

논문 2005-42TC-12-6

EPON에서 하향 데이터 전송을 고려한 동적 대역폭 할당 방안

(Dynamic Bandwidth Allocation Scheme with Considering Downstream Traffic in EPON)

김 은 철*, 이 강 원**, 최 영 수**, 조 유 제**

(Eun-Chul Kim, Kang-Won Lee, Young-Soo Choi, and You-Ze Cho)

요 약

EPON 환경에서 효율적인 상향 채널의 사용을 위해 다양한 동적 대역폭 할당 방안이 제안되고 있다. 일반적으로 가변 폴링 주기 방안은 고정 폴링 주기 방안에 비해 optical network unit(ONU)의 대역폭 요청량을 보다 유연하게 반영하여 폴링 주기를 결정하기 때문에 상향 채널에서 향상된 전송 성능을 나타낸다. 그러나, 가변 폴링 주기 방안은 ONU의 상향 트래픽 부하가 낮은 환경에서는 폴링 오버헤드에 의한 하향 채널의 대역폭 낭비가 심한 문제점이 있다. 본 논문에서는 Ethernet passive optical network(EPON)에서 가변 폴링 주기와 고정 폴링 주기 방안의 장점만을 취한 새로운 동적 대역폭 할당 방안을 제안한다. 제안한 방안은 대표적인 가변 폴링 주기 방안인 interleaved polling with adaptive cycle time(IPACT) 방안에 기반을 두고, 하향 전송을 위한 optical line terminal(OLT) 큐의 상태에 따라 가변 폴링 주기 혹은 고정 폴링 주기로 동작한다. 시뮬레이션을 통해 제안 방안은 상향 전송에서 IPACT 방안과 유사한 지연 성능을 유지하면서도 하향 전송에서는 고정 폴링 주기 방안에 근접하는 수율을 나타냄을 보였다.

Abstract

This paper proposes a hybrid scheme for dynamic bandwidth allocation(DBA) in Ethernet passive optical network(EPON), which combines advantages of adaptive cycle and constant cycle-based schemes. The proposed scheme is based on IPACT scheme, but it operates as adaptive cycle or constant cycle mode according to the queue status of optical line terminal(OLT) for downstream transmission. Simulation results showed that the proposed scheme could achieve a similar throughput in downstream transmission to a constant cycle-based DBA scheme, while producing a similar delay performance to the IPACT scheme in upstream transmission.

Keywords : Ethernet passive optical network (EPON), dynamic bandwidth allocation (DBA)

I. 서 론

최근 광대역 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 폭발적으로 증가함에 따라 가입자망의 광대역화 요구를 충족시키기 위한 차세대 광 가입자망 기술인 Ethernet

passive optical network (EPON)이 부상하고 있다. EPON은 수동 광분배기를 통해 하나의 optical line terminal(OLT)와 다수의 optical network unit(ONU)를 광케이블로 연결하여 트리 형태의 망 구조를 갖는다. 또한, EPON은 인터넷 트래픽의 95%를 차지하는 Ethernet 프레임의 지원함으로써 경제성, 확장성 측면에서 차세대 광 가입자망 기술로 유망하다^[1].

EPON에서 하향 트래픽은 방송 형태로 전송되고, 상향 트래픽은 하나의 상향 채널을 다수의 ONU가 공유함에 따라 각 ONU의 데이터간 충돌이 발생하지 않도록 TDMA 기반의 폴링 방식에 의해 전송된다. 따라서, OLT는 각각의 ONU에게 상향 전송을 위한 시간 구간

* 정회원, 삼성전자 정보통신총괄 무선사업부
(Mobile Communication Division, TN Business,
SAMSUNG ELECTRONICS Co.)

** 정회원, 경북대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering, Kyungpook
National University)

* 본 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.(KRF-2004-041-D00462)

접수일자: 2005년11월30일, 수정완료일: 2005년12월10일

을 할당하고 각 ONU는 자신의 전송 구간에서만 상향 채널로 데이터를 전송한다. EPON에 대한 표준화를 수행해 온 IEEE 802.3ah EFM(Ethernet in the first mile)에서는 ONU에 대한 상향 전송 대역폭 할당, ONU의 초기 등록, 레인징, ONU와 OLT간 동기화 등을 위한 매체 접근 제어 프로토콜로 Multi Point Control Protocol(MPCP)를 규정하고 있다^[2]. 특히, MPCP에서는 ONU에 대한 상향 전송 대역폭 할당을 위해 GATE 제어 메시지와 REPORT 제어 메시지를 규정하고 있다.

