

EPON의 DBA 방안에서 실시간 트래픽의 패킷 손실률과 지연 성능 분석

Packet Delay and Loss Analysis of Real-time Traffic in a DBA Scheme of an EPON

심세용*, 박철근**

Se Yong Shim*, Chul Geun Park**

ABSTRACT - As the rapid increasement of the number of internet users has occured recently, many multimedia application services have been emerging. To improve quality of service, traffic can be suggested to be classified with priority in EPON(Ethernet Passive Optical Network), which is supporting the multimedia application services. In this paper, multimedia application services treat bandwidth classifying device in serving both delay sensitive traffic for real-time audio, video and voice data such as VoIP(Voice over Internet Protocol), and nonreal-time traffic such as BE(Best Effort). With looking through existing mechanisms, new mechanism to improve the quality will be suggested. The delay performances and packet losses of traffic achieved by supporting bandwidth allocation of upstream traffic in suggested mechanism will be analyzed with simulation.

Key Words : EPON, QoS, DBA, Delay, Packet Loss

1. 장 서론

우리나라의 정보통신망은 서비스 업체와 소비자의 요구에 의하여 비약적으로 발전을 하고 있다. 더욱이 국가에서는 정책적으로 정보통신망의 고도화 산업을 추진함으로써 인하여 더욱 힘을 얻고 있는 상황이다. 그러한 결과로 기간망의 전송량은 테라급으로 증가되어 MAN, WAN으로 확충되고 있다. 여러 통신 사업자들은 이러한 환경을 바탕으로 케이블망, xDSL, 광망등 다양한 방식으로 가입자 망의 고도화를 추진하고 있다. 하지만 현재 가입자 망의 기술은 점대 점 방식으로 되어있어서 설치의 어려움이나 비용의 부담이 많다. 이러한 단점들을 극복하기 위해 나온 여러 가지 방식들 중에서 FTTx(Fiber to the any)를 만족하고 기존의 기술에 추가적인 비용이 비교적 저렴한 광통신 가입자망 기술인 점대 다중점 방식의 수동 광 가입자망(PON:Passive Optical Network)을 선택할 수 있다.¹ 여기서 'Passive'란 말은 '수동'이라는 의미로 신호가 망에 나가게 되면 광 전송을 위하여 더 이상의 전력에너지 또는 Active Device가 필요 없다는 의미로 쓰인다. 현재 대부분의 망은 이더넷으로 되어 있는데 이것을 이용하여 PON을 구성할 수 있다. 이러한 기술을 이용한 망을 EPON(Ethernet Passive Optical Network)이라 한다. EPON에서 국사(CO: Central Office)내에 위치한 OLT(Optical Line Terminal)와 인터넷 종단에 연결되어 로컬 교환기에 위치하고 있는 ONU(Optical Network Unit)사이 에 프레임 을 변환하지 않고 전송 할 수 있어 효율성을 더욱 증가 시킬 수 있다. 또한, 기존 네트워크 장비들을 그대로 쓸 수 있는 경제적 장점을 가지고 있다. 그러나 EPON보다 먼저 개발되어 ITU에

