

EPON망에서 ONU기반 멀티캐스트를 이용한 IPTV 채널 패키지 전송 서비스

정회원 최수일*

IPTV Channel Package Delivery in EPONs Using ONU-Based Multicast Emulation

Su-il Choi* *Regular Member*

요 약

EPON은 가입자망의 병목현상을 해결할 경제적인 광대역 가입자망이다. EPON은 점대점 통신과 공유랜을 제공하기 위하여 다중접제어 프로토콜(MPCP)을 이용한다. 다중접제어 프로토콜은 논리적 링크 식별자(LLID)를 사용하여 점대다중점 형태로 연결된 ONU들을 논리적으로 구분한다. 본 논문에서는, 복수의 공유랜 또는 ONU기반 멀티캐스트를 제공하기 위하여 논리적 그룹 식별자(LGID)를 이용한다. 논리적 그룹 식별자를 활용하여 ONU기반 VLAN 서비스를 제공하면, EPON은 공급자와 가입자 사이에 설정된 채널들을 분리할 수 있다. 더불어, ONU기반 VLAN 서비스와 IGMP 스누핑을 통해 가입자에게 IPTV 채널 패키지를 제공하는 방안을 제안한다. 시뮬레이션을 통해 제안된 방안이 빠른 채널 전환 시간을 제공함을 보임으로써 EPON망에서 효과적인 IPTV 서비스 제공방안임을 보인다.

Key Words : EPON, VLAN, IGMP snooping, IPTV channel package, Channel zapping

ABSTRACT

EPONs are a low cost, high speed solution to the bottleneck problem of broadband access networks. To support point-to-point and shared LAN emulation, EPONs use the multi-point control protocol (MPCP), which uses logical link identification (LLID) for frame tagging and filtering between the OLT and ONUs. In this paper, ONU-based multicast or multiple shared LAN emulation is used for IPTV channel package delivery services. Using ONU-based VLAN services, EPONs can support separate and secure connections between providers and subscribers in a simple manner. Also, IPTV channel packages can be delivered through EPONs by implementing ONU-based VLAN and IGMP snooping mechanisms. By showing fast channel zapping time of proposed architecture, I show that EPONs is suitable for IPTV channel package delivery service.

1. 서 론

가입자망은 기업 및 가정 가입자들을 서비스 공급자의 중앙국사에 연결하고, 다시 MAN 또는 WAN에 연결한다. EPON은 경제성이 높은 차세대

가입자망으로서 광대역의 음성, 데이터 및 비디오 서비스를 제공한다. EPON은 저렴한 장비, 운용 및 유지비뿐만 아니라, 구조가 단순하고, 확장성이 뛰어나며, 통합 서비스를 제공할 수 있는 가입자망으로서, IEEE 802.3ah에서 표준화가 이루어졌다¹⁾. 현

※ 이 논문은 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국과학기술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2005-003-D00238)

* 전남대학교 전자컴퓨터공학부 광통신 연구실(sichoi@email.jnu.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-01-015, 접수일자 : 2008년 1월 8일, 최종논문접수일자 : 2008년 3월 31일

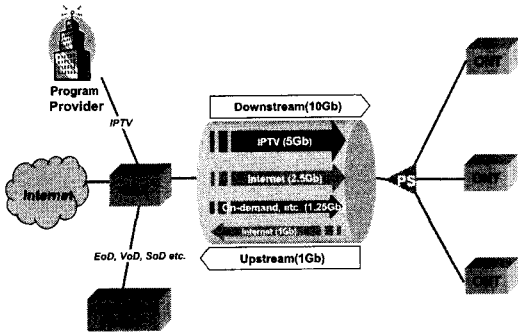


그림 1. 10G 비대칭 EPON 가입자망

채는 멀티미디어 기반의 양방향 통신서비스에 적합한 10G EPON 기술이 IEEE P802.3av에서 표준화가 진행 중이다. 그림 1은 10G 비대칭 EPON망을 보여준다.

EPON은 중앙국사에 위치하는 OLT와 원격지에 위치하는 다수의 ONU 및 스플리터(Splitter)로 구성된다. 하향 전송의 경우, OLT는 이더넷 프레임을 브로드캐스트하고, ONU는 선택적으로 수신한다. 상향 전송의 경우, 개별 ONU의 프레임 전송은 OLT에서만 수신한다. 그러므로 EPON은 하향인 경우 점대다중점 망으로, 상향인 경우 점대점 망으로 동작한다. 반면에, IEEE 802.1D 브리지 프로토콜에서는 점대점과 공유랜만 수용한다^[2]. 다중점제어 프로토콜(MPCP: Multi-Point Control Protocol)은 EPON망에서 논리적 링크 식별자(LLID: Logical Link Identification)를 정의하여, 하향의 경우 점대점 통신을, 상향의 경우 공유랜을 제공한다.