OLT는 각 ONU에 대한 상향 채널의 전송을 위한 시간 구간을 할당하고 그 결과를 GATE 제어 메시지로 각 ONU에게 전송한다. GATE 제어 메시지는 ONU의 상향 데이터 전송 시작 시간과 전송 지속 시간을 포함하고 있다. 또한, 하나의 GATE 제어 메시지는 4개까지의 전송 허락 정보를 전송할 수 있으며 각각의 전송 허락 정보에 대하여 REPORT 제어 메시지의 전송을 요구할 수 있다.

GATE 제어 메시지를 수신한 각 ONU는 할당된 전송 구간 내에서만 상향으로 데이터를 전송하고 전송 구간 내에서 ONU의 버퍼에 남아있는 데이터 양을 REPORT 제어 메시지로 전송한다. 즉, ONU는 REPORT 제어 메시지를 통하여 대역폭 요청 정보를 OLT에게 제공한다. 또한, REPORT 제어 메시지는 트래픽에 대한 다양한 우선 순위 정책 지원을 위해 다수의 우선 순위 큐 별로 길이를 전송할 수 있다.

Interleaved polling with adaptive cycle time (IPACT) 방안은 대표적인 가변 폴링 주기 기반의 동적 대역폭 할당 방안이다^[3]. IPACT 방안에서는 각 ONU의 요청량에 따라 대역폭을 동적으로 할당하기 때문에 폴링 주기가 가변적이고, ONU의 상향 트래픽 부하가 낮을수록 ONU와 OLT간 거리가 짧을수록 폴링 주기가 짧아진다. 따라서, IPACT 방안과 MPCP를 함께 고려할 때 ONU의 상향 트래픽 부하가 낮을수록 하향 채널에서 GATE 제어 메시지에 의한 대역폭 낭비가 증가한다. EPON에 적용될 수 있는 OLT와 ONU간 거리와 ONU 수를 고려할 때, 하향 채널 대역폭의 5.38%에서 최대 43%까지를 GATE 메시지가 사용하게 된다^[4]. 이러한 현상은 상향에 비해 하향 트래픽 양이 많은 가입자망의 특성을 고려할 때, 하향 채널에서 데이터 전송 성능을 제한하는 큰 문제점이 된다^[5].

이러한 IPACT 방안의 폴링 오버헤드에 의한 하향 채널 대역폭 낭비를 개선하기 위해 고정 폴링 주기 방안이 제안되었다^[4]. 고정 폴링 주기 방안은 하향 채널에

서 GATE 제어 메시지에 의한 대역폭 낭비가 작도록 폴링 주기를 고정하여 IPACT 방안보다 향상된 하향 전송 성능을 나타낼 수 있다. 그러나, IPACT 방안에 비해 폴링 주기를 빠르게 운용할 수 없기 때문에 상향 채널의 전송 지연으로 성능이 저하된다.

본 논문에서는 기존의 가변 폴링 주기와 고정 폴링 주기 방안의 장점을 취한 혼합 방식인 새로운 동적 대역폭 할당 방안을 제안한다. 제안한 방안은 기본적으로 가변 폴링 주기인 IPACT 방안과 동일하게 동작하나, 하향 채널의 큐 증가 상태에 따라 폴링 주기를 인위적으로 증가시켜 고정 폴링 주기 모드로 동작하게 함으로써 IPACT 방안에 비해 폴링 오버헤드에 의한 하향 채널의 대역폭 낭비를 개선하였다.

서론에 이어 II장에서는 제안하는 동적 대역폭 할당 방안의 기본 동작 알고리즘을 설명한다. III장에서는 시뮬레이션을 통해 제안 방안의 성능을 평가하고 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 동적 대역폭 할당 방안 제안

제안 방안은 하향 트래픽을 위한 OLT의 큐 상태에 따라 가변 폴링 주기 혹은 고정 폴링 주기로 동작한다. 기본적으로는 IPACT 방안과 동일하게 가변 폴링 주기로 동작하나, 하향 채널에 체증이 발생하게 되면 폴링 주기를 인위적으로 증가시키고 고정 폴링 주기로 동작하게 된다. 따라서, 하향 채널의 체증시에는 GATE 제어 메시지에 의한 오버헤드를 줄임으로써 하향 데이터를 위한 전송 대역폭을 확보하게 된다. 그리고, 하향 전송을 위한 큐 상태에 따라 폴링 주기를 단계별로 증가시키고, subcycle 운용을 통하여 폴링 주기 증가로 인한 상향 전송의 성능 저하를 방지한다.

