

# EPON의 동적대역폭할당을 위한 ONU와 OLT 설계

준회원 이 순 화\*, 정회원 이 중 호\*\*, 김 장 복\*\*\*

## The Design of ONU and OLT for Dynamic Bandwidth Allocation on Ethernet PON

Soon-Hwa Lee\* *Associate Member*,  
Jong-Ho Lee\*\*, Chang-Bock Kim\*\*\* *Regular Members*

요 약

EPON(Ethernet Passive Optical Network)은 FTTH(Fiber To The Home)구성에 경제적인 기술로서, 차세대 가입자망 구성중 하나로 활발히 연구되고 있다. EPON은 Ethernet을 기반으로 하고 있기 때문에 QoS(Quality of Service) 지원을 위해서는 가입자에게 동적대역폭할당을 적용해야 한다. 최근 EPON 표준화에 대해 활발히 연구하고 있는 EFM SG 방향 역시 동적대역폭할당으로 결정한바 있다. 따라서 본 논문에서는 EPON의 MAC(Media Access Control) 프로토콜인 MPCP(Multi Point Control Protocol)에서 DBA(Dynamic Bandwidth Allocation)의 구현에 적합한 ONU(Optical Network Unit) 버퍼 스케줄링 알고리즘(AIWFQ)과 OLT(Optical Line Terminal)의 DBA 전략(Class-based FCFS)을 설계한다. 본 논문에서 제안한 알고리즘의 구현을 위해서 OPNET 시뮬레이션 도구를 이용하였으며, 단대단 처리 지연 시간과 버퍼크기를 측정하여 EPON 시스템의 모델로 활용할 수 있는 방안을 제시한다

Key Words : Ethernet PON; EPON; MAC Protocol; Access network; Passive optical network; PON;

### ABSTRACT

The EPON has been actively studied as one of the access networks for the economic configuration of FTTH. The EPON must support the dynamic bandwidth allocation to the subscribers in order to support the QoS due to its base on Ethernet technology. EFM SG, which is actively working for the standardization of EPON, also recently decided to select DBA. Therefore in this paper, we designed a ONU buffer scheduling algorithm(AIWFQ) and a scheme of DBA(Class-based FCFS) for the OLT suitable for embodying MPCP of the EPON. In this paper, we proposed methods that the EPON system can make use of by measuring end to end process delay time and the buffer size in order to implement the algorithm by using the OPNET.

\* 홍익대학교 전자공학과 통신연구실(loveteat@kebi.com)

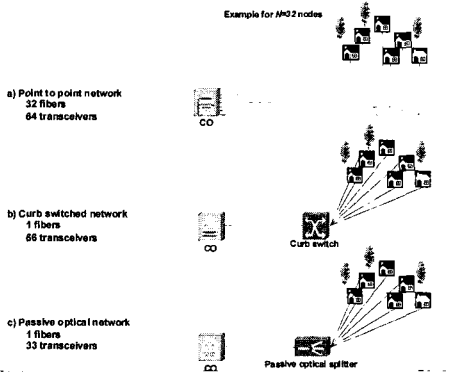
\*\* (주)SK이노에이스(jhyoung88@hotmail.com)

\*\*\* 홍익대학교 전자공학과 정교수(hoffnung@hongik.ac.kr)

논문번호 : 030261-0618, 접수일자 : 2003년 6월 18일

### I. 서론

2000년 초기의 차세대 통신망 구축은 주로 기간 전송망의 확대를 위해 많은 노력과 연구가 진행되었다. 과거와 달리 2000년대에 접어들면서 음성 트래픽보다 데이터 트래픽의 증가 추이가 더욱 높아지고 있으며, 2000년 중반 이후에는 VoIP(Voice over Internet Protocol) 기술의 등장으로 음성 트래픽도 데이터 트래픽으로 통합될 것으로 예상된다. 이로 인해 기간망의 경우, DWDM(Dense Wavelength Multiplexing)등의 기술을 이용해 Gbps에서 Tbps까지 확장되어 적용되고 있다. 그러나 가입자망의 경우, xDSL(Digital Subscriber Line) 환경으로 수 Mbps급에 머물고 있기 때문에 기간망에서 충분히 수용 할 수 있는 용량이 준비되었음에도 불구하고 병목구간이 발생하는 구조적인 문제점을 수반하게 된다.<sup>[1]</sup> 결과적으로 가입자망 진화의 최종목적은 FTTH에 있지만 모든 가입자에게 1:1로 연결하는 구성방식은 천문학적인 비용이 들어갈 수 있어, PON기술이 대안으로 대두되었다.<sup>[그림1]</sup>

