부분은 CM들의 등록 관리 및 비밀 키 관리를 위해서 사용한다. Link security 계층에서는 CM과 CMTS 간의 중요한 관리 정보를 교환할 때에 암호화 및 복호화를 위해서 사용되는 부분이며 LLC/DIX, IP, UDP 부분은 상위의 SNMP, TFTP, DHCP 및 Security management를 위한 응용 계층의 PDU들을 전송하기 위해서 사용된다. SNMP는 CMTS와 CM들을 일괄적으로 관리할 수 있도록 하기 위하여 필요하며, DHCP는 CM에게 IP 주소를 할당해 주고 TFTP를 포함한 각종 서버의 IP 주소를 알아내기 위하여 사용한다. TFTP는 CM의 각종 구성정보를 서버로부터 받아서 CM에 해당 기능을 설정하기 위하여 사용되고, Security management 부분은 각종 비밀 키들을 관리하고 중요한 관리정보를 암호화하기 위해서 사용한다.

3.2 물리 계층 규격

케이블 TV망에서 고속의 데이터 서비스를 수행하는 CM 및 CMTS의 규격은 QPSK 방식 및 QAM 방식이 결정되었으며, 이는 데이터 서비스나 디지털 비디오 서비스를 제공하기 위한 변복조 기술규격이다.

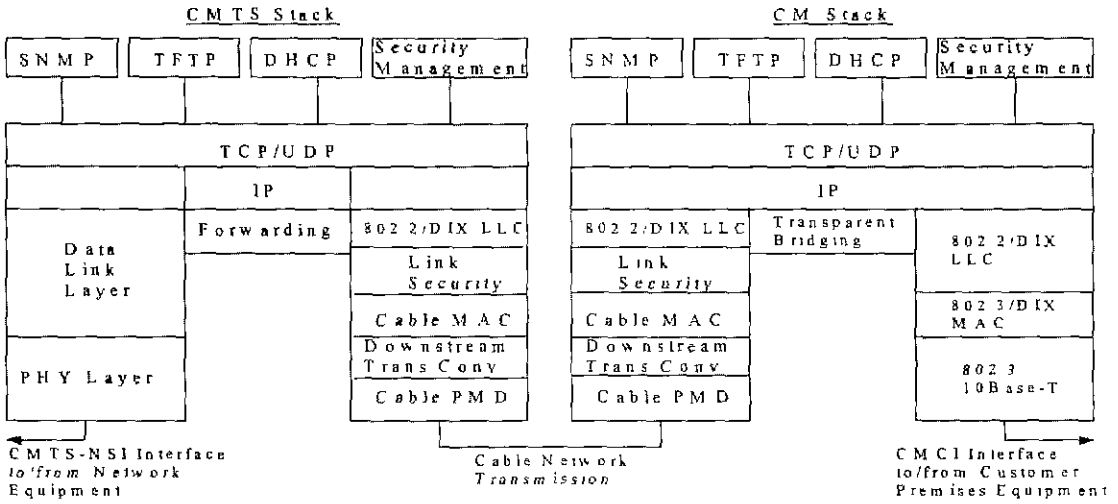


그림 3 프로토콜 스택

3.2.1 상향 채널

상향스트림 물리계층은 FDMA/TDMA 버스트 변조방식을 사용하여 5가지 심볼 데이터 전송율 및 2가지 변조방식(QPSK, 16QAM)을 제공한다. 각 버스트는 유연성을 갖는 변조, 데이터 심볼 전송율, 프리엠블, 페이로드 랜덤성 및 프로그래머블한 FEC 인코딩이 가능하다. CM의 버스트 데이터 전송과 관련한 모든 상향스트림 전송파라미터는 MAC 메시지에 의해 CMTS가 식별한다. 상향 스트림 변조기는 실제적으로 물리적 레벨의 변조기능 및 디지털 신호처리 기능을 수행한다. 디지털 신호처리기는 FEC, 선 프리엠블, 심볼매핑등을 제공한다. 변조기와 유사하게 복조기는 복조기능 및 신호처리 기능의 두 가지 기본기능을 제공한다. 다음은 주요한 상향스트림 특징을 나타낸다.

