

HFC 망에서의 고속 멀티미디어 전송시스템 개발

Development of High Speed Multimedia Transmission System based on HFC Network

손병희*, 남의석**, 양효식***

Byoung-hee Son*, Eui-seok Nahm**, and Hyosik Yang***

요 약

Hybrid Fiber Coax (HFC) network의 전송 능력은 xDSL과 비교하여 우수하지만, HFC network에서 아직도 케이블 모델을 사용하기 때문에 고화질의 영상을 전송할 때는 속도가 느려진다. 본 논문에서는 HFC망에서 사용하는 케이블 모델의 성능을 개선하기 위해서 개발된 하향 전용 IP-cable sender와 IP-cable modem을 제시하였다. 개발된 시스템은 HFC 망에서 30 Mbps 급의 IP 방송을 지원하고, 21 Mbps 속도의 고화질 트랜스포트 스트림을 사용하여 장시간 고화질 서비스를 제공한다.

Abstract

The transfer capability of HFC (Hybrid Fiber Coax) network is superior to xDSL. HFC network, however, is not suitable for transferring high quality video due to cable model interfaces. For the services of high quality IPTV or VOD, the extra exclusive downstream transfer system is required without upgrading pre-equipped cable modem and service capability. This paper is aimed to develop the extra exclusive downstream transfer system not changing existing cable modem system but providing same quality of services. This system is composed of the extra exclusive downstream IP-cable sender and modem. This sender and modem have 30 Mbps transfer capability and HDTV stream can be served in the Cable TV network using 21 Mbps HDTV transport stream.

Keywords : HFC network, IP-cable sender, IP-cable modem

I. 서 론

요즘 네트워크 서비스는 멀티미디어 방송이나 멀티미디어 정보 제공 서비스가 주를 이룬다. 특히, 사용자들은 인터넷 검색, 영화감상, 홈뱅킹 등 다양한 부가서비스를 TV를 통해 제공 받는다. 이 서비스는 CMTS (Cable Modem Termination System)를 이용하는데 이 시스템은 DOCSIS (Data over Cable Service Interface Specifications) 기반 시스템이 대부분이다. 따라서 사용자가 품질이 좋고 빠른 서비스를 받기 위해서는 CMTS에 성능을 향상시키거나 DOCSIS의 QoS를 보장해야 한다 [1]-[3]. 일반적으로 광대역망을 이용하기 위해서는 DSL (Digital Subscriber Line) 또는 CM (Cable Modem) 주로 사용해왔다. CMTS는 케이블 모뎀 시스템의 헤드엔드 시스템으로 HFC (Hybrid Fiber Coax) 망에 사용되어 중계유선방송/중합유선방송 제공하도록 전국적으로 구축되어 있다. 이 시스템을 통해 방송, 인터넷, VoIP, NVOD (Near VOD) 등의 서비스를 동시에 제공 가능하기 때문에 BcN의 등장과 함께 차세대 가입자망으로 활용 방안이 이산화되고있다.

따라서 본 논문에서는 HFC 망에서 30 Mbps 급의 IP

방송을 지원하는 IP-Cable 송신기와 IP-Cable 모뎀의 개발 내용을 소개하고자 한다. 제안한 시스템은 기존의 CMTS와 병렬로 구성할 수 있어 별도의 송수신 시스템을 구성한 다음 케이블 모뎀 시스템의 상/하향 주파수대역이 아닌 유휴 주파수 대역을 이용하여 IP방송 서비스를 수행할 수 있다. 따라서 기존의 케이블 모뎀 시스템에는 전혀 영향을 미치지 않으며, HFC 자가망을 보유한 통신사업자 또는 케이블방송 사업자에게 매우 적합한 기술이라 판단된다.

II. 관련연구

[1]-[3]에서는 CMTS의 상향 스트림에 대한 성능을 향상시키기 위한 연구가 진행되었으나 DOCSIS의 QoS를 보장하기 위한 방법론이 부족하여 정확한 스케줄링 결과를 보여주지 못하고 있다. [4]에서는 상향 및 하향 포트의 이용률을 최대화하였으나 네트워크의 트래픽이 일시적으로 불안정해지는 문제가 있다. 현재 사용하고 있는 HFC망의 전송 능력은 xDSL과 비교하여 우수하지만 케이블 모뎀의 속도가 고화질의 영상을 전송하는 데는 역부족이다. 따라서 HFC망에서 케이블 모뎀을 사용한다면 하향 속도를 개선시키는 별도의 하향 전용 전송 시스템이 반드시 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 이를 보완하기 위한 하향 전용 IP-cable sender와 IP-cable modem을 제안한다.