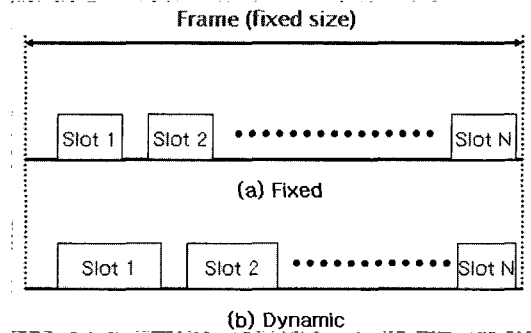


[그림 1] FTTH 구현을 위한 가입자 망 구성 시나리오

PON의 구성은 ONU, OLT, Splitter로 크게 구분 할 수 있으며, ONU는 종국, OLT는 주국, Splitter는 주국에서 종국으로 광파이버를 분기시켜주는 역할을 담당한다. 분기는 최대 64개까지 지원하며, ONU와 OLT의 거리는 최대 20Km 이다.<sup>[2][3]</sup>

EPON은 TDMA(Time Division Multiple Access)를 기반으로 하고 있으며, 동시에 다수의 ONU가 OLT로 전송 할 수 없기 때문에 D-

BA전략은 매우 중요하다.



[그림 2] TDMA 기반의 고정(a)과 동적(b)대역할당 구조

DBA의 전략은 [그림2(a)]의 고정방식과 같이 단일 ONU가 전송 할 수 있는 대역이 고정되어 있을 경우 구현이 간단하다는 장점은 있지만 상위 클래스의 QoS를 만족시키기에는 매우 어려우며 분기수의 제약과 자원의 이용률을 만족시켜 줄 수 없기 때문에 ONU의 전송 요구 정보를 수집하여 이를 기반으로 다음 프레임에 대한 동적대역할당([그림2(b)])이 제안되었다.<sup>[6]</sup> 본 논문에서는 ONU의 효율적인 버퍼 스케줄링 설계와 OLT의 동적 DBA알고리즘을 제안하여 제안한 EPON 구조의 효율을 극대화하였다. 본 논문의 구성은 2장에서 새로이 제안한 ONU 버퍼 스케줄링 알고리즘에 대해서 살펴보고, 3장에서는 제안한 OLT의 DBA 알고리즘에 대한 기술과 성능을 분석한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문에 대한 결과와 향후 연구 과제를 설명하였다.

## II. ONU 설계

### 2.1. AIWFQ 제안

EFM에서 망제어 기능을 주로 OLT에 부여하는 하는 이유는, OLT하나에 16개 이상의 ONU를 수용하고 있어, 경제적인 이점을 가질 수 있기 때문이다. 따라서 ONU의 가장 큰 관심사는 버퍼 스케줄링 방법이다. 트래픽 특성에 따라 별도의 스케줄링 방법을 적용해 처리효율을 높이는 방법을 고려해볼 수 있으나, 복잡한 구조와 경제성, 실현성에 적합하지 않다. 따라서, 단일 알고리즘을 통한 QoS 보장 알고리즘을 ONU에 적용 하는 것이 합리적이다.

현재 QoS를 보장해 주기 위한 여러 가지 스

케줄링 방법들이 제시되고 있다. 기본적인 스케줄링 방법인 FCFS(First Come First Service)는 ITU-T Y.1541<sup>[5]</sup>와 같은 다양한 멀티미디어 서비스들의 요구사항을 만족시켜주기에는 합리적이지 못하다. 따라서 특정한 최소 대역폭이나 대기시간을 공유하기 위한 RR(Round Robin)방식이나 우선순위와 Diffserv·RSVP등을 기반으로 한 WFQ(Weighted Fair Queuing)등을 적용하고 있는데 이것은 큐의 공정성을 만들어내는 대역폭 및 흐름기반의 큐잉 알고리즘들이다. 또한 최근에 제안된 DRR(Deficit Round Robin)기법<sup>[4]</sup>은 구현이 쉽고 큐잉 복잡도가 낮으며 정확한 공정성을 보이는 패킷 스케줄링 알고리즘이지만 EPON의 QoS 보장을 위해서는 OLT의 DBA 전략을 위해, 수정 보완하여야 한다.