IP망을 통하여 제공되는 디지털 방송 서비스를 IPTV라 한다. 가입자망에서 IPTV와 같은 서비스를 제공하기 위해서는 방송의 빠른 채널 전환과 같은 품질서비스(QoS)에 대한 요구사항이 필수가 된다^[3]. EPON망에서 디지털 TV전송을 위한 아키텍처가 제안되었다^[4]. 이더넷 계층에서 IGMP 스누핑(Snooping)을 통해 통계적 다중화가 구현되지만, OLT에서 전송한 멀티캐스트 프레임은 모든 ONU에 브로드캐스트 되는 문제를 가지고 있다. J. Wu et al.^[5]은 EPON망에서 IPTV 서비스를 제공하기 위하여 제어 가능한 멀티캐스트 아키텍처를 제안하였다. OLT는 멀티캐스트 LLID (MLLID: multicast LLID)^[6]를 활용하여 멀티캐스트 채널을 제공한다. 하지만, 복수의 공유랜 서비스를 제공코자 하는 경우 적합하지 않다.

EPON망에서 ONU기반의 VLAN 서비스를 제공하기 위하여 논리적 그룹 식별자(LGID: Logical

Group Identification)가 제안되었다^[7]. LGID를 활용하여 복수의 공유랜을 제공하는 경우 링크의 분리를 통해 서비스 공급자의 콘텐츠 보호 및 서비스 가입자의 기밀 유지를 간단하게 제공할 수 있다. 본 논문에서는 LGID를 활용하여 ONU기반의 VLAN 서비스를 제공하고, IGMP 스누핑과의 결합을 통해 빠른 채널 전환 특성을 갖는 IPTV 채널 패키지 전송 방안을 제안코자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 다중점 제어 프로토콜(MPCP)과 논리적 링크 식별자(LLID) 및 논리적 그룹 식별자(LGID)를 소개한다. III장에서는 IPTV 채널 패키지를 제공하기 위하여 ONU기반의 VLAN 서비스와 IGMP 스누핑을 이용한 IPTV 채널 패키지 전송 아키텍처를 제안한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통해 제안된 IPTV 채널 패키지 전송 방안의 빠른 채널 전환 특성을 보인다. 마지막으로, V장에서 결론을 맺는다.

II. 다중점 제어 프로토콜(MPCP)

EPON의 MAC 제어 부계층의 확장을 통해 다중점 MAC 제어 부계층을 정의함으로써 점대다중점 망을 제어하기 위한 다중점 제어 프로토콜(MPCP)을 구현한다. 다중점 제어 프로토콜은 점대다중점 형태로 연결된 OLT와 다수의 ONU간의 제어 메커니즘을 정의함으로써 데이터의 효율적인 전송을 가능케 한다. MPCP의 제어 메시지는 GATE, REPORT, REGISTER_REQ, REGISTER, 그리고 REGISTER_ACK로 이루어지며, 점대점 에멀레이션 지원, OLT에서 복수의 LLID와 MAC Clients의 지원, ONU별 단일 LLID지원 및 브로드캐스팅 지원을 제공한다.

다중점 제어 프로토콜은 정상모드(normal mode)와 자동검색모드(auto discovery mode)를 지원한다. 정상모드에서는 GATE와 REPORT 메시지를 이용하여 개별 ONU에게 상향 대역을 할당한다. OLT는 GATE 메시지를 통해 ONU에게 상향전송채널을 제공하고, ONU는 REPORT 메시지를 통해 OLT에게 상태정보를 보고한다. 다중점 제어 프로토콜은 대역 할당을 위한 구조를 제공하고, 다양한 동적 대역할당(DBA) 알고리즘을 통해 상향 대역을 할당한다^[8-11]. 자동검색 모드에서는 REGISTER, REGISTER_REQ와 REGISTER_ACK 메시지를 활용하여 새롭게 연결된 ONU를 검색하여 등록하고, RTT(Round Trip Time)와 MAC 어드레스 정보 등을 습득한다. 새로운 ONU의 등록은 논리적 링크 식별자(LLID)를 할

당함으로써 이루어진다.

2.1 논리적 링크 식별자(LLID)

EPON의 정합 부계층(RS: reconciliation sublayer)은 하나의 물리계층에 다수의 데이터 링크 계층의 정합을 수용하도록 기능이 확장되었다. 논리적 링크 식별자(LLID)는 점대다중점 망에서 점대점 에물레이션을 통해서 OLT와 ONU간 설정된 고유한 식별자로 정의된다. 자동검색 모드에서 OLT와 ONU간 제어 메시지를 주고받음으로써 LLID값을 할당하게 된다.

점대점 에물레이션과 더불어 ONU에서의 적절한 필터링 규칙, OLT에서의 포워딩 규칙을 결합하여 공유랜 에물레이션을 제공할 수 있다. 그림 2는 점대점 에물레이션과 SCB(single copy broadcast) 에물레이션을 보여준다. OLT에서 전송된 유니캐스트 프레임은 특정 ONU의 MAC에서 수신하게 되고, OLT에서 전송된 브로드캐스트 프레임은 모든 ONU에서 수신하게 된다.