채택되어 ITU-T G.983으로 표준화가 이루어지고 있는 APON(ATM PON)은 비디오 전달 능력이 없으며, 불충분한 대역과 비싼 가격으로 시장에서 사장되고 있다.² EPON은 OLT에 ONU들이 광소자만을 이용하여 연결되어 있고 데이터 전송은 IEEE 802.3 프로토콜에 따라 최대 1518byte까지의 가변길이 패킷으로 목적지 고유의 헤더를 가지고 방송된다. 또한, OLT에서 ONU방향으로는 하향으로서 점 대 다중점이고 반대로 ONU에서 OLT는 상향으로 다중점 대 점 망이다. 여기서 OLT는 ONU들에게 이더넷 패킷 데이터들을 전송하기 위하여 폴링(polling) 방식으로 대역을 할당하고 ONU는 각각의 비디오나 음성 등과 같은 데이터들을 OLT에게 보내게 된다.³ 상향 트래픽에서 모든 ONU들은 채널용량과 자원을 공유해야 한다. 시분할 다중접속(TDMA:Time Division Multiple Access)방식은 단일 상향 파장을 사용하고 비용면에서 효율적이므로 액세스 망에서 선호되는 채널공유 방식이다. 그러나 이 방식은 통계적 다중화 이득을 무시하므로 효율적인 대역 활용에 한계가 있다. TDMA를 사용할 경우 트래픽 버스트 성질로 인하여 타임 슬롯은 오버플로우를 초래하여 패킷의 심각한 전송지연을 가져올 수 있다. 이를 극복하기 위해서는 전송할 데이터가 없을 때 타임 슬롯의 크기를 줄일 수 있는 동적 대역 할당(DBA:Dynamic Bandwidth Allocation)방안은 슬롯의 여분 대역을 다른 ONU들이 사용할 수 있게 하는 것이다. 하지만 이 방법의 문제는 OLT가 각 ONU들이 얼마만큼의 전송할 데이터를 갖고 있는지를 모른다는 것이다. 이미 알려져 있는 OLT기반에서의 폴링 방안에는 인터리브(interleave)폴링 방안이 있다.⁴ 이 방안은 ONU들에 대한 통계적 다중화를 제공하여 상향 채널의 이용 효율을 높인다. 하나의 ONU가 정해진 폴링 사이클 시간의 대부분을 차지하여 발생하는 불공평한 전송서비스의 단점을 보완하기

저자 소개

* 沈世用 : 鮮文大學 電子工學科 碩士課程

** 朴鐵根 : 鮮文大學 情報通信工學科 教授

위해 G. Kramer등은 최대 전송 윈도우 크기를 제한하는 동적 대역 할당 방안을 연구하였다.⁶ 이들은 다중응용 서비스 환경에서 EPON의 전송 메커니즘인 다중점 제어 프로토콜(MPCP:Multi Point Control Protocol)이 IEEE 802.1D 표준에 규정된 우선순위 스케줄링과 어떻게 관련되어 있는지를 조사했다. 특히 서로 다른 트래픽 클래스들에 대한 패킷 지연들을 분석했다.

이 논문은 시물레이션에 의해 2단계 큐 구조를 갖는 인터리브(interleaved) 폴링 알고리즘의 동적 대역 할당 방안에 대한 패킷 지연과 손실률을 분석하고 버퍼의 크기에 따른 패킷 손실률의 변화에 초점을 맞추었다. 제 2장 실험 방법에서는 여기서 제안할 2단계 버퍼 구조를 갖는 인터리브 방안에 대해서 논할 것이고 제 3장 결과 및 고찰에서는 결과를 보고 마지막으로 제 4장에서는 결론을 이끌어 낼 것이다.

2.장 시스템 모델

N개의 ONU들이 하나의 OLT에 연결되어있는 모델을 기본으로 고찰한다. 입력 트래픽은 LAN이나 수많은 독립된 사용자들로부터 ONU에 도착한다. 입력 트래픽은 지연에 민감한 정도에 따라 크게 A종과 B종으로 분류할 수 있다. A종 서비스들의 트래픽은 VoIP 및 화상회의와 같은 지연에 민감한 실시간 서비스들로 구성되어 있고 B종은 비디오 스트리밍 서비스 등을 포함하여 E-mail과 같은 비실시간 서비스가 속하게 된다. 3장에서 보여줄 결과 및 고찰에서는 A종과 B종 2가지로 구분하였다. 입력트래픽 모델을 보면 실시간 트래픽(A)은 포아송(Poisson)과정을 따르고 비실시간 트래픽(B)은 IP 트래픽의 고유한 특성인 버스트(burst)하며 자기유사 성질(self-similarity)을 갖기 때문에 파레토(Pareto) 입력과정을 갖는 것으로 가정한다.³