[표 1] IP QoS 정의와 망 성능 목표치<sup>[5]</sup>

| 구분        | 서비스 품질 등급          |                    |                    |                    |                    |         |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|
|           | Class 0            | Class 1            | Class 2            | Class 3            | Class 4            | Class 5 |
| 망 성능 파라미터 |                    |                    |                    |                    |                    |         |
| 패킷 지연     | 100ms              | 400ms              | 100ms              | 400ms              | 1s                 | 미규정     |
| 패킷 지연변이   | 50ms               | 50ms               | 미규정                | 미규정                | 미규정                | 미규정     |
| 패킷 손실     | 1·10 <sup>-3</sup> | 1·10 <sup>-3</sup> | 1·10 <sup>-3</sup> | 1·10 <sup>-3</sup> | 1·10 <sup>-3</sup> | 미규정     |
| 패킷 머리     |                    |                    | 1·10 <sup>-4</sup> |                    |                    | 미규정     |

[표 2] 어플리케이션별 QoS 등급<sup>[5]</sup>

| QoS등급 | 어플리케이션 예   | 시스템 예제니움                  |
|-------|--|---------------------------|
| 0     | 실시간, 지연변이 민감형, 하이 인터랙티브 어플리케이션 (고품질 VoIP, 고품질 비디오 회의등) | 차별화 서비스를 위한 분리형 큐, 트래픽 관리 |
| 1     | 실시간, 지연변이 민감형, 인터랙티브 어플리케이션 (VoIP, VTC)                | 분리형 큐, 패기 우선순위            |
| 2     | 트랜잭션 데이터, 하이 인터랙티브 어플리케이션 (시그널링등)                      |                           |
| 3     | 트랜잭션형 데이터, 인터랙티브 어플리케이션                                | 큰 사이즈의 큐, 패기 우선순위         |
| 4     | 예러민감형 어플리케이션 (많은 트랜잭션, 블록 데이터, 비디오 스트리밍등)              |                           |
| 5     | 인터넷의 전통적 비보장형 어플리케이션                                   | 분리형 큐                     |

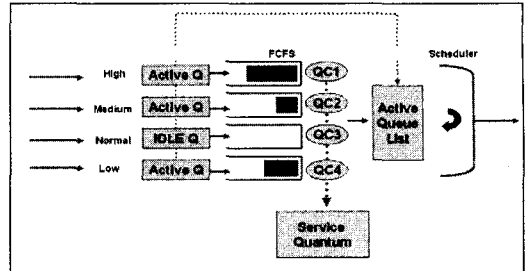
[표 3] 본 알고리즘에 적용한 클래스 정의

| CLASS  | 실시간성 | 비트율    | 트래픽특성       |
|--------|------|--------|-------------|
| HIGH   | O    | 20Mbps | HD TV       |
| MEDIUM | O    | 10Mbps | MPEG-2      |
| NORMAL | O    | 5Mbps  | 화상회의        |
| LOW    | X    | 1Mbps  | Best-effort |

따라서 본 논문에서는 기존 DRR을 적용하기 위해 적응 적인 RR 방식과 클래스별 패킷 분류를 적용하며 해당하는 클래스별 서브큐가 비어져 있는 조건에서는 해당 서브큐를 Skip하는 AIWFQ(Adaptive Isolated Weighted Fair Queuing)를 새로이 제안한다.

[그림3]은 새롭게 제안한 AIWFQ의 구조로서 각 클래스 별로 도착되는 패킷은 해당하는 서브큐에 위치하며, 이때 QC(Queue Counter)값을 보고 'Service Quantum'에서는 한 라운드를 순회할 때의 프로세스 처리 시간을 동적으로 할당해 줄 수 있다. 또한 [그림3]에서 나타난 바

와 같이 Normal 클래스의 큐가 비어져 있다면 한 라운드 순회시 격리 처리함으로써, 필요 없는 프로세스 처리 지연 시간과 특정한 서비스에 독점되는 불공평성을 줄일 수 있는 알고리즘이다.



[그림 3] AIWFQ 구조(proposal algorithm)

새롭게 제안한 AIWFQ는 WFQ를 기반으로 하는 알고리즘이며, WFQ는 GPS(Generalized Processor Sharing)의 개선된 방식이기 때문에 WFQ와 GPS 라운드로빈 버전을 살펴보면 AIWFQ 용어를 사용하는 이유가 명백해질 것이다.