제안된 시스템을 통해 21 Mbps 속도의 HDTV 트랜스포트 스

* 전자부품연구원 ** 극동대학교 *** 세종대학교

투고 일자 : 2011. 3. 11 수정완료일자 : 2011. 4. 23

게재확정일자 : 2011. 4. 30

트립을 사용하여 장시간 HDTV화면이 Cable TV 망에서의 네트워크를 통하여 제공이 될 수 있다. 개발 기술에 의한 IP 방송 서비스는 하향 멀티캐스팅만 지원하기 때문에 가입자 단의 정보를 상향 전달하기 위해 기존의 케이블 모뎀과 IP-cable modem이 RJ-45 Ethernet 단자로 연결된다. 본 시스템은 기존의 CMTS와 병렬로 구성된 별도의 송수신 시스템을 구성한 다음 케이블 모뎀 시스템의 상/하향 주파수대역이 아닌 유휴 주파수 대역을 이용하여 IP방송 서비스를 수행한다.

III. 제안 시스템

3.1 측정 환경

영상 데이터는 IP-cable sender를 통해서 전송되고, 수신측에서는 IP-cable modem을 이용하여 수신한다. IP-cable sender는 하향만 지원하기 때문에 상향을 위해서는 케이블 모뎀과 연결되어야만 양방향 동작이 가능하다. 따라서 cable modem과 IP-cable modem을 switch로 연결한다. 출력 LAN port는 IP set-top-box 뿐만이 아니라 PC도 지원해야 하기 때문에 2개 이상의 RJ-45 Ethernet port를 지원한다. 제안한 시스템의 주파수 채널 구성은 Fig. 1과 같다. 사용하지 않는 주파수 대역을 이용하기 때문에 네트워크의 트래픽에 영향을 주지 않는다.

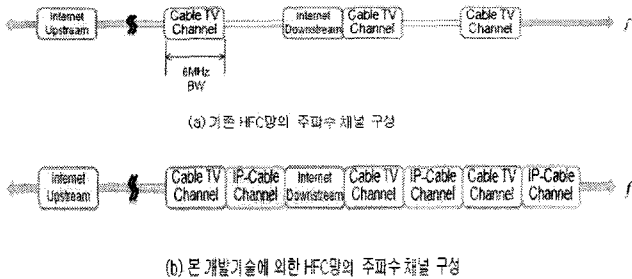


그림 1. 주파수 채널 구성도
Fig. 1. The frequency channel diagram

3.2 IP-cable sender

IP-cable sender는 입력된 Transfer Stream을 QAM용의 데이터 형태로 바꾼다. 그 후에 RS Encoder와 Randomizer, Interleaver 등의 처리가 이루어진 후에 Trellis Encoding된다. Trellis Encoder의 출력 스트림은 3bit 혹은 4bit 씩 묶여서 in-phase신호와 quadrature-phase신호로 나누어진다.

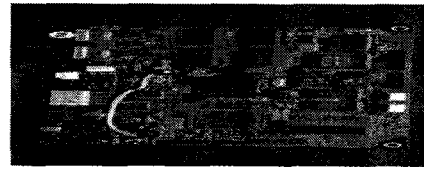
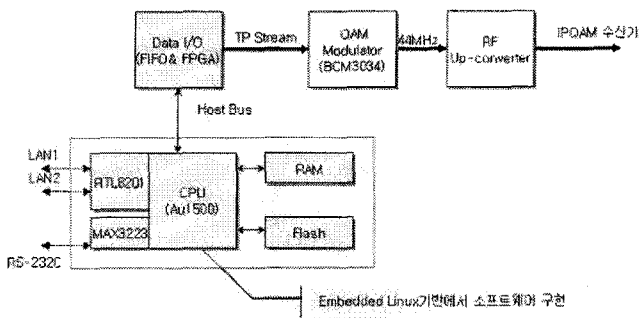


