

EPON 에서 단순 우선순위를 적용한 최선형 서비스 제어 방식

남윤석*, 강범주*, 도재수**
*동국대학교 정보통신공학과
**동국대학교 컴퓨터학과
e-mail : ysnam@donguk.ac.kr

A Study on Tools for Agent System Development

Yoon-Seok Nam*, Bub-Joo Kang*, Jae-Su Do**

*Dept. of Information and Communication Engineering, Dongguk University

**Dept. of Computer Science, Dongguk University

요 약

Ethernet 에서의 트래픽 제어 방식은 구현 및 제어가 용이한 최선형이 일반적이는데, 이 경우 QoS 보장이 어려워 최근에는 Ethernet 에서도 광대역 및 QoS 등이 망 발전의 새로운 지표가 되면서 EPON 에서도 QoS 기반 DBA 연구가 진행되고 있다. 대부분의 QoS 기반 제어는 각 연결의 대역 및 지연 등의 서비스 특성에 따라 제어가 이루어지며, 연결별로 요구된 대역이 동일 ONU 의 다른 연결 또는 다른 ONU 의 연결들의 트래픽에 영향을 받지 않도록 보장되는 방식으로 제어가 복잡하다. 본 연구에서는 최선형 서비스에 기반을 두고, OLT 에서 각 ONU 의 연결대역별로 제어하지 않고 각 ONU 의 트래픽 특성을 서비스의 우선 순위에 적용하여 제어함으로써 간단한 제어로 실시간 서비스의 QoS 를 만족시킬 수 있는 DBA 방식을 제안하며, 또한 하향 트래픽에 따른 상향 트래픽의 영향을 분석하였다.

1. 서론

수동형 광 망(PON: Passive Optical Network)은 WWW(World Wide Web) 이후 급격히 증가하고 있는 인터넷 서비스를 비롯한 데이터 서비스와 고화질의 비디오 서비스 등의 광대역 서비스를 가입자에게 제공하기 위하여 광섬유를 가입자 단까지 직접 연결하는 광 액세스 가입자 망이다. PON 은 서비스를 제공하는 중앙 기지국(CO: Central Office)과 수요자인 가입자들(Subscriber) 사이를 수동 광 소자만을 이용하여 저렴한 구성으로 다수의 사용자에게 광대역 서비스를 제공할 수 있는 네트워크로 다중화된 음성, 데이터 또는 비디오 서비스 등의 실시간 및 비실시간 서비스의 데이터를 광 신호에 실어 가입자들이 공유하는 광섬유와 광 분배기를 통하여 가입자 단까지 전송한다. PON 장치로는 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 기반의 B-PON(Broadband PON) [1, 2]과 Ethernet 프로토콜 기반의 E-PON(Ethernet Passive Optical Network) [3,4,5]이

있으며, 최근 EPON 이 가입자 망의 유력한 기술로 대두되고 있다.

EPON 은 CATV 망 기술의 하나인 DOCSIS 표준과 ITU-T 의 ATM PON 기술을 활용한 기술로 IEEE 802.3ah D1.0 에서는 E-PON 의 데이터 전송을 위해 100 Mbit/s 및 1 Gbit/s 의 링크를 규정하고 있다. 본 연구는 EPON 에서 양방향 데이터 전송이 이루어지고 있는 환경에서 흐름제어의 문제점을 분석하고, 개선점을 제안한다.

2. EPON 기존 연구

E-PON 시스템은 능동형 요소가 없는 점 대 다(Point-to-Multipoint) 광 네트워크이며, OLT(Optical Line Terminal)와 스플리터(Splitter) 그리고 N 개의 ONU(Optical Network Unit)로 구성되며, 전송은 OLT 와 ONU 사이에서 하향 전송(OLT 에서 ONU 방향)은 점 대 다로 방송되며, 상향 전송은 다 대 점(Multipoint-

to-Point)으로 이루어진다. OLT 는 중앙 기지국의 지역 교환기에 위치하여 IP, ATM 또는 SONET 백본 망으로 광 액세스 망을 연결하고, ONU 는 가입자 단에 위치 (FTTC, FTTH, FTTB)하여 광대역 음성, 데이터, 비디오 같은 서비스를 제공한다.