$D_i =$  흐름 i가 경험한 최대 지연  
 $B_i =$  흐름 i에 대한 버킷 크기  
 $R_i =$  흐름 i에 대한 토큰율  
 $K_i =$  흐름 i를 처리하는데 있어 통과하는 노드수  
 $K_{is} =$  흐름 i를 처리하는데 있어 격리된 노드수  
 $L_i =$  흐름 i의 최대 패킷 크기  
 $L_{max} =$  흐름 i의 경로에 있는 모든 노드를 통과하는 모든 흐름의 최대 패킷길이  
 $C_m =$  큐 m에서 밖으로 나가는 링크 용량

$$D_i \leq \frac{B_i}{R_i} \dots \dots \dots (식 1)$$

(식1)은 GPS의 최대 처리 지연시간을 모델링 한 것으로 네트워크 각각의 흐름들이 토큰을  $R_i$ 를 수용할 수 있도록 설계된다. 이러한 비율로 토큰이 없어지는 것만큼 버킷에 채워진다. 노드가 흐름을 유지하고 있으면 큐의 길이는 버킷의 크기를 초과하지 않는다. 그래서 노드를 통과한 흐름이 겪는 지연은 토큰율로 나눈 버킷의 크기를 초과하지 않는다.

$$D_i \leq \frac{B_i}{R_i} + \frac{(K_i - 1)L_i}{R_i} \sum_m \frac{L_{max}}{C_m} \dots \dots \dots (식 2)$$

(식2)는 WFQ의 최대 처리 지연시간을 모델링 한 것으로서, 첫 번째 부분은 GPS로부터 나왔으며, 버킷 크기로 인한 지연을 나타낸다. 결과적으로 군집성(Burstiness)으로 인하여 발생하는 지연과 같다. 두 번째 부분은 각각의 패킷들이 경험한 지연에 비례한다는 것을 의미하며, 마지막 부분의 경우, WFQ는 GPS의 bit-by-bit와는 달리 packet-by-packet 전송이기 때문에 이미 도착한 모든 패킷들 중에서 가중치(weight)가 높은 패킷을 선택하는데 있어서의 지연시간을 의미한다.

$$D_i \leq \frac{B_i}{R_i} + \frac{(K_i - 1 - K_{is})L_i}{R_i} \sum_m^{K_i - K_{is}} \frac{L_{max}}{C_m} \dots\dots\dots(식 3)$$

(식3)은 새롭게 제안한 AIWFQ의 최대 지연시간으로, 흐름 i를 처리하는데 있어 격리된 서브큐 수만큼 처리지연 시간을 줄일 수 있다. 따라서 WFQ의 특성과 장점을 기반으로 주어진 서비스의 처리지연시간을 상당부분 개선시킬 수 있다는 장점을 가질 수 있다.

결과적으로 AIWFQ는 WFQ의 개념을 확장하여, 트래픽 처리 지연시간을 최소화하는 알고리즘이다. 최근 다양한 서비스 품질에 따라 QoS 지원은 트래픽이 요구하는 서비스 품질에 따라, 트래픽 관리를 차별적으로 수행함으로써 제공이 가능하다. 따라서 적절한 트래픽의 분류를 'packet-by-packet RR' 방식인 WFQ 특성에 따라 각 흐름 가중치에 비례하게 분배함과 동시에 비어있는 서브큐의 라운드 수를 줄여줌으로써 하여 각 흐름에 대한 처리 지연시간을 최대한으로 줄여 주는 것을 기대하는 방식이다.

## 2.2. AIWFQ 모의실험 및 결과

모의실험조건은 결과값의 수렴구간을 확인 할 수 있는 구간인 1시간으로 설정하였으며 프레임 크기는 'constant' 도착간격은 포아송 분포로 설정하였다. 또한 클래스별 트래픽 정의는 [표 3]에 따른다. 본 모의실험에서는 단일 ONU 버퍼 스케줄링 알고리즘의 성능 특성을 확인해보는 것을 목적으로 하기 때문에, 복수개의 ONU가 OLT로의 상향전송을 하는 것으로 설정을 할 필요가 없다. 따라서 EPON의 MAC 조건을 고려할 필요가 없다. 이로서 전파지연시간과 종단간의 전송지연시간을 측정은 의미가 없으므로, 해당 버퍼 스케줄링 알고리즘의 버퍼지연시

간과 버퍼크기를 측정하여 비교한다.

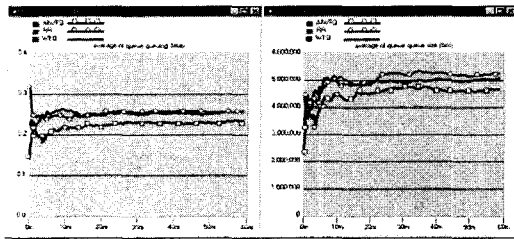
본 절의 구성은 각 클래스별 성능 결과의 그래프를 보이고 난 뒤, 버퍼지연시간과 버퍼크기 평균값을 수렴구간에서 측정하였다. 이로 인하여, 망 안정화 구간에서 나타난 결과 값을 보다 상세하게 알 수 있게 하였다. 또한, 초기 운영시 시스템 안정도를 평가 할 수 있는 비 수렴구간의 편차는 대부분 그래프를 통하여 확인 할 수 있기 때문에 별도 표시하지 않았다.