1. 폴링 주기 동작 모드

제안한 방안은 가변 폴링 주기와 고정 폴링 주기의 혼합 방안이며, 기본 모드, 1단계 증가 모드, 2단계 증가 모드의 세 개의 폴링 주기 모드를 갖는다. 표 1은 폴링 주기의 세가지 동작 모드를 설명하고 있다. 기본 모드에서는 IPACT와 동일하게 가변 폴링 주기로 동작하며, 1단계와 2단계 증가 모드에서는 고정 폴링 주기로 동작하게 된다. 하향 채널의 체증 상태는 OLT의 큐 길이, 큐 길이 변이, 임계치 등을 사용하여 판단한다.

그림 1에서 보듯이 OLT는 EPON내의 첫번째 폴링 대상인 ONU 1로부터 REPORT 제어 메시지를 수신할

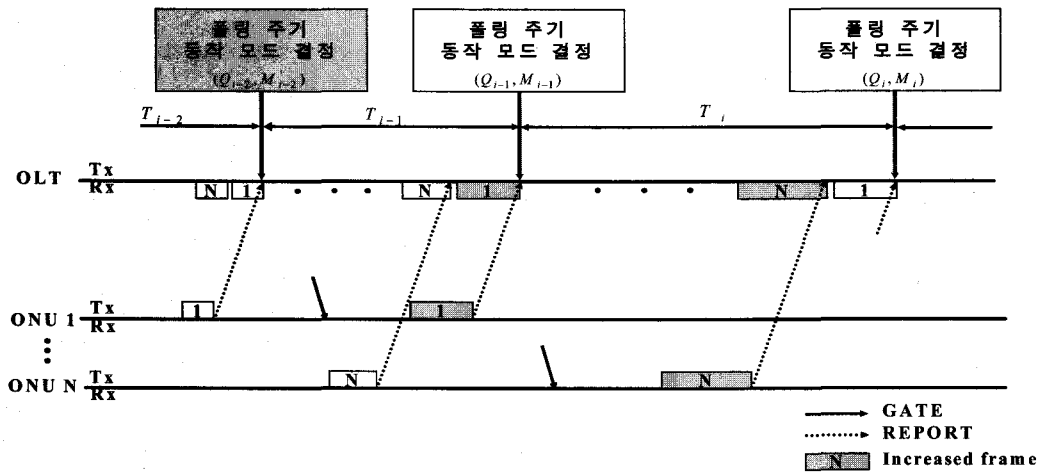


그림 1. 폴링 주기 동작 모드 결정 시점

Fig. 1. Decision point about the operation mode of polling cycle time.

표 1. 폴링 주기 동작모드

(M_i : 폴링 주기 i 의 동작모드)

Table 1. The operation modes for a polling cycle.

동작모드 M_i	0	기본 모드
	1	1단계 증가 모드
	2	2단계 증가 모드

표 2. 폴링 주기 동작 모드 결정 방법 (Q_i : 폴링 주기 i 의 OLT 큐 길이, $\Delta Q = Q_i - Q_{i-1}$)

Table 2. Decision methods about the operation mode of a polling cycle.

판단 조건	폴링 주기 동작 모드
$Q_i \geq Q_H$	if ($M_{i-2} = 0$), then $M_i = 1$; else if ($M_{i-2} = 1$), then $M_i = 2$; else $M_i = 2$
$Q_L < Q_i < Q_H$	$\Delta Q > 0$ if ($M_{i-2} = 0$), then $M_i = 1$; else if ($M_{i-2} = 1$), then $M_i = 2$; else $M_i = 2$
	$\Delta Q \leq 0$
$Q_i \leq Q_L$	$M_i = 0$;

때마다 폴링 주기 동작 모드를 결정한다. 제안 방안에서는 폴링 주기 동작 모드 결정을 위해 OLT 큐 길이의 두 임계치 (Q_H , Q_L)와 변화량 ΔQ 를 사용하였다.

표 2는 OLT의 큐 길이와 증감 상태를 고려하여 폴링 주기 동작 모드를 결정하는 방법을 설명하고 있다. OLT의 큐 길이가 Q_H 보다 크거나, Q_H 와 Q_L 사이에 있으면서 큐 길이가 증가하면 폴링 주기 증가 모드로 동작한다. 또한, 단계별로 폴링 주기를 증가시키기 위해 현재 주기의 전체 상향 프레임에 대한 증가 단계를 검

사한다. 따라서, 그림 1에서 보듯이 폴링 주기 i 의 동작 모드 결정시 주기 $i-2$ 의 동작 모드를 고려하여 결정하게 된다.

