

# 다채널 VoIP 케이블모뎀 설계

정회원 조병학\*, 최형진\*\*

## A Design of Multi-Channel VoIP Cable Modem

Byung Hak Cho\*, Hyung Jin Choi\*\* *Regular Members*

### 요약

HFC(Hybrid Fiber and Coaxial) 케이블 TV망은 최근 초고속 인터넷 가입자망으로 활용되고 있으며, VoIP (Voice over IP) 기술의 발전과 더불어 케이블모뎀은 고속 데이터 전송뿐 아니라 음성통화까지 가능하도록 개발되고 있다. 본 논문에서는 UDP(User Datagram Protocol)계층 위의 Signaling 프로토콜로 서버-클라이언트 기반의 MGCP(Media Gateway Control Protocol) 사용한 VoIP 케이블모뎀의 설계 및 구현 예를 보인다. 설계 제작된 VoIP 케이블모뎀의 하드웨어 및 소프트웨어 구조, VoIP 케이블모뎀의 성능 시험 결과에 대해 기술한다. 성능 시험은 LAN과 접속된 HFC망에서 G.711 과 G.729AB 음성 코덱 알고리즘을 사용하여 수행했으며, 통상적인 IP 트래픽이 있는 HFC망과 연동된 이더넷을 통하여 양호한 음성 통화가 가능하였고, 전화 기능이 수행 가능함을 확인하였다.

### ABSTRACT

Recently, HFC(Hybrid Fiber & Coaxial) Networks are widely utilized to the one of the good solutions of broadband access networks for high speed Internet access. Due to the progress of VoIP technologies, cable modems are upgraded to have not only the capability of high speed data transfer but also real time voice packet transfer capability. This paper presents an implementation of VoIP cable modem adopting MGCP(Media Gateway Control Protocol), which is a server-client based signaling protocol over the UDP(User Datagram Protocol)layer. Hardware and software architectures of implemented VoIP cable modem are also described and test results as well.

Performance tests of implemented VoIP cable modem were done using G.711 and G.729AB voice codec algorithms over the HFC network connected with LAN. We verified good voice quality and the feasibility of telephony services by the performance test under the condition of normal IP network traffics in HFC network connected with Ethernet.

## 1. 서론

케이블모뎀은 Cable TV 망을 통해서 초고속 인터넷 서비스를 가능하게 하는 통신 단말 장치로서, 한쪽은 이더넷이나 USB(Universal Serial Bus)를 통하여 PC와 접속하고, 다른 한쪽은 케이블 TV 망을 통해 CATV헤드엔드의 CMTS(Cable Modem Termination System)와 접속하여, 상향으로는 320kbps~10Mbps, 하향으로는 27~38Mbps까지의 초고속 데이터 전송이 가능하도록 되어있다.<sup>[1][2]</sup>

케이블모뎀은 초기에는 표준 규격이 없이 제조업체 각각의 사설규격(Proprietary Specifications)에 의한 제품이 소규모로 사용되어 오다가, 미국 내 케이블업체(MSOs)들의 단체인 MCNS(Multimedia Cable Network System)에서 1996년 12월에 자체적으로 마련한 표준안인 DOCSIS(Data Over Cable System Interface Specifications)을 처음 공개한 후,<sup>[6][7]</sup> 1997. 3월 미국 뉴올리언즈에서 열린 NCTA (National Cable Television Association) 쇼에서 공식적으로 미국 내 표준으로 확정됨에 따라, 기술 개발 및 단말기의 저가격화가 본격적으로 이루어져

\* 이스텔시스템즈(주) 인터넷미디어연구소 소장 (chobh@iastelsystems.com)  
논문번호: K01046-0127, 접수일자: 2001년 1월 27일

\*\* 성균관 대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부

케이블모뎀의 보급이 크게 확대되었다.<sup>[9][10][11]</sup>

MCNS/DOCSIS를 주도하고 있는 미국의 Cable Labs에서 99년 3월에 케이블모뎀의 QoS를 강화한 DOCSIS1.1 규격과, 케이블 TV망에서의 VoIP 서비스를 위한 PacketCable™ 규격<sup>[3]</sup>을 발표함에 따라, 케이블모뎀을 이용한 통신 서비스 기능이 고속 인터넷 액세스는 물론, 연결 지향 서비스의 하나인 음성 전화 서비스까지 점차 확대되고 있어서, 가까운 시일내에 DOCSIS 1.1 규격 지원의 VoIP 기능이 탑재된 케이블모뎀을 통한 인터넷 전화, 화상전화 등의 서비스가 보편화 될 수 있을 것이다.

