

# FTTH 광인터넷에서 IPTV 체감품질 개선

## (IPTV QoE improvement on FTTH internet)

권정국<sup>†</sup>    유제훈<sup>\*\*</sup>    김봉태<sup>\*\*\*</sup>    박천관<sup>\*\*\*\*</sup>    이상호<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
 (Jeong-Gook Kwon)    (Jae-Hoon You)    (Bong-Tae Kim)    (Chun-Kwan Park)    (Sang-Ho Lee)

**요약** 세계적으로 가입자망의 고도화 및 광대역화가 경쟁적으로 추진되고, 이에 따른 신규 서비스도 활성화되고 있는 추세이다. 국내 광통신 산업의 저변 확대와 육성 발전, 차세대 장비 개발, 광가입자망 기반 고품질 서비스 및 플랫폼 개발의 일환으로, ETRI(Electronics and Telecommunications Research Institute)에서는 자체적으로 FTTH(Fiber-to-the-Home) 표준BMT(Bench Mark Test) 테스트베드와 네트워크 운영센터 및 IPTV 서비스 장비로 FTTH 서비스 센터를 구축하고, 통신망 사업자를 통하여 규모 있는 상용 광가입자망을 구축하고 연동하였다. 본 논문에서는 ETRI의 FTTH 서비스 센터에서 송출하는 고품질의 IP 방송이 통신 사업자의 상용 광가입자망을 통하여 가입자에게 전달되고, 가입자가 IP 셋탑으로 출력하는데 있어 QoE(Quality of Experience) 측면에서 나타난 문제를 분석하고 개선한 내용을 기술하였다.

키워드 : 광가입자망, 광인터넷, 고화질 방송, 서비스 품질, 체감품질, 성능평가, 주문형비디오, PON

**Abstract** Recently, broadband access networks have been competitively deployed all over the world with the development of various multimedia services for such a network. ETRI(Electronics and Telecommunications Research Institute) built the FTTH(Fiber-to-the-Home) service center to develop a next-generation equipment and a high-quality service/platform as well as to promote domestic industry in the field of optical communication. The FTTH service center has a variety of test equipments such as FTTH standard testbed for a BMT(Bench Mark Test), a network operation center, and IPTV service equipments. Also, ETRI deployed a new type of commercial optical access networks cooperating with ISP(Internet service provider). In this paper, we analyzed the quality degradation appeared in QoE(Quality of Experience), when IP data broadcasted from the FTTH service center is transmitted to subscribers through the commercial optical access network. Moreover, we proposed a noble solution to address this problem.

Key words : BMT, FTTH, IPTV, HDTV, EPON, GPON, WDM-PON, Optical internet, QoE, VoD

## 1. 서론

인터넷 사업자들이 기존의 인프라로는 가입자들에게 새로운 통신·방송 융합의 대용량 고품질을 요구하는 IPTV 등 다양한 TPS(Triple Play Service) 서비스를 제공하기에는 한계가 있음을 인식하고, 가입자망의 고도화 및 광 대역화를 목적으로 기존의 xDSL(Digital Subscriber Line) 단계를 넘어서, 100Mbps~1Gbps급의 광대역을 제공할 수 있는 광가입자망 단계로의 전환이 전 세계적으로 진행되고 있다.

일본은 NTT를 선두로 하여 B-PON(Broadband Passive Optical Network) 또는 E-PON(Ethernet PON) 시스템 기반의 FTTH 가입자를 확산하고 있고, 미국은 Verizon, SBC 등에서 G-PON(Gigabit-cable PON) 기반의 광가입자망 구축이 대규모로 추진되고 있으며, 유럽은 FastWeb을 선두로 AON(Active Optical Net-

<sup>†</sup> 정희원 : ETRI 광통신연구센터 책임연구원  
jgk@etri.re.kr

<sup>\*\*</sup> 비희원 : ETRI 광통신연구센터 책임연구원  
jh-yoo@etri.re.kr

<sup>\*\*\*</sup> 비희원 : ETRI 광통신연구센터 센터장  
bkim@etri.re.kr

<sup>\*\*\*\*</sup> 비희원 : 목포해양대학교 해양전자통신공학과 교수  
ckpark@mmu.ac.kr

<sup>\*\*\*\*\*</sup> 종신희원 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수  
shlee@cbucc.chungbuk.ac.kr

논문접수 : 2007년 7월 23일  
심사완료 : 2007년 10월 1일

: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제34권 제6호(2007.12)

Copyright©2007 한국정보과학회

work) 기반의 FTTH 망을 구축하고 상용 서비스 중이다. 중국은 2008년 북경 올림픽을 앞두고 E-PON 기반의 FTTH 망 구축에 대규모로 투자할 계획을 발표하였다[1].

국내에서도 BcN(Broadband Convergence Network)의 가입자망 광대역화 계획, KT의 “미래비전 2010 전략” 등 광가입자망 구축확대가 추진 중이고, 하나로텔레콤, 데이콤, 파워콤에서도 광가입자망 구축에 주력 중이다[1].