그림 2. 구현된 IP-cable sender와 구성도
Fig. 2. Implemented IP-cable sender and block diagram

위의 블록 다이어그램 중 Controller는 IP-cable sender의 설정 및 모니터를 위해서는 TCP: 50000과 TCP: 50001 포트가 사용된다. Telnet으로 해당 포트에 접속하면 설정 메뉴와 모니터 정보를 볼 수 있다. 설정된 정보는 /etc/iqs.conf에 저장되므로, 이 파일을 직접 수정하는 방법도 물론 가능하다. IP-cable sender 단독 사용 시에는 설치시 TCP: 50000 포트로 로그인하여 모든 파라미터들을 적절히 설정해 주어야 하지만, IP-cable management server와 연동하여 동작할 경우에는 두 개의 파라미터만 정확히 입력하면 된다.

첫 째는 IP-cable sender 자신의 관리용 IP이고, 두 번째는 IP-cable management server의 주소이다. 최초 설치시, 이 두 가지 정보만 입력하면 IP-cable sender는 자신의 설정 정보를 IP-cable management server로 송출하게 되고, IP-cable management server는 이 정보가 자신이 관리하고 있는 정보가 다를 경우 configuration을 IP-cable sender로 다운로드 하게 되므로 자동적으로 설정이 이루어지게 된다. IP-Cable 송신기 설정은 telnet을 이용하여 다음과 같이 tcp:50000 포트로 접속한다.

```
$ telnet 10.81.254.251 50000
Trying 10.81.254.251...
Connected to 10.81.254.251 (10.81.254.251).
Escape character is '^]'.
transmitter-1000, Copyright(R) 2006-2008,
v2.11.24/H1.0 Rev.C
Connect from 10.81.254.253:35332.
password: *****
```

현재의 설정은 다음과 같이 show 명령을 사용하여 알아볼 수 있으며, 변경이 필요한 경우 적절한 명령을 사용하여 값을 확인하고 변경할 수 있다.

```
cmd> show
name = transmitter3
ip = 10.81.254.251
bitrate = 26970350
channel = 91
transmitter interval = 2
multicast = 0
dest ip = 58.226.21.96/27
dest mg =
iqmsip = 10.81.254.253
devname = eth0
logterm = /dev/tty3
RMS address = 10.81.254.250
RF output level = 50
modulation = 64
interleaver mode = 128, 1
rfenable = 1
```

그 기능은 다음 Table 1과 같다.

표 1. IP-케이블 송신기 기능
Table 1. IP-cable sender function.

항목	기능
IP-cable sender	1. modulating the data in 64/256 QAM (Quadrature Amplitude Modulator)
	2. 64/256 QAM helps the upconverter output the modulated signal
	3. conversing the signal into the channel in the upconverter
	4. QAM monitoring and channel status checking
	5. Session management

3.3 IP-cable modem

Fig. 3는 IP-cable modem 구성도이며 기존 케이블모뎀 가입자들을 위해서 IP-Cable 복조기와 2가지 전송경로를 통합하는 switch로만 구성된다.

IP-cable modem은 송신되는 IP 방송 채널의 리스트를 저장하고 있으며, IP set-top-box 에서 나오는 IGMP (Internet Group Management Protocol) join 메시지를 IP join message로 바꿔준다. IP-cable sender에서 송출하는 RF신호를 IP-cable modem CPU에서 Ethernet packet으로 재구성하여 출력한다.