PacketCable™에서는 VoIP 서비스를 위한 망 기반 Call Signaling규격으로 서버-클라이언트 구조에 적합한 MGCP 규격을 채택하였다.

PacketCable™ 규격이 발표되기 이전에 선보인 VoIP 케이블모뎀에서는 IP 망에 접속되어있는 기존의 호스트들과의 호환성을 고려하여, PC의 Window 응용프로그램으로 널리 사용되고 있는 Netmeeting에서와 같이, H.323 프로토콜을 주로 채용하였다.<sup>[4]</sup> 그러나, H.323은 LAN과 같은 패킷 망에서의 멀티미디어 통신 서비스를 위한 호스트-호스트 기반의 통신 프로토콜로서 서버-클라이언트 구조의 케이블모뎀 시스템에 그대로 적용하기에는 효율성과 호스트(단말)의 비용 측면에서 불리한 점이 있었다. 본 논문에서는 이러한 점을 고려하여 서버-클라이언트 기반의 MGCP 프로토콜을 사용한 다채널 VoIP 케이블모뎀(PacketCable™ 규격)을 제안하고자 한다. MGCP는 미국 Telcordia의 SGCP(Simple Gateway Control Protocol)과 Level 3 Communications의 IPDC(IP Device Control) 프로토콜을 합하여 만든 것으로, IP 망에서의 효율적인 멀티미디어 서비스를 위한 솔루션의 하나로 관심이 집중되고 있는 프로토콜이다. MGCP에서는 효율적인 IP Telephony서비스를 위해, Call Signaling 기능을 전담하는 MGC(Media Gateway Controller), 즉 Call Agent장치와 미디어 처리 기능을 담당하는 MG(Media Gateway)를 따로 구분하여 운용하는 것이 특징이며, 단말 측의 프로토콜에 대한 부담이 줄어들어, Cost 면에서 이점이 있다.

본 논문에서 다루고 있는 다채널 VoIP 케이블모뎀은 아래 그림 1에서와 같이 IP 망과 연동된 HFC 케이블 망에 접속하고 일반 전화기를 이용하여 전화 서비스를 제공하는 단말 장치로서 일반 전화기를 최대 4대까지 접속하여 사용할 수 있다. 고속 인터넷 서비스는 PC와 케이블모뎀간을 이더넷으로 접

속하여 제공받는다.

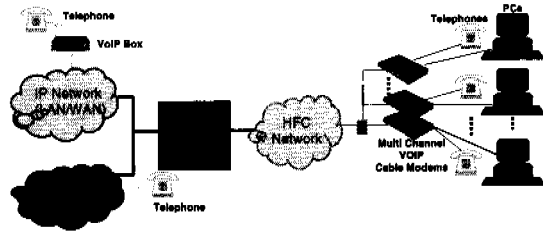


그림 1. VoIP 케이블모뎀 서비스 시스템 구성

## II. 통신프로토콜 스택

VoIP 케이블모뎀의 통신프로토콜 스택은 DOCSIS의 RFI (Radio Frequency Interface)규격에 정의된 바에 따르고 있으며 아래 그림 2와 같다.

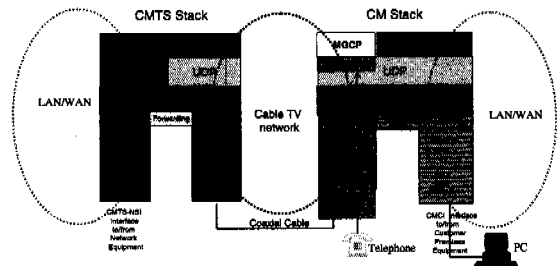


그림 2. VoIP 케이블모뎀 시스템의 통신프로토콜 스택

DOCSIS의 RFI 규격은 근본적으로 IP 망에서의 IP 트래픽을 HFC 망을 거쳐 CPE(Customer Premises Equipment)까지 투명하게 전송한다는 개념으로 설계되었다.<sup>[11][12]</sup> 따라서, 그림 2에서처럼 LAN 이나 WAN 망 사이에 HFC 케이블 네트워크가 삽입되어 있으나 End-to-End에서의 IP 데이터 관점에서는 LAN으로 직결되어있는 것과 마찬가지로 볼 수 있다.