ETRI 광통신연구센터에서는 국내 FTTH 산업의 확장과 활성화를 목적으로 산학연과 공동으로 연구개발한 E-PON 시스템을 2003년도 광주 지역에 설치하고 2004년까지 다양한 TPS(RF 방송 포함)를 시범 서비스하였다[2]. 2005년도부터는 광주광역시와 협약하고 국내 기관 통신 사업자인 KT와 하나로텔레콤을, 2006년도에는 CMB(Central Multi Broadcasting) 광주방송국을 추가 사업자로 선정하였다. 3개 사업자 모두 상용 광인터넷을 순수 FTTH 망인 E-PON[3], G-PON[4], WDM-PON(Wavelength Division Multiplexing)[5]으로 확장해 가고 있다. 이러한 광가입자망은 상·하향이 광대역이라, 고품질의 IPTV(Live IP-Multicasting)를 비롯하여 다양한 고품질의 서비스 제공이 가능하다. 그리고 광가입자망 기반의 고품질 서비스 플랫폼과 차세대 장비 개발의 방편으로, 고품질의 다채널 IPTV 서비스가 가능한 FTTH 서비스 센터를 구축하고, 통신 사업자를 통하여 구축된 규모있는 상용 광가입자망과 연동하여 다양한 상용 서비스 및 실험 서비스를 제공하고 있다[6,7].

본 논문에서는 ETRI 광통신연구센터의 FTTH 서비스센터에서 송출한 고품질의 IPTV 방송이 두 사업자의 상용 광가입자망(FTTH)을 통하여 가입자에게 전달되고, 가입자가 IP 셋탑으로 출력하는데 있어 QoE 측면에

서의 나타난 체감품질 저하 문제의 원인 분석하고 개선한 내용을 서술하였다.

## 2. 광가입자망 실험망 구축

### 2.1 기간망 사업자를 통한 상용 광가입자망 구축

KT, 하나로텔레콤 및 CMB를 통하여 광주시 전역의 신축 아파트와 기존 아파트를 대상으로 2007년 6월 기준 표 1과 같이 사업자망을 구축하였다.

2005년부터 KT는 E-PON/WDM-PON으로, 하나로텔레콤은 E-PON으로, 2006년 말부터 CMB는 RF(radio frequency) 겸용 E-PON으로 실 가입자를 확보하였다[6].

### 2.2 사업자망과 FTTH 서비스 센터와의 연동

통신 사업자망에는 KT와 하나로텔레콤이 FTTH 가입자를 대상으로 각각 기본 서비스 및 상용 서비스를 제공한다. 한편, ETRI는 FTTH 기반 실험 서비스를 제공하기 위하여 광통신연구센터 내에 FTTH 서비스 센터를 구축하고, 공인된 BGP(Border Gateway Protocol)와 IP로 그림 1과 같이 3개 사업자망을 단계적으로 연동하였다[8]. 특히 IP 멀티캐스팅 관련하여 FTTH 서비스 센터와 각 사업자망이 서비스를 상호 공유하면서도 안정성과 독립성을 유지하고, 고도의 서비스 품질과 신속한 채널 zapping을 목표로 싱글/다중 도메인 등 다양한 서비스 환경을 시뮬레이션하고 시험하여 적용하였다[9]. FTTH 서비스 센터는 IP기반의 서비스 장비들로 구성되어 있으며, live IP-multicasting 서비스와 on-demand 서비스를 기본적으로 제공하고, 실험적인 IP기반의 다양한 응용 서비스를 개발 또는 발굴하여 적용하는 것을 목표로 하고 있다.

## 3. FTTH 서비스 환경

표 1 상용 FTTH 사업자망

사업자		KT		하나로	CMB
PON링크 방식		WDM-PON	E-PON	E-PON	E-PON
OLT 설치 장소		전화국사	전화국사	MDF실	방송국사
분기수		1:32	1:32	1:16, 1:32	1:16
RN설치장소		ARP동 지하	APT동 지하, MDF실	APT동 지하	방송국사, APT동 지하
OLT-RN간 거리 (Km)	평균거리	3.34	3.30	0.213	6.235
	최소거리	2.40	2.40	0.019	0.010
	최대거리	5.50	4.30	0.450	12.450
RN-ONT간 거리	평균거리	0.20	0.19	0.079	8.225
	최소거리	0.20	0.10	0.015	0.010
	최대거리	0.20	0.29	0.205	16.440
회선수 (OLT용량기준)	단지수	5	6	10	1
	동수	46	37	92	5
	회선수	2,086	2,016	5,952	384
실 가입자 수		1,472	976	1,508	85

3.1 FTTH서비스센터 환경

FTTH 서비스 센터는 KT와 하나로텔레콤 사업자망과 CMB의 FTTH 서비스망을 연동하고, 인터넷, 연구망, 교육망 및 BcN 등과의 연동을 목표로 그림 1과 같이 단계적으로 구축하고 있다. FTTH 상용 광가입자망 및 외부망으로 고품질·대용량의 데이터와 콘텐츠를 전송하고 인터넷을 제공하는 보더 라우터, 가입자의 요구 서비스에 대한 부하를 균등하게 분배하는 부하 분산 시스템, 외부로부터의 공격에 적절히 방어할 수 있는 IP/WEB 방화벽과 침입탐지 시스템, 서비스센터 내 장비들의 동작 상태와 트래픽 사용량을 상시 감시 및 통보하는 모니터링 시스템, 각 서버에게 대용량의 데이터 공간을 제공하는 storage-net, FTTH 가입자에게 IPTV 방송을 제공하는 IPTV 헤드엔드와 가입자에게 제공되는 방송 품질을 감시하는 모니터링 환경으로 구성되어 있다[6].