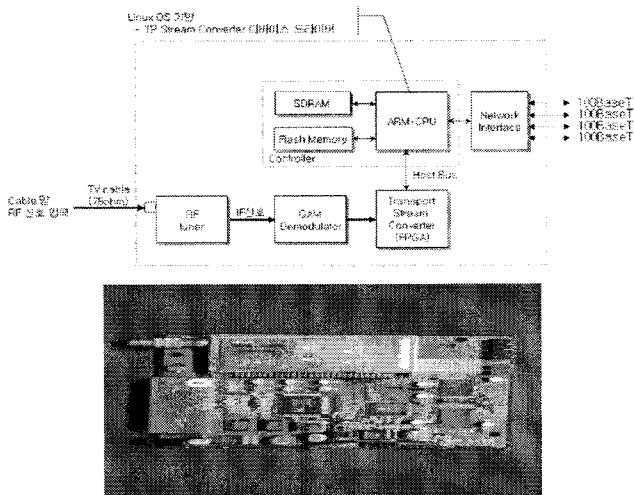


그림 3. IP-케이블 모뎀과 구성도

Fig. 3. Implemented IP-cable modem and block diagram

ARM RISC CPU인 S3C2800 CPU를 활용하여 소프트웨어에서 대부분의 프로토콜과 데이터의 흐름 제어를 수행하도록 설계하였다. IP-cable modem은 현재 송신되는 IP 방송 채널의 리스트를 저장하고 있으며, 사용자가 리모콘으로 해당 채널을 선택하면 set-top-box 에서 나오는 IGMP join 메시지를 가로채서 해당하는 IP 방송신호를 수신하고 IP 패킷으로 변환하게 된다. 해당 RF채널을 통하여 수신된 IP-cable sender에서 송출하는 RF신호를 CPU에서 Ethernet packet으로 재구성하여 네트워크 스위치를 통하여 가정 내의 네트워크로 출력할 수 있게 개발을 하였다.

개발된 IP-cable modem은 별도의 공인 IP할당은 필요 없으나 다른 네트워크 기기들과 마찬가지로 관리를 위해서 로컬IP address를 가지고 있다. 그 기능은 다음 Table 2와 같다.

표 2. IP-케이블 모뎀 기능
Table 2. IP-cable modem function.

항목	기능
IP-cable modem	1. ECI (Electrical Channel Information) collecting
	2. IP Packet analysis (IP and radio frequency channel)
	3. RF Channel setting and checking IP address

3.4 IP-cable management server

IP-cable sender는 특정 IP 대역의 네트워크 패킷이나 멀티캐스트 패킷을 하향으로 브릿징/라우팅을 관리하는데 사용되는 장비이며, 그 자체로서 개별적으로 설치/운용될 라우팅을 관리한다. 하지만, 충분한 속도의 하향 고속 서비스가 제공되기 위해서는 많은 수의 IP-cable sender가 동시에 운영되어야 한다.

1대의 IP-cable sender가 한 개의 케이블 채널을 사용하므로, 850 MHz의 케이블 시스템을 생각하면 134채널에 대해 134개의 IP-cable sender가 동시에 운영될 수 있다. 이러한 많은 수의 장비들을 효과적으로 관리하고 감시하기 위하여 IP-cable management server가 필요하다.

IP-cable management server는 개별 IP-cable sender와 내부적인 통신 채널을 유지한다. 이 통신 채널을 통하여 IP-cable sender는 자신의 설정 및 동작 상태를 주기적으로 보고하고, IP-cable management server는 이들 정보를 통합하여 전체적인 관리 정보를 생성한다.

또한, 특정 IP-cable sender의 설정 상태를 바꿀 필요가 있을 때에는 IP-cable management server가 제공하는 편리한 웹 기반 관리 툴을 사용하여 손쉽게 운용할 수 있다.

서버의 기능은 다음 Table 3과 같다.

표 3. IP-케이블 관리 서버 기능
Table 3. IP-cable management server function

항목	기능
IP-cable management server	1. IP-cable transmitter management
	2. ECI management
	3. Video stream server management
	4. Transporting program information

IV. 실험 결과

IP 방송에서 동영상 처리 속도는 기존의 국내의 기술들이 5 Mbps 정도의 성능을 제공하고 있으나 본 시스템에서는 SmartBit 테스트 [5]를 통하여 약 32 Mbps 정도까지 손실 없이 수신하여 IP 멀티캐스트 처리 능력을 약 6 배 이상 향상시켰다.

이를 장시간 확인하기 위하여 비디오 서버를 설치하고

약 21 Mbps 이상의 HDTV 스트림을 IP-cable sender에서 송신하고 이를 모뎀으로 수신하여 IP set-top-box에 해당하는 Mac PC에서 수신하여 디코딩한 후 화면이 깨지는지 확인할 수 있는 환경을 갖추고 테스트하였다. 다음 Fig. 4와 Table 4는 시뮬레이션 결과이다.