CMTS와 케이블모뎀간의 HFC 케이블 네트워크를 전송매체로 한 프로토콜 스택의 VoIP 케이블모뎀에서는 물리계층인 CM(Cable Modem)모뎀 및 VoIP 모듈 위에, CMTS의 경우는 PMD(Physical Media Dependent)계층 위에, 데이터링크 계층, 네트워크 계층, 응용계층이 자리잡고 있는 구조로 되어 있다. 물리계층과 데이터 링크 계층 사이에는 MPEG 패킷 형식으로 전송되어오는 데이터를 벗겨내기 위한 Transmission Convergence 부 계층이 있다. 데이터링크(Data Link)계층은 LLC(Logical

Link Control), Link Security, Cable MAC(Media Access Control)의 3개의 부 계층으로 이루어져 있는데, MAC 부 계층은 각 케이블모뎀 대한 상향 채널 송신권 획득에 관한 제어를 담당하고, Link Security 부 계층은 통신보안, 인증 등을, LLC부 계층은 이더넷에서의 MAC 부 계층과 상위 IP 계층 간의 접속을 담당한다. LLC계층 위에는 네트워크 계층에 해당하는 IP계층 및 트랜스포트계층에 해당하는 TCP/UDP(Transfer Control Protocol/User Datagram Protocol) 계층이 있으며 그 위에 MGCP, SNMP(Simple Network Management Protocol), TFTP(Trivial File Transfer Protocol), DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), TOD (Time Of Day)등 각종 기능을 수행하는 응용 계층이 자리잡고 있다.

케이블모뎀에서의 모든 데이터는 고속 전송을 위해 대부분 UDP를 통해 이루어지며 음성데이터의 경우는 지연 변화를 최소화하기 위해 RTP/RTCP (Real Time Protocol/Real Time Control Protocol) 부 계층을 거쳐서 송 수신한다. 아래 그림 2에서 CMTS와 케이블모뎀 물리계층에서의 변복조 방식은 하향채널의 경우, 256QAM(Quadrature Amplitude Modulation)또는 64QAM이며 상향채널은 QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)또는 16QAM이다. 케이블모뎀과 PC 간은 10BaseT 이더넷이나 USB (Universal Serial Bus)로 연결된다. VoIP 서비스를 위한 VoIP 모듈은 전화기로부터의 아날로그 음성 신호를 디지털 신호로 변환, 압축하여 CM 측으로 전송하고, CM 측에서 전송하는 압축된 음성 데이터 패킷을 아날로그 음성신호로 변환하여 전화기로 출력하는 기능을 수행한다. CMTS 스택에서 IP 계층 바로 아래의 Forwarding 부 계층은 케이블 네트워크 자체의 IP를 상위 계층으로 넘기지 않고 바로 전달하기 위한 계층이다.

### III. 하드웨어 구조

VoIP 케이블모뎀의 하드웨어는 아래 그림 3과 같이 케이블 모뎀부(DOC)와 VoIP 부로 구성하였다.

케이블 모뎀부는 모뎀 기능을 수행하기 위한 주요 하드웨어 부품이 장착된 메인 보드로, Front-End 단에 해당하는 RF 트랜시버, IF 신호 대역에서 송수신 데이터를 변복조 하는 디지털 변복조기, CPU(Central Processing Unit), MAC칩, 메모리, 각

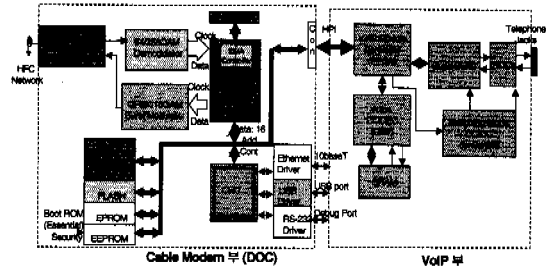


그림 3. VoIP 케이블모뎀 하드웨어 구조

종 입출력 드라이버 및 전원장치 등으로 구성하였다. 또 다른 하나는 커넥터를 통하여 메인보드 위에 장착되는 VoIP모듈로, 전화기와의 가입자 선로 접속을 위한 SLIC(Subscriber Line Interface Circuit), 가입자 선로로부터의 음성신호를 샘플링 하여 PCM 부호화 하거나 PCM 음성부호를 아날로그 음성신호로 변환하여 주는 SLAC(Subscriber Line Audio Processing Circuit), VoIP 모듈내의 각종 제어신호 생성을 위해 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현한 Line Controller, 그리고 음성 신호를 압축부호화 및 복호화 하기 위한 음성 코덱 (DSP칩), 가입자 회로의 선로 전원을 공급하기 위한 DC/DC 변환기 등으로 구성하였다.