- 주파수 Agility 및 시분할 다중엑세스(TDMA),

표 1 상향스트림 버스트 프로파일 속성 및 사용자 고유의 버스트 파라미터

버스트프로파일속성 변조	설 정 값 QPSK. 16QAM	사용자고유의 파라미터 전력레벨	설 정 값 16QAM: +8~55dBmV QPSK: +8 -58dBmV
차동인코딩	ON/OFF	주파수옵셋	Range = ±32kHz,증분 = 1Hz
프리엠블길이	0~1024bits	레인징옵셋	0-(2^{16}-1),6.25 μ s / 64 의 증분
프리엠블 옵셋 값	0~1022	버스트 길이	1-255 mini-slots
FEC 에러수정(T바이트)	T=0-10(T=0,FEC = off)	송신등화기계수	~64 coefficients ; 4바이트/ Coefficient
FEC Codeword 정보 바이트(k)	Fixed : 16-253(FEC=ON) Shortened : 16-253(〃)	버스트프로파일속성	설 정 값
스크램블러 seed	15 bits	최종Codeword 길이	Fixed, shortened
최대 버스트 길이 (mini-slot)	0~255	스크램블러 on/off	On/Off

- ◆ QPSK/16QAM 변조방식
- ◆ 고정 프레임 및 가변길이 PDU 전송
- ◆ 다중 심볼데이터 전송
- ◆ 프로그래머블한 Reed-Solomon 블럭 코딩 및 프리엠블

복조기는 사용하는 각 캐리어 주파수에 대한 하나의 변조기능을 갖으며, 주어진 주파수에서 모든 버스트 데이터를 수신한다. 복조기는 심볼 타이밍 및 캐리어 복구, 트래킹, 버스트 데이터 획득 및 복조를 수행한다.

상향 스트림 전송특성은 a)채널 파라미터, b)버스트 프로파일 속성, c)사용자 고유의 파라미터 등 세 가지 부류로 분류된다. 채널 파라미터는 5가지의 심볼 데이터 전송을. 중심주파수(Hz), 1024-bit의 대형 프리엠블을 갖는다. 상향 스트림 버스트 프로파일 속성 및 사용자고유의 파라미터는 표 1과 같으며, 각각의 속성은 헤드엔드 종단시스템(CMTS)과 케이블모뎀이 Ranging 과정을 통해서 적절한 값으로 공유한다. 사용자 고유의 파라미터는 케이블모뎀들이 동일한 채널을 사용할지라도 사용하는 망의 특성 및 CMTS와의 거리, RF 출력상태에 따라 각각 서로 다른 값을 갖게 된다. 케이블모뎀은 표 1의 모든 버스트 프로파일 속성 및 파라미터를 지원해야 한다.

상향 스트림 송신전력은 Cable TV 망 상향 전송 주파수 5-42MHz, 영역내에서 일정한 Step size로 변화해야 한다. 상향 전송대역에서 송신 전력은 16QAM일 경우 +8dBmV~55dBmV 범위에서 1-dB 간격으로 조절되어야 한다. 케이블모뎀에서 출력되는 상향 스트림의 RF 출력 특성은 표 2와 같다.

3.2.2 하향 채널

CMTS가 전송하는 RF 하향스트림 데이터는 연속적인 188-Byte MPEG[ITU-T H.222.0] 패킷들로서 정의된다. 헤드엔드장치(CMTS)의 하향 스트림 RF 출력 및 케이블모뎀의 RF 입력을 위한 물리계층은 ITU-T J.83-B를 기반으로 하며, 그 주요한 특징은 다음과 같다.

- ◆ 64/256 QAM 변조형식
- ◆ 6MHz 스펙트럼 점유대역폭
- ◆ 연쇄적 Reed-Solomon 블럭코드 및 Trel-

표 2 CMTS/CM RF 출력 및 CM RF 입력특성

CMTS RF 출력특성		CM RF 입력특성	
파라미터	설 정 값	파라미터	설 정 값
중심주파수	91-857MHz ±30KHz	중심 주파수	91-857MHz ±30kHz
출력레벨	50-61dBmV	입력레벨 폭	-15dBmV- +15dBmV
변조 방식	64/256 QAM	변조 방식	64QAM, 256QAM
심볼 율 64QAM/256QAM)	5.056941 Msym/s 5.360547 Msym/s	심볼율	5.056941Msym/sec (64QAM) 5.360547Msym/sec (256QAM)
채널 할당폭	6MHz	채널 대역폭	6MHz
주파수 응답 64QAM /256QAM	18% / 12%	총입력 전력	< 30dBmV
인밴드 스퓨리어스(fc ±3MHz)	< -57dBc	입력 임피던스	75ohm
위상 잡음	1kHz-10kHz : -33dBc 10kHz-50kHz : -51dBc 50kHz-3000kHz : -51dBc	입력 귀환 손실	> 6dB (88-860MHz)
CM RF 출력특성			
주파수	5 - 42MHz	심볼율	160, 320, 640, 1280, 2560 ksym/sec
레벨 범위(1-채널)	16QAM : 8-55 dBmV QPSK : 8-58 dBmV	대역폭	200, 400, 800, 1600, 3200kHz
변조방식	QPSK, 16QAM	출력임피던스	75 ohm