3.2 IPTV 서비스 장비

3.2.1 Live IPTV 헤더엔드

가입자들이 IP-multicasting 기반으로 방송을 시청하게 하는 IPTV 헤더엔드는 SD(Standard Definition)급을 구축하고 HD(high definition)급을 구축하였다.

SD급 헤더엔드 장치는 CATV(community antenna television) 국사가 송출한 다채널 방송 신호를 IRD(Integrated Receiver Device)로 수신하고, 수신된 방송 스트림을 IPTV streamer에서 IP 패킷화하고, 콘텐츠 스위치가 멀티캐스팅한다. HD급 헤더엔드 장치는 지상파 또는 위성방송 신호를 수신한 셋탑이 출력하는 AV 신호를 엔코더가 Full HD급으로 엔코딩하고, IPTV streamer에서 IP 패킷화하여 콘텐츠 스위치가 멀티캐스팅한다. 초기에는 CATV 국사로부터 수신한 SD급 25

표 2 Live IPTV 헤더엔드

방식	방송 수신용 IRD + IPTV streamer	지상파/위성 셋탑박스 + 실시간 인코더 + IPTV streamer
구현채널	SD급 100개 채널	Full HD급 5개 채널
대역폭	6Mbps/채널	20Mbps/채널
송출포맷	MPEG2-TS	MPEG2-TS
송출방식	IP multicasting	IP multicasting
Zapping	SD급 1초 미만	Full HD급 1.5초 미만

개 채널을 엔코딩하여 송출하고, VoD 서버로부터 Full HD급 5개 채널을 시험용으로 송출하였다. 현재 FTTH 서비스 센터에 구성된 IPTV 헤더엔드 장치와 서비스 채널을 요약하면 표 2와 같다[6,7].

3.2.2 VoD 서비스 장비

VoD 서비스 시스템은 VoD pumping 서버, EPG 서버, 서비스 관리 및 DB 서버 등으로 구축하였다.

VoD 서버는 Linux 기반의 전용 HW platform으로 20TB storage-net과 연동되고, 성능은 20Mbps 기준으로 동시 사용자 200명 이상을 지원한다. 압축 포맷은 MPEG-2 HD급 20Mbps와 SD급 6Mbps를 기본으로, H.264 HD급 4Mbps 또는 SD급 0.8Mbps를 예정하고 있다. 또한 방송을 목적으로 IP-multicasting도 지원하고 있다[6,7].

3.3 가입자 단말

가입자들이 IP 기반 서비스를 제공받기 위해서는 IP 셋탑 박스나 PC가 필요하다. 가입자들에게 Full HD와 SD급 방송 출력이 가능한 linux 또는 WinCE 기반의 IP 셋탑박스를 시험용으로 제공한다. 가입자 가정의 IP 셋탑에서 Full HD급은 1.5초, SD급은 1초 이내에 채널 zapping이 목표이다[6,7].

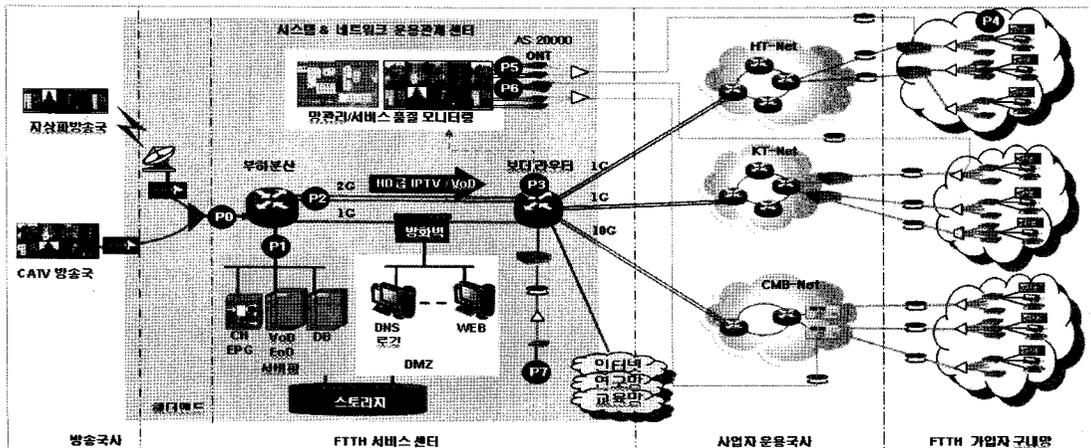


그림 1 ETRI FTTH서비스센터와 상용 광가입자망의 연동

3.4 서비스 모니터링 환경

FTTH 서비스 센터는 내부의 모든 네트워크 장비들의 동작 상태는 물론, 여러 가입자 지역에 수신되는 방송 신호 품질을 모니터링 링크를 통해 한 장소에서 직접 감시가 가능하다. 그림 1과 같이 가입자들에게 전달하는 IP 방송 신호의 품질 상태를 방송국사로부터 수신한 RF 신호 출력부, 수신한 방송 신호가 인코딩되고 스트리밍되는 IP 스트리밍 출력부, FTTH 가입자의 수신 방송 신호 출력부(P5, P6)로 구성하여 각 출력부의 방송 품질 상태는 한눈에 직접 비교·감시가 가능하다[6,7].

4. FTTH 서비스 제공

4.1 표준 BMT 서비스

도입 시스템의 안정성, 신뢰성, 가용성 및 확장성 등을 기반으로 사용 목적과 용도에 대한 적합성 여부를 도입 전에 확인이 필요하다.