그림 3 에 따라 VoIP 기능 수행을 위한 각 구성품의 동작을 설명하면 다음과 같다. VoIP 보드의 전화기 단자에 접속된 전화기로부터의 후크 온 /오프(Hook-On/Off)신호는 SLIC을 통해 감지되어 FPGA를 거쳐, HPI(Host Port Interface)를 통해 CPU로 전달되며, 전화기로부터 입력된 아날로그 음성신호는 SLAC을 통해 디지털 데이터 스트림(PCM 데이터)으로 변환되어 음성 코덱으로 입력된다. 음성 코덱은 64kbps PCM 음성데이터(G.711)를 G.729AB 압축 알고리즘<sup>1)</sup>에 따라 압축하여 Line Controller 측으로 출력하면 Line Controller에서는 HPI를 통해 케이블 모뎀부로 음성데이터를 전송한다. 이 후 케이블 모뎀부에서는 VoIP 모듈로부터의 음성 데이터를 RTP/RTCP를 거치는 것을 제외하고는 PC로부터의 인터넷 데이터와 마찬가지로 취급하여, DOCSIS 데이터 패킷을 CMTS로 전송한다. 마찬가지로, 케이블 망을 통해 케이블 모뎀부로 수신된 음성 데이터 패킷은 케이블 모뎀부의 CPU 와 VoIP 모듈내의 Line Controller간의 인터페이스에 의해 음성 코덱으로 전송되며, 음성 코덱은 수신된 압축 데이터를 실시간으로 복호화 하여 SLAC으로 출력하면 SLAC에서 아날로그 음성신호로 변환되어

SLIC을 통해 전화기로 전달된다.

SLIC은 후크 신호 감지 뿐 아니라, DC/DC 변환기로부터 전력을 공급받아 선로에 선로 전류를 공급하고, 전화기의 벨을 울려주기 위한 링잉(Ringing) 신호를 발생시키는 역할도 한다. FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현한 Line Controller는 SLIC, SLAC, 음성 코덱, DC/DC 변환기 등, CPU의 지시에 따라 VoIP 내의 주요 장치를 제어하기 위한 각종 신호를 발생시키고 케이블 모뎀부와 VoIP 모듈간의 데이터 인터페이스 기능을 수행하는 장치이다. 음성 코덱은 DSP 칩을 이용하여 구현하였는데, G.711 PCM 데이터 스트림을 G.729나 G.723.1 압축 스트림으로 변환시켜주는 기능, Dial Tone, Busy Tone, 호 처리 톤과 같은 각종 가청 음을 발생시켜주는 기능, DTMF(Dual Tone Multi-Frequency) 디지털 톤 감지 기능, 전화 번호 저장 기능 등을 수행한다.

#### IV. 소프트웨어 구조

설계 제작된 VoIP 케이블모뎀의 소프트웨어 구조는 아래 그림 4와 같이 CM 모듈, VoIP 모듈, RTOS(Real Time Operating System)모듈 및 BSP(Board Support Package)모듈로 구성되어 있다. CM 모듈은 주로 DOCSIS에 따른 통신 기능을 수행하기 위한 케이블모뎀 소프트웨어로, 망관리 용 MIBs(Management Information Bases)를 다루기 위한 SNMP 태스크, 각종 하드웨어 초기화 및 상향 채널 자원 할당을 위한 MAC, RS-232C 포트를 통한 디버깅 기능을 지원하기 위한 사용자 인터페이스용 콘솔 태스크, 구성 파일(Configuration Files)이나, 업그레이드 실행 화일 등을 내려 받기 위한 Download 태스크, IP의 동적 할당을 비롯한, MAC 동작 시나리오 상의 CMTS와의 각종 Handshake에 따른 응답을 지원하기 위한 메시지 및 이벤트 태스크, 링크 계층 시큐리티를 위한 BPI(Baseline Privacy Interface)등의 태스크들로 구성된다.

VoIP 모듈은 크게 음성 코덱 소프트웨어와 망 관련 Call Signaling 소프트웨어로 구분할 수 있다. 음성 코덱 소프트웨어는 G.729AB, G.723.1 등 음성 압축 부호화 알고리즘 수행, DTMF 톤 감지, 발신음(Dial Tone), 화중음(Busy Tone), 호 진행 음(Call Progress Tone)등의 각종 톤 발생, 잔향 제거, 음성 활동 감지, 팩스 릴레이, PCM 인터페이스, HPI 기능 등을 수행한다. 망 관련 Call Signaling 소프트웨어