lis 코드

◆ 가변 Depth 인터리버 지원

CMTS과 CM RF 출력 및 CM RF 입력특성은 표 2에서 상세하게 제시하였으며, CMTS는 중심주파수 IF 43.75MHz의 신호를 출력하며, 이와 연결되는 주파수 변환기는 상기 신호를 입력으로 하여 케이블 TV 전송대역 91-857MHz 영역중의 한 채널로 설정한다. 출력레벨은 표 2에서 제시한 50-61dBmV 레벨 값 내에서 RF 출력으로 설정되어야 하며, 심볼율은 초기 CMTS 설치시 MCNS MAC 소프트웨어가 64/256QAM중 어느 한 모드로 설정한다. CMTS와 연동하여 동작하는 케이블모뎀은 RF 수신입력레벨 -15dBm~+15dBm의 범위에서 동작하며, 변조방식은 초기 케이블모뎀 설치시 MAC S/W가 64/256QAM 방식중 어느 한 모드로 설정한다. 케이블모뎀의 RF 출력은 케이블모뎀 초기 설치시 CMTS의 UCD (Upstream Channel Descirptor) 메시지에 의해 설정되고, Ranging 과정을 통해 케이블 TV 망 특성에 따라 적절한 값으로 조정되어야 한다.

케이블모뎀은 64QAM 모드설정시, 캐리어 대 잡음비(Es/No) 23.5dB이상에서 동작할때 post-FEC BER이 10-8보다 다소 작거나 같아야 하며, 256QAM 모드 설정시 캐리어 대 잡음비(Es/No) 30dB 이상에서 동작할때 post-FEC BER이 10-8보다 다소 작거나 같아야 한다.

3.3 MCNS MAC 프로토콜

3.3.1 특징

MCNS의 MAC 프로토콜에서 CM들은 자기 마음대로 아무때나, 송신할 수 있는 것이 아니라, 마치 오케스트라의 연주자들이 지휘자의 지시에 따라 연주하듯이, CMTS로부터의 지시에 따라 정해진 시간 구간에 송수신한다. 즉, 다수의 CM들이 TDM(Time Division Multiplexing)을 통해 상향채널 자원을 나누어 사용하는 것이다. 따라서, CMTS는 미니슬롯이라는 일정한 크기의 가변적 시간 간격으로 상향채널의 할당을 나누어 놓고 데이터 통신을 원하는 CM마다 적당한 양만큼씩 나누어 주는 것이다. 그런데 문제는, 각 CM이 너도나도 미니슬롯 할당요청을 위해 아무때나 송출하면, 이미 데이터 통신을 잘하고 있던 다른 CM들을 망쳐버리게 되므로, CMTS의 통제에 따라 주어진 시간 구간에만 하도록 함으로써 CM 상호간의 충돌을 방지하게 되어 있다. 각 CM은 CMTS로부터 내려오는 MAP이라는 것을 통해 자신의 SID에 따라 언제 상향으로 데이터를 송신할 수 있는지 알게 된다. 다만, Power on이후 맨처음 데이터 통신에 참여하는 CM의 경우는 모든 CM에게 Broadcast되는 MAP을 보고, 미니슬롯 할당 요구를 하고 싶다는 것을 CMTS에 알려야 하므로 이때 공시된 시간구간에서는 어쩔수 없이 CM 끼리의 경쟁(Contention)이 있게 된다. 아무튼 모든 CM은 무조건, 자신이 데이터를 송신하기에 앞서, 매번 CMTS로부터 일종의 허가서(MAP)를 받아야 하는데 여기에는 MAP을 수신한 현재 시각부터 얼마 후에 송출하기 시작하라는 중요한 시간 정보가 들어 있다. 따라서, 이 시간들이 틀리면 문제가 발생하므로 CMTS가 항시 모든 CM들에게 주기적으로 표준시간 정보를 뿌려주게 된다. 그림 4는 MAP 프레임을 통하여 상향채널을 할당한 예를 보여주고 있다. 하나의 MAP PDU 내에는 각각의 용도에 따라 미니슬롯 단위로 할당이 된다. 그림에서의 MAP PDU에는 처음 4슬롯은 특정 CM이 사용할 수 있는 영역이다. MAC 프로토콜의 다른 특성중의 하나는 CM이 수신한 MAP 프레임 정보중 임의의 CM들이 상향 전송기회를 얻기위해 요청할 수 있는 구간(Request IEs or Request/Data IEs)에 발생할 수 있는 충돌을 회피하기 위하여 back-off window 알고리즘에 따라 경쟁을 한다는 것이다. 다음 5 슬롯이 미니슬롯 요청 프레임을 보낼 수 있는 영역인데, 이 영역은 모든 CM들이 경쟁적으로 사용할 수 있는 영역이다. 다음에도 4개의 CM들을 위한 영역들이 할당되어 있고, 마지막으로 4 슬롯을 maintenance 용으로 할당하고 있다. 이 MAP PDU가 사용하고 있는 영역 다음은 다음 MAP PDU에서 할당내역을 알려준다.