[그림4.a]를 보는 바와 같이 HIGH 클래스의 AIWFQ 특성은 초기 시스템 운영에 필요한 버퍼지연시간이 RR과 WFQ에 비교하여 낮은 지연시간에서 시작되고 있음을 확인 할 수 있다. 이것은 높은 우선순위를 갖는 클래스에 보다 많은 서비스 시간을 할당 할 수 있는 AIWFQ의 특성으로 인한 결과이다. [표4] HIGH 클래스에서 확인 할 수 있듯이 제안한 AIWFQ는 수렴구간 지연시간에 RR, WFQ 각각 10.56%, 9.51%의 성능향상을 가지며, 버퍼크기에 대해서는 12.51%, 6.78%의 성능향상을 보이는 것을 알 수 있다.

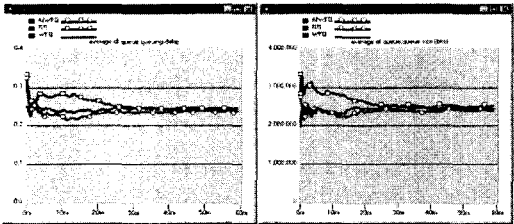
[그림4.b]의 Medium 클래스를 살펴보면, 제안한 AIWFQ의 초기 시스템 운영에 필요한 버퍼지연시간이 상대적으로 좋지 않은 결과가 나오고 있다. 이는 실험조건이 엔터프라이즈 네트워크 환경을 만족시킬 있도록 각 클래스의 트래픽의 도착간격과 프레임 크기를 랜덤함수로 두지 않았기 때문에 High 클래스 처리를 우선하여 생기는 알고리즘상의 특징이다. 그러나 수렴구간 버퍼지연시간에 있어 RR, WFQ 각각 -3.41%, -0.32%, 버퍼크기에 대해서는 -4.76%, -1.84%의 성능을 보이고 있어 RR이나 WFQ에 비교하여 떨어지지 않는 성능을 나타내고 있다.

[그림4.c]에서 확인 할 수 있듯이, Normal 클래스에서는 WFQ에 비교하여 초기 운영에 필요한 버퍼지연시간은 평균 약 6.5 ms 정도 높게 나타나지만 안정화가 되어 가는 수렴구간 이후에는 상호간에 비슷한 특성을 보이고 있다. 그러나 초기 버퍼크기의 평균값은 AIWFQ가 가장 줄어들었음을 알 수 있다, 버퍼크기 변화의 그림 2~6분 구간 최고치는 1.5Mbit를 넘지 않기 때문에, 초기 ONU가 안정적으로 필요로 하는 버퍼크기를 줄여줄 수 있다.

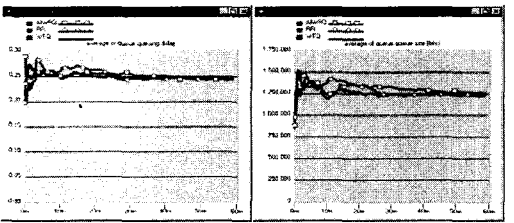
[그림4.d]와 [표4]의 LOW 클래스의 결과를 보



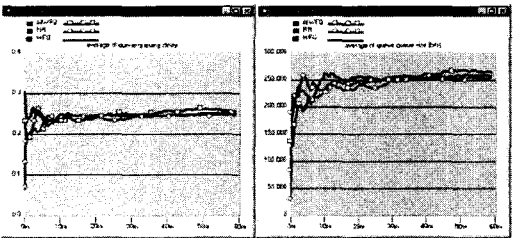
[그림 4.a] High Class 버퍼지연(L), 버퍼크기(R)



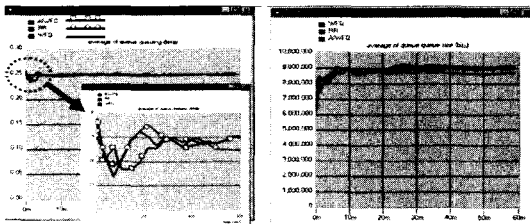
[그림 4.b] Medium Class 버퍼지연(L), 버퍼크기(R)



[그림 4.c] Normal Class 버퍼지연(L), 버퍼크기(R)



[그림 4.d] Low Class 버퍼지연(L), 버퍼크기(R)