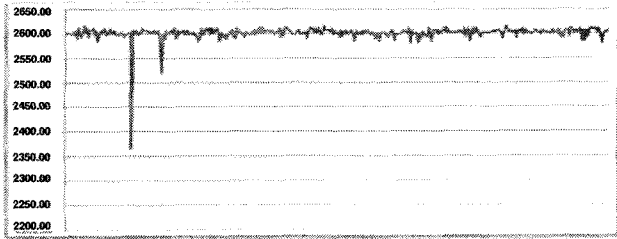


그림 4. 실험 결과

Fig. 4. Simulation results

표 4. 실험 결과

Table 4. Simulation results

항목	비디오 스트림	Data rate
Maximum	2616.56	180.11
Minimum	2365.15	172.63
Average	2601.80	179.40
Times	0/386	0/386
Diffs	+14.76/-236.65	+0.71/-6.77

위의 결과는 영상 데이터 수신율 측정 테스트 결과로 4일 동안 수행한 벤치마크 테스트 결과이다. 세 번째 열의 bit-rate는 Kbyte 단위이므로 8을 곱하면 bps로 환산된다.

PC의 OS상에서 네트워크 수신율은 Fig. 5와 같이 네트워크 이용률을 보였으며, 네트워킹 관련 데이터를 분석한 결과는 Fig. 6과 같이 분석되었다.

그림 5. 네트워킹을 통한 멀티미디어 데이터 수신 테스트 결과
Fig. 5. Multimedia data receive rate

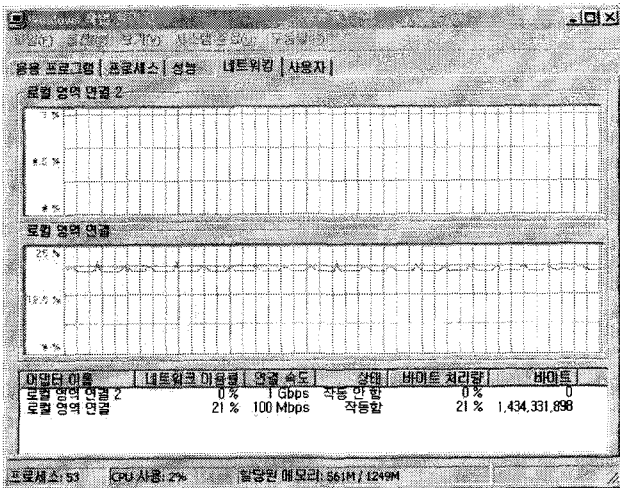


그림 5. 네트워킹을 통한 멀티미디어 데이터 수신 테스트 결과

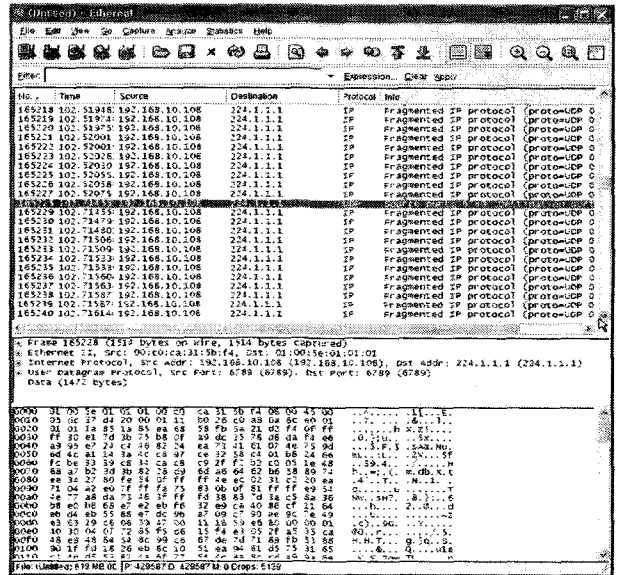


그림 6. Ethereal test 결과

Fig. 6. Ethereal test results

결론적으로 HDTV용 transport stream이 최대 19.4 Mbps인데, 이때의 개발한 시스템의 네트워크 패킷 data rate은 평균 약 21.6 Mbps (data rate을 bit로 환산)로 안정적으로 유지하였다. 평가 항목과 평가방법을 종합해 보면 Table 5와 같다.