기존의 2단계 버퍼구조를 갖는 동적대역할당 방안에서 각 ONU는 OLT로 제 2단계 전송 버퍼를 거쳐 버퍼내의 전체 트래픽을 보내게 되는데, 특정 ONU가 전체 전송 대역을 독점할 수 있는 상황을 피하기 위하여 OLT는 최대 전송 윈도우 크기(W_{MAX})를 제한한다.⁵ 각 ONU들은 OLT에 전송 승인(Grant)을 받고 자신이 요구한 크기만큼 전송할 수 있으나 최대 전송 윈도우 크기를 넘을 수 없다. 기존의 2단계 버퍼 구조에서 입력트래픽은 우선순위에 따라 먼저 제 1단계 해당 버퍼에 저장된다. 이들은 OLT로부터 전송승인 메시지가 ONU에 도착하여 제 2단계 버퍼의 패킷들이 전송될 때까지 제 1단계 버퍼에서 기다렸다가 제 2단계 버퍼의 패킷들의 전송이 끝난 직후에 다음 폴링 사이클의 전송을 위해 제 2단계 버퍼로 나아간다. 이와 같은 기존의 2단계 버퍼 구조는 주어진 타임 슬롯에서 최고의 이용률을 보장한다. 한편 실시간 트래픽이 비실시간 트래픽보다 상대적으로 지연을 덜 겪지만 제 2단계의 B1버퍼에 수용되는 실시간 트래픽은 도착 후 최대한으로 다음 폴링 사이클까지 전송승인 메시지를 기다려야 하는 경우가 발생한다. 즉, 실시간 트래픽(A)의 지연을 증가시킨다는 단점을 가지고 있다.⁶

본 논문에서 제안하는 2단계 버퍼 방안에서는 기존의 2단계 버퍼 구조의 단점인 실시간 트래픽(A)의 제 1단계 버퍼에서의 지연을 줄인다. 제 1단계 버퍼는 우선순위 버퍼이고 제 2단계 버퍼는 FCFS(First Come First Service)의 서비스 정

책을 갖고 있는 전송 버퍼이다.

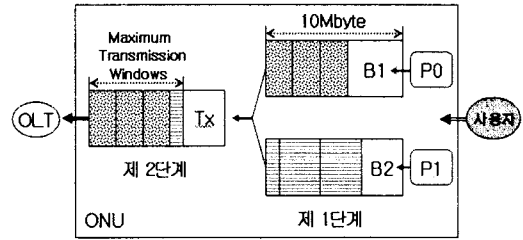


그림 1. 2개의 우선순위를 갖는 2단계 버퍼 구조

먼저 많은 사용자들로부터 입력된 트래픽 중 B1버퍼의 실시간 트래픽은 제 2단계 전송버퍼의 W_{MAX} 범위 내에서 빈공간이 있는 한 B1버퍼를 지나자마자 제 2단계 전송 버퍼로 바로 입력되고 제 2단계 버퍼가 W_{MAX} 까지 찼을때 그 이후에 입력되는 실시간 트래픽은 B1버퍼에 머무르게 된다. 이때, B1버퍼의 크기를 초과해서 입력되는 실시간 트래픽 패킷들은 손실된다. 한편, OLT로부터 전송 승인 메시지가 ONU에 도착하면 제 2단계 전송 버퍼에서 패킷이 OLT로 전송되고 전송버퍼가 비워진다. B2버퍼에 입력되는 트래픽은 OLT로부터 전송승인 메시지가 도착할 때까지 머물러 있다가 제 2단계 전송 버퍼가 전송을 끝낸 후 남아있는 패킷의 양이 최대 전송 윈도우(W_{MAX}) 양보다 적을때까지 우선순위에 따라 차례로 제 2단계 버퍼로 다음 사이클의 전송을 위해 나아간다. 이때 비실시간 트래픽은 제 2단계 버퍼에서 OLT로의 전송을 대기하는 동안 입력되는 패킷의 양이 최대 전송 윈도우(W_{MAX})의 크기만큼 찼을때까지 제 2단계 버퍼로 들어오고 최대 전송 윈도우 크기를 초과해서는 제 1단계 버퍼인 B2 버퍼에서 대기하게 된다. B2 버퍼 용량을 초과한 이후의 입력 패킷들은 손실된다.

