

# IPTV 멀티캐스트 서비스를 위한 ONU 수 기반 우선순위 스케줄링 기법

권영환<sup>†</sup> · 최준균<sup>††</sup>

## 요약

본 논문은 EPON (Ethernet Passive Optical Network)에서 IPTV (Internet Protocol Television) 서비스의 멀티캐스트 QoS (Quality of Service)를 제공하기 위해서 ONU (Optical Network Unit) 수 기반 우선순위 스케줄링 기법을 제안한다. 멀티캐스트 효율은 얼마나 많은 패킷들로 복사되어 전송하는가에 의해서 결정되기 때문에 멀티캐스트 QoS는 패킷 수신기의 수의 영향을 받는다. 따라서 제안하는 기법은 많은 사용자가 이용하는 IPTV 멀티캐스트 서비스에 높은 우선순위를 부여하기 위해서 멀티캐스트 트래픽을 받는 ONU 수를 기반으로 우선순위를 부여하고 높은 우선순위의 멀티캐스트 패킷을 우선적으로 전송한다. 그리하여 제안하는 기법은 인기 있는 IPTV 서비스들에게 망이 혼잡한 경우에도 좋은 QoS (적은 패킷 손실과 작은 대기 지연)와 안정적인 서비스를 제공한다.

**키워드** : 멀티캐스트, QoS, 스케줄링, 우선순위, EPON

## The Number of ONU based Priority Scheduling Mechanism for IPTV Multicast Service

YoungHwan Kwon<sup>†</sup> · Jun Kyun Choi<sup>††</sup>

### ABSTRACT

This paper proposes the number of Optical Network Unit (ONU) based priority scheduling mechanism over Ethernet Passive Optical Network (EPON) to support multicast Quality of Service (QoS) for Internet Protocol Television (IPTV) service. Multicast QoS is effected by the receivers' number of a packet because multicast efficiency is determined by how many receivers are received multiple copied packets. Therefore, the proposed mechanism assigns a priority with the number of ONUs to allocate high priority to IPTV services used by many people and firstly transmits a packet with high priority. By doing so, we show that the proposed mechanism support favorite IPTV services with better and stable QoS in spite of congestion.

**Keywords** : Multicast, QoS, Scheduling, Priority, EPON

### 1. 서론

IPTV (Internet Protocol Television) 서비스는 최근 주목 받는 통방 융합 서비스로 NGN (Next Generation Network)의 킬러 애플리케이션이다. 일반적으로 IPTV 서비스는 많은 양의 멀티미디어 트래픽을 다수의 사용자에게 전송하기 때문에 네트워크에 많은 부하를 주기 때문에 그 해결책으로 멀티캐스트 기술이 필요하다[1,2].

광대역을 요구하는 IPTV 서비스를 제공하는 NGN 접속

망 기술로는 EPON (Ethernet Passive Optical Network)이 있다. EPON은 광전송 장비 특유의 광대역과 긴 전송 거리를 가지며 쉬운 제어와 관리 방법을 사용하여 좋은 경제성을 가진다. 또한 EPON은 802.1p와 802.1q를 이용하여 QoS (Quality of Service)를 제공할 수 있다[3-5].

EPON은 하나의 OLT (Optical Line Terminal)와 다수의 ONU (Optical Network Unit)들로 구성되고 이들 사이에 P2MP (Point-to-MultiPoint) 연결을 사용한다. 따라서 EPON은 패킷 복사 없이 쉽게 멀티캐스트를 적용할 수 있기 때문에 IPTV 서비스를 제공하기에 최상의 접속 망 기술이다.

IPTV 서비스를 제공하는데 있어서 사용자의 만족도는 QoS에 의해서 결정된다. IPTV의 QoS 평가에서 패킷 지연과 패킷 손실률은 중요한 측정 항목들이다[6].

멀티캐스트에서 패킷 손실이 생기면 사용자의 수만큼 패킷이 전송되지 않는 것과 같다. 예를 들어, (그림 1)과 같이

\* 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원 (No. R11-2000-074-02002-0)과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 핵심 기술 개발사업(A1100-0801-3015, Development of Open-IPTV Technologies for Wired and Wireless Networks)의 지원을 받아 수행된 연구임.