[그림 4.e] Total Class 버퍼지연(L), 버퍼크기(R)

면 가장 특성을 좋게 보이는 구조가 RR 이라는

것을 알 수 있다. 이것은 RR 구성상 우선순위와 관계없이 모든 클래스에 동일한 버퍼지연시 [표 4] RR,WFQ,AIWFQ 버퍼지연 및 크기에 대한 평균값

|                     | RR                      | WFQ                    | AIWFQ     |
|---------------------|-------------------------|------------------------|-----------|
| <b>HIGH CLASS</b>   |                         |                        |           |
| 버퍼지연                | 253.52ms<br>(+ 10.56%)  | 250.58ms<br>(+ 9.51%)  | 226.74ms  |
| 버퍼크기                | 5.283Mbit<br>(+ 12.51%) | 4.958Mbit<br>(+ 6.78%) | 4.622Mbit |
| <b>MEDIUM CLASS</b> |                         |                        |           |
| 버퍼지연                | 234.91ms<br>(- 3.41%)   | 242.15ms<br>(- 0.32%)  | 242.93ms  |
| 버퍼크기                | 2.374Mbit<br>(- 4.76%)  | 2.442Mbit<br>(- 1.84%) | 2.487Mbit |
| <b>NORMAL CLASS</b> |                         |                        |           |
| 버퍼지연                | 244.12ms<br>(- 0.22%)   | 244.07ms<br>(- 0.24%)  | 244.66ms  |
| 버퍼크기                | 1.248Mbit<br>(- 0.32%)  | 1.249Mbit<br>(- 0.24%) | 1.252Mbit |
| <b>LOW CLASS</b>    |                         |                        |           |
| 버퍼지연                | 241.99ms<br>(- 6.96%)   | 242.20ms<br>(- 6.87%)  | 258.84ms  |
| 버퍼크기                | 0.248Mbit<br>(- 6.85%)  | 0.255Mbit<br>(- 3.92%) | 2.265Mbit |
| <b>TOTAL CLASS</b>  |                         |                        |           |
| 버퍼크기                | 9.172Mbit<br>(+ 5.45%)  | 8.907Mbit<br>(+ 2.64%) | 8.672Mbit |

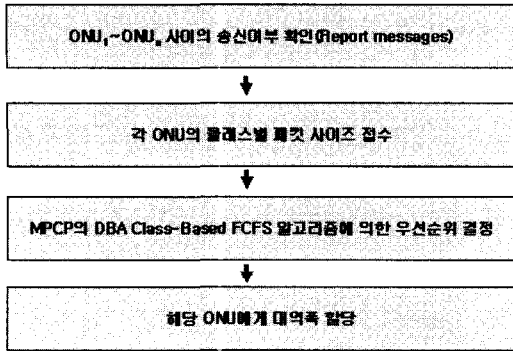
간을 부여해 주기 때문에 생기는 일반적인 결과라고 볼 수 있다. 그러나 AIWFQ에서 중요하게 볼 것은 초기 운영에 필요한 평균 버퍼크기는 WFQ와 RR에 비교하여 낮은 특성(약 0.01~0.02 Mbit 절감)을 보이고 있다는 것이다. 다만 안정화 구간이 계속 지속되어 갈수록 WFQ와 RR과 비교하여 가장 효율이 떨어지고 있음을 알 수 있다. 모든 클래스를 포함한 전체적인 성능을 비교한 것이 [그림4.e]와 [표4]의 전체 클래스에 나타나고 있다. 앞서 확인해 본 바와 같이 높은 클래스에 보다 많은 효율성이 있어, 전체적인 성능 향상은 AIWFQ가 가장 높게 나타나고 있다. 결과적으로 제안한 AIWFQ 알고리즘은 상위 클래스에 대한 높은 성능 향상으로 하위 클래스의 결손량을 만회한다. 향후 HIGH 클래스 비중이 높아질 멀티미디어 환경을 고려해 볼 때, 합리적임을 기대할 수 있다.

### III. OLT 설계

#### 3.1. Class-based FCFS제안

전통적인 Generalized FCFS와 달리 새롭게 제안한 Class-Based FCFS는 클래스별 우선순위를 부여한 뒤 클래스별 패킷의 도착순위에 따

라 처리한다. 새롭게 제안한 DBA 알고리즘 기본 구조는 [그림5]와 같다.

