

# WDM-PON 에서의 실시간 서비스 품질 보증을 위한 스케줄링 기법 및 동적 대역폭 할당 알고리즘

조지형\*, 김재관\*\*, 강민호\*\*\*  
한국정보통신대학원대학교 광인터넷 연구실

## Scheduling and Dynamic Bandwidth allocation Algorithm for Real-Time Service on WDM-PON

Jihyoung Cho\*, Minho Kang\*\*  
Optical Internetworking Laboratory  
Information and Communications University  
E-mail : \*jhcho@icu.ac.kr, \*\*tecmania@icu.ac.kr, \*\*\*mhkang@icu.ac.kr

### Abstract

Passive optical networks (PONs) will be the pervasive choice in the design of next-generation access networks. One possible solution to implementing passive optical access network is to rely on wavelength-division multiplexing (WDM). In this paper, we solve the problem of providing real-time service to both hard and soft real-time messages in conjunction with a conventional best-effort service in WDM. We propose an adaptive scheduling algorithm to schedule and manage the message transmissions in the optical access network. Proposed algorithm is MLF-MQF. Also, we suggest dynamic bandwidth algorithm (DBA) in Loop-back WDM-PON (LPB-PON) our mechanism based on bandwidth reservation protocol.

### I. 서론

현재 인터넷 트래픽의 급증으로 인해 많은 대역폭을 필요로 하고 있다. 특히 백본망과 가입자를 연결시켜주는 역할을 하는 액세스 망은 병목현상을 보이고 있다 [1]. 이를 해결 하기 위해, 50Mb/s 이상의 VDSL 기술이 거론되고 있지만 궁극적인 해결책은 아니다. 광 수동소자를 이용하여 높은 대역폭을 제공하는 PON 이 적합한 해결책으로 제시 되고 있다. PON 은 ATM-PON , Ethernet -PON , WDM-PON 으로 크게 나뉘 볼 수 있다.

본 논문은 KOSEF, KT, ETRI 지원하에 이루어졌습니다.

현재 ATM-PON 은 상하향 622Mb/s 의 대역폭을 제공하고 있으며 표준화가 완료된 상태이다. Ethernet-PON 은 IEEE 802.3ah 에서 표준화가 진행중[2]이며 액세스망에서 널리 쓰이고 있는 이더넷 프레임 사용하기 때문에 ATM-PON 에 비해 친화력이 있다. Ethernet-PON 은 현재 양방향 1Gb/s 의 대역폭을 제공하고 있다. WDM-PON 은 한 파장이 아닌 다 파장으로 더 높은 대역폭을 보장하고자 나온 기술로 아직 구체적인 규격은 제시되고 있지 않지만 FTTH 구현시 PON 망의 최종단계로 여겨지고 있다. 본 논문의 2 절에서는 WDM-PON 의 구조와 기술에 대해 살펴본다. 본 논문에서는 OAM 측면에서의 효율성을 위해 Loop-back 을 적용하여 OLT 에서 보내온 파장에 상향 트래픽을 실어 보내는 구조를 사용한다. 3 절에서는 다파장을 이용한 WDM-PON 에서의 실시간 서비스의 품질을 보장하기 위한 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 또한 대역폭을 효율적으로 사용하기 위해 적합한 동적 대역폭 할당 기법을 제안한다.

### II. WDM-PON 기술

본 절에서는 기존의 WDM-PON 구조와 기술에 대해 알아본다. 그림 1 과 같이 WDM-PON 은 가입자별 혹은 서비스별로 파장을 다중화하는 WDM 방식을 사용하여

다수의 ONU(Optical Network Units)가 여러 개의 Optical links 를 통해서 CO(Central Office)에 연결되는 구조로서 크게 CO, RN(Remote Node), ONU 로 구성된다. CO 는 Feeder network 이라고도 하는데 서로 다른 여러 개의 파장을 가지는 광신호를 생성하여 RN 로 전송하고, 반대로 여러 가입자망인 ONU 에서 RN 로 전송되어 CO 로 향하는 신호를 수신하는 부분으로 이루어져 있다. ONU 는 Distribution network 이라고도 하는데 RN 에서 분배된 각각의 WDM 신호를 수신하여 가입자에서 전송하거나, 각 가입자에서 CO 로 향하는 여러 개의 SCM(Sub-carrier Multiplexing) 신호를 하나의 WDM 파장에 실어 RN 으로 전달한다. RN 은 CO 와 ONU 사이에 위치하여 AWG(Arrayed Waveguide Grating) 등의 수동 광소자를 사용하여 CO 에서 ONU 로 향하는 여러 파장의 광신호를 Demultiplexing 하여 Routing 하고, 반대로 각각의 ONU 에서 CO 로 향하는 각각의 WDM 채널을 Multiplexing 하여 CO 로 전달한다. WDM-PON 은 상/하향 파장으로서 다수의 WDM 파장을 사용하기 때문에 시스템의 용량을 크게 증가시킬 수 있으며 Flexibility 가 우수하여 효율적인 네트워크 구성이 가능하고 Upgradability 가 좋다.