2. GATE 제어 메시지 전송

폴링 주기를 증가시키기 위해 OLT는 각 ONU들의 전체 상향 프레임의 크기를 증가시켜야 하며, 이때 각 ONU들의 대역폭 요청량을 반영하기 위해서는 모든 ONU로부터 REPORT 제어 메시지가 도착할 때까지 기다려야 하는 문제점이 발생한다.

따라서, 제안 방안에서는 전체 ONU들을 두 그룹으로 나누어 각 그룹에 속한 ONU들의 REPORT 제어 메시지가 모두 도착한 경우, 그룹별로 대역폭 요청량을 반영하여 상향 채널의 대역폭을 결정하고 GATE 제어 메시지를 전송한다. 각 그룹의 ONU 수는 최대한 동일하게 설정한다.

그림 2는 EPON내에 32개의 ONU가 있는 경우 폴링 주기 증가 모드시 GATE 제어 메시지의 전송 시점 예를 나타내고 있다.

3. 폴링 주기 조절에 의한 대역폭 할당

제안 방안에서 기본 모드 ($M_i = 0$)에서는 IPACT 방안과 동일하게 가변 폴링 주기로 상향 전송 대역폭을 동적으로 할당한다^[3]. 폴링 주기 증가 모드에서는 ONU에 대한 대역폭을 할당하기 전에 먼저 증가시키고자 하는 목표 폴링 주기를 결정하며, 운용할 subcycle의 수를 결정한다. Subcycle의 운용은 증가된 폴링 주기내에서 ONU에게 데이터를 전송할 수 있는 기회를 자주 부여하여 폴링 주기 증가로 인해 발생할 수 있는 상향 전송

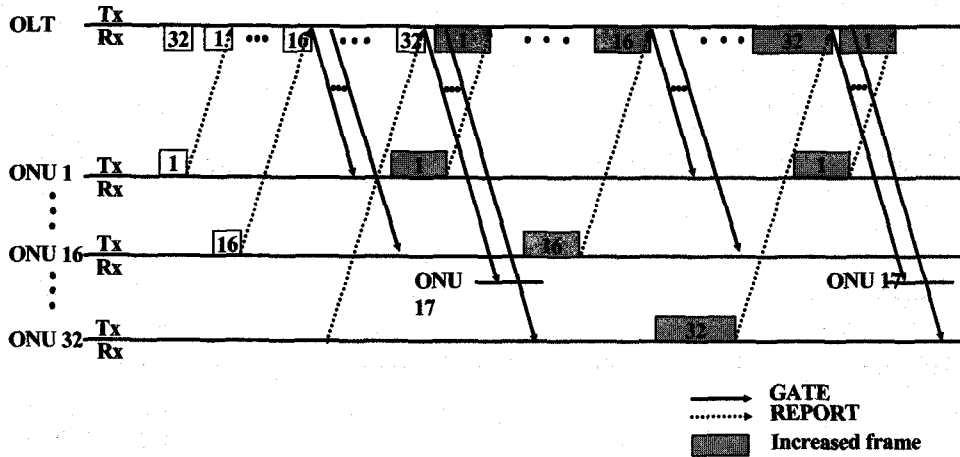


그림 2. GATE 제어 메시지 전송
Fig. 2. Transmissions of GATE message in polling cycle.

지연의 증가를 방지하기 위함이다.

제안 방안에서 1단계 증가 모드 ($M_i = 1$)에서는 증가시키고자 하는 목표 폴링 주기 T_{target} 을 T_I 로 설정하고, 2단계 증가 모드 ($M_i = 2$)에서는 목표 폴링 주기를 T_{II} 로 설정한다. T_I 와 T_{II} 로 각각 $0.5T_{max}$ 와 T_{max} 를 고려하였으며, T_{max} 는 IPACT 방안의 최대 폴링 주기이다. 단, T_{target} 이 IPACT 방안으로 동작시 예상되는 폴링 주기 T_{IPACT} 보다 작을 경우에는 IPACT 방안과 동일하게 대역폭을 할당하여 폴링 주기를 인위적으로 증가시키지 않도록 한다. 따라서, 제안 방안에서의 폴링 주기 T_{hybrid} 는 식(1)과 같이 결정되어 운용된다.

$$T_{hybrid} = \max(T_{target}, T_{IPACT}) \quad (1)$$

여기서 T_{IPACT} 는 첫번째 그룹에 속한 모든 ONU들로부터 REPORT 제어 메시지 수신시 결정되며, 모든 ONU에 대하여 IPACT 방안의 의해 대역폭 할당시 할당된 전체 대역폭 크기에 해당된다^[3].