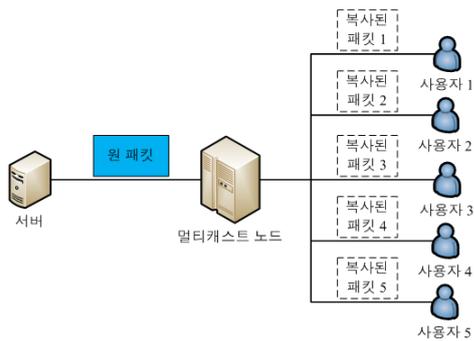
† 준회원 : 한국과학기술원 정보통신공학과 박사과정

†† 정회원 : 한국과학기술원 전자공학과 정교수

논문접수 : 2008년 11월 13일

수정일 : 1차 2008년 12월 5일, 2차 2008년 12월 19일

심사완료 : 2009년 1월 2일



(그림 1) 멀티캐스트에서의 패킷 손실 효과

5명의 사용자들이 있을 때 멀티캐스트 노드에서 패킷이 손실되면 사용자 측면에서 5개의 패킷들이 손실된 것이다.

그러므로 많은 수의 사용자들에게 전송되는 멀티캐스트 패킷의 손실은 적은 수의 사용자들에게 전송되는 멀티캐스트 패킷의 손실보다 더 많은 사용자들의 패킷의 손실을 발생시킨다. 하지만, 이와 같은 멀티캐스트 전송 특성에도 불구하고 아직까지 사용자 수를 고려한 멀티캐스트 QoS에 대한 연구는 아직까지 없다.

따라서 본 논문에서는 EPON에서 다양한 IPTV 서비스들이 제공되는 환경에서 멀티캐스트 그룹별 수신기 수를 고려하여 많은 사용자가 이용하는 IPTV 서비스의 품질을 우선적으로 제공하기 위한 기법을 제안한다.

제안하는 기법은 OLT에서 IPTV 멀티캐스트 트래픽을 수신하는 ONU 수를 가지고 IPTV 멀티캐스트 패킷의 우선순위를 할당한다. 또한 OLT에서 우선순위 스케줄링 기법을 사용하여 높은 우선순위를 가지는 멀티캐스트 패킷을 우선적으로 ONU들에게 전송한다. ONU 수 기반의 우선순위 기반 멀티캐스트 스케줄링 기법은 많은 사용자가 이용하는 IPTV 서비스의 패킷 지연과 패킷 손실을 줄인다. 또한 망이 혼잡할 경우에도 사용자가 많은 IPTV들은 안정적으로 서비스를 제공한다. 즉 다수가 이용하는 IPTV 서비스들에게 좋은 QoS를 제공하여 많은 사용자들이 보다 좋은 서비스를 이용할 수 있게 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IPTV 서비스와 EPON에서의 멀티캐스트에 대하여 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하고자 하는 EPON에서 ONU 수 기반 우선순위 스케줄링 기법에 대하여 자세하게 기술한다. 그리고 4장에서는 제안하는 기법에 대하여 OPNET (Optimized Network Engineering Tools) 시뮬레이터를 이용하여 ONU 수를 가지고 우선순위를 할당한 IPTV 멀티캐스트 트래픽들의 대기 지연과 패킷 손실에 대하여 평가한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 기술한다.

## 2. 관련 연구의 예

최근에 IPTV 서비스가 통신 시장에서 킬러 애플리케이션으로 인식되면서 IPTV 서비스를 안정적으로 제공하는 것은 중요한 문제로 부각되었다. 이를 위해서는 넓은 대역폭

이 제공되어야 하고 네트워크 및 서버의 부하를 줄이기 위한 멀티캐스트 기술과 QoS 제공 기술이 필요하다[1,2].

전통적으로 코어 망과 달리 접속 망에서는 대역폭의 병목 현상이 중요한 문제로 인식되었다. 광전송 기술인 FTTH (Fiber To The Home)는 1 Gbps 급의 광대역을 제공하여 접속 망의 병목 문제를 해결하여 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있게 하였다. 따라서 FTTH 기술은 전 세계의 많은 국가들에서 접속 망 기술로 각광 받으며 그 시장을 지속적으로 늘려가고 있다[1,3].

이러한 FTTH 기술들 중에서 EPON 기술은 IEEE의 802.3 계열의 이더넷 제어 및 관리 기술을 이용한 단순한 제어와 관리 구조와 수동 소자 분배기를 이용한 무 전력 공급으로 매우 경제적이다. 또한 VLAN (Virtual Local Area Lan) 기술인 802.1q와 우선순위 태그를 사용할 수 있는 802.1p 기술을 이용하여 QoS도 제공할 수 있다[4].

IPTV 서비스는 그 특성상 멀티미디어 원본의 용량이 엄청나기 때문에 MPEG과 같은 압축 기술을 사용하여 전송하기 전에 트래픽의 양을 줄여준다. 그럼에도 불구하고 HD (High Definition)급의 IPTV 서비스는 한 채널당 10 Mbps 이상의 광대역이 필요하다[5].