또한, 크기가 다양한 패킷을 지원할 수 있어 대역폭을 효율적으로 이용할 수 있으며, 확장

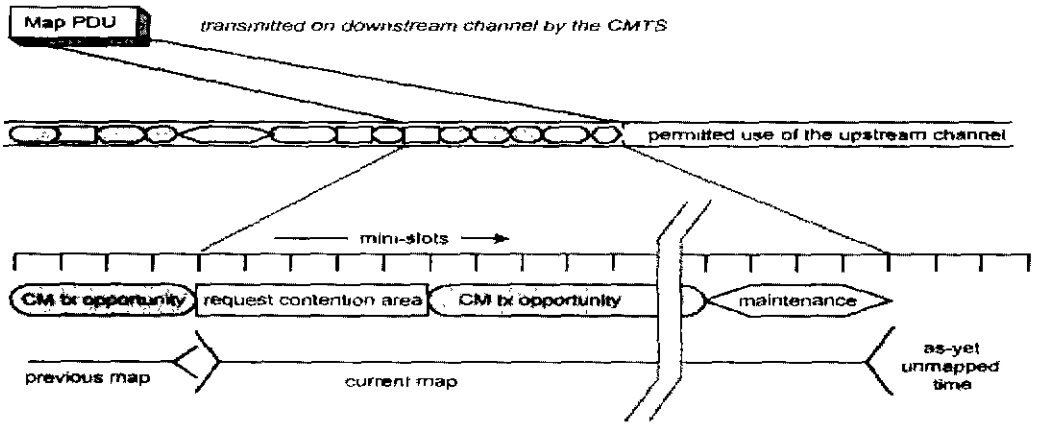


그림 4 할당 MAP의 예

성을 고려하였기 때문에 ATM 셀과 다른 데이터 PDU를 수용할 수 있고, 데이터링크 계층에서 보안과 가상 LAN을 지원할 수 있는 확장성 및 폭넓은 데이터 속도를 지원하는 특성을 가지고 있다.

3.3.2 프레임 포맷

CM과 CMTS간에 교환되는 MAC 프레임은 크게 패킷 MAC 프레임, ATM cell MAC 프레임과 MAC 제어 프레임으로 나누어지며, MAC 제어 프레임은 미니슬롯 요청, ATM cell 요청, MAC 관리 메시지 및 concatenation 프레임으로 나누어지고, MAC 관리 메시지는 SYNC, UCD, MAP, RNG—REQ, RNG—RSP, REG—REQ, REG—RSP, UCC—REQ, UCC—RSP, TRI—TCD, TRI—TSI, BPKM—REQ, BPKM—RSP 등으로 이루어져 있다. 그리고 향후 확장을 위한 부분도 남겨놓고 있다. 이들 중 concatenation 프레임은 여러 MAC 프레임들을 하나로 결합한 형태로서 이 속에 속해 있는 프레임들을 분리하면 각각은 하나의 독립된 MAC 프레임이 된다. MAC 프레임의 일반적인 구조는 그림 5에서 보여주고 있다. 이것은 이더넷 프레임을 MAC 프레임으로 포장하여 전송하기 위한 구조이지만 패킷 PDU 부분은 프레임의 종류에 따라 ATM 셀이나 MAC 관리 메시지로 사용될 수 있다. FC(Frame Control)은 MAC 프레임의 종류를 구별하고 약간의 추가정보를 전송하는데 사용하며 MAC—PARM(MAC parameter)는 추가적인 파라메타를 전송하는데 사용한다. LEN(length)는 패킷 PDU 부분의 길이를 바이트 수로 나타낸 것으로 HCS(header check sequence)는 MAC header 부분의 에러 검출을 위해 사용된다. 미니슬롯 요청이나 ATM 셀 요청 프레임에서는 LEN 필드를 SID로 사용한다. LEN 필드와 HCS 필드 사이에는 확장된 헤더가 사용될 수 있으며, 이것은 보안이나 piggy back 요청용으로 사용될 수 있다.