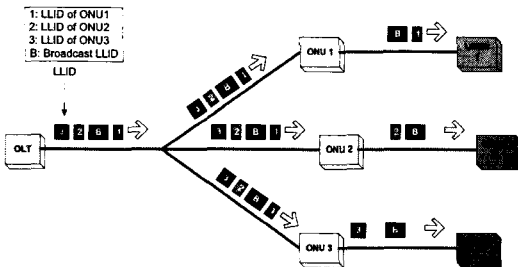


그림 2. 점대점 에물레이션과 SCB 에물레이션

2.2 논리적 그룹 식별자(LGID)

EPON은 다중점제어 프로토콜에 의해서 하나의 공유랜밖에 제공할 수 없지만, 복수의 공유랜을 제공할 수 있는 경우 VLAN을 통해 서비스 제공자와 가입자 사이에 안전하고 독립적인 채널을 제공할 수 있다.

OLT와 ONU간에 복수의 공유랜 에물레이션을 제공하기 위하여 논리적 그룹 식별자(LGID)를 적용한다⁷⁾. 논리적 그룹 식별자는 OLT에 연결된 ONU들의 부분집합으로 정의되며, 논리적 링크 식별자들의 묶음으로 볼 수 있다. 동일한 그룹으로 할당된 ONU들은 자동검색 모드에서 LLID는 고유한 값이 할당되고, LGID는 동일한 값이 할당되게 된다.

EPON 정합 부계층의 확장을 통해 하나의 물리계층에 복수의 공유랜 정합을 수용하며, {MODE,

Reserved (2Byte)	SLD (0xd5)	Reserved (2Byte)	MODE (1bit)	LGID (5bit)	LLID (10bit)	CRC8 (1Byte)
---------------------	---------------	---------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------

그림 3. 복수의 공유랜을 위한 EPON 프리앰블 포맷

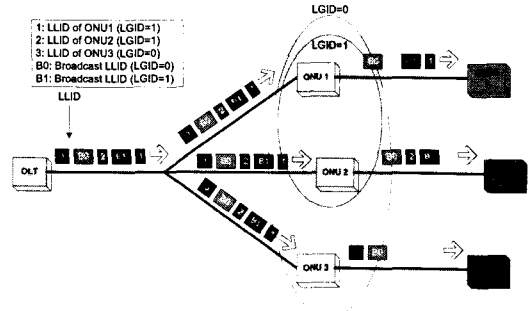


그림 4. 점대점 에물레이션과 멀티캐스트 에물레이션

LLID, LGID)와 개별 MAC과의 맵핑을 통해 전송된 이더넷 프레임의 프리앰블(Preamble)에 포함된 MODE, LLID 및 LGID값을 토대로 해당 MAC에 전송한다.

그림 3은 LGID를 포함한 이더넷 프레임의 프리앰블 포맷을 보여준다. 이더넷 프리앰블의 마지막 두 바이트는 MODE, LLID, LGID 값을 나타낸다.

MODE: 유니캐스트 채널을 에물레이션 하는 경우 0의 값을 갖고, 브로드캐스트 또는 멀티캐스트 채널을 에물레이션 하는 경우 1의 값을 갖는다.

LLID: 등록되지 않은 ONU에 브로드캐스팅 하기 위한 값은 0x3fff이며, 등록된 ONU는 임의의 다른 값을 할당받아 사용된다.

LGID: OLT와 ONU간 논리적 링크의 묶음을 나타내기 위하여 임의의 값이 할당되어 사용된다.

복수의 공유랜 에물레이션을 이용하면 ONU기반 VLAN 서비스를 제공할 수 있고, VLAN별 독립적인 MAC 어드레스 데이터베이스를 구축함으로써 가입자 그룹별 차별화된 데이터, 음성 및 비디오 서비스를 제공할 수 있다. 그림 4는 점대점 에물레이션과 멀티캐스트 에물레이션을 보여준다. OLT에서 하향으로 전송된 유니캐스트 프레임은 해당 ONU의 MAC에서 수신하게 되고, 특정 그룹으로 전송된 멀티캐스트 또는 브로드캐스트 프레임은 해당 그룹의 ONU MAC에서 수신한다.

III. EPON에서 IPTV 채널 패키지 전송

현재의 TV 기술은 모든 TV 채널을 가입자에게

제공하고, 채널 전환은 원하는 주파수를 단순히 필터링 시킴으로써 이루어진다. 반면에, IPTV는 가입자에게 제공되는 제한된 대역으로 인해 선택된 채널 들만 서비스 공급자에 의해 가입자 장치까지 전달된다. IP 멀티캐스트를 통해 IPTV를 제공코자 하는 경우 우선 멀티캐스트 트리(tree)를 구성해야 한다.