폴링 주기 증가 모드에서는 ONU의 다양한 대역폭 요청량을 반영하여 증가된 폴링 주기에 해당하는 상향 전송 대역폭을 효율적으로 할당하기 위해 ONU i 에 대하여 다음과 같이 대역폭 B_i (bytes)를 식 (2)와 같이 할당한다. 단, 각 subcycle 내에서 특정 ONU i 에 할당된 대역폭 크기는 동일하고 마지막 subcycle에서만 상향으로 REPORT 제어 메시지를 전송하도록 GATE 제어 메시지의 flags 필드를 설정한다. 여기서 R_i 는 ONU i 의 대역폭 요청량이다.

$$B_i = \min(R_i, B_{smin}) \quad (2)$$

ONU 수를 N , guard time을 g , EPON의 전체 상향

전송 용량을 C_u 라 할 때, subcycle 수 $N_{subcycle}$ 와 subcycle 크기의 상향 대역폭 B_s 와 B_{smin} 은 식(3)-(5)와 같다. 단, 하나의 GATE 제어 메시지는 동일한 ONU에 대하여 최대 4개의 대역폭 할당 정보를 전송할 수 있으므로 subcycle 수의 최대값을 4로 제한한다.

$$N_{subcycle} = \lfloor \frac{T_{target}}{T_{IPACT}} \rfloor \quad (3)$$

$$B_s = \frac{T_{target} / N_{subcycle} - N \times g}{8} \times C_u \quad (4)$$

$$B_{smin} = \frac{B_s}{N} \quad (5)$$

또한, B_{smin} 보다 작게 요청한 ONU로 인해 잉여 대역폭이 발생한 경우 잉여 대역폭을 모든 ONU에 대하여 요청량에 비례하여 다음 식(6)과 같이 할당한다.

$$B_i = B_i + (B_s - \sum_{i=1}^N B_i) \times \frac{R_i}{\sum_{i=1}^N R_i} \quad (6)$$

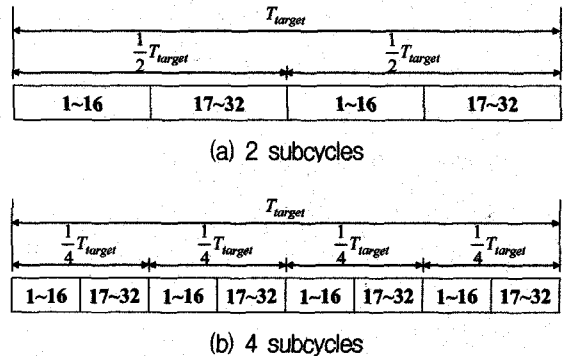


그림 3. 상향 전송 프레임 구조 예
Fig. 3. An example of the upstream frame structure.

그림 3은 제안 방안에서 EPON내에 32개의 ONU가 있을 경우 subcycle 수에 따른 상향 프레임 구조의 예를 나타내고 있다.

III. 성능평가 및 분석

제안 방안의 성능을 검증하기 위하여 OPNET을 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 비교 대상 방안으로는 IPACT 방안과 고정 폴링 주기 방안을 고려하였다. IPACT 방안의 최대 폴링 주기와 고정 폴링 주기 방안의 폴링 주기는 동일하게 2 ms로 설정하였다.

실제 네트워크 트래픽 특성을 고려하기 위하여 상/하향 트래픽 생성시 Pareto 분포를 갖는 ON-OFF 소스의 트래픽을 중첩시켰다^[3]. 시뮬레이션에 사용된 파라미터 값은 표 3과 같다.

IPACT 방안에서는 ONU의 상향 트래픽 부하가 낮은 경우 GATE 제어 메시지의 사용 대역폭 증가로 데이터 전송에 사용될 수 있는 하향 채널의 대역폭이 제한된다. 따라서, ONU의 상향 트래픽 부하가 낮은 환경에서 하향 트래픽 부하를 변화시키면서 각 방안별 하향 전송 성능을 비교하였다. ONU의 상향 트래픽 부하로 0.05 (5 Mbps)를 고려하였다.

그림 4는 하향 트래픽 부하에 따라 하향 채널에서 GATE 제어 메시지에 의한 대역폭 낭비를 측정한 결과이다. IPACT 방안과 고정 폴링 주기 방안에서는 하향 채널에서 각각 약 190 Mbps, 11 Mbps의 대역폭을 GATE 제어 메시지가 사용함을 알 수 있다. 제안 방안에서는 하향 트래픽 부하가 낮은 경우 OLT의 큐 길이가 Q_L 보다 작아 IPACT 방안과 유사한 결과를 보인다. 그러나, 제안 방안에서는 하향 트래픽 부하가 증가할수록 큐 길이가 Q_L 과 Q_H 사이 또는 Q_H 보다 큰 범위에 속

표 3. 시뮬레이션 파라미터 값
Table 3. Simulation parameters and values.