E-PON 의 다 대 점 상향 전송은 다양한 QoS 를 가진 서비스를 만족 시키기 위해 효율적으로 대역폭을 사용하면서도 QoS 를 보장하는 것이 중요한 사항이라고 할 수 있는데, 그 중 가장 경제적인 해결책은 능동적으로 대역폭을 할당하는 기법인 DBA(Dynamic Bandwidth Allocation)라고 할 수 있다. DBA 의 기본 개념은 상향 전송로의 대역폭을 사용자의 요구에 따라 능동적으로 할당하는 것으로 이 기능은 네트워크 운영자에게도 여러 사용자에게 하나의 전송로를 공유시키는 기능을 제공한다. 서로 다른 종류의 유입 트래픽은 QoS 가 요구되는 트래픽과 최선형 트래픽으로 다중화되어 유입될 때 최선형 트래픽을 위한 대역폭을 최대로 할당 하면서도 어떻게 서로 다른 QoS 요구 사항들을 보장할 수 있는지의 여부가 이러한 대역폭 할당 기법의 설계에 있어서 핵심 기술이다.

기존 E-PON DBA 방식으로는 IPACT(Interleaved Polling with Adaptive Cycle Time) 방식과 DGPS(Dual Generalized Processor Sharing) Scheduling 방식 등이 제안되었는데, IPAT 방식은 QoS 를 고려하지 않은 최선형 방식으로 기존 Ethernet 방식과 서비스 개념이 유사하며, DGPS 방식은 OLT 에서 흐름제어를 수행함으로써 QoS 에 따라 트래픽 제어를 수행하는 방식이다. 제안된 기존 EPON DBA 방식에서는 하향 트래픽에 대한 고려가 충분하지 못하여 정상적인 데이터 전송 환경에서의 성능 분석 및 문제점 제시가 부족하였다.

Kramer 등은 능동적인 대역폭 할당을 하기 위해 보 간 폴링 기법을 기반으로 한 IPACT(Interleaved Polling with Adaptive Cycle Time)라는 DBA 기법을 사용하였다. 이 기법은 중단 사용자들의 큐 길이 정보에 따라 대역폭을 제공하지만 서로 다른 사용자들의 이질적인 QoS 보장을 제공하기에는 어려움이 있는데 IPACT 뿐만이 아닌 대부분의 기존 DBA 기법들은 효율적인 대역폭의 이용에만 집중하여 QoS 가 요구되는 플로우에 대해 QoS 를 보장하여 주지 못하는 단점을 가지고 있다. 또한 IPACT 는 하나의 ONU 에서 요구되는 대역폭을 할당하기 때문에 서로 다른 ONU 의 서로 다른 QoS 에 따른 대역폭 할당이 어렵다.

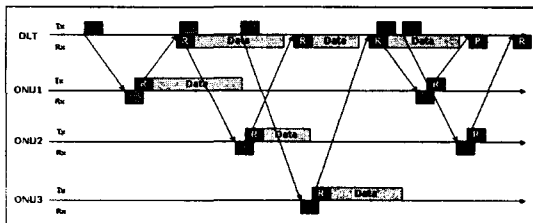


그림 1. IPAT 에서의 패킷 전송 예

IEEE802.3ah 에서는 MPCP(Multi-Point Control Protocol)을 제안하고, MPCPDU(MPCP Data Unit)를 통하여 트래픽 제어를 수행하려고 한다. 그림 2 는 MPCPDU 의 게이트(Gate)와 리포트(Report) 메시지 형식을 나타낸 것이다.

Octets		Octets	
Destination Address	6	Destination Address	6
Source Address	6	Source Address	6
Length/Type-08-08	2	Length/Type-08-08	2
Opcode	2	Opcode	2
Timestamp	4	Timestamp	4
Number of grant/Flags	1	Report bitmap	1
Grant #1 Length	2	Queue #0 Report	0/4
Grant #1 Start time	4	Queue #1 Report	0/4
Grant #2 Length	8/2	Queue #2 Report	0/4
Grant #2 Start time	8/4	Queue #3 Report	0/4
Grant #3 Length	8/2	Queue #4 Report	0/4
Grant #3 Start time	8/4	Queue #5 Report	0/4
Grant #4 Length	8/2	Queue #6 Report	0/4
Grant #4 Start time	8/4	Queue #7 Report	0/4
IDLE sequence counter	8/4	Pad/Reserved	7-39
Pad/Reserved	9-31	FCS	4
FCS	4		

그림 2. E-PON 의 주요 제어 패킷 형식

3. 단순 우선순위를 적용한 제안 방식

현재의 Ethernet 에서 제어되는 방식은 거의 최선형 서비스 방식으로, MAC 제어방식 CSMA/CD 에 의하여 많은 단말이 주어진 대역을 공유하여 전송하고, 특정 단말만 데이터를 전송할 경우에는 주어진 대역 모두를 사용할 수도 있다. 이와 같은 요구는 EPON 에서도 동일하게 적용되어야 한다. 또한 EPON 에서의 제어는 가능한 단순하여야 한다. 따라서 제안하는 방식은 제어는 단순하면서도 단말간에는 공정하게 그리고 특정 단말만 데이터를 전송할 경우 주어진 전 대역을 사용할 수 있도록 고려하였다.