IPTV 서비스는 각 채널마다 이와 같이 큰 대역폭을 요구하기 때문에 광 인터넷 기술일지라도 멀티캐스트 기술이 필요하다. EPON은 분배기를 이용하여 P2MP 연결을 자연스럽게 제공하여 쉽게 멀티캐스트 구현이 가능하다. 따라서 EPON에서 멀티캐스트를 적용하기 위한 여러 연구들이 진행되고 있다.

EPON에서 각 ONU들은 OLT로부터 받은 트래픽에서 자신의 트래픽을 식별하기 위해 LLID (Logical Link Identifier)를 사용한다. 따라서 EPON에서 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 여러 ONU가 같이 식별할 수 있는 LLID가 필요하다. 멀티캐스트 트래픽을 인식하기 위한 LLID 인식 기법은 멀티캐스트 트래픽 별로 각각의 LLID를 할당해 주는 방법과 여러 멀티캐스트 트래픽들을 하나의 SCB (Single Copy Broadcast) LLID로 지원하는 방법이 있다[6,7].

OLT에서 하나의 SCB LLID를 이용하는 경우에는 모든 멀티캐스트 트래픽들을 묶어서 ONU들에게 브로드캐스트하게 된다. 따라서 OLT와 ONU들은 각 멀티캐스트 트래픽들을 구분하기 위해서 VLAN 주소 같은 멀티캐스트 MAC (Medium Access Control) 주소를 사용한다. 또한 각 사용자들은 IPTV 서비스를 이용하기 위해서 IGMP (Internet Group Management Protocol)를 사용하여 멀티캐스트 서비스의 가입과 탈퇴 요청을 한다[3,8].

앞에서 이야기했듯이 IPTV 서비스에서 QoS 제공여부는 매우 중요하다. IPTV 서비스의 만족도는 사용자가 느끼는 품질, QoE (Quality of Experience)에 의해서 결정되지만 QoE는 사용자의 주관적인 느낌이어서 이를 정량화하기 어렵다. 그러므로 네트워크에서는 정량화된 QoS 파라미터인 패킷 지연과 패킷 손실을 측정하여 IPTV 서비스의 사용자 만족도를 판단한다[5].

IPTV 서비스의 QoS를 제공하기 위한 방법으로 NGN의 멀티캐스트 기술을 사용할 수 있다. NGN 멀티캐스트 기술은 NGN의 RACF (Resource and Admission Control Functions) 기술을 이용하여 멀티캐스트 트래픽들을 분류하고 우선순위를 적용한 후에 전송할 수 있다[9].

### 3. EPON에서 ONU수 기반 우선순위 스케줄링 기법

본 장에서는 먼저 EPON에서 ONU 수 기반 우선순위 스케줄링 기법을 제안하게 된 배경을 설명하고 제안하는 기법을 위한 EPON 구조와 제안하는 기법의 동작 절차에 대해서 자세히 설명한다.

일반적으로 멀티캐스트는 소스에서 하나의 패킷을 보내고 중간에 사용자 수만큼 복사하여 전송하기 때문에 멀티캐스트 패킷이 복사되기 전에 손실이 발생하거나 지연되면 이를 받는 모든 사용자들의 패킷들이 손실되거나 지연된다.

따라서 멀티캐스트 패킷을 받는 사용자 수가 늘어날수록 패킷 손실이나 패킷 지연이 발생할 때에 많은 사용자들이 패킷을 받지 못하거나 지연된 패킷을 받게 되어 낮은 QoS의 멀티캐스트 서비스를 받는 사용자 수가 증가한다.

이와 같이 멀티캐스트 QoS는 사용자 수에 의해서 영향을 받고 많은 사용자들에게 전송되는 멀티캐스트 패킷일수록 그 중요성을 커진다. 따라서 많은 사용자들에게 전송되는 멀티캐스트 패킷을 우선적으로 처리하면 많은 사용자들이 이용하는 멀티캐스트 서비스에 보다 좋은 QoS를 제공할 수 있다.

EPON은 OLT에서 전송한 멀티캐스트 트래픽을 받는 ONU 수가 많을수록 많은 사용자들에게 전송되기 때문에 해당 트래픽의 QoS에 영향을 받는 사용자 수가 늘어난다. 그러므로 본 논문에서는 EPON에서 ONU수를 기반으로 하여 멀티캐스트 트래픽에 우선순위를 할당하고 이 우선순위를 가지고 트래픽을 전송하는 기법을 제안한다.

(그림 2)는 제안하는 기법을 위한 EPON 멀티캐스트 구조이다. EPON은 하나의 OLT, 하나의 수동 광 분배기와 여러 개의 ONU들로 구성된다.

ONU들은 분배기를 통해 분배되는 멀티캐스트 트래픽을 SCB LLID를 이용하여 모든 ONU들이 공통으로 인식한다. 그리고 VLAN 주소 같은 멀티캐스트 MAC 주소를 사용하

여 특정 멀티캐스트 트래픽을 식별할 수 있다[8].