어는 Telephony Signaling, Network Signaling(MGCP/Client), 디지털 수집 및 구분, 주소 변환 및 프로토콜 변환 기능을 수행한다. 그림 3에서 MGCP 관리 및 처리 유닛(Unit)은 MGCP Embedded 클라이언트의 기능을 수행하는 핵심 부분으로, 외부의 호 제어에 따라 VoIP 케이블모뎀을 제어하거나, Call Agent로부터의 Signaling 관련 메시지를 분석하고 실행하며 음성 코덱 유닛으로부터의 음성패킷을 네트워크에 전달하거나 반대로 네트워크로부터의 음성패킷을 음성 코덱 유닛으로 전달하는 역할을 한다. 디지털을 수집 및 검사 기능도 이 부분에서 담당한다. 호제어 유닛은 일련의 Supervisory 톤에 대한 On/Off 메시지를 음성 코덱 유닛에 전송함으로써 음성 통화 채널이나 데이터 전송모드 등을 설정하도록 해준다. 전화 접속 유닛은 음성 통화 채널의 상태 변화(후크상태)를 감지해서 해당 소프트웨어 모듈에 전달하고 Signaling 관련 하드웨어가 각 음성 통화 채널에 Signaling 신호를 보낼 수 있도록 해준다. 음성 코덱 접속 유닛은 음성 코덱용 DSP칩과의 인터페이스 역할을 수행한다. 즉, CPU가 메모리 공유방식에 의해 DSP칩과 통신할 수 있도록 인터페이스를 제공하는 것이다. 음성 코덱 유닛은 전화기로부터 입력된 음성신호를 압축 부호화 하거나 반대로, 망으로부터의 음성패킷을 복호화하여 재구성하는 일과, 톤 감지 및 발생 잔향 제거, 음성 활동 감지, 팩스 릴레이, PCM 인터페이스, HPI 기능 등을 수행한다. RTOS 모듈은 실시간 운영시스템으로 메모리에 데이터를 저장하고 인출하는 등의 시스템 제어의 기본 단위가 되는 각 태스크들의 기본이 되는 기능을 제공한다. BSP 모듈은 VoIP 케이블모뎀 소프트웨어가 실제 타겟 하드웨어 상에서 운용될 수 있도록, CPU 와 MAC칩, VoIP 칩, 이더넷 칩 등과 같은 각종 하드웨어와의 인터페이스를 제공함으로써 즉, 각종 칩들의 레지스터들을 읽고 쓸 수 있도록 CPU와의 인터페이스를 제공해준다.

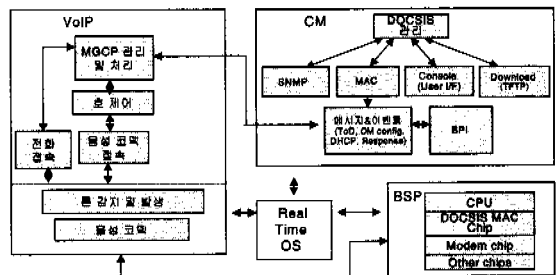


그림 4. 다채널 VoIP 케이블모뎀 소프트웨어 구조

### V. 시험 결과 및 고찰

실제 제작된 다채널 VoIP 케이블모뎀은 아래 그림 5와 같다. 제작된 VoIP 케이블모뎀을 시험하기 위한 구성도는 아래 그림 6과 같다. 그림 6에서 LAN은 실제 사용 중인 망이며, 케이블망은 실험실 내의 간이 망이다. LAN에는 CMTS, DHCP Server 및 Call Agent 등을 접속하고, 시험 대상 VoIP 케이블모뎀과 LAN Hub간에는 SPIRENT Comm.사의 SmartBits 2000, Layer Performance Analyzer를 접속하여, Normal 트래픽이 존재하고 있는 IP 망에, 인위적으로 시험 대상 VoIP 케이블모뎀을 목적으로 하는 데이터 패킷을 발생시켜 주입시키고, 이 때, VoIP 케이블모뎀에서의 Throughput, 패킷지연, 패킷 손실 등을 측정하였다.

아래 그림 7과 그림 8은 음성 통화를 할 경우의 음성 코덱 알고리즘 별로 VoIP 케이블 모뎀 하향 및 상향 채널에 대한 Throughput의 변화를 각각 나타낸 것으로, 변화 정도는 음성통화를 하지 않는 경우의 Throughput에 대한 상대 치로 표시하였다.