보통 각 가입자는 멀티캐스트 그룹에 개별적으로 가입하고, 멀티캐스트 패킷을 개별적으로 받게 된다. 반면에, EPON가입자망의 경우 멀티캐스트 그룹의 가입자에게 개별적으로 전달하는 방법은 비효율적이다. EPON은 하향으로 점대 다중점 구조를 가지고 있으므로 IPTV 패킷의 전송에 있어서 브로드캐스트 전송 특성을 활용하는 게 효과적이다.

3.1 IPTV 서비스 등록 및 구독절차

EPON의 모든 ONU는 대내에 위치하여 가입자 당 개별 ONU가 할당된 FTTH(fiber to the home) 구조의 네트워크를 고려한다. 복수의 ONU가 IGMP 멀티캐스트 그룹에 가입하고, OLT는 가입자로부터 수신한 IGMP 메시지를 처리하는 IGMP 프록시(proxy) 역할을 수행한다. OLT는 멀티캐스트 멤버를 대신하여 멀티캐스트 공급자로부터 데이터를 수신하여 해당 ONU에 제공한다.

J. Wu et al.^[5]에 의해 제안된 멀티캐스트 아키텍처는 ONU에서 IPTV 채널 목록을 관리하고 가입자가 요청한 채널의 제공 여부를 결정한다. 이와 같이 IPTV 서비스 관리를 ONU에서 처리하는 경우, FTTH ONU의 경제성, 기능의 복잡성, 운영관리 및 서비스관리 정보의 증가 문제를 갖게 된다. 반면에, OLT에서 ONU별 채널 목록을 통합 관리하고, ONU는 OLT로부터 제공된 채널 패키지 범위 내에서 IPTV 서비스를 제공하는 경우 단순한 기능을 갖는 ONU기반의 IPTV 채널 패키지 제공방안을 구현할 수 있다.

OLT에서 ONU로 멀티캐스트를 지원하기 위하여 LGID를 이용한 ONU기반의 멀티캐스트 애플리케이션을 적용한다^[7]. 그림 5는 IPTV 수신을 위한 서비스 등록 및 채널패키지 구입 절차를 보여준다. 서비스 등록을 통해 가입자는 관리 포털(management portal)에 IPTV 서비스 등록 요청을 한다. 가입자의 인증 절차를 거친 후 채널 관리자(channel manager)는 가입자의 채널 수신 목록을 OLT에 제공하고, OLT는 ONU별로 해당되는 논리적 그룹 식별자를 할당한다. IPTV 서비스 등록 후 새로운 채널 패키지를 구독하는 경우, 관리 포털을 통해 채널 관리자

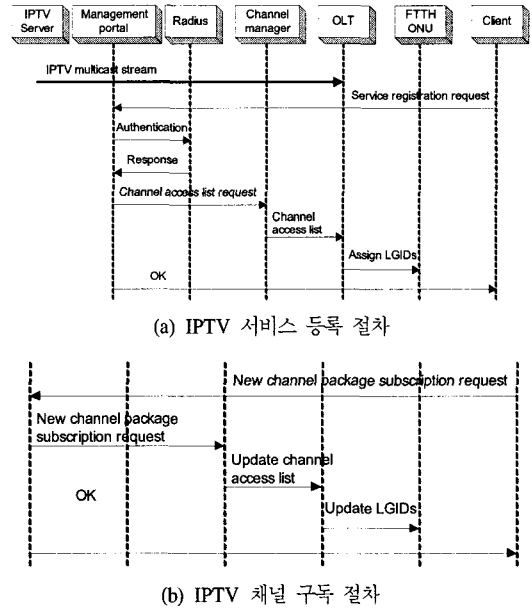


그림 5. IPTV 서비스 등록 및 구독 절차

에게 요청을 한다. 채널 관리자의 확인 후 해당 가입자의 갱신된 채널 수신 목록을 OLT에 제공한다. 채널 해지도 채널 구독과 비슷한 절차로 이루어진다. OLT가 모든 ONU의 IPTV 수신 채널 목록을 관리하고 IPTV 채널 패키지를 제공하므로 중앙 집중식 형태의 채널 목록 관리로 볼 수 있다.