시뮬레이션 파라미터	값
EPON 구간 거리	10 km
ONU 수	32
ONU 버퍼 크기	10 Mbytes
OLT 버퍼 크기	3 Mbytes
OLT의 큐 임계치 Q_H	2.4 Mbytes
OLT의 큐 임계치 Q_L	300 Kbytes
가입자 구간 전송 속도	100 Mbps
EPON 구간 전송 속도	1 Gbps
EPON 외부 전송 속도	1 Gbps
guard time	1 μ s
상/하향 트래픽의 프레임 크기	uniform(64,1518) bytes

하게 되어 폴링 주기가 증가된다. 따라서, 하향 트래픽의 부하가 증가할수록 GATE 제어 메시지의 사용 대역폭이 감소되어 하향 트래픽 전송에 필요한 대역폭을 확보하고 있음을 알 수 있다.

그림 5는 하향 트래픽 부하에 따라 하향 채널에서 데이터의 수율을 측정된 결과이다. IPACT 방안은 약 190 Mbps의 대역폭을 GATE 제어 메시지가 사용하므로 하

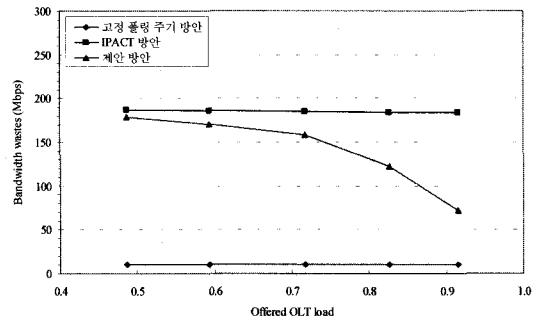


그림 4. GATE 제어 메시지에 의한 대역폭 낭비
Fig. 4. Bandwidth waste by GATE message in downstream channel according to downstream traffic load.

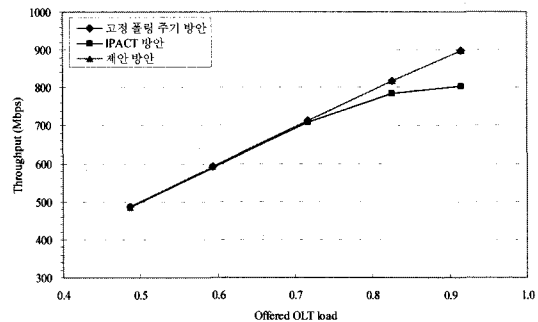


그림 5. 하향 채널에서의 수율
Fig. 5. Throughput in downstream channel according to downstream traffic load.

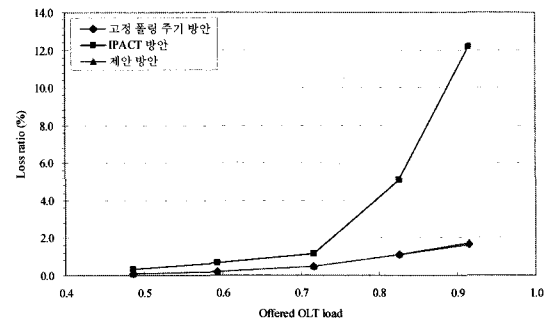


그림 6. 버퍼 범람에 따른 하향 데이터의 손실률
Fig. 6. Loss ratio of the downstream traffic due to buffer overflow according to downstream traffic load.

향 트래픽 부하가 0.8 이상인 경우 800 Mbps이상의 수율을 나타내지 못하였다. 이에 반해 제안 방안은 고정 폴링 주기 방안과 유사하게 하향 트래픽 부하가 0.8 이상인 경우에도 800 Mbps이상의 수율을 보이고 있다.

그림 6은 하향 트래픽 부하를 가변시키면서 OLT 버퍼의 범람으로 인한 하향 데이터의 평균 손실률을 측정 한 결과이다. 손실률은 OLT에 유입되는 총 데이터양과 버퍼 범람으로 인해 손실되는 데이터양의 비를 나타낸

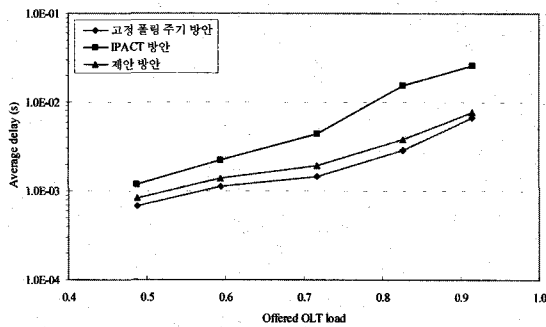


그림 7. 하향 트래픽의 평균 전송 지연
Fig. 7. Average delay for downstream traffic.