IPTV 멀티캐스트 트래픽을 ONU 수에 의해서 우선순위 스케줄링하기 위해서 (그림 2)와 같이 OLT 내에 EPON에 있는 모든 IPTV 멀티캐스트 트래픽들의 정보 관리가 필요하다. 또한 트래픽을 분류하기 위한 분류자(Classifier), 분류된 트래픽에 다른 우선순위를 적용하기 위한 큐들과 큐에 쌓여 있는 패킷들을 스케줄링하기 위한 스케줄러가 필요하다.

멀티캐스트 트래픽 정보는 IPTV 서비스의 멀티캐스트 트래픽 정보를 관리하기 위해서 IPTV ID ( $S_i$ ), 멀티캐스트 ID ( $M_i$ ), ONU 수 ( $n_i$ )로 구성된다.  $S_i$ 는 IP 멀티캐스트 주소와 같이 IPTV 서비스의 트래픽을 구분하기 위해서 사용된다.  $M_i$ 는 VLAN 주소와 같이 EPON 시스템 안에서 멀티캐스트 연결을 관리하기 위해서 사용된다. 그리고  $n_i$ 는 각 IPTV 서비스의 멀티캐스트 연결에 가입된 ONU의 수를 나타낸다.

$M_i$ 는 첫 번째 ONU가 IGMP를 사용해서 처음으로 멀티캐스트 서비스를 요청할 때 OLT가 만들어 ONU에게 알려준다. 그리고 다른 ONU가 같은 멀티캐스트 서비스를 요청하게 되면 OLT가 해당  $M_i$ 를 요청한 ONU에게 알려준다.

$n_i$ 는 OLT에서 각 ONU들이 IPTV 서비스를 요청하기 위해서 보낸 IGMP Join 메시지와 Leave 메시지를 받아 관리한다. OLT는 IGMP 메시지를 받아 새로운 ONU가 멀티캐스트에 참여를 할 때는  $n_i$  값을 증가시키고 ONU 중에 하나가 멀티캐스트에서 탈퇴할 때에는  $n_i$  값을 감소시킨다.

멀티캐스트 트래픽을 분류하기 위한 분류자로는 클래스 기반 분류자를 사용한다. EPON의 대역폭이 크기 때문에 많은 수의 IPTV 멀티캐스트 트래픽들이 있다. 이들을 흐름 단위로 분류하여 스케줄링하게 되면 매우 복잡하기 때문에 많은 프로세싱 능력을 필요로 하게 된다.

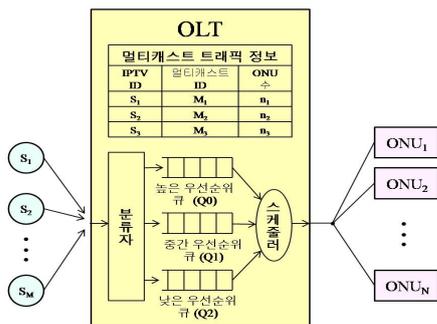
하지만 클래스 기반 분류자를 사용하면 많은 흐름 단위의 트래픽들을 정의된 몇 개의 클래스별로 분류하고 클래스 단위로 트래픽들을 스케줄링하면 흐름 단위 처리보다 트래픽의 제어와 관리가 훨씬 쉽다.

본 논문에서는 3개의 클래스들(높은 우선순위 클래스, 중간 우선순위 클래스와 낮은 우선순위 클래스)로 멀티캐스트 트래픽을 분류하고 스케줄링 하는 것으로 가정한다. 이에 따라 큐도 클래스 숫자와 같이 3개를 보유하여 높은 우선순위 클래스에 Q0를, 중간 우선순위 클래스에 Q1을 그리고 낮은 우선순위 클래스에 Q2를 할당한다.

#### 3.1 제안하는 기법의 동작 절차

제안하는 기법은 IPTV 멀티캐스트 트래픽을 받는 ONU 수에 따라 서로 다른 클래스로 트래픽을 분류하고 우선순위 스케줄러를 이용해서 분류된 클래스에 따라 다른 우선순위를 적용하여 멀티캐스트 패킷들을 스케줄링 한다. 따라서 IPTV 멀티캐스트 트래픽을 3개의 클래스로 분류하는 방법과 분류된 트래픽에 우선순위를 적용하여 스케줄링 하는 방법이 본 기법의 핵심이다.