3.3.3 동작시나리오

그림 6은 CM과 CMTS간에 IP 패킷을 투명하게 전송하기 위하여 사전에 송수신하는 메시

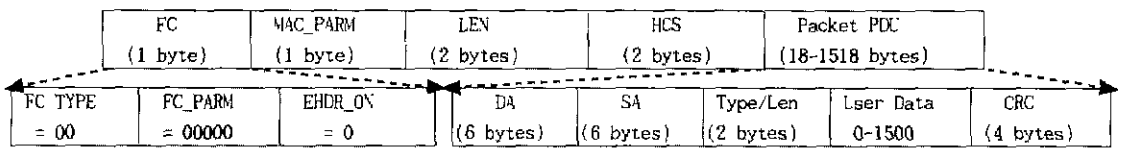


그림 5 MAC 프레임의 구조

지들과 초기화가 설정된 이후에 주기적으로 송수신하는 메시지들의 동작 시나리오를 나타내고 있다. 먼저 CM은 전원이 들어오면 RSM (Removable Security Module)이 장착되어 있는지를 검사하고 적당한 하향 채널을 찾아서 동기(SYNC)를 맞춘다. 이 하향채널을 통하여 사용될 상향채널에 대한 정보(UCD)를 얻고 이를 하드웨어에 설정한다. 하향채널을 통해 내려오는 MAP 프레임을 분석하여 선택된 상향채널을 통해서 ranging 요청을 전송하고 CMTS로부터 ranging 응답을 받으면 이 프레임으로부터 SID를 얻는다. 이 과정이 initial maintenance 과정이다. 이후 CM과 CMTS간의 동작은 할당된 SID를 기반으로 이루어진다. initial maintenance 과정이 완료되면 CMTS는 MAP을 통해 상향채널 슬롯을 할당하여 ranging 요청을 정식으로 전송하도록 한다. CM이 ranging 요청을 보내오면 CMTS는 ranging 응답을 전송하는데, 여기에는 전송지연에 따른 타이밍 옵셋, 상향채널 주파수, 상향채널 전력레벨 등의 정보를 담고 있으며 이 정보로부터 CM은 내부의 하드웨어 값을 보정한다. 이 과정이 station maintenance 과정이다. Station maintenance 과정이 완료되면 DHCP 서버와 접속하여 TFTP와 TOD 서버의 IP 주소와 CM의 IP 주소 등을 확보하고 해당 TFTP 서버와 접속하여 CM의 구성(configuration) 정보를 다운로드 받는다. 이 과정이 IP 연결과정으로서 UDP/IP 프로토콜을 사용하여 CMTS와 접속이 이루어진다.

이 과정 이후 CM에 RSM 모듈이 장착된 경우에는 이 모듈을 통하여 보안(security) 절차를 수행한다. CM은 IP 연결 과정을 통해 확보한 정보들을 바탕으로 하여 CMTS에게 등록요청(REG-REQ)을 전송하여 정식등록을 요청하고 CMTS는 이 요구에 따라 해당 CM을 내부적으로 서비스 해줄 상대로 등록하고 정식 SID를 할당하여 CM에게 등록응답(REG-RSP) 프레임을 통하여 응답해 준다. 정식등록이 끝난 후에는 RSM 모듈이 없는 경우 BPI (Baseline Privacy Interface) 초기화 과정을 거친다. 이 과정이 완료되면 CM은 정상적인 동작상태가 된다. 한편, UCC 메시지는 정상적인 동작상태에서 현재 사용하고 있는 상향 채