3.2 IPTV 채널 패키지 전송 서비스

EPON가입자망의 하향 대역에 대한 효과적인 활용을 위해서는 CBR(constant bit rate) 특성의 TV 트래픽에 대한 통계적 다중화 보다는 개별 IP 멀티캐스트 그룹별로 채널을 패키징하는 방법에 의해 큰 영향을 받는다^[4]. 각각의 TV 채널별로 IP 멀티캐스트 트리를 할당하는 경우, 채널별 효과적인 전송이 가능한 반면, 채널 관리의 부하가 증가하고 채널 변경 시간이 증가한다. 반대로, 하나의 IP 멀티캐스트 트리에 모든 TV 채널을 패키지로 전송하는 경우, 채널 변경을 위한 IGMP 등록(Join) 및 해제(Leave) 메시지의 처리와 멀티캐스트 트리 관리부하가 줄어드는 반면, 채널 패키지 전송에 따른 하향 트래픽이 증가하게 된다. IPTV 채널 전송의 경우, 효율적인 하향 대역 활용 못지않게 빠른 채널 전환(Channel Switching)을 통한 품질서비스(QoS)의 제공도 IPTV 서비스 확대에 중요한 요소가 되므로, 10G EPON망에서 OLT와 ONU간 채널 패키지 전송을 기반으로 하는 IPTV 서비스 제공 방안을 제

표 1. IPTV 채널 패키지의 관리

(a) IPTV 채널 패키지

Channel package	CP1	CP2	CP3
IPTV channels	Basic channels	Premium channels	Special channels
VLAN	VID1	VID2	VID3
LGID	LGID1	LGID2	LGID3
ONU	ONU1 ONU2 ONU3	ONU2 ONU3	ONU3

(b) IPTV 채널

Channel ID	IP multicast address	Multicast MAC address

안코자 한다.

케이블 TV 사업자는 일반적으로 가입 조건별로 차별화된 TV 프로그램 패키지를 제공한다. IPTV 가입자도 가입조건별로 차별화된 채널 패키지를 수신하게 된다. OLT는 LGID를 이용한 복수의 공유 랜 에몰레이션을 통해 ONU별로 차별화된 IPTV 채널 패키지를 제공할 수 있다. ONU는 IPTV 채널의 전환 메시지를 IGMP 스누핑을 통해 확인하고, 해당 IPTV 채널을 가입자에게 제공한다.

표 1은 채널 패키지의 관리 예를 보여준다. OLT에 세 개의 ONU가 연결되고, 세 개의 IPTV 패키지가 제공된다고 가정한다. 기본 패키지(CP1)는 VLAN과 LGID값이 VID1과 LGID1로 할당되고 모든 ONU에 제공된다. 고급 패키지(CP2)는 VLAN과 LGID값이 VID2와 LGID2로 할당되고 ONU2와 ONU3에만 제공된다. 특별 패키지(CP3)는 가입한 ONU3에만 제공된다. 채널 전환을 위해서 IPTV 채널별로 IP 멀티캐스트 어드레스와 해당되는 멀티캐스트 MAC 어드레스가 할당되었다.

EPON망에서 VLAN과 IGMP 스누핑을 결합한 IPTV 채널 패키지 전송 절차는 그림 6에서 보여준다. 우선, IPTV 채널 패키지는 OLT로 제공되어 있다고 가정한다. OLT는 채널 패키지별로 LGID를 할당하고 ONU로 전송한다. 개별 ONU는 프레임의 LGID값을 체크하여 허용된 채널 패키지를 수신한다. 가입자가 IGMP 요청 메시지를 보내면, ONU는 IGMP 스누핑을 수행하고 해당 채널을 가입자에게 제공한다. 더불어, ONU는 IGMP 요청 메시지를 OLT에 보내고, OLT는 IGMP 프록시 기능을 통해 해당 요청 메시지의 전송 및 폐기를 결정한다. OLT가 IGMP 요청 메시지를 전송하는 경우, 해당 채널

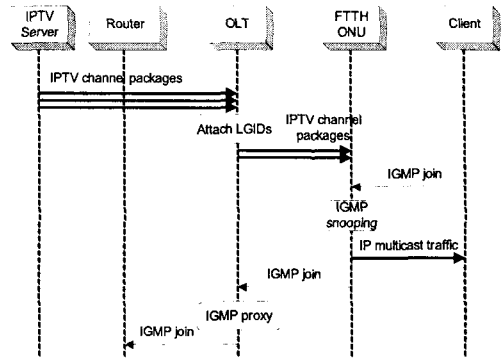


그림 6. IPTV 채널 패키지 전송 절차

을 포함하는 채널 패키지가 제공된다고 가정한다. OLT는 LGID를 이용하여 ONU 기반의 VLAN을 구성하고 ONU에 해당 채널 패키지를 제공하며, ONU는 IGMP 스누핑을 통해 개별 채널을 가입자에게 제공한다.

IPTV 패키지를 제공하기 위해서는 EPON이 충분한 대역을 제공해야 하며, 하향 10G 대역 및 상향 1G 대역을 제공하는 비대칭형 10G EPON의 경우 멀티미디어 기반의 서비스를 제공하는데 효과적인 가입자망이 된다.