ETRI의 FTTH 표준 BMT는 FTTH PON 시스템의 안정성, 신뢰성, 가용성 및 확장성 등을 고려하여 그림 2와 같이 OLT(Optical Line Terminal), 1:32분기 광링크와 ONT(Optical Network Terminal)로 기본 BMT 환경을 구성하고, 국내외 표준기능, QoS(Quality of Ser-

vice) 기반의 TPS(Triple Play Service) 성능과 다양한 서비스 기능을 시험한다[7,10,11].

안정성과 신뢰성 기반의 환경 시험은 그림 2에서 상·하향으로 표 3과 같은 트래픽을 5일 이상 온습도를 변화시키면서 인가하고, 시험 조건(무손실)을 만족하는 시스템에 한해 현장에 적용을 승인한다. 특히 현장 적용을 위한 QoS 기반의 종합 서비스 품질 시험은 기 구축된 FTTH 서비스 센터내의 VoD 서버와 IPTV 헤더엔드 장치를 그림 2의 환경에 추가 연동하고, 가입자 장치로는 IP 셋탑, PC, VoIP 전화기, 대형 HDTV 등 다양한 단말을 사용하여 service over DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) 기반으로 실제 가입자의 사용 환경과 유사하게 진행하고 있다.

FTTH BMT 테스트베드는 차세대 장비에 대한 시험 환경을 갖추고 있으며, 2005년도 E-PON 2개업체, WDM-PON 2개업체, 2006년도 E-PON 3개업체, CWDM-PON 2개업체, 광모듈 1개 업체에게 FTTH 표준 BMT 서비스를 제공하였다. 반드시 표준 BMT를 통과한 업체의 제품으로 상용 광가입자망을 구축한다. 향후 광가입자망 장비 및 FTTH 기반 네트워크 장비와 FTTH 기반 IPTV 서비스 장비에 대해 표준 BMT 서

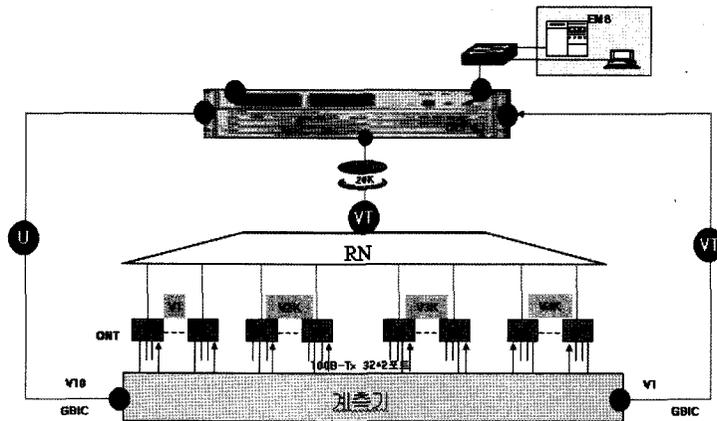


그림 2 FTTH BMT 환경

표 3 TPS 트래픽의 BMT 성능 예

방향	종류	우선순위	모드	Size (Byte)	Tx		Rx		Iloss (%)	지연 (%)	Uplink		Burst Load (%)
					대역 (MB)	Rate (%)	대역 (MB)	Rate (%)			대역 (MB)	Rate (%)	
하향	VoIP	6	constant	64	4M*32	17%	4M	5.0%	0%	190µS	932M	95.5%	25%
	MC	4	burst	1518	20M	2%	20M	20.0%	0%	187µS			
	PM	2	burst	Random	20M*32	66%	20M	21.0%	0%	186µS			
	BE	0	burst	Random	4.5M*32+1G	5%+1G	52M	54.0%	-	-			
상향	VoIP	6	constant	64	4M	5%	4M	0.5%	0%	2.4ms	802M	86.4%	
	PM	2	burst	Random	4M	4%	4M	0.5%	0%	2.3ms			
	BE	0	burst	Random	88M	91%	546M	56.0%	-	-			

비스를 제공할 계획이다.

#### 4.2 IPTV 서비스의 QoE 문제점

통신 사업자의 상용 광가입자망과 FTTH 서비스 센터는 가입자들에게 서비스를 제공하기 전에 서비스 상태와 체감품질(QoE)을 확인하는 것이 필요하다. 체감품질(QoE)은 서비스에서 나타나는 실제적인 품질의 느낌과 현상으로 특정 서비스에 연관된 모든 서비스 관련 장치들이 end-to-end로 QoS하에서 주어진 조건과 품질을 제공해야 한다.

이러한 목적으로 ETRI FTTH 서비스 센터에서 표 2와 같은 IPTV 헤더엔드 환경을 구축하기 전, 초기의 IPTV 헤더엔드 장치는 CATV 국사로부터 수신한 6Mbps SD급 25개 채널을 엔코더가, 20Mbps Full HD급 5개 채널은 VoD 서버가 IP-multicast(MPEG2-TS)로 송출하였다.

송출된 IP 방송은 두 사업자의 상용 광가입자망을 통하여 가입자에게 전달되고, 가입자는 IP 셋탑을 통해 방송을 시청한다. FTTH 서비스 센터내 CATV RF 방송 신호 수신부와 출력부, 외부망 라우터의 입출력부에서는 모든 방송 채널이 정상으로 출력된다. 그러나 가입자 가정에서는 SD급은 정상으로 출력되나, HD급 전 채널이 음성은 정상으로 출력되나 화면의 영상이 2분에 1~2회 정도 비 주기적으로 멈칫거리는 QoE 저하 현상이 발생하였다. 본 논문에서 이러한 QoE 저하 문제를 해결한 내용을 서술하였다.