(그림 3)은 본 기법에 사용되는 클래스 기반 분류자의 동작 절차를 보여주는 흐름도이다. ONU수를 가지고 IPTV 멀티캐스트 트래픽을 분류하기 위한 2개의 임계치들,  $N1$ (높은 우



(그림 2) 제안하는 기법을 위한 EPON 구조

선순위 임계치)과 N2(중간 우선순위 임계치)를 도입하였다. 멀티캐스트 트래픽의 ONU 수가 N1보다 크면 높은 우선순위 클래스로 분류되어 Q0로 보내지고, N1보다 작으면서 N2보다 크면 중간 우선순위로 분류되어 Q1으로 보내지고, N2보다도 작게 되면 낮은 우선순위로 분류되어 Q0로 보내진다.

여기에서 전송되어야할 ONU수에 의해서 클래스를 분류하는데 사용되는 임계치 값인 N1과 N2는 시스템의 상태, 멀티캐스트 트래픽들의 양과 망 운영자의 정책을 고려하여 적절하게 조절할 수 있다. 다시 말해 N1과 N2 값을 조절하면 각 큐에 들어가는 트래픽의 양을 조절할 수 있고 특정 큐의 QoS를 변화시킬 수 있다. 예를 들어 높은 우선순위 클래스의 트래픽 증가를 원하면 N1 값을 작게 하고, 감소를 원하면 N1 값을 크게 하면 된다. 그러면 높은 우선순위 트래픽 양이 변하기 때문에 패킷 지연과 손실도 같이 변한다.

ONU수에 의해서 다른 클래스들로 분류된 IPTV 멀티캐스트 트래픽들은 우선순위 스케줄러에 의해서 스케줄링 된다. 우선순위 스케줄러는 높은 우선순위 클래스의 큐에 패킷이 있으면 해당 패킷부터 먼저 전송한 후에 낮은 우선순위 클래스의 큐에 있는 패킷을 전송을 한다.

(그림 4)는 본 기법에서 사용되는 우선순위 스케줄러의 동작 흐름도를 보여준다. 큐들에 IPTV 멀티캐스트 패킷이 들어오면 스케줄러가 동작한다. 높은 우선순위를 가지는 Q0에 패킷이 존재하면 Q0에서 패킷을 전송하고 Q0에 패킷이 없을 경우에 중간 우선순위를 가지는 Q1에서 패킷을 전송한다. 그리고 Q0와 Q1 모두에 패킷이 없을 경우에 낮은 우

선순위를 가지는 Q2에서 패킷을 전송을 하게 된다.

본 기법을 요약하면 클래스 기반 분류자로 ONU 수를 이용하여 멀티캐스트 트래픽을 3가지 클래스로 분류한 뒤, 우선순위 스케줄러로 높은 우선순위를 가지는 멀티캐스트 패킷부터 우선적으로 전송한다. 따라서 많은 사용자들에게 전송되는 멀티캐스트 트래픽은 적은 사용자들에게 전송되는 멀티캐스트 트래픽보다 빨리 서비스된다.

4. 제안된 기법의 시뮬레이션

이번 장에서는 앞에서 제안된 우선순위 스케줄링 기법의 성능을 OPNET 시뮬레이션을 통해서 대기 지연과 패킷 손실률을 가지고 평가한다.

4.1 시뮬레이션 환경

본 기법의 시뮬레이션을 위해서 (그림 2)와 같은 클래스 기반 분류자를 가지는 EPON 구조를 OPNET 환경에서 개발하였다.

이 시뮬레이션 환경에 우선순위 스케줄러와 우선순위를 적용하지 않은 스케줄러를 적용하여 시뮬레이션 하였다. 우선순위를 적용하지 않은 스케줄러는 순환 순서 기법을 적용하여 클래스별로 동등하게 스케줄링하고, 각각의 독립적인 큐 안에서 패킷들은 선입선출 기법으로 스케줄링 하였다.

OLT에 연결된 전체 ONU 수는 32개로 가정하였고 스프리터를 통해 연결되는 OLT와 32개의 ONU들은 1Gbps의 링크로 가정한다. 각 ONU는 여러 명의 사용자들에게 서비스되기 때문에 각 ONU들은 다수의 IPTV 트래픽을 받을 수 있다.

시뮬레이션 트래픽은 각 큐당 한 개의 백그라운드 트래픽과 1개의 IPTV 트래픽을 추가하였다. IPTV 트래픽은 HD급 IPTV 트래픽으로 가정하여 10Mbps급을 대역폭을 점유하고 패킷 당 10528 비트를 가진다[5]. 백그라운드 트래픽도 역시 IPTV 트래픽으로 가정하여 역시 패킷 당 10528 비트를 가지며 각 큐마다 동일한 대역폭의 트래픽을 추가한다.