3.3 채널 전환 시간(channel zapping delay)

IPTV 서비스 가입자는 원하는 TV 채널의 빠른 선택과 빠른 채널 전환을 원한다. 그러므로 채널 전환 시간은 IPTV 서비스의 중요한 요소가 된다^[12]. 채널 전환 시간(T_z)은 IGMP 프로세싱 시간 또는 네트워크 계층 전환 시간(T_n), 버퍼링 시간(T_b), 그리고 디코딩 시간(T_d)으로 구성된다^[13]. IGMP 프로세싱 시간 또는 네트워크 계층 전환 시간은 수신중인 채널의 전송 중단 메시지(leave message)의 송신과 새로운 채널의 첫 번째 멀티캐스트 패킷의 수신까지 소요된 시간으로 정의된다. 만족스러운 수신 품질을 위한 채널 전환 시간은 2초 이내여야 한다^[14]. 일반적으로 IPTV 셋톱박스의 버퍼는 100~500ms의 비디오를 저장하므로, 네트워크의 지터는 위의 값보다 작아야 한다. 채널 전환 시간은 버퍼링 시간과 디코딩 시간에 의해 크게 좌우되지만 IPTV 셋톱박스에 의해 결정되는 값이므로 네트워크 계층 전환 시간만을 검토한다.

EPON 가입자망에서 제안된 IPTV 채널 패키지 전송방식은 네트워크 계층 전환시간의 개선에 효과적이다. 네트워크 계층 전환 시간(T_n)은 IGMP 해제 메시지 처리시간(T_{leave}), IGMP 등록 메시지 처리시

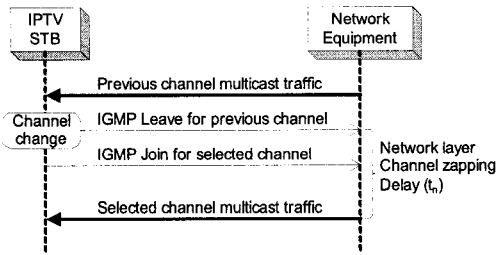


그림 7. 네트워크 계층 채널 전환 시간(T_n)

간(T_{join}), 그리고 IP 셋톱박스까지 멀티캐스트 스트림의 전송시간($T_{forward}$)으로 이루어진다.

$$T_z = T_n + T_b + T_d \quad (1)$$

$$T_n = T_{leave} + T_{join} + T_{forward} \quad (2)$$

그림 7은 네트워크 계층 채널 전환 시간을 보여준다. J. Wu et al.^[5]에 의해 제안된 멀티캐스트 아키텍처는 가입자에 의해 요청된 채널이 ONU에 있는 경우, 채널 전환 제어 메시지가 ONU에서 처리되므로 빠른 채널 전환 시간을 제공한다. 반면에, 수신 가능한 채널 범위 내에서 ONU에 제공되고 있지 않는 새로운 채널을 요청하는 경우 채널 전환 메시지는 OLT를 거쳐 IPTV 서비스 공급자에게 제공되어야 하므로 불가피하게 네트워크 계층 채널 전환 시간의 지연을 야기한다. 반면에, 제안된 IPTV 채널 패키지 전송 방안은 수신 가능한 모든 채널이 ONU까지 제공되므로 채널 전환을 위한 IGMP 제어 메시지는 ONU에서 모두 처리되므로 항상 빠른 채널 전환 시간을 제공하게 된다.

IV. 시뮬레이션

EPON망에서 상향 트래픽 시뮬레이션은 IGMP 메시지의 전송시간을 분석하고, 하향 트래픽 시뮬레이션은 IPTV 채널의 전송 시간을 분석하여, 제안된 IPTV 채널 패키지 전송 방안의 네트워크 계층 채널 전환 시간(T_n)을 분석한다. 표 2에서는 시뮬레이션에 사용된 기본 시스템 파라미터를 정리하였다.

네트워크 트래픽은 self-similarity와 long-range dependence의 특성을 갖는 Pareto 분포함수를 이용하였으며, 트래픽은 CBR(constant bit rate) 특성을 갖는 고급 우선순위 서비스, VBR(variable bit rate) 특성을 갖는 중급 우선순위 서비스, BE(best effort) 특성을 갖는 하급 우선순위 서비스로 분류하였다^[11].

표 2. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
ONU의 개수	16
ONU 가입자 구간 전송 속도	100 Mbit/s
PON구간 전송 속도	1000 Mbit/s
PON구간 최대 거리	20 Km
Guard Time	1 us
폴링 주기	1 ms
트래픽 등급 개수	3
트래픽 함수	Pareto 분포
HDTV 트래픽	9 Mbit/channel

상향 트래픽 시뮬레이션의 경우, 주기적 폴링 기반의 동적대역할당 알고리즘^[11]이 적용되었으며, 고급 우선순위 서비스는 T1 서비스 (4.48 Mbit/s), IGMP 메시지 및 시스템 제어 메시지 전송을 위해 5 Mbit/s가 할당되었다. 중급 우선순위와 하급 우선순위 서비스는 네트워크 로드의 증가에 따라 균등하게 증가하였다.