### 5. IPTV 서비스의 QoE 문제점 분석

#### 5.1 IPTV 서비스의 QoE 문제 분석 준비

전달 망에서 발생하는 특정 문제점의 원인 분석하고 해결하는 방법은 여러 가지가 있다. 즉, 주어진 문제를 해결하는 방법으로는 divide and conquer, top down, bottom up, 순차적 분석, 경험에 의한 분석 등 다양한 방법이 있으나 본 논문에서는 divide and conquer 방법과 경험에 의한 순차적 방법으로 문제 해결에 접근하였다. 또한 주어진 문제를 해결하기 위해서 우선적으로 정확한 현황을 파악하였다.

ETRI FTTH 서비스 센터에서는 상용 광가입자망의 구성 환경과 PON 시스템의 특성을 고려하여, IPTV 헤더엔드로부터 통신 사업자의 상용 광가입자망을 통한 가입자까지의 전송 구간에 대해 그림 1과 같이 7개의 체크포인트(P1~P7)를 정의하고, 전송망의 물리적 및 논리적 환경, 트래픽 현황, 방송 헤더엔드와 스트리머 등에 대한 상태와 현황 분석을 준비하였다. 분석에 사용된 장치로는 계측기(Agilent N2X)[12], 프로토콜 분석기(NAI Sniffer)[13], 광파워 미터(Wandel&Coltermann OLP-18B), 스트리밍 분석기(Manzanita MP2TSA)

[15], PC와 IP 셋탑 등이다. 그리고 각 장비의 자체 CLI(Command Line Interface)와 명령어를 사용하였다.

#### 5.2 가입자 장치에 의한 현황 분석

상용 FTTH 망에서 발생하는 문제를 정확히 파악하기 위해, 가입자 장치인 IP 셋탑과 PC를 체크포인트 P0, P2~P7에 직접 연결하고 IPTV 출력 상태를 확인하였다. FTTH 서비스 센터의 체크포인트 P0/P2/P3/P7에서의 출력은 정상이나, 가입자 환경과 유사한 P5/P6는 P4와 동일하게 화면의 영상이 멈칫거리는 현상을 확인하였다.

#### 5.3 전송 링크 사용량 분석

통신 사업자의 상용 FTTH 망과 FTTH 서비스 센터 간에 전송 장비의 동작 상태를 CLI 명령어로 확인하고, 링크의 사용율을 측정하였다. 보더 라우터의 연동 링크와 가입자 액세스 장비의 Up-link와 Pon-Link의 포트 사용율이 1Gbps 기준으로 그림 3과 같이 최대 10% 미만이고, 가입자의 100Mbps 포트 사용량은 0.1Mbps 이하였다. 장비의 밀러링 기능과 Sniffer를 사용 측정과 패킷 분석에 활용하였다.

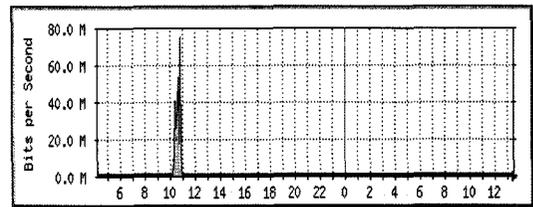


그림 3 FTTH 상용망 연동링크 사용율

#### 5.4 계측기에 의한 전송 특성 분석

광파워 미터(OLP-18B)로 상용 광가입자망의 하향에 대한 광신호가 허용 범위(-20dBm)내에 있음을 확인하였다. 상향은 PON의 Burst 특성을 고려하려 측정하지 않았다.

N2X로 체크포인트 P1/P2/P3/P5/P7에 IP multicast와 UDP 트래픽을 동시에 인가하여 그림 4에서 보여 주듯이 패킷 손실과 전송 지연이 과대함을 확인하고, 광선로와 광부품을 유지보수한 후 동일한 조건으로 재시험하여 그림 5와 같이 패킷 손실과 전송 지연을 개선하였다. 그림 4, 그림 5의 N2X 포트와 체크포인트의 관계는 표 4와 같다. P5에서의 손실 값은 아파트 통신실에 설치된 광링크와 광부품의 유지보수 문제점을 확인하였다.

그림 5의 결과에 따라 체크포인트 P5와 P6에서 IP 셋탑으로 재 시험한 결과 출력 화면의 영상이 동일하게 멈칫거려 다음 단계로 진행하였다.

Stream	Tx Pack. Packets	Rx Pack. Packets	Tx Pack. Bytes	Rx Pack. Bytes	Tx Pack. Throughput (Mbps)	Rx Pack. Throughput (Mbps)	Pkts. Loss	Average Latency (us)	Maximum Latency (us)
101/1->103/1, V0/0/1	92675066	92675059	140680750188	140680725900	19.74	19.74	16	258.09	313.66
101/1->103/1, MC/1	92675066	92675066	140680750188	140680750188	19.74	19.74	0	123.53	167.68
101/1->103/2, MC/1	92675066	92675062	140680750188	14068071116	19.74	19.74	4	108.62	222.12
101/1->103/3, MC/1	92675066	92658385	140680750188	140655428100	19.74	19.74	1681	445.61	10255.34
101/1->103/4, MC/1	92675066	89978307	140680750188	137515070026	19.74	18.31	6696759	544.61	3439.74
101/1->103/5, MC/1	92675066	88820093	140680750188	134823901174	19.74	18.92	3854973	228.34	123544.46
101/1->103/2, V0/2/1	92675066	92675047	140680750188	140680721346	19.74	19.74	19	219.42	525.54
101/1->103/3, V0/3/1	92675066	92652369	140680750188	140647208492	19.74	19.73	22097	556.40	25812.46
101/1->103/4, V0/4/1	92675066	85885208	140680750188	133373442144	19.74	18.29	6790058	632.51	3526.34