제안된 방식에서는 ONU 에서 OLT 로 전송되는 Upstream 트래픽에 대하여 우선순위로 분류하였으며, ONU 에서는 단말로부터 입력되는 트래픽을 서비스에 따라 우선순위를 분류하여 FIFO 에 저장하고, OLT 에서는 ONU 에 저장된 트래픽을 인지하고 각 트래픽의 우선순위에 따라 전송을 허락한다. 모든 제어는 OLT 에서 ONU 를 Polling 함으로써 시작된다.

제안된 방식의 상세한 내용은 다음과 같다.

- (1) OLT 에서는 각 ONU 별로 Polling Table 을 관리하며, Round-Robin 방식으로 해당 ONU 에게 제어 패킷을 전달한다. 제어패킷 종류로는 Grant 가 0 인 Poll 과 Grant 로 분류한다. Poll 은 Polling Table 에 저장된 데이터가 없을 경우이고, Grant 는 Polling Table 에 저장된 데이터가 있을 경우이다. Grant 의 경우 OLT 는 우선순위에 따라 해당 서비스의 트래픽 전송을 요구한다.
- (2) ONU 에서는 서비스에 따라 FIFO 를 관리하며, OLT 의 요구에 따라 저장된 데이터 및 응답 패킷을 OLT 로 전달한다. 가입자 망의 단말로부터 수신된 데이터는 우선 순위를 분류하여 FIFO 에 저장한다. OLT 로부터 Poll 을 수신하면, 저장된 데이터 가운데 우선순위가 높은 순서대로 FIFO 의 데이터에 대한 정보(우선순

위 구분자, 길이, 순서번호)를 Report 응답 패킷에 포함하여 최대 8 개의 데이터 정보를 포함하여 OLT 로 전달한다. Grant 를 수신하면 Grant 에 포함된 정보(서비스구분자, 길이, 순서번호)를 사용하여 전송할 사용자 패킷을 인지하고, 해당패킷과 Poll 수신시와 동일하게 응답패킷을 전송한다.

(3) OLT 에서 Grant 를 전송할 경우는 ONU 에서 OLT 로 전송될 사용자 패킷의 길이에 따른 전송지연이 OLT 의 다음 제어 패킷 전송에 고려되어야 한다.

(4) 상향 트래픽은 OLT 에 의하여 제어되므로 OLT 와 ONU 간의 전달지연이 클 경우, IPAT 방식과 같이 POLL/GRANT 를 Interleaving 으로 전송함으로써 링크의 사용효율과 전달효율을 향상시킬 수 있다.

(5) 상향 사용자 패킷에 대한 정보로 순서번호를 사용함으로써 ONU 에서 OLT 로의 응답 패킷 또는 OLT 에서 ONU 로의 GRANTN 제어 패킷 전송 시에 오류가 발생하더라도 오류 발생 패킷에 대해서만 영향을 미치지 않도록 제한할 수 있다.

다음 그림은 OLT 와 ONU 간에 데이터를 전송하는 순서를 나타낸 것이다. OLT 에서 ONU 의 사용자 패킷에 대한 정보를 인지하고 GRANT 제어 패킷으로 전송을 허락하면, ONU 에서 Piggy-Back 방식으로 Data 와 등록요청 패킷을 전송한다.

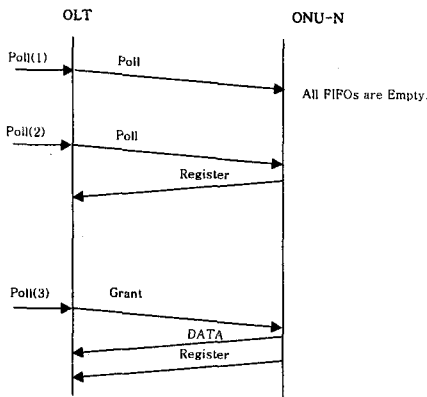


그림 3. OLT 와 ONU 간의 데이터 전송 순서 예

OLT 의 Polling Table 에 패킷 ID 를 저장할 최대 능력은 상향 및 하향 트래픽이 전혀 없을 때를 기준으로 계산할 수 있다. 또한 최악의 경우 동일한 서비스의 패킷 정보만 전달 될 수도 있다. 이는 RTT 동안 전송된 제어 패킷의 수로 정의되며, 각 ONU 별로 Polling Table 에 등록되어 유지될 수 있는 최대 규모이다.