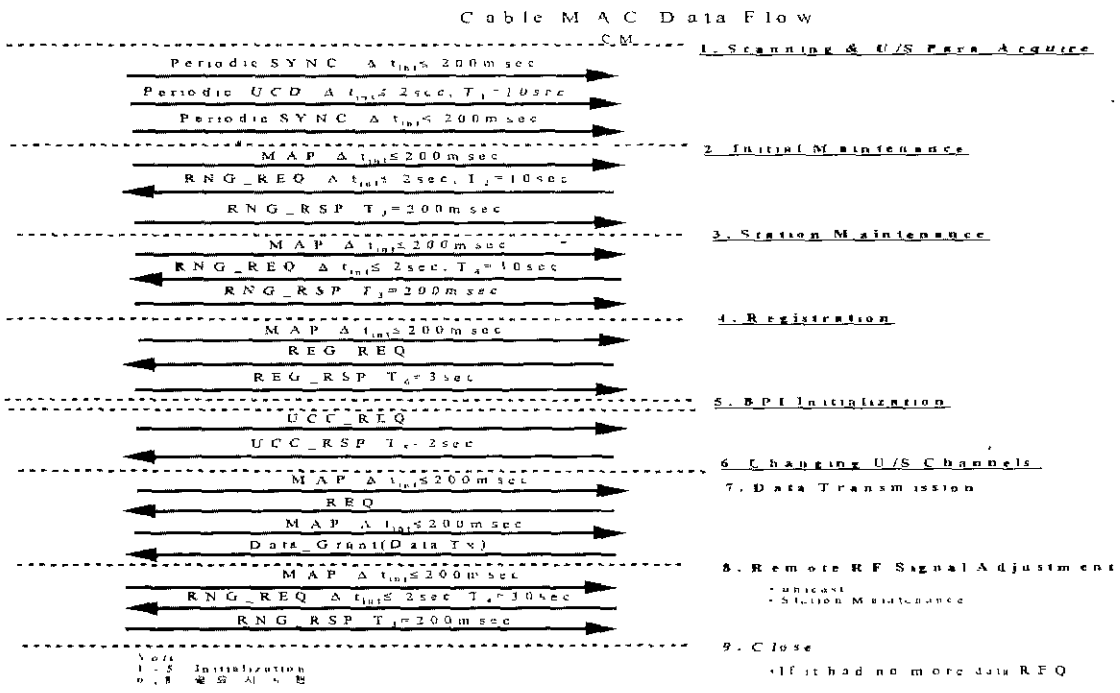


그림 6 CM과 CMTS간의 동작 시나리오

널의 트래픽이 많거나 잡음을 피하기 위하여 다른 채널로 변경하고자 할 경우, CMTS에 의해 CM에 전송되어 다른 상향채널을 사용할 수 있도록 한다. 여기에서 SYNC, UCD, RNG 메시지들은 CMTS에 의해 정해진 시간마다 전송되는 메시지들로서 SYNC는 CM과 CMTS 간의 동기화를 위해서 사용되며, UCD는 상향채널에 대한 일종의 설명서를 주기적으로 전송한다. 한편, 케이블 MAC에서는 CMTS와 CM 간에 RNG 메시지를 통해 주기적으로 Ranging 요청과 Ranging 응답이라는 특별한 절차를 수행한다. 이것은 HFC 케이블TV 전송망의 특성 때문에 주기적으로 양측 데이터 모뎀의 물리적 파라메타(송출출력레벨, 주파수 옵셋, 채널등화기 파라메타)를 Tunning하기 위한 것인데, CMTS는 이것을 CM의 동작 지속 여부 판정에도 사용한다. 즉, 일정기간 경과 후에도 CM으로부터 Ranging 요청이 오지 않으면 해당 CM을 Polling List에서 삭제함으로써, 관리대상에서 제외시키는 것이다.

4. 발전 전망

최근의 정보통신 산업은 별개의 산업 분야로 발전해오던 컴퓨터, 통신, 방송 산업분야가 인터넷을 기폭제로 하여 더욱 융합되는 소위 "Industry Convergence"의 시대로 볼 수 있으며, 그 결과 WebTV, Internet TV, Cable Telephony, CTI, Cable Modem, Networked Multimedia 등 새로운 용어들이 등장하게 되었다. 이러한 추세로 볼 때, 인터넷을 중심으로 한 서비스는 고속화, 고신뢰화, 다양화되리라 예상되며, 케이블 TV망도 이러한 차세대 서비스에 적합한 광대역 통신 가입자망으로 활용될 수 있도록 시대적 요구에 부응하여 더욱 업그레이드되어 갈 것으로 보인다. 따라서 케이블 모뎀을 중심으로 시작된 케이블 망을 이용한 고속 데이터 서비스 기술은 다음 그림 7에 보인 것과 같이 단계적으로 IP Telephony, VoD, Multimedia 서비스 등 다양한 서비스를 가능케 하는 기술로 발전할 것으로 보인다.

이러한 예상을 가능하게 하는 움직임의 하나로써, MCNS규격을 주도해 나가고 있는 Cable Labs에서는, 고속 인터넷 억세스 등의 데이터 서비스를 중심으로 한 DOCSIS 1.0 규격의 QoS 부분을 더욱 보완하고, 새로이 VoIP에 대한 규격을 추가 하여 DOCSIS 1.1 규격을 늦어도 올해 상반기 중에 공식 발표할 예정으로 있다. 아울러 기존의 MCNS Cable Modem 칩셋 개발 업체인 Broadcom사와, S-CDMA 방식의 케이블모뎀 제조업체인 Terayon사와의 공동협력 체제하에, 상향채널에 CDMA 방식을 허용하는 DOCSIS 1.2 규격 작업을 병행하여, 올해안에 확정할 예정으로 있다.