그림 8은 새로운 채널 패키지가 요구된 경우 ONU에서 상향 채널로 IGMP 제어 메시지를 전송하는데 소요되는 지연 시간을 보여준다. 트래픽 로드가 증가할수록, 동적대역 할당 알고리즘에 FIFO 큐를 활용하면 지연 시간이 증가하는 반면, 우선순위 스케줄링(SPR: strict priority scheduling)이 적용되는 경우 평균 지연 시간이 대략 0.5ms, 최대 지연 시간이 대략 3ms로 로드값의 변화에 상관없이 일정한 지연시간을 보여준다.

하향 트래픽 시뮬레이션의 경우 고급 우선순위 서비스는 T1 서비스 및 시스템 제어 메시지 전송을 위해 ONU별로 5 Mbit/s가 할당되었다. 중급 우선순위 서비스는 고품질 방송(HDTV) 서비스 채널별

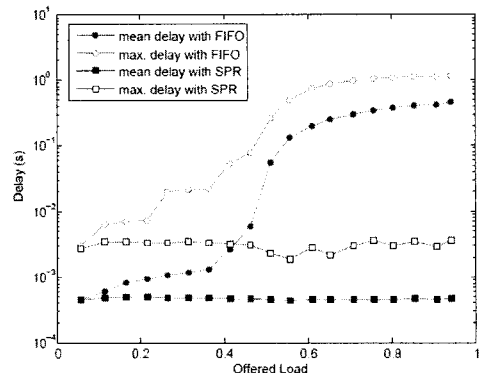


그림 8. IGMP 제어 메시지의 상향 채널 지연 시간

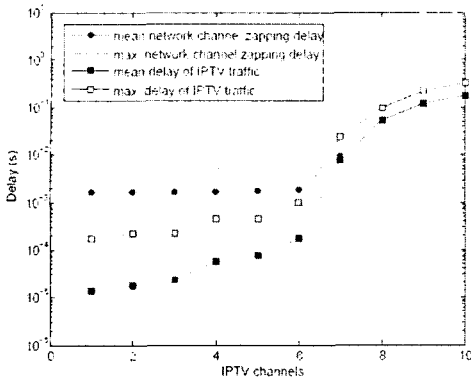


그림 9. IPTV 하향 트래픽 전송 시간 및 네트워크 계층 채널 전환 시간

로 9 Mbit/s가 할당되었으며, 하급 우선순위 서비스는 15 Mbit/s가 할당되었다. 하향 트래픽 로드의 증가는 HDTV 채널의 증가로 이루어진다.

그림 9는 ONU를 통해 셋톱박스에 전달되는 IPTV 채널의 증가에 따른 하향 멀티캐스트 트래픽의 ONU내 지연시간과 OLT에서 IPTV 채널을 제공하는 경우의 네트워크 계층 채널 전환 시간(T_n)을 보여준다. T_n 은 IGMP 메시지의 상향 지연시간, RTT시간, OLT와 ONU의 내부적인 처리시간과 IPTV 채널의 하향 지연시간의 합으로 구해진다. 그림 9의 경우, IGMP 메시지의 상향 지연 시간은 ONU별 최대 로드(94 Mbit/s)인 경우의 지연값(평균 = 0.46 ms, 최대값 = 3.63 ms), RTT는 PON구간이 20 Km인 경우의 시간(200 us) 그리고 OLT와 ONU의 내부적인 처리시간은 1 ms로 가정하였다.

표 3은 IPTV 채널의 증가에 따른 IPTV의 지연값과 새로운 채널을 OLT에서 제공하는 경우의 T_n 을 정리하였다. IPTV 채널이 6개까지 증가하는 동안 ONU내 IPTV 지연값과 T_n 은 큰 변화가 없다. 이는 하향 트래픽 로드가 ONU의 가입자 구간 전송속도보다 충분히 작기 때문이다. 반면, 하향 트래픽 로드가 ONU의 가입자 구간 전송속도(100 Mbit/s)와 비슷하거나 증가하는 경우 IPTV 프레임의 ONU내 지연 시간의 급격한 증가에 의해 채널

표 3. 네트워크 계층 채널 전환 시간(T_n)

IPTV 채널수	ONU별 로드	IPTV지연값 (평균)	T_n (평균)
1	29Mbit/s	1.37us	1.658ms
6	84Mbit/s	17.29us	1.67ms
7	95Mbit/s	0.74ms	2.4ms
10	125Mbit/s	17.53ms	19.2ms

전환 시간(T_n)이 증가함을 알 수 있다.