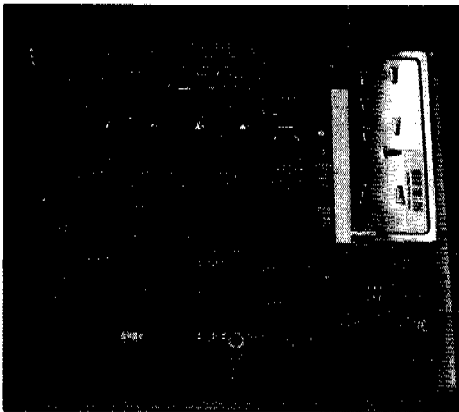


그림 5. 실제 제작된 다채널 VoIP 케이블모뎀

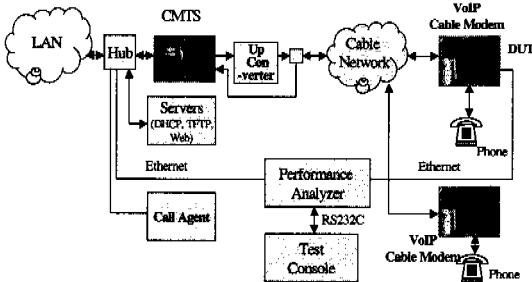


그림 6. VoIP 케이블모뎀 시험 구성도

네트워크의 트래픽 상황에 따라 변화가 심하나, 음성통화를 함으로써 일반 데이터에 대한 Throughput이 전반적으로 낮아지며 상향 채널의 경우 G.711 음성 코덱을 사용할 경우가 G.729AB의 경우보다 Throughput이 좀 더 낮아지는 경향을 보였다.

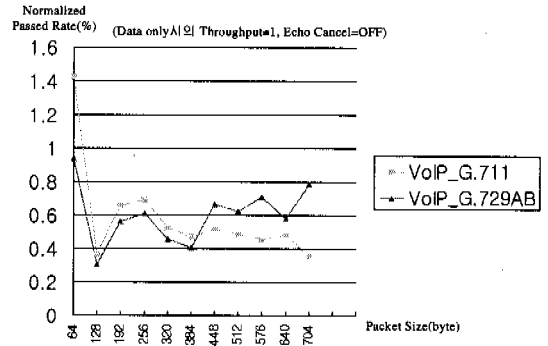


그림 7. 음성통화시의 VoIP 케이블모뎀 하향채널 Throughput 변화

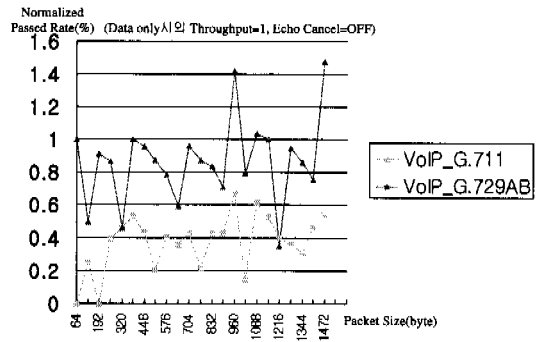


그림 8. 음성통화시의 VoIP 케이블모뎀 상향채널 Throughput 변화

케이블모뎀으로 전화통화를 하지 않는 경우(Data Only(D/O)와 G.711 코덱 알고리즘을 사용하여 음성 통화를 할 경우, G.729AB 코덱 알고리즘 이용하여 음성통화를 할 경우에 대한 하향 채널에서의 지연(Latency) 및 패킷 손실을 측정하고, 아래 그림 9, 그림10과 같았다. 지연은 Store and Forward 경우의 평균 패킷 지연 값으로 측정하였는데, 그림 9에서 알 수 있듯이, 일정 패킷 소스 발생률(Rate Tested) 이상에서 급격히 증가하여 어느 정도의 패킷 소스 발생률 한도 내에서는 비교적 일정한 값을 유지하며, 패킷 크기가 클수록 지연이 커지는 경향을 보이고 있다. G.711의 경우가 전송 데

이더 량이 상대적으로 많으므로 동일한 트래픽 (Traffic)에서도 지연이 상대적으로 크며, G.729AB의 경우는 8kbit/sec로 압축하므로 데이터 통신만을 할 경우와 그다지 큰 차이를 보이지 않고 있다. G.711 음성 코덱으로 통화할 경우, 트래픽이 어느 정도 이상 증가하면 약 30~60ms의 End-to-End 패킷 지연을, G.729AB 로 통화 할 경우는 20~30ms의 End-to-End 지연을 보이고 있다. 단, 두 경우 모두 알고리즘에 따른 데이터 처리 지연은 제외한 경우이나, 이를 고려하더라도, 양호한 음성통화가 가능한 지연 조건이, 패킷손실이 0%인 경우에 150ms이하로 알려져 있으므로,<sup>[5][13]</sup> 충분히 조건을 만족함을 알 수 있다.