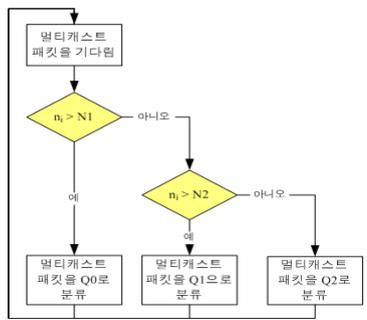
그리고 각 트래픽들의 패킷 상호 도착률은 지수 분포를 따르며 시스템의 발생 부하는 백그라운드 트래픽의 패킷 상호 도착률의 값을 변경해서 결정한다. 그리고 각 큐의 크기는 100,000 비트이며 모두 같은 크기를 가진다.

N1과 N2에 대한 값은 실제 시스템을 운영할 경우에 환경에 따라서 적절히 변경 가능하지만 본 시뮬레이션에서는 이들을 특별히 정의하지 않고 각 큐에 동일한 트래픽을 부여하여 3개의 큐들의 환경이 동일하게 하였다.

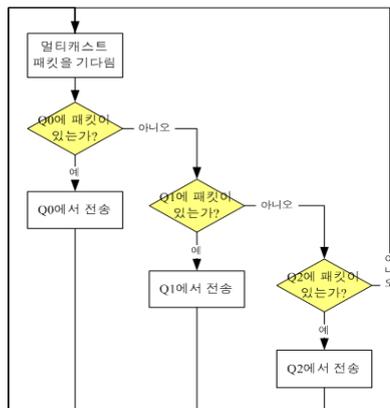
4.2 시뮬레이션 결과

(그림 5)는 본 기법과 순환 순서 기법의 각 큐에서의 대기 지연을 보여준다. 본 기법은 다른 클래스의 큐별로 서로 다른 대기 지연을 보여주는데 순환 순서 기법은 동일한 대기 지연을 보여준다.

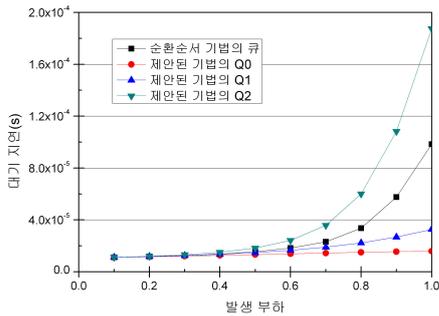
(그림 6)은 본 기법과 순환 순서 기법의 큐별 패킷 손실률을 보여준다. 본 기법은 다른 클래스의 큐별로 서로 다른



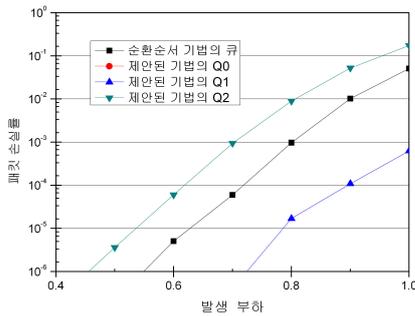
(그림 3) 클래스 기반 분류자의 동작 흐름도



(그림 4) 우선순위 스케줄러의 동작 흐름도



(그림 5) 큐잉 지연의 비교



(그림 6) 패킷 손실률의 비교

패킷 손실을 가지는데 반하여 순환 순서 기법은 동일한 대기 지연을 가진다. 심지어 본 기법의 Q0에서의 패킷들은 패킷 손실률이 0이다.

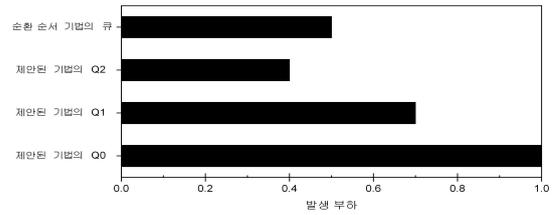
(그림 5)와 (그림 6)에서 본 기법의 대기 지연과 패킷 손실률이 큐별로 다른 이유는 각 큐의 우선순위가 다르기 때문이다. 높은 우선순위를 가지는 큐의 패킷들은 빨리 전송되고 전송 기회가 많이 주어져서 작은 대기 지연과 패킷 손실률을 가진다. 하지만 순환 순서 기법은 큐에 따른 우선순위의 차이가 없이 동등한 기회가 주어지기 때문에 동일한 대기 지연과 패킷 손실을 가진다.

특히 본 기법의 Q0와 Q1은 순환 순서 기법의 큐들보다 작은 대기 지연과 패킷 손실률을 가지지만 Q2는 순환 순서 기법의 큐들보다 큰 대기 지연과 패킷 손실률을 가진다. 이는 많은 사람들이 이용하여 Q0와 Q1에서 서비스되는 IPTV 서비스들은 우선순위를 적용하기 전보다 좋은 QoS(작은 대기 지연과 적은 패킷 손실)를 제공받지만 적은 사람들이 이용하여 Q2에서 서비스되는 IPTV 서비스들은 나쁜 QoS(큰 대기 지연과 많은 패킷 손실)를 제공받는다.