또한, Cable Labs에서는, 향후 출시하게 될 DOCSIS 1.1 규격 호환 장치에 "PacketCable-TM"이라는 브랜드명을 사용하고 1998년말에 완성된 디지털 방송용 Set-Top Box의 표준 규격을 준수한 장치에 "OpenCableTM"이라는 브랜드 명을 사용하기로 하였다. 다시말하

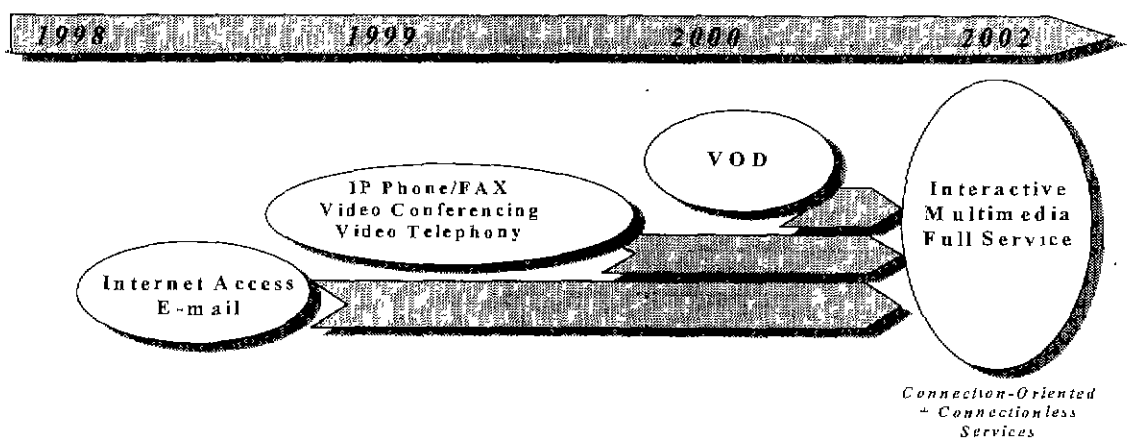


그림 7 서비스 발전 전망

면 PacketCableTM은 인터넷을 기본으로 한 연결중심의 서비스, 즉 전화나 화상회의와 같은 음성 및 비디오 서비스를 규정하고 지원하기 위한 규격의 별칭이라 할 수 있다. 이러한 노력들은 불특정 소비자들에게, 제조업체와 상관없이 호환성을 보장한다는 측면에서, 향후 시장 확대에 기여하는 바가 크리라 기대된다.

5. 결 론

초고속 LAN과 연동하여 여러 가지 다양한 차세대 통신서비스를 제공할 수 있는 솔루션의 하나로서, 케이블 TV망을 이용한 고속 데이터 서비스 시스템, 즉, 케이블모뎀을 이용한 시스템에 대해서, 기술적 개요, 표준화 동향, 시스템 구성, 물리 계층 규격 및 MAC 프로토콜 등을 살펴보았다.

이러한 서비스 시스템은 MAC이라는 Data link 계층의 통신 프로토콜이 기술적 핵심을 이루고 있으며, MCNS의 CableMAC 규격은 실제 산업계로부터 수렴된 규격으로 Tree & Branch 구조의 케이블 TV 망에 적합한 실질적인 Multiple Access 솔루션을 제공하고 있다.

CM은 지난해 미국에서만 약 50만대가 설치되었으며 올해에는 약 120만대 이상, 2000년에는 약 300만대 가량의 수요가 있을 것으로 예상되는 등, 급격하게 그 수요가 확대되고 있다. 그러나, 이러한 케이블모뎀 시장이 성숙되기 위해서는 무엇보다도 케이블TV 망이 안고 있는 문제점, 즉 Network Topology, Ingress 잡음, 상향 채널의 유합잡음(Funneling noise), life line으로서의 정전 대책, 선로 증폭기의 업그레이드 등이 해결되어야 할 것이며, 사업적으로는 방송과 통신 사업 영역 구분이 모호해지는 등의 서비스 통합화 시대가 도래함에 따라, 각 사업자간의 서비스 책임 한계 및 요금 체계에 대한 합의가 이루어져야 할 것이다.

새로운 밀레니엄 시대의 광대역 멀티미디어 서비스를 완벽하게 가능케 하는 독보적이고도 확실한 가입자망 솔루션은 아직 없다. 그러한 점에서 케이블 TV망은 이제껏 언급한 바, 비교적 저렴한 비용으로 이러한 서비스를 수용할 수 있는 가입자망의 하나로 활용될 수 있으며, 통신 사업에 대한 여러 가지 정부의 규제가 완화되고, 표준 규격 제품에 대한 호환성이 시장에서 확실하게 증명된다면, 인터넷 시장의 폭발적인 확대와 더불어 CM도 본격적으로 확산되리라 생각된다.

참고문헌

[1] MCNS, Data-Over-Cable Radio Frequency Interface Specifications, SP-RFII01-970326(SP-RFI) March 26, 1997.

[2] MCNS, Data Over Cable Security System Specification, SP-SSI-I01-97056(SP-SSI) May 6, 1997.