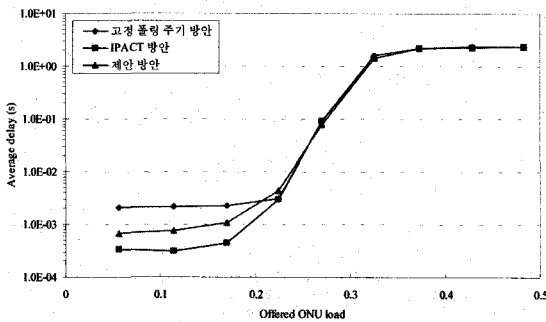


그림 8. 상향 트래픽의 평균 전송 지연 (하향 트래픽 부하=0.86)
Fig. 8. Average delay for the upstream traffic. (downstream traffic load = 0.86)

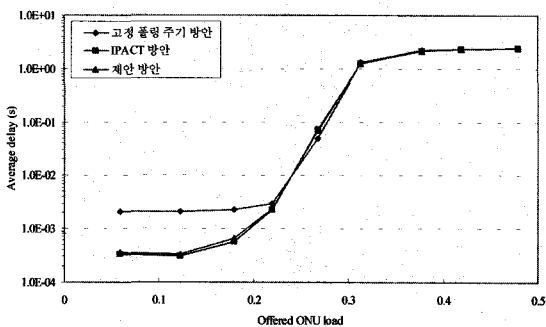


그림 9. 상향 트래픽의 평균 전송 지연 (하향 트래픽 부하=0.4)
Fig. 9. Average delay for the upstream traffic. (downstream traffic load = 0.4)

다. IPACT 방안에서는 GATE 제어 메시지의 사용 대역폭이 매우 크기 때문에 하향 트래픽 부하가 증가할수록 OLT의 버퍼 범람에 따른 하향 데이터의 손실률이 급격히 증가한다. 그러나, 제안 방안에서는 하향 트래픽 부하가 증가할수록 폴링 주기를 증가시켜 하향 데이터 전송을 위한 대역폭을 확보하기 때문에 고정 폴링 주기 방안과 유사한 손실률을 보이고 있다.

그림 7은 하향 트래픽 부하에 따른 하향 트래픽의 평균 전송 지연을 측정한 결과이다. 하향 트래픽의 평균 전송 지연은 하향 트래픽이 OLT에 유입되는 시점부터 ONU에 도착하게 되는 시점까지의 평균 시간을 나타낸다. IPACT 방안에서는 하향 트래픽 부하가 증가할수록 매우 큰 하향 전송 지연을 나타내고 있다. 하향 트래픽 부하가 낮은 경우에도 네트워크 트래픽의 burstiness 특성으로 인해 순간적으로 많은 양의 하향 트래픽이 OLT에 유입되기 때문에 IPACT 방안에서는 고정 폴링 주기 방안에 비해 하향 데이터의 전송 지연이 수백 μ s 단위로 더 크게 나타났다. 이러한 IPACT 방안에서의 하향 트래픽 전송 성능 저하는 하향 트래픽 부하가 커질수록 더 크게 나타났다. 그러나, 제안한 방안은 하향 트래픽 부하가 증가할수록 고정 폴링 주기 방안에 근접하는 하향 전송 지연을 나타내고 있다.

그림 8과 그림 9에서는 하향 트래픽 부하가 높은 환경과 낮은 환경에서 ONU의 상향 트래픽 부하를 변화시키면서 각 방안별 상향 전송 지연을 비교하였다. 하향 트래픽 부하로 각각 0.86 (860 Mbps)과 0.4 (400 Mbps)를 고려하였다. 상향 트래픽의 평균 전송 지연은 상향 트래픽이 ONU에 유입되는 시점부터 OLT에 도착하게 되는 시점까지의 평균 시간을 나타낸다.

그림 8은 하향 트래픽 부하가 높은 경우 상향 트래픽 부하에 따른 상향 전송 지연을 측정한 결과이다. IPACT 방안은 상향 트래픽 부하가 높을수록 고정 폴링 주기 방안과 유사한 폴링 주기를 운용하여 거의 동일한 전송 지연을 나타낸다. 그러나, 상향 트래픽 부하가 낮을수록 고정 폴링 주기 방안에 비해 폴링 주기를 빠르게 운용하기 때문에 향상된 전송 지연을 나타내고 있다. 제안 방안은 상향 트래픽 부하가 낮은 경우 IPACT 방안에 비해 전송 지연이 크지만 하향 전송 성능이 우수한 고정 폴링 주기 방안에 비해 상향 전송 지연이 작게 나타났다.