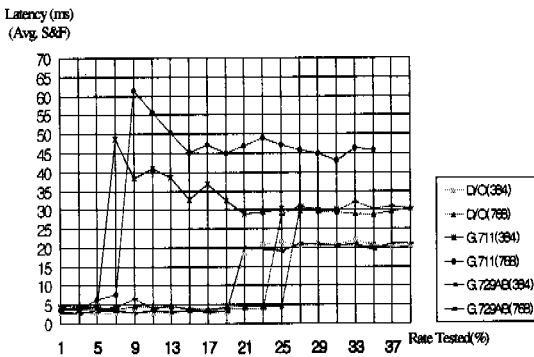


그림 9. 트래픽 증가에 따른 지연 (하향채널)

패킷 손실은 G.729AB 경우는 인터넷 데이터만을 주고받는 경우(D/O)에 비해 그다지 큰 증가는 없으나 G.711의 경우는 보다 많이 증가하며, 동일한 패킷 소스 발생률(Rate Tested)에서 패킷 손실이 상대적으로 큼을 알 수 있다. 트래픽이 증가함에 따라서는 당연히 패킷손실이 증가하는데 패킷 소스 발생률이 커질 수록 포화되는 경향을 보인다. 또한, 패킷 크기에 대해서는 3가지 경우 모두 패킷 크기가 길수록 상대적으로 패킷 손실이 적어짐을 알 수 있다.

표 1. 트래픽 증가에 따른 음성코덱 알고리즘별 통화품질

음성코덱 (Echo Cancel=8ms)	패킷소스 발생률(%)				
	1 이하	1~2.5	2.5~5	5~20	20 이상
G.711	Near Toll	Good	Mobile Quality	Poor	Unacceptable
G.729AB	Good	Mobile Quality	Poor	Poor	Unacceptable

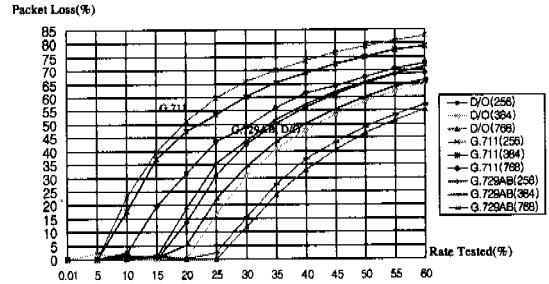


그림 10. 트래픽 증가에 따른 패킷손실(하향 채널)

또한, 통상적인 트래픽이 있는 Ethernet LAN에서 그림 6과 같이 연결한 Layer Performance Analyzer의 패킷 소스의 발생률을 변화시킴으로써 인위적으로 트래픽을 변경하여 음성통화 품질을 시험 해본 결과, G.711 음성 코덱을 사용한 경우와 G.729AB 음성 코덱을 사용했을 경우에 대해 다음 표 1과 같은 정성적 평가 결과를 얻었다. 주관적인 평가이긴 하나, 케이블모뎀 측으로의 인위적 패턴의 패킷소스 발생률이 낮은, 통상적인 IP 망 트래픽 상황에서는 G.711이나 G.729AB 음성 코덱 모두 양호한 통화 품질의 음성통화가 가능하였다.

## VI. 결론

본 논문에서는 MGCP 프로토콜을 이용한 VoIP 케이블모뎀의 구현 예를 보였다. 하드웨어 및 소프트웨어 구조를 기술하였고 시험 결과를 고찰하였다. MCNS의 VoIP 관련 표준 규격인 PacketCable™ 규격에 맞는 케이블모뎀 소프트웨어 구조를 채택하였고 그에 따른 여러 가지 시험 결과를 보였다. 성능 측정은 주로 Layer Performance Analyzer를 이용하여 수행했으며, 음성 코덱 알고리즘은 G.711과 G.729AB를 채용하였다. 측정 결과, Throughput은 일반 데이터만을 처리할 경우보다 전반적으로 낮아지며, G.711 음성 코덱을 사용할 경우가 G.729AB 음성 코덱을 사용할 경우보다 좀 더 낮았다. 음성

코덱 알고리즘에 따른 데이터 처리 지연을 제외한 End-to-End 간 평균지연은 G.711의 경우, 일정 이상의 트래픽에서 약 30~60 ms, G.729AB 에서는 20~30ms 정도로, 양호한 음성통화가 가능한 지연 조건을 만족하였고 패킷 손실은 일정 수준이하의 트래픽에서는 거의 없다가 어느 수준 이상의 트래픽에서 급격히 증가하는 경향을 보였다. 음성 코덱 알고리즘 및 망 트래픽에 따른 통화 시험 결과, 통상적인 IP 망 트래픽 상황에서 Layer Performance Analyzer의 패킷 소스 발생률이 낮은 경우에는 G.711이나 G.729AB 음성 코덱 모두 양호한 통화 품질의 음성통화가 가능하였다.