그림 4 광부품 유지보수 전 성능 시험 결과 예

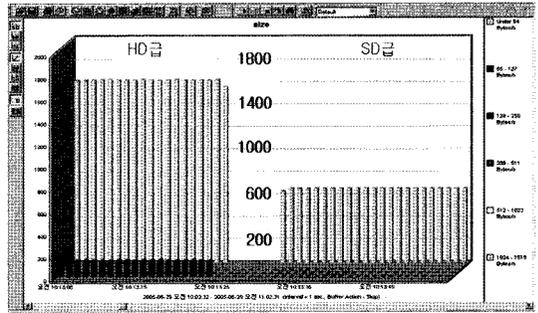


그림 6 Sniffer의 HD/SD급 패킷 수신 현황

Stream	Tx Pack. Packets	Rx Pack. Packets	Tx Pack. Bytes	Rx Pack. Bytes	Tx Pack. Throughput (Mbps)	Rx Pack. Throughput (Mbps)	Pkts. Loss	Average Latency (us)	Maximum Latency (us)
101/1->103/1, V0/0/1	774059	774058	1175020044	1175020044	19.67	19.67	0	229.40	267.86
101/1->103/1, MC/1	774059	774058	1175020044	1175020044	19.67	19.67	0	124.67	231.76
101/1->103/2, MC/1	774059	774058	1175020044	1175020044	19.67	19.67	0	127.17	275.62
101/1->103/3, MC/1	774058	774058	1175020044	1175020044	19.67	19.67	0	324.77	432.24
101/1->103/4, MC/1	774058	773987	1175020044	11749122866	19.67	19.66	71	557.78	593.17
101/1->103/5, MC/1	774058	774058	1175020044	1175020044	19.67	19.66	0	213.95	445.61
101/1->103/2, V0/2/1	774059	774059	1175021562	1175021562	19.67	19.67	0	184.41	471.92
101/1->103/3, V0/3/1	774058	774058	1175020044	1175020044	19.67	19.67	0	324.77	432.24
101/1->103/4, V0/4/1	774059	773955	1175021562	1174863690	19.67	19.66	104	628.57	832.14
101/1->103/5, V0/5/1	774059	774058	1175020044	1175020044	19.67	19.67	0	324.77	432.24

그림 5 광부품 유지보수 후 성능 시험 결과 예

표 4 체크포인트와 계측기 포트의 관계

체크포인트	계측기 포트
P1	101/1
P2	103/1
P3	103/2
P5	103/4
P6	103/5
P7	103/3

5.5 가입자 가정의 트래픽 분석

가입자 가정의 ONT에 Sniffer를 연결하고 가정으로 유입되는 트래픽의 종류와 현황을 분석하였다. IPTV 방송을 시청하지 않을 경우 가정으로 유입되는 트래픽은 주로 ARP\_Req, IGMP, PIM Query 메시지로 사용 대역폭이 100Mbps의 약 0.1% 미만이었다. 광가입자 전 달망과 가입자측에 별 문제가 없음에도 화면이 멈칫거리는 문제가 해결되지 않아 스트리밍 분석 단계를 진행하였다.

5.6 IPTV 스트리밍 분석

Sniffer로 보더 라우터의 체크포인트 P3와 가입자 모니터링 체크포인트 P5,P6에 수신되는 HD/SD급 방송 스트리밍을 IP 패킷 단위로 분석하였다. 초당 수신되는 패킷이 SD급은 UDP 1316byte를 약 600개, HD급은 IP 1480byte를 약 1750개와 84byte 126개 정도로 그림 6

표 5 HD급 스트리밍 구조

프로토콜	Vector	Offset	Length	Frame#
UDP (16364)	0	0x0022	1480	12
	1	0x0022	1480	11
	2	0x0022	1480	10
	3	0x0022	1480	9
	4	0x0022	1480	8
	5	0x0022	1480	7
	6	0x0022	1480	6
	7	0x0022	1480	5
	8	0x0022	1480	4
	9	0x0022	1480	3
	10	0x0022	1480	2
11	0x0022	84	1	

과 같다.

수신 패킷에 대한 분석은 가입자의 IP 셋탑에서 정상 출력되는 SD급 스트림 보다 문제를 유발하고 있는 HD급 스트림 위주로 분석하였다. 분석한 HD급 스트림 구조는 표 5와 같다.

표 5는 IPTV 헤드엔드(IP 멀티캐스팅 서버)의 방송 소스 포맷으로서 16384byte의 스트림을 MTU 단위로 세그멘테이션하여 송출하고, 가입자의 IP 셋탑은 이를 수신하고 reassemble하여 TV로 출력한다[14]. 또한 스트리밍분석기로 체크포인트 P2/P3/P5에서 수신한 스트리밍 파일과 방송 소스를 비교분석하여 PAT(Program association table), PMT(Program map table), PCR(Program clock reference) 등이 오류가 없음을 검증하였다.