여기에서 좋은 QoS를 제공받는 사람들의 수가 나쁜 QoS를 제공받는 사람들의 수보다 많은 것은 ONU의 수를 가지고 클래스를 부여했기 때문에 당연하다.

ITU-T의 포커스 그룹 IPTV에서 시작된 IPTV 표준화 작업은 각 SG (Study Group)들에 넘어가 최근에 거의 마무리되었다. 그중에서 SG 12에서 마무리된 IPTV QoS 관련 문서에서는 HD급의 IPTV 서비스를 제공하는데 있어서 패킷 손실률이 대략 1.0E-6 이하로 제공되어야 한다고 정의하였다[5].

다시 말해 1.0E-6 이하의 패킷 손실 범위에서 HD급 IPTV 서비스의 QoS가 만족한다고 볼 수 있다. 이 기준을



(그림 7) HD급 IPTV 서비스의 패킷 손실률에 따른 QoS 만족 범위

(그림 6)에 적용하여 제안된 기법과 순환 순서 기법의 큐별로 IPTV 서비스의 QoS 만족 범위를 얻어낼 수 있다. (그림 7)은 이 기준에 의해서 HD급 IPTV 서비스의 패킷 손실률에 따른 QoS 만족 범위를 보여준다.

(그림 7)에서 본 기법은 할당된 우선순위에 따라 서로 다른 QoS 만족 범위를 가지고 순환 순서 기법은 큐에 관계없이 같은 QoS 만족 범위를 가진다. 본 기법의 Q0에서 제공되는 IPTV 서비스들은 부하에 관계없이 QoS를 만족하면서 서비스되고, Q1에서 제공되는 IPTV 서비스들은 부하가 0.7까지 QoS를 만족하면서 서비스되며 Q0에서는 부하가 0.4일 때까지만 QoS를 만족하면서 서비스한다. 하지만 순환 순서 기법은 모든 큐에서 동일하게 부하가 0.5일 때까지만 IPTV 서비스의 QoS를 만족하면서 서비스를 한다.

본 기법을 사용하게 되면 Q1에서 제공되는 IPTV 서비스의 제공 범위가 0.5에서 각각 0.7로 늘어나게 되고 특히 Q0에서는 항상 QoS를 보장하여 서비스를 제공할 수 있다. 다시 말해서 망에 트래픽이 늘어나도 사용자가 많은 IPTV 서비스들의 QoS는 안정적으로 제공된다.

이러한 장점은 Q2에서 서비스되는 낮은 우선순위의 IPTV 서비스들의 회생을 통해서 얻어진다. 제한된 자원을 가지는 EPON 환경에서 Q2에서 손해를 보는 범위가 0.5에서 0.4인데 반하여 Q0에서 얻어지는 이득의 범위는 0.5에서 1.0으로, Q1에서 얻어지는 이득의 범위는 0.5에서 0.7로 더욱 크다. 더군다나 같은 양의 트래픽이지만 Q0와 Q1의 IPTV 서비스를 이용하는 이용자 수가 Q2의 IPTV 서비스 이용자보다 더욱 많다. 따라서 본 기법을 적용하기 전보다 더욱 효율적으로 서비스 제공할 수 있다.

이렇게 이득이 손해보다 많음에도 낮은 우선 순위의 IPTV 서비스들이 손해 보지 않게 하기 위해서는 본 기법을 발생 부하에 따라서 차별적으로 적용하면 된다. 망의 부하가 늘어나서 IPTV 서비스의 품질을 제공하기 못하게 될 경우(그림 7)에서 망의 발생 부하가 0.5보다 큰 경우)에만 본 기법을 적용하여 우선순위 스케줄링하고 망의 부하가 작은 경우(망의 발생 부하가 0.5보다 작은 경우)에는 본 기법을 적용하지 않으면 된다. 이 경우에는 사용자가 적은 IPTV 서비스들의 발생 부하가 0.4부터 0.5까지의 범위에서도 손해 없이 시스템을 운영할 수 있다.

### 5. 결 론

EPON은 1Gbps 이상의 대역폭을 제공하고 쉽게 멀티캐

스트 기술을 적용할 수 있기 때문에 IPTV와 같은 통방 융합 서비스를 제공하기에 적절한 접속망 기술이다.

멀티캐스트 기술은 사용자 수에 관계없이 링크별로 하나의 패킷을 전송하기 위해서 소스에서 하나의 패킷을 전송하고 중간 노드에서 다수의 패킷으로 복사하여 다수 수신자들에게 전송하는 기술이다. 따라서 멀티캐스트 기술은 네트워크와 서버의 부하를 줄이기 위해서 IPTV 서비스를 제공할 때에 필수적으로 고려된다.