[3] MCNS, Cable Modem Removable Security Module Interface Specification, SP-RSMI01-970425 April 25, 1997.

[4] BCM93210 QAMLink Cable Modem Termination System Reference Design User's Manual, Broadcom corporation, June, 1998.

[5] BCM3210 MCNS Cable Modem Termination System Media Access Controller Advance Specification, Broadcom corporation, June, 1998.

[6] BCM3220 MCNS Cable Modem Media Access Controller Advance Specification, Broadcom corporation, February, 1998.

[7] Walter S. Ciciora, Cable Television in the United States-An Overview, CableLabs, 1995.

[8] High-Speed Cable Data Service (HSCDS) RFP, CableLabs, 1995.

[9] John Davison and Robin Hearn, Cable Modems(sOS Stealing the Broadband Market, Ovum Reports 1997.

[10] Product Data-Sheet: Digital Down-converter and Bit Synchronizer/

QPSK Demodulator For CATV Applications, Standard Telecom, In., Feb, 1995.

[11] B. Daneshrad, and H. Samueli, "A 1.6Mbps Digital-QAM Syatem for DSL Transmission" IEEE J. Select. Areas Commun., vol.11, no.7, December, 1995, pp1600-1610.

[12] Elliott E. Hamilton, Robert M. Jones, Jennifer E. Sharpe, Carol S. Mann, Cable Trends: 1998, Strategis Group, Inc., 1998.

[13] Mike Schwartz, "OpenCableTM on Track; Specifications Issued to Suppliers," CableLabs, http://www.cablelabs.com/PR/Opencable2—rel.html.

[14] Mike Schwartz, "CableNET(R)'98 Issued; Focus on Interoperable Services," CableLabs, http://www.cablelabs.com/PR/CN982—rel.html.

[15] "Cablelabs Taps Terayon and Broadcom to Author DOCSIS 1.2 Standards," Cable DataCom News, Nov. 13, 1998, http://www.terayon.com/news/clip/DOCSIS12.htm

[16] "PacketCableTM," http://www.packetcable.com/.

[17] Tim Wilk, "Reverse traffic considerations on HFC node size migration," Communications Technology, October, 1998.

[18] Ted Woo, "Headend to the Home," Communications Technology, January, 1998.

[19] 조병학 외 11인, CATV망을 이용한 고속 데이터 서비스 시스템 개발 (중간보고서), 산업자원부, 1998. 8.

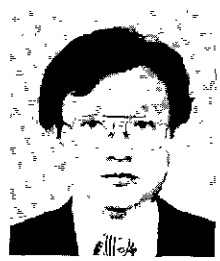
[20] 김용석 외 4인, Cable Modem용 Data Link 계층 프로토콜 소프트웨어 모듈 개발(최종보고서), 전자부품종합기술연구소, 1998. 8.

[21] 조병학, "케이블TV망을 이용한 멀티미디어 서비스," 제1회 케이블모뎀 워크샵, 한국정보통신기술협회 CATV연구위원회, 1998 11. 11~12.

[22] 대화형 CATV기술연수회(총괄), 전자부품종합기술연구소, 1998. 9. 8.

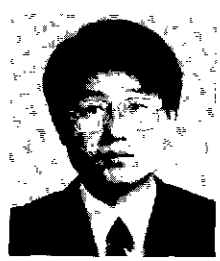
[23] 은창수, "케이블모뎀 기술," 전자공학회지, 제25권 제4호, 1998. 4.

[24] 황승오 외 2인, "HFC CATV 망의 전송 및 데이터 통신" 한국통신학회지, 제15권 7호, 1998. 7.



조 병 학

1981 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1981~1986 동양정밀 공업(주) 중앙연구소
1988 서울대학교 대학원 졸업(공학석사)
1988~1990 LG전자 영상미디어 연구소 선임연구원
1992~현재 전자부품연구원 선임연구원
관심분야 : 디지털복조, Multiple Access Protocols, 대화형 CATV시스템, 무선LAN
E-mail : chobh@nuri.keti.co.kr



김 한 태

1991 한양대학교 전자계산학과 (공학사)
1993 한양대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)
1993~1994 한국생산기술연구원 연구원
1994~현재 전자부품연구원 전임연구원
관심분야 : 멀티미디어시스템, 실시간운영체계, CATV 시스템, 통신프로토콜
E-mail : kimht@nuri.keti.re.kr

백 유 현

1991 광운대학교 전자공학과(공학사)
1993 광운대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1993~현재 전자부품연구원 전임연구원
관심분야 : 무선통신시스템, 무선 LAN, 통신프로토콜
E-mail : baekyh@nuri.keti.re.kr