5.7 HD급 스트림의 수신 특성 분석

그림 6과 표 5에 부가하여 분석한 수신 스트림의 특성은 그림 7과 같다. 그림 7에서 보여주듯 SD급은 1316byte의 패킷이 50~2800us 단위로 수신되고, HD급은 1480byte의 패킷이 250us단위로 수신되나 84byte의 패킷은 5200us 단위로 거의 등 간격으로 수신된다. 즉, HD급 패킷은 패킷의 길이에 따라 약 5000us 정도 지터

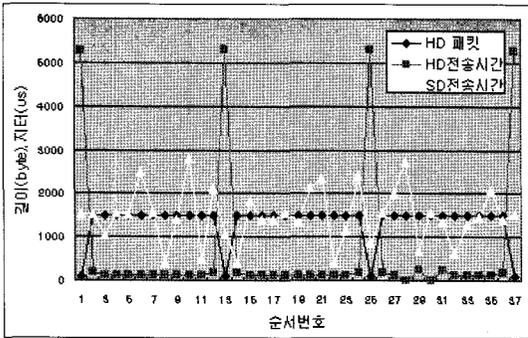


그림 7 HD/SD급 패킷의 길이와 수신 시간

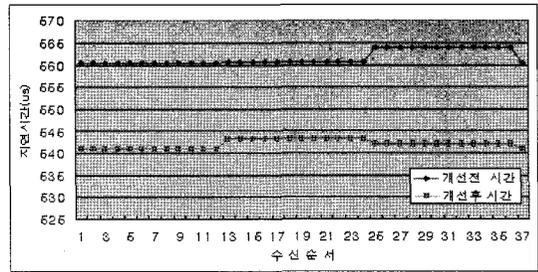


그림 11 HD급 패킷의 평균 수신 시간

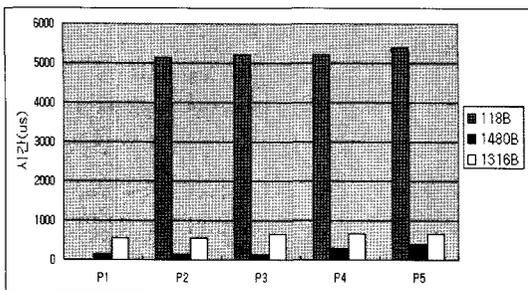


그림 8 체크포인트의 패킷 크기별 수신 지연시간

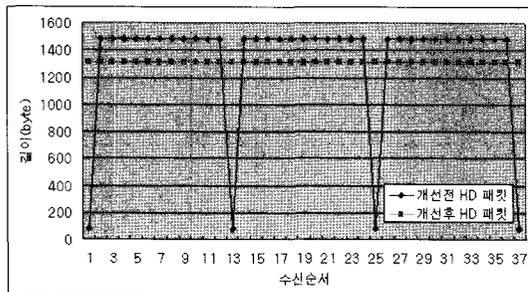


그림 9 HD급 패킷의 수신 길이

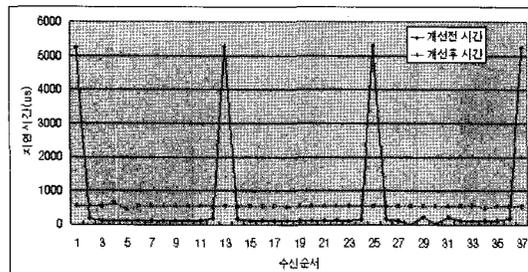


그림 10 HD급 패킷의 수신 시간

가 있음을 나타낸다. 각 체크포인트에서도 그림 7, 그림 8과 같은 전송 특성을 나타낸다.

## 6. IPTV 서비스의 QoE 개선

FTTH 서비스 센터와 가입자 장치의 체크포인트에서 수집한 자료를 종합 분석하고 표 5, 그림 6, 그림 7을 기반으로 해결 방안을 도출하고 적용하였다. 주요 해결 방안은 SD급 패킷은 50~2800us의 지터에서도 정상으로 출력되는 점에 착안하여, HD급 패킷의 지터를 최대 SD급 이하로의 제공하는 것이다. 즉, IPTV 헤드엔드에서 표 5와 같이 송출하는 방송 스트림을 SD급과 동일하게 UDP:1316byte로 변경하여 일정한 간격으로 균등하게 송출하였다[14].

그 결과 각 체크포인트에의 수신되는 HD급 패킷의 길이가 그림 9의 “개선후 HD 패킷”과 같이 균등하게 되고, 지터는 그림 10의 “개선후 시간”과 같이 200us 이하로 25배 정도 개선되었으며, 평균 지연 시간도 그림 11의 “개선 후 시간”과 같이 20us 정도 개선되었다.

또한 IP 셋탑과 PC를 각 체크포인트에 연결하고 IPTV 방송을 수신한 결과, HD급/SD급 전 채널의 영상과 음성이 정상적으로 출력됨을 확인하였다. 이러한 결과를 차후 도입한 Full HD급 Live IPTV 헤드엔드와 VoD 서버 구축에 적용하였다.