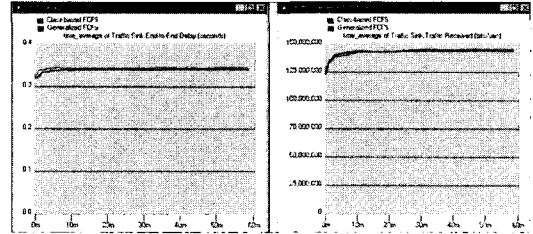


[그림 5] Class based FCFS 알고리즘

Class-based FCFS는 Generalized FCFS 방법과 유사한 대역폭 할당을 하지만 클래스별 패킷도착순위를 분류하기 때문에, Generalized FCFS의 간단한 구조를 수용하면서 실시간 트래픽 처리의 유연함을 동시에 가질 수 있게 해준다. 그렇지만 실시간 트래픽에 치중한 트래픽 처리는 자칫 비실시간 트래픽 처리에 높은 부하를 초래하게 되어 네트워크 전체의 트래픽 처리 효율을 낮출 수 있다. 이러한 문제점이 발생하지 않도록 새로이 제안한 Class-based FCFS는 클래스별로 분류 처리한 후, 한 라운드를 순회할 때마다 전송권한을 비실시간 트래픽에 부여한다. 또한 TOS(Type Of Service) 필드를 이용한 클래스 기반은 많은 요구사항을 원하는 응용서비스에 대한 우선적인 취급을 해 줄 수 있다는 의미를 가진다. 이것은 네트워크 대역폭 할당에 있어, 수요를 예상 할 수 있으며, 요구되는 자원을 이용할 수 없게 되면 새로운 요청을 거부할 수 있기 때문에, Gate, Report 메시지를 이용한 예약 형식의 MPCP 프로토콜에 적합하다고 볼 수 있다. 제안하는 DBA 알고리즘에서 기대하는 것은 각 ONU에서 요구된 응용서비스의 클래스별 처리 지연시간 편차를 최소화하여 모든 ONU에게 최대 허용되는 트래픽양에 근접 할 때 SLA 만족도를 높이고자 함이다. 이로써, QoS의 보장은 클래스 레벨의 대역폭 할당으로 수용하면서, 동일한 클래스 내에서는 FCFS 방식을 수용하는 장점을 갖는다.

3.2. Class-based FCFS 모의실험 및 결과

[그림6]을 보면, Generalized FCFS와 제안한 Class based FCFS의 전체 효율은 Generalized FCFS와 동일한 선착순 기반인 이유로 대동소이하다. 따라서 명확히 확인하여야 할 부분은 클래스별 처리 효율이다.



[그림 6] G-FCFS와 C-FCFS(proposal algorithm)의 처리지연시간(L)과 트래픽 수신용량(R)

[표 5] 클래스별 처리지연시간의 평균(avg)와 표준편차(sv)

| Class  |     | G-FCFS         | C-FCFS         |
|--------|-----|----------------|----------------|
| HIGH   | avg | 0.36 frame/sec | 0.39 frame/sec |
|        | s v | 0.127453       | 0.006283       |
| MEDIUM | avg | 0.33 frame/sec | 0.33 frame/sec |
|        | s v | 0.118710       | 0.004621       |
| NORMAL | avg | 0.34 frame/sec | 0.32 frame/sec |
|        | s v | 0.120762       | 0.011962       |
| LOW    | avg | 0.33 frame/sec | 0.30 frame/sec |
|        | s v | 0.128456       | 0.005548       |

[표5]에서 보는 바와 같이 표준 편차가 HIGH의 경우 '0.12117', MEDIUM의 경우 '0.114089', NORMAL의 경우 '0.1088', LOW의 경우 '0.122908' 값만큼 감소를 갖기 때문에 실제 네트워크 환경에서 ONU에게 나누어주는 대역폭의 만족도는 새롭게 제안한 Class-based FCFS 방식이 Generalized FCFS에 비하여 향상됨을 알 수 있다. 또한 각 클래스의 지연시간의 평균값은 두 알고리즘 모두 동일한 수준임을 알 수 있으며 이것은 새로이 제안한 Class-based FCFS 방식과 Generalized FCFS가 같은 FCFS를 기반으로 하고 있기 때문이다.