IPTV 채널 패키지가 VLAN과 IGMP 스누핑을 통해서 ONU에서 제공하는 경우, 네트워크 계층 채널 전환시간(T_n)은 IPTV 트래픽 전송 지연값에 의해 결정되며, RTT 시간과 IGMP 메시지의 상향 및 하향 전송시간은 반영되지 않는다. 표 2를 통해 IPTV 채널수가 적은 경우 트래픽 지연값은 무시할 수 있으며, IPTV 채널수의 증가에 따라 ONU의 링크 용량에 해당되는 과부하가 걸리는 경우 채널 전환시간(T_n) 또는 IPTV 트래픽 지연값은 급격히 증가함을 알 수 있다. 제안된 IPTV 채널 패키지 서비스 방안은 기존 방안보다 하향 대역을 상대적으로 많이 필요로 하므로 10G EPON망에 적합하며, 표 2와 같이 IPTV 채널수가 적은 경우 2ms를 제공하는 기존 방안^[1]보다 훨씬 빠른 채널 전환 시간을 제공함을 알 수 있다.

V. 결 론

EPON가입자망에서 IPTV 채널 패키지 전송 서비스 모델을 제시하였다. 논리적 그룹식별자(LGID)를 이용하여 ONU기반의 VLAN을 구성하고, 가입자의 가입조건별로 IPTV 채널 패키지를 제공한다. 더불어, ONU는 IGMP 스누핑을 통해 개별 채널을 가입자에게 제공한다. 제안된 IPTV 채널 패키지 전송 방안은 가입자가 수신 가능한 모든 채널을 ONU에서 제공함으로써 기존 방안보다 빠른 네트워크 계층 채널 전환시간을 제공함으로써 IPTV 서비스에 효과적인 서비스 방안임을 보였다.

참 고 문 헌

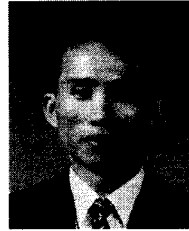
- [1] IEEE Standard 802.3ahTM-2004, Ethernet in the First Mile, 2004.
- [2] IEEE Standard 802.1D, Media Access Control (MAC) Bridges, 2004.
- [3] K. Kerpez, D. Waring, G. Lapiotis, J. B. Lyles, and R. Vaidyanathan, "IPTV Service Assurance," *IEEE Communications Magazine*, Vol.44, No.9, Sep. 2006, pp.166-172.
- [4] X. Lu, D. Liu, M. Mao, and J. Wang, "Design and Implementation of Digital Television over Ethernet PON Transmission System," *Proc. Of SPIE*, Vol.6022, 2005, pp.938-948.
- [5] J. Wu, Y. Nie, H. Yoshiuchi, and H. Ikeda,

“Building Multicast Controller for Carrier-grade IPTV Service over Ethernet Passive Optical Network,” *Proc. of Second International Conference on Systems and Networks Communications (ICSNC 2007)*, Aug. 2006, pp.25-31.

- [6] M. Takizawa and T. Yokomoto, “Multicast Logical Link for 10G-EPON,” Presentation on 10 Gb/s PHY for EPON Study Group, IEEE802.3 Interim Meeting, May 2006.
- [7] 최수일, “이더넷 수동형 광가입자망에서 논리적 링크 기반의 멀티캐스팅 서비스” *한국통신학회 논문지*, Vol.30B, No.11, pp.722-729, Nov. 2005.
- [8] S. I. Choi and J. D. Huh, “Dynamic Bandwidth Allocation Algorithm for Multimedia Services over Ethernet PONs,” *ETRI Journal*, Vol.24, No.6, Dec. 2002, pp.465-468.
- [9] G. Pesavento, B. Mukherjee, S. Dixit, Y. Ye, and R. Hirth, “Supporting Differentiated Classes of Service in Ethernet Passive Optical Networks,” *Journal of Optical Networking*, Vol.1, Nos. 8 & 9, 2002, pp.280-298.
- [10] C. M. Assi, Y. Ye, S. Dixit, and M. A. Ali, “Dynamic Bandwidth Allocation for Quality-of-Service Over Ethernet PONs,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.21, No.9, Nov. 2003, pp.1467-1477.
- [11] S. I. Choi, “Cyclic Polling-Based Dynamic Bandwidth Allocation for Differentiated Classes of Service in Ethernet Passive Optical Networks,” *Photonic Network Comm.*, Vol.7, No.1, Jan. 2004, pp.87-96.
- [12] S. Vedantham S.-H. Kim, and D. Kataria, “Garrier-Grade Ethernet Challenges for IPTV Deployment,” *IEEE Communications Magazine*, Vol.44, No.7, July 2006, pp.24-31.
- [13] J.-H. Bae, H.-S. Park, and J.-H. Hahm, “Consideration on channel zapping time in IPTV performance monitoring,” ITU-T Focus Group on IPTV, 4th FG IPTV Meeting, May 2007.
- [14] DSL Forum TR-126, Triple-play Services Quality of Experience Requirements, 2006.

최 수 일 (Su-il Choi)

정회원



1990년 2월 전남대학교 전자공학과 학사
 1992년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
 1999년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
 2004년 8월 한국전자통신연구원

광대역통합망연구단 선임연구원

2004년 8월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 조교수
 <관심분야> 광가입자망, 광대역통신망, 서비스로봇제어