## 7. 결론

세계적으로 가입자망의 광대역화가 경쟁적으로 추진되고 있으며, 이에 따른 신규 서비스도 활성화되고 있는 추세이다. 국내 광통신 산업의 저변 확대와 육성 발전 및 차세대 장비 개발, 광가입자망 기반 고품질 서비스 및 플랫폼 개발의 일환으로, ETRI 광통신연구센터에서는 자체적으로 FTTH 표준 BMT 테스트베드와 네트워크 운영센터 및 IPTV 서비스 장비로 FTTH 서비스 센터를 구축하고, 망사업자를 통하여 규모있는 상용 광가입자망을 구축하고 연동하였다. IPTV 테스트베드를 중심으로 구축된 광가입자망 기반의 FTTH 서비스 센터의 테스트베드는 FTTH 기반의 서비스 장비 및 IPTV 서비스 장비에 대해 표준 BMT 서비스를 제공할 계획이다.

본 고에서는 위와 관련된 광 인터넷 기반의 IPTV 서비스에서 발생한 문제를 해결한 일례를 소개하였다. 분석에서 보여주듯 HD급 패킷은 지터에 매우 민감하고 짧은 패킷은 지연이 심하다. 그러나 전송 과정에서 나타나는 짧은 패킷의 지연에 대해 원인분석이 다소 미흡하다. 앞으로의 연구에서는 이와 관련된 더 많은 연구가 요구된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김관중, 권정국, 유제훈, 김봉태, "FTTH 기술 및 시장 동향", 전자통신동향분석, 제19권 제6호, 2004.12.
- [2] 한국전자통신연구원, "초고속광가입자망기술", 최종연구보고서, 2006.12.
- [3] 송재연, 김영균, "IEEE802.3ah EPON 표준화 기술과 동향", 대한전자공학회, Vol.13(3), pp. 48-56, 2003.
- [4] 김광욱, 최현균, 김승환, 권을, 김봉태, "GPON 기술 표준 규격 및 개발 동향", 정보통신연구진흥원 주간기술동향, 1232권, pp. 1-13, 2006.02.
- [5] 박관용, 김태연, 정의석, 유정주, 김병휘, 김봉태, "WDM-PON 기술", 전자통신동향분석, 제21권, 제6호, 2006.12.
- [6] 송호영, 이병탁, 성정식, 심계찬, 권정국, 김봉태, "광가입자망 기반 IPTV 테스트베드", 전자공학회 논문지, 제43권, TC편, 제5호, 2006. 5.
- [7] 한국전자통신연구원, "광가입자망(FTTH) 서비스 개발실현사업", 1차년도연구보고서, 2005.12.
- [8] cisco, "Sample Configuration for BGP with Two Different Service Providers (Multihoming)," CISCO inc. Document ID: 23675, Aug.2005.
- [9] cisco, "Configure MSDP," <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/lan/cat3750/12235se/scg/swmsdp.pdf>, Cisco Systems, Inc. Jun. 2006.
- [10] S. Bradner, J. McQuaid, "Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices," RFC2544, Mar. 1999.
- [11] D. Stopp, B. Hickman, "Methodology for IP Multicast Benchmarking," RFC3918, Oct. 2004.
- [12] Agilent, "N2X Quick test version 7.6," <http://advanced.comms.agilent.com/n2x/docs/scripts/qt76-201106>, Agilent Technologies, Oct. 2006.
- [13] Network General, "Sniffer Portable," [http://www.networkgeneral.com/Products\\_details.aspx?PrdId=20046243936754](http://www.networkgeneral.com/Products_details.aspx?PrdId=20046243936754), Network General, 2007.
- [14] Kasenna, "/usr/mbase/config/uds.conf," Kasenna Media-Base XMP v7.0 administrator's Guide, Kasenna Inc. 2003.
- [15] Manzanita,"MP2TSA," <http://www.manzanitasystems.com/mp2tsa.html>, Manzanita Systems, 2006.



권 정 국

1991년 한밭대학교 전자계산학과(공학사)  
1999년 충북대학교 전자계산학과(석사)  
2003년 충북대학교 전자계산학과(박사수료). 1983년~현재 한국전자통신연구원 광통신연구센터(책임연구원). 주관심분야는 FTTx 시스템 BMT, 네트워크 & 시스템 성능분석, 네트워크& 시스템 운용관리



유 제 훈

1980년 2월 건국대학교 전자공학과(공학사). 1982년 2월 건국대학교 전자공학과(석사). 1980년 4월~현재 한국전자통신연구원 책임연구원~현재 한국전자통신연구원 광통신연구센터(책임연구원). 주관심분야는 광통신, 광 네트워크 기술



김 봉 태

1983년 서울대학교 전자공학과(공학사)  
1991년 미국 노스캐롤라이나 주립대학 컴퓨터공학과(석사). 1995년 미국 노스캐롤라이나 주립대학 컴퓨터공학과(박사)  
1983년~현재 한국전자통신연구원 광통신연구센터(책임연구원, 센터장)



박 천 관

1987년 건국대학교 전자공학과(공학사)  
1991년 충남대학교 전자공학과(공학석사). 1996년 건국대학교 전자공학과(공학박사). 1986년~1993년 한화정보통신(주) 중앙연구소 근무. 1994년~1997년 한국전자통신연구원 근무. 1997년~현재 목포

해양대학교 해양전자통신공학과 교수



이 상 호

1976년 숭실대학교 전자계산학(공학사)  
1981년 2월 숭실대학교 대학원 시뮬레이션(공학석사). 1989년 2월 숭실대학교 대학원 컴퓨터네트워크(공학박사). 1981년~현재 충북대학교 교수. 관심분야는 Protocol Engineering, Network Security, Network Management, Network Architecture

Network Management, Network Architecture