$$N = RTT / (Clength \times BitTime \times ONUs)$$

여기에서

N : Maximum Number of a ONU Packet registered in OLT

RTT : Round Trip Time

Clength : Length of Control Packet

ONUs : Number of ONUs

BitTime : 1 Bit Duration

OLT 가 모든 ONU 를 한번씩 Polling 하여 제어 패킷을 전송하는데 걸리는 최소 시간은 다음과 같다.

$$Pmin = Clength \times ONUs \times BitTime$$

여기에서

Clength : Length of Control Packet

ONUs : Number of ONUs

BitTime : 1 Bit Duration

ONU 에 수신된 사용자 패킷이 OLT 로 완전히 수신되기 위해서는 최소 2 차례의 제어 패킷 전송과 사용자 패킷 전송으로 완료되며, 따라서 최소 지연은 다음과 같다.

$$Dmin = 2 \times RTT + Ulength \times BitTime$$

여기에서

RTT : Round Trip Time

Ulength : Length of User Packet

BitTime : 1 Bit Duration

특정 ONU 에 수신된 사용자 패킷은 여러 ONU 에 먼저 저장된 사용자 패킷이 전송되기 까지 기다려야 하므로 일반적으로 OLT 에서 수신되기 까지의 지연은 다음과 같다.

$$D = RTT + (N \times Clength + M \times Ulength) \times BitTime$$

이러한 지연을 서비스 특성에 따라 우선순위를 달리하고 전송순서를 임의로 변경함으로써 지연에 민감한 서비스의 품질을 향상시킬 수 있다.

4. 시뮬레이션 및 결과

ONU 의 시뮬레이션 모델은 다음 그림과 같다. 그림에서와 같이 다수의 단말이 ONU 에서 서비스 특성에 따라 서로 다른 FIFO 로 분류되고, ONU 는 OLT 의 제어에 따라 상향 전송한다.

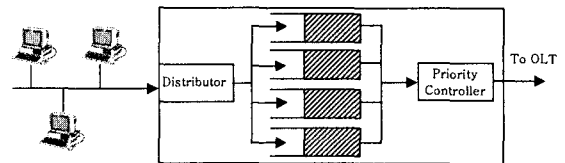


그림 4. ONU 의 Simulation Model

Laser Diode 의 On/Off 에 따른 시간 지연과 OLT 수신부에서의 Slot-start delimiter 로 부터의 클럭 복원시간, Dynamic Range 에 따른 OLT 의 자동수신이득 조정부의 지연시간을 고려하여 보호시간을 108 ns 로 가정하였다. ONU 는 16 개로 가정하고, OLT 와 ONU 간의 등가거리는 10Km 로 가정하였다.

트래픽은 4 개의 우선순위로 구분하여 편의상 CBR, VBRI, VBR2 및 UBR 등으로 표기하였다. CBR 은 300 바이트의 고정길이 패킷을 일정한 간격으로 발생하였고, 그외에는 64 에서 1500 바이트의 가변 길이 패킷을 평균 300 바이트의 지수함수로 발생하여 시뮬레이션에

사용하였다. CBR 및 VBR1 은 VBR2 와 UBR 의 반으로 트래픽을 제한하여 현재 인터넷 환경과 유사하게 실험하였다.

OLT 에서는 Polling Table 을 서비스 타입에 따라 구성하는데 최대 각 ONU 에서의 사용자 패킷 FIFO 는 32, 64, 128 및 256 으로 제한하여 트래픽 폭주에 대한 폐기 기준으로 사용하였다. Report 및 Grant 메시지에 는 1 개의 데이터에 대한 정보만을 포함하는 것으로 가정하였다.

시뮬레이션 결과는 그림 5-8 과 같다. 그림에서 우선순위에 딸 지연의 차이를 알 수 있으며, 과부하의 경우 우선순위가 낮은 서비스의 트래픽이 폐기되는 것을 확인하였다.