그림 9는 하향 트래픽 부하가 낮은 경우 상향 트래픽 부하에 따른 상향 전송 지연을 측정한 결과이다. 제안 방안은 IPACT 방안과 거의 유사하고 고정 폴링 주기

방안에 비해 향상된 지연 성능을 보이고 있다. 그림 8과 비교해 볼 때, 제안 방안은 하향 트래픽 부하가 낮은 환경에서 고정 폴링 주기 방안에 비해 보다 향상된 상향 전송 지연 성능을 나타낸다. 이것은 OLT의 큐 길이와 증감 상태에 따라 폴링 주기를 증가시키므로 하향 트래픽 부하가 낮은 경우 상대적으로 폴링 주기를 증가시키는 경우가 더 적기 때문이다.

IV. 결 론

본 논문은 EPON에서 가변 폴링 주기와 고정 폴링 주기 방안의 장점을 취한 혼합 방식인 새로운 동적 대역폭 할당 방안을 제안하였다. 대표적인 가변 폴링 주기 방안인 IPACT는 ONU의 상향 트래픽 부하가 낮을수록 하향 채널에서 GATE 제어 메시지에 의한 대역폭 낭비가 증가하는 문제점을 가지고 있다. 고정 폴링 주기 방안은 ONU의 상태를 반영하는 폴링 주기를 빠르게 운용할 수 없기 때문에 상향 채널의 전송 지연 성능이 저하되는 문제점을 가지고 있다.

제안한 방안은 기본적으로 가변 폴링 주기인 IPACT 방안에 기반을 두고 있으나, 하향 전송을 위한 OLT 큐의 상태에 따라 가변 폴링 주기 혹은 고정 폴링 주기로 동작한다. 하향 채널에 체증이 발생하게 되면 OLT의 큐 상태에 따라 폴링 주기를 인위적으로 증가시켜 폴링 오버헤드에 의해 낭비되는 하향 채널 대역폭을 줄이고 하향 데이터 전송을 위한 대역폭을 확보한다.

시뮬레이션을 통한 성능 분석 결과에서 제안 방안은 상향 전송 지연 성능이 우수한 IPACT 방안의 장점을 최대한 유지하면서 하향 전송 성능이 우수한 고정 폴링 주기 방안과 유사한 하향 전송 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] G. Kramer and G. Pesavento, "Ethernet passive optical network (EPON): building a next-generation optical access network," *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, no. 2, pp. 66-73, Feb. 2002.
- [2] <http://www.ieee802.org/3/efm>
- [3] G. Kramer, B. Mukherjee, and G. Pesavento, "Interleaved polling with adaptive cycle time (IPACT): a dynamic bandwidth distribution scheme in an optical access network," *Photonic Network Communications*, vol. 4, no. 1, pp. 89-107, Jan. 2002.
- [4] Su-il Choi, "Cyclic polling-based dynamic bandwidth allocation for differentiated classes of service in Ethernet passive optical networks," *Photonic Network Communications*, vol. 7, no. 1, pp. 87-96, 2004.
- [5] http://www.ieee802.org/3/efm/public/jul01/presentations/sala_1_0701.pdf

저 자 소 개



김 은 철(정회원)
 2001년 경북대학교 전자공학과 졸업
 2005년 경북대학교 전자공학과 석사
 2005년~현재 삼성전자 정보통신 총괄 무선사업부

<주관심분야 : 광가입 자망기술, 네트워크 프로토콜>



이 강 원(정회원)
 2002년 경북대학교 전자공학과 졸업
 2004년 경북대학교 전자공학과 석사
 2004년~현재: 경북대학교 전자공학과 박사과정

<주관심분야 : 네트워크 이동성, 트래픽 제어, BcN, Wibro>



최 영 수(정회원)
 1998년 경북대학교 전자공학과 졸업
 2000년 경북대학교 전자공학과 석사
 2000년~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

<주관심분야 : 트래픽 제어, 차세대 인터넷 프로토콜 및 이동 통신망, 광 인터넷>



조 유 제(정회원)
 1982년 서울대학교 전자공학과 졸업
 1983년 한국과학기술원 전자공학 석사
 1988년 한국과학기술원 전자공학 박사

1989년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수
 1992년 8월~1994년 1월 Univ. of Toronto, 객원교수
 2002년 2월~2003년 1월 미국 국립표준연구소 (NIST), 객원연구원
 <주관심분야 : 차세대 이동네트워크, BcN, 센서 네트워크>