표 5. 종합 평가

Table 5. Total index

평가항목	기존시스템	개발결과
1. 동영상 처리속도	5.0 Mbps	30.0 Mbps
2. IP-cable management server에서 RF주파수 이동 가능 여부	불가능	50~850 MHz 까지 변경가능
3. IP-cable management server에서 IP-cable sender 동작 처리속도 변경	불가능	지원
4. ECI정보	없음	125개 채널 테이블 지원
5. Network Management	전용 프로그램	Web 기반관리
6. RF 신호 모니터링 기능	없음	FEC 상황 모니터링 지원

V. 결론

본 논문에서는 HFC 망에서 30 Mbps 급의 IP 방송 (IP Multicast)을 지원하는 IP-cable sender와 IP-cable modem을 개발 하였다. 21 Mbps 속도의 HDTV (high definition television)용 transport stream을 사용하여 장시간 Cable TV 네트워크를 통해 서비스되는 것을 확인할 수 있었다. 21.6 Mbps의 트래픽을 가진 네트워크 패킷을 수신하여 디코딩 하여 보면 HDTV급 생방송 데이터를 끊김 없이 전송되는 것이다. 개발 기술에 의한 IP 방송 서비스는 하향 멀티캐스팅만 지원하기 때문에 양방향 통신을 위해서 기존의 cable modem과 IP-cable modem을 RJ-45 Ethernet port로 연결했다. 본 시스템은 기존

의 CMTS와 병렬로 구성된 다음 cable modem의 상/하향 주파수 대역이 아닌 유휴 주파수 대역을 이용하여 IP방송 서비스를 수행한다. 따라서 기존의 케이블 모뎀 시스템에는 전혀 영향을 주지 않는다.

참고 문헌

[1] R. Rabbat and K. Y. Siu, "QoS support for integrated services over CATV," IEEE Communications Magazine, Vol. 37, Issue 1, pp.64-68, Jan. 1999.

[2] W.M. Yin, C.J. Wu, and Y.D. Lin, "Two-phase minislot scheduling algorithm for HFC QoS services provisioning," IEEE Globecom '01. Vol. 1, pp.410-414, 2001.

[3] V. Sdralia, "Optimized recovery of DOCSIS networks using reserved persistent ranging," IEEE Globecom '01, Vol. 1, pp.415-419, 2001.

[4] J. S. Cho, J. H. Park, M.H. Hong, "Traffic engineering in cable-data system : maximizing CMTS port utilization," NOMS 2004. IEEE/IFIP, Vol. 2, pp. 145-158, April 2004.

[5] <http://www.smartechconsulting.com>



손 병희(Byoung-Hee Son)

1991년 2월 우석대 계산통계학과(이학사)
 2003년 2월 연세대 전기공학과(공학석사)
 2007년 8월 연세대 전기전자공학과 (공학박사수료)
 2007년 9월 ~ 2009년 8월 동양미래대학 전임강사

2009년 9월 ~ 현재 전자부품연구원 전문계약직연구원
 ※주관심분야 : 데이터통신, 통신융합기술



남 의석(Eui-Seok Nahm)

1991년 2월 연세대 전기공학과(공학사)
 1993년 2월 연세대 자동화공학과 (공학석사)
 1998년 2월 연세대 자동화공학과 (공학박사)
 2002년 6월 ~ 2003년 2월 연세대학교
 BK사업단 자동화기술연구소 연구교수

2003년 3월 ~ 현재 극동대학교 유비쿼터스 IT학부 교수
 ※주관심분야 : 시스템 제어 및 응용, 지능형 모델링



양 효식(Hyo-Sik Yang)

1998년 2월 명지대학교 정보통신공학과(공학사)
 2000년 12월 Arizona State Univ. 미국 Electrical Eng. (MS.)
 2005년 5월 Arizona State Univ. 미국 Electrical Eng. (Ph. D.)

2005년 9월 ~ 2006년 8월 경남대학교 전자공학과 (전임강사)
 2006년 9월 ~ 현재 세종대학교 컴퓨터공학과 (조교수)
 ※주관심분야 : 스마트 그리드, Ad-hoc network, All-optical network