IV. 결 론

새로이 제안한 AIWFQ는 WFQ와 전통적인 RR방식과 비교해 볼 때 우선순위가 높은 클래스에 큰 효율을 갖고 있으며, 서비스를 할 필요가 없는 클래스의 버퍼를 적리 처리하여 전체 처리 지연시간을 감소시켰다. 특히 가장 높은 High 클래스의 경우를 기존의 RR, WFQ방식과 비교해 볼 때, 프레임당 처리 지연시간은 각각 10.56%,

9.51% 향상된 특징을 가지면서, 버퍼 크기의 경우는 각각 12.51%, 6.78%를 줄여주어, 상대적으로 하위 클래스의 낮은 성능을 보상, 전체 클래스를 고려한 성능 결과에서의 버퍼의 크기를 약 100Kbit~250Kbit 줄여 주는 성능 향상(RR,WFQ 각각 5.45%, 2.64% 향상)을 확인하였다. 새로이 제안한 OLT의 동적 대역폭 할당 알고리즘인 Class-based FCFS는 Generalized FCFS와 같이 도착 순서에 의한 서비스를 기반으로 하기 때문에 전체적인 처리 지연시간은 동일하지만 각 ONU와 각 클래스 처리 지연 편차를 약 10~25 배 향상하여 SLA 만족도를 높일 수 있다는 것을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 ONU의 경제적인 설계를 가능하게 하며, 통신 서비스 사업자들에게 초기 EPON 서비스의 SLA 조건을 만족시킬 수 있는 DBA 모델로서 활용과 시스템의 복잡도를 줄일 수 있는 특징을 활용할 수 있을 것이다. 향후 연구과제로는 클래스별 종단간의 지연을 더욱 최소화시키는 정교한 운영방법과 AIWFQ 특성상 클래스별 패킷 크기를 정확히 신고 할 수 있는 특징을 이용하여 엔터프라이즈 네트워크 환경에서 서비스 요구량을 예측가능하며, 최고 1518byte의 가변길이 패킷을 갖는 EPON의 효율적인 전송에 필요한 MPCP 프로토콜 통합 알고리즘의 개발을 하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] Kramer, G.; Pesavento, G. "Ethernet passive optical network (EPON): building a next generation optical access network", IEEE Communications Magazine Vol: 40 Issue: 2, 2002 pp. 66~73, Feb. 2002.

[2] Kramer, G.; Mukherjee, B.; Pesavento, G. "IPACT a dynamic protocol for an Ethernet PON (EPON)" IEEE communications Magazine , Vol: 40 Issue: 2, Feb 2002 pp. 74~80

[3] Tang Shan; Ji Yang; Cheng Sheng, "EPON upstream multiple access scheme" Infotech and Infonet, 2001. Proceedings. ICII 2001 Beijing. 2001 International Conference on, Vol: 2 , 2001 pp. 273~278

[4] 윤여훈, 김태운 "엔터프라이즈 네트워크에서 패킷지연시간을 최소화하는 공정 큐잉 알

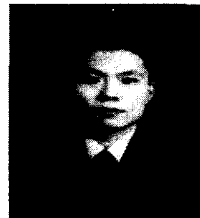
고리즘", 한국정보처리학회논문지 C, VOL9 -C No.01 pp. 21~30, 2002.02.

[5] 김형수 "ITU-T SG13 Q.6의 표준화 연구 동향" KT 기술조사평가단, 2002.09

[6] 안계현의 4인 "이더넷 PON을 위한 MAC 프로토콜성능 분석" 한국통신학회 논문지 03-5 Vol.28 No.5B pp. 457~465, 2003.05

이 순 화(Soon-Hwa Lee)

준회원

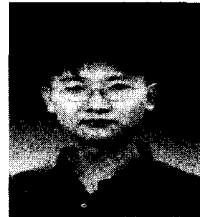


2001년 2월: 서울산업대학교  
전기정보공학부 매체공학 학사  
2003년 2월: 홍익대학교  
전자공학 석사  
2003년 3월~현재: 홍익대학교  
전자공학 박사과정

<주관심분야> 광네트워크, 네트워크 QoS, 유무선 통신망, 홈네트워킹

이 종 호(Jong-Ho Lee)

정회원

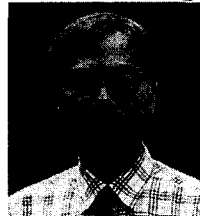


1996년 8월: 홍익대학교  
전자공학 석사  
2002년 8월: 홍익대학교  
전자공학 박사과정 수료  
1996년 7월~2002년 1월:  
현대전자(주) 통신연구소  
2002년 2월~현재: (주)SK이노에이스 기술  
연구소 과장

<주관심분야> 광네트워크, WCDMA, 무선랜

김 장 복(Chang-Bock Kim)

정회원



1974년 2월: 연세대학교  
전자공학 학사  
1976년 2월: 연세대학교  
전자공학 석사  
1983년 6월: 연세대학교  
전자공학 박사  
1993년 1월~현재: 홍익대학교 전자공학과 정교수

<주관심분야> WDM, ATM, 유무선가입자망