멀티캐스트 기술을 사용하여 IPTV 트래픽을 전송할 때에 패킷 손실이 발생하게 되면 이를 수신하는 다수 사용자가 패킷을 받지 못하게 된다. 그러므로 IPTV 사용자가 많은 멀티캐스트 패킷일수록 그 중요성은 커진다.

따라서 본 논문에서는 EPON에서 IPTV 서비스의 사용자 수에 따라서 다른 우선순위를 적용하여 전송하기 위해서 ONU수를 기반 우선순위 스케줄링 기법을 제안한다. 제안된 기법은 EPON에서 IPTV 멀티캐스트 트래픽을 전송할 때 트래픽을 ONU 수를 가지고 3개의 클래스들로 분류한다. 3개의 클래스들은 전송되는 ONU 수가 클수록 높은 우선순위를 가진다. 분류된 멀티캐스트 패킷들은 우선순위 스케줄링 기법을 사용하여 높은 우선순위의 패킷부터 전송된다.

본 논문에서 제안된 기법의 성능을 OPNET 시뮬레이션을 통해 대기 지연과 패킷 손실률을 우선순위를 적용하지 않은 순환 순서 기법과 비교하여 보여준다. 본 기법은 사용자가 많은 IPTV 서비스의 멀티캐스트 트래픽일수록 작은 큐잉 지연과 패킷 손실률을 보여준다. 따라서 많은 사용자들이 이용하는 IPTV 서비스일수록 좋은 QoS의 서비스를 제공하며 적절한 QoS를 보장할 수 없는 환경에서도 많은 사용자에게 제공되는 IPTV 서비스들은 QoS를 제공받으며 서비스된다.

### 참 고 문 헌

[1] Y. Xiao, X. Du, J. Zhang, F. Hu, and S. Guizani, "Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet", *IEEE Comm. Mag.*, Vol.45, No.11, pp.126-134, Nov., 2007.

[2] M. Volk, J. Guna, A. Kos, and J. Bester, "Quality-Assured Provisioning of IPTV Services within the NGN Environment", *IEEE Comm. Mag.*, Vol.46, No.5, pp.118-126, May, 2008.

[3] J.P. Coudreuse, S. Pautonnier, E. Lavilloniere, S. Didierjean, B. Hilt, T. Kida, and K. Oshima, "Broadband Optical Access Technologies to Converge towards a Broadband Society in Europe", *IEICE Trans. on Comm.*, Vol.E91-B, No.8, Aug., 2008.

[4] G. Kramer and G. Pasavento, "Ethernet Passive Optical Network (EPON): Building a Next Generation Optical Access Network", *IEEE Comm. Mag.*, Vol.40, pp.66-73, Feb., 2002.

[5] ITU-T Std. Draft ITU-T Recommendation G.1080, "Quality of experience requirements for IPTV ser-

vices", ITU-T SG 13, May, 2008.

[6] IEEE Std. 802.3ah-2004, "Amendment: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for Subscriber Access Networks", IEEE Computer Society, Sep., 2004.

[7] Y.H. Kwon, H. J. Lee, and J. K. Choi, "A Multicast LLID Allocation using MPCP for Multimedia Service in E-PON", *The Proc. of COIN-ACOFT 2007*, July, 2007.

[8] M. Zhu, J. Zou, and R. Lin, "A Novel Implementation of VLAN-Based Multicast Carried on LLID in EPON", *The Proc. of AOE 2006*, pp.1-4, October, 2006.

[9] ITU-T Draft Recommendation Y.ngn-mcast, "NGN Multicast Service Capabilities with MPLS-based QoS Support", NGN-GSI-DOC-176, Beijing, China, January, 2007.

[10] OPNET Modeler, <http://www.opnet.com>



### 권 영 환

e-mail : younghwan@kaist.ac.kr

2001년 충남대학교 정보통신공학과(학사)

2005년 한국정보통신대학교 공학부(석사)

2005년~현 재 한국과학기술원 정보통신공학과 박사과정

2001년~2002년 삼성전자 네트워크사업부

관심분야: BcN, IPTV, 멀티캐스트, QoS 등



### 최 준 군

e-mail : jkchoi@icu.ac.kr

1982년 서울대학교 전자공학과(학사)

1985년 한국과학기술원(석사)

1988년 한국과학기술원(박사)

1986년~1997년 한국전자통신연구원 책임연구원

1997년~현 재 한국과학기술원 전자공학과 정교수

관심분야: BcN, IPTV, MPLS, 이동성 등