ONU는 OLT의 전송 승인 메시지에 의해 제 2단계 버퍼의 패킷들을 전송하기 시작하는데, 승인한 윈도우 크기만큼의 전송이 끝나면 ONU는 제 2단계 버퍼에 남아있는 W_{MAX} 한도내의 용량 정보를 포함하는 요청(Request) 메시지를 생성한다. ONU가 보내게 되는 이 요청 메시지는 OLT에게 그것의 전송 윈도우 크기를 알려 주는 역할을 한다. OLT가 허가받은 ONU들이 얼마만큼의 바이트를 보냈는지 알고 있다는 것은 ONU가 보낸 데이터의 마지막 비트가 도착하는 시점을 알고 있다는 것이다. 다음 ONU_{i+1}에 대한 RTT(Round Trip Time)을 알고 있는 OLT는 ONU_{i+1}에게 보낼 승인 메시지를 스케줄링 한다. ONU_{i+1}로부터의 첫번째 비트는 ONU_i로부터의 마지막 비트를 전송한 후에 RTT의 끝임없는 변화에 대한 보호를 제공하며 ONU들의 메시지 처리시간을 조절하는 약간의 보호시간(guard interval)과 함께 도착한다. 승인 메시지는 승인된 윈도우의 크기들과 응답 RTT를 고려하여 스케줄링 된다.

3.장 결과 및 고찰

이 절에서는 제안된 동적 대역 할당 방안의 성능을 시물레이션으로 결과를 보인다. 시물레이션에서 EPON은 16개의

ONU들과 1개의 OLT로 구성된 접속 망으로 간주하고 각 ONU와 OLT 사이의 거리는 20Km로 가정하여 광신호의 거리에 비례한 전파지연은 약 100 μ s로 갖게 하였다. 제 1단계 우선순위 버퍼와 제 2단계 전송버퍼의 크기를 20kbyte로 하였다. ONU들간의 RTT 변화에 대한 보호간격은 3 μ s로 설정하였고, ONU에서 OLT로의 상향 속도는 1Gbps로 가정하였다. 여기에 사용된 트래픽의 패킷은 64byte에서 1518byte 사이의 크기로 일양(uniform)분포를 갖는 것으로 가정하였다. QoS를 보장해야 하는 실시간 트래픽(A)은 P0의 최우선순위를 주고 트래픽의 부하를 4.48 Mbps로 고정하였다. 비실시간 트래픽 클래스 BE(B)에는 P1로 최하위 우선순위를 주었다.

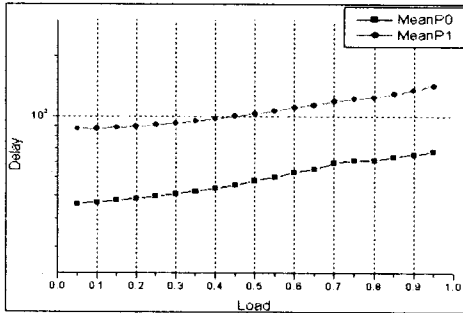


그림 2. 트래픽 부하와 평균 지연

그림 2는 실시간 트래픽 P0 클래스는 포아송 입력과정으로 하였고 비실시간 트래픽 P1은 도착 시간 간격이 파레토 분포를 갖는 입력 과정으로 하였다. 시뮬레이션은 ONU의 상향링크 트래픽 부하가 0.05에서부터 0.95에 이르기까지에 대한 각 클래스 트래픽의 평균 지연에 관해 나타내고 있다. 두 트래픽 클래스는 상향링크 평균지연 시간이 서서히 증가하기 시작했다. 특별히 트래픽 부하가 많아진다고 해서 평균지연이 갑자기 증가하지 않았다. 실시간 트래픽 P0의 제일 높은 지연 시간은 비실시간 트래픽 P1의 트래픽 부하가 작을 때의 최소 지연 시간보다 작게 나타났다.