향후 보다 열악한 IP 망 트래픽 상황에서도 신뢰도 높은 실시간 음성 패킷 전송을 가능하게 하기 위해서는 보다 효율적이고 강력한 버퍼링 및 지터 감쇠 알고리즘, 동화 파라미터 최적화 기법 등이 포함된 미들웨어 및 응용 소프트웨어에 대한 연구 개발이 이루어져야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] Data-Over-Cable Radio Frequency Interface Specifications SP-RFI-I01-970326, CableLabs., March 1997.

[2] Mike Schwartz, "Cable RF Specification for High-Speed Data Finalized," [http://www.cablelabs.com/news\\_room/PR/97mcns\\_rfspec.htm](http://www.cablelabs.com/news_room/PR/97mcns_rfspec.htm), March 1997.

[3] PacketCable™ Network-Based Call Signaling Protocol Specification Pkt-SP-EC-MGCP-I02-991201, CableLabs., Dec. 1999.

[4] Gun Seo, Woo-Chang Hwang, Yungok Rhee, "An Implementation of VoIP Cable Modem," IEEE TENCON, June 1999.

[5] Thomas J. Kostas, Michael S. Borella, Ikhlaz Sidhi, Guido M. Schuster, Jacek Grabiec, and Jerry Mahler, "Real Time Voice Over Packet Switched Networks," IEEE Network, Jan/Feb. 1998.

[6] Albert A. Azzam, "High-Speed Cable Modems," McGraw-Hill, pp. 461~462, 1997.

[7] Mark Laubach, "Cable Modem Basics: Technology, Standards, and Applications," NETWORLD+INTEROP99 WorkShop, W832, pp.32, Sept. 1999.

[8] Gilbert Held, "Voice over Data Networks," McGraw-Hill, pp.91~111, 1998.

[9] 은창수, "케이블모뎀 기술," 전자공학회지, 제25권 제4호, pp.351 ~ 358, Apr. 1998.

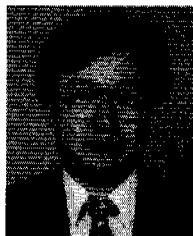
[10] 조병학, 김한태, 백유현, 지창우, 김선웅, 최규호, CATV망을 이용한 고속데이터 서비스 시스템 개발(최종 보고서), 산업자원부, pp.1~29, 1999.

[11] 조병학, "케이블TV망을 이용한 멀티미디어 서비스" 제1회 케이블모뎀 워크샵, 한국정보통신기술협회 CATV연구위원회, pp.271~290, Nov. 1998.

[12] 조병학, 김한태, 백유현, "케이블TV망을 이용한 고속데이터 서비스 시스템 기술," 정보과학회지, 제17권, 제4호, pp. 29~40, Aug. 1998.

[13] 황원주, 나정태, "인터넷폰 기술," 전자공학회지, 제26권 제8호, pp859~870, Aug. 1999.

조 병 학(Byung Hak, Cho) 정희원



1981년: 서울대학교 전자공학과, 공학사  
 1988년: 서울대학교 전자공학과, 공학석사  
 1997년~현재: 성균관대학교 전전컴공학부 박사과정 수료

1981년~1986년: 동양정밀 공업(주) 중앙연구소  
 1988년~1990년: LG전자 영상미디어연구소 선임연구원  
 1992년~2001년 2월: 전자부품연구원 수석연구원  
 2001년 2월~현재: 이스텔시스템즈(주) 인터넷미디어연구소 소장  
 <주관심 분야> 디지털 변복조, MAC Protocol, Cable 망 통신 시스템, 무선 LAN 시스템

최 형 진(Hyung Jin, Choi) 정희원

1974년: 서울대학교 전자공학과, 공학사  
 1976년: 한국과학기술원 전기전자공학과, 공학석사  
 1982년: 미국 University of Southern California 전기공학과, 공학박사  
 1976년: (주) 금성사 중앙연구소 연구원  
 1982년: 미국 Lincom Corp. 연구원  
 1989년~현재: 성균관 대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부 교수  
 <주관심 분야> 디지털 통신, 이동통신, 위성통신, 동기화 기술을 포함한 모뎀 기술