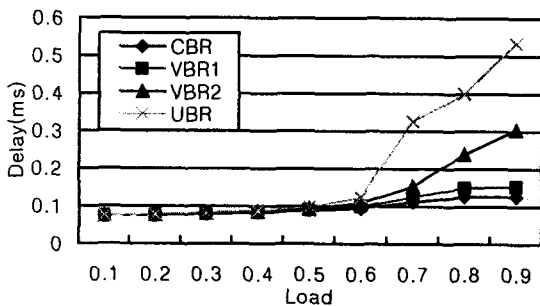


그림 5. 상향트래픽 부하에 따른 지연시간(하향=0.5)

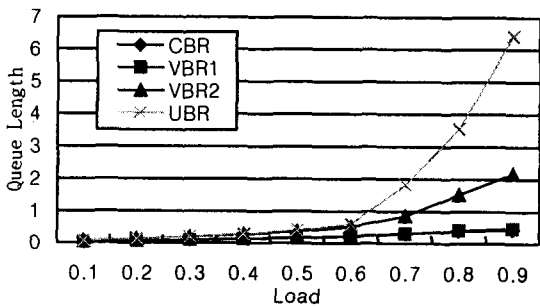


그림 6. 상향트래픽 부하에 따른 큐 길이(하향=0.5)

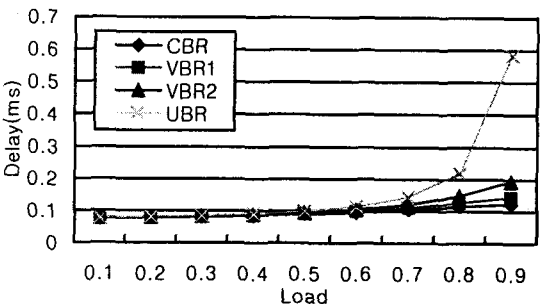


그림 7. 하향트래픽 부하에 따른 지연시간(상향=0.5)

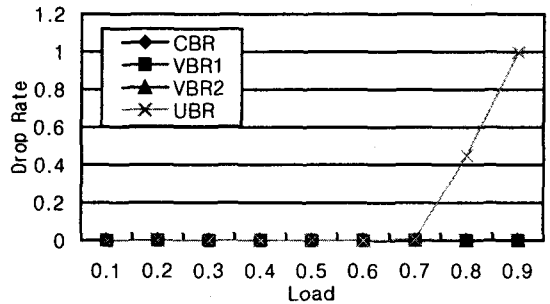


그림 8. 상향트래픽 부하에 따른 Overflow(하향=0.9)

ADSL, 비대칭의 VDSL 등에서의와 같이 Internet 을 사용하는 일반 사용자의 트래픽 발생이 일반적으로 비대칭이다. ITU-T G.983 시리즈에는 데이터의 전송을 위해 하향 622 Mbit/s 및 상향 155 Mbit/s 링크를 규정하고 또한 Ethernet 등의 LAN 환경에서도 유사하다. 따라서 ADSL, 비대칭의 VDSL 등이 일반 사용자들에게

5. 결론

제안된 최선형 우선순위 DBA 방식은 제어 가 간단하면서 현재의 Internet 서비스 사용 환경에 충분할 만큼의 성능을 보였다. 상향트래픽의 전달은 하향 트래픽이 증가함에 따라 전달 지연이 증가되고, 결국 사용할 수 있는 대역의 감소로 나타난다. 이는 ADSL 등의 인터넷 서비스 환경과 유사하며, ATM PON 에서의 비대칭 대역과 유사하다. 즉, EPON 로서 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

ATM 과 같이 연결별로 QoS 를 보장하는 서비스가 EPON 에서 수행되기에는 현재의 Ethernet 서비스와 비교하여 다소 무리가 있을 것으로 예측되지만, 연결별 QoS 를 유지하기 위해서는 하향 POLL/GRANT 제어 패킷 전송이 하향 사용자 패킷과 독립적으로 그리고 상향 트래픽의 양과 비례하여 이루어져야 한다. 이 경우 각 연결별 Scheduler 사용이 필수적이므로 제어가 복잡하게 될 것이다.

참고문헌

- [1] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband optical access systems based on passive optical networks(PON)", October 1998
- [2] ITU-T Recommendation G.983.4, "A broadband optical access system with increased service capability using dynamic bandwidth assignment", November 2001
- [3] IEEE 802.3 "Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications", March 2002.
- [4] IEEE 802.3ah/D1.0, "Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for subscriber access networks", August 2002.
- [5] Glen Kramer, Biswanath Mukherjee, and Gerry Pesavento, "IPACT: A Dynamic Protocol for Ethernet PON," in Communications Magazine, February 2002