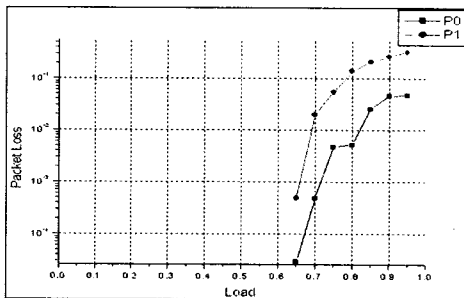


그림 3. 트래픽 부하와 패킷 손실률

그림 3은 상향 링크시 버퍼에서의 패킷 손실률을 구한 것이다. 트래픽 부하가 0.65를 기준으로 패킷 손실률이 증가하기 시작하였다. 패킷의 손실은 제 2단계 전송버퍼 뿐만 아니라 제 1단계 우선순위 버퍼에 더 이상의 입력 트래픽을 받아들일 수 없을 만큼 패킷의 입력률이 많아질때 손실이 발생한다.

다. 우선순위가 높은 P0는 P1 트래픽에 비해서 손실률이 적게 나오는 것을 알 수 있다. 부하가 적을 때는 전송 버퍼 및 우선순위 버퍼에서 입력되는 패킷들을 다 수용할 수 있었다는 것을 나타낸다.

4.장 결론

본 논문은 EPON에서 발생하는 다양한 멀티미디어 서비스의 품질을 더욱 높이기 위해 기존에 제안된 방법들과 다르게 우선순위 트래픽 클래스를 실시간과 비실시간으로 나누고 실시간 트래픽 P0의 지연증가를 해소한 2단계 버퍼 구조를 제안하였다. P0클래스의 지연증가를 해결함으로써 실시간 트래픽의 성능 향상을 보았고 그것을 패킷의 지연과 손실률로 확인할 수 있었다. 앞으로 우선순위 트래픽 클래스를 다양한 멀티미디어 서비스들의 특성에 알맞게 분류하여 지연 및 패킷 손실에 미치는 영향을 심도있게 관찰해 보기로 한다.

참고 문헌

- [1] Jongwook Jang, Park E.K, "Dynamic resource allocation for quality of service on a PON with home networks", IEEE Commun. Magazine, Vol. 38, Issue 6, June 2000
- [2] J.D Angelopoulos, I.S. Venieris, and E.N. Protonotarios, "A Transparent MAC Method for Bandwidth Sharing and CDV Control at the ATM Layer of Passive Optical Networks", J. of Lightwave Tech., vol. 14, no. 12, pp.2625-2635, Dec.1996
- [3] Web ProForum Tutorials, "Ethernet Passive Optical Networks", <http://www.iec.org>, The Internatioal Engineering Consortium.
- [4] G. Kramer, B. Mukherjee and G. Pesavento, "Interleaved Polling with Adaptive Cycle Time (IPACT): A Dynamic Bandwidth Distribution Scheme in an Access Network", Photonic Net.Comm. Magazine, Vol. 3, no. 3, July.2001
- [5] G. Kramer, B. Mukherjee and G. Pesavento, "IPACT: a dynamic protocol for an Ethernet PON(EPON)", IEEE Commun. 40(2), pp74-80, 2002
- [6] G. Kramer, B. Mukherjee and G. Pesavento, "Supporting differentiated classes of services in Ethernet passive optical networks", J. of Optical Networking, Vol. 1, no. 8-9, pp.280-290, 2002