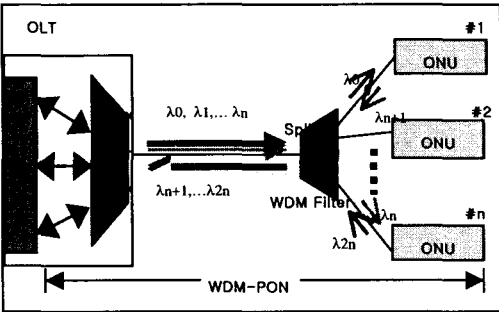


그림 1. WDM-PON 구조

하지만 각 ONU/ONT 에게 고정된 파장을 할당 할 경우 망 확장성 및 유연성에 문제가 발생하게 된다. 이를 해결하고자 나온 방법이 OLT 에서 각 ONU/ONT 에게 보낸 파장을 사용하여 상향시 그 파장을 Loop-back 시키는 Loop-back WDM-PON (LPB-PON) 이다. 다음 절에서 LPB-PON 의 구조를 바탕으로 다양한 트래픽이 서비스되는 망에서 실시간 트래픽의 품질을 보증하는 스케줄링 기법과 하나의 파장을 사용하여 상/하향 이용시 발생할 수 있는 대역폭 문제를 해결하는 알고리즘을 제안한다.

### III. LPB-PON 을 위한 스케줄링 및 대역폭 할당 기법

본 절에서는 그림 2 에서 보이는 LPB-PON 구조에서 실시간 트래픽을 서비스하기 위한 스케줄링 기법과 효과적인 대역폭 할당을 위한 메커니즘을 제안한다.

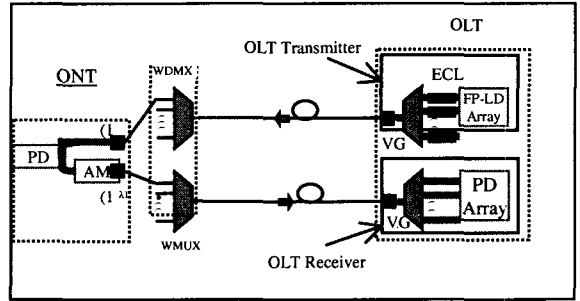


그림 2. LPB-PON 구조

#### 3.1 실시간 서비스를 위한 스케줄링 알고리즘

실시간 트래픽을 스케줄링하기 위한 기법에는 여러가지가 있다. 본 논문에서는 서비스를 받기 위해 남은 시간이 가장 적은 메시지를 우선적으로 송신하여 메시지 전송 실패율을 줄이는 minimum laxity first(MLF) 스케줄링 기법을 사용하였다.[3,4] 실시간 서비스만을 보장하다보면 다른 서비스들에 대한 품질이 저하되기 때문에 다단계 큐를 두어 aging 기법을 적용하였다. 그림 3 과 같이 다단계 큐를 두어 트래픽을 구별 하여 서비스 하게 된다. 또한 light-load penalty 문제[5]를 해결하기 위해 2 단 버퍼 구조를 적용한다. 본 논문에서는 이를 MLFwith multi queue feedback (MLF-MQF)라고 한다.

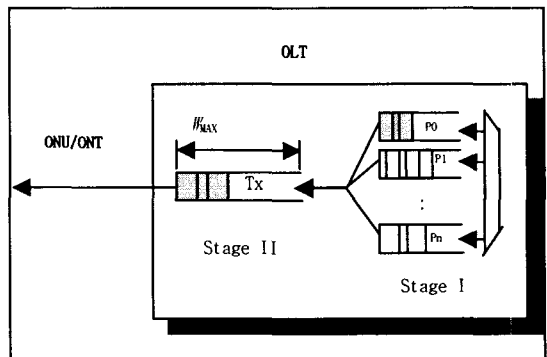


그림 3. 다단계 2 단 버퍼 구조

메시지 전송시, 각 송신 큐의 앞에 있는 메시지들 중에서 MLF 에 의해 하나의 메시지를 선택한 후 현재 전송가능한 파장을 선택하여 이 메시지를 전송한다. 효과적인 파장 할당을 위해 earliest available time scheduling (EATS)을 적용하였다. EATS 의 기본 아이디어는 모든 파장중에서 가장 빠른 시일내에 사용 가능한 파장을 메시지에 할당하는 것이다. 사용 가능한 파장은 channel available time (CAT) array 에 저장된 순서로 할당된다. 본 논문에서는 이러한 실시간 스케줄링 기법을 적용하여 시간제약을 받는 멀티미디어 서버들의 지연 및 전송실패율을 줄이고자 한다. MLF-MQF 알고리즘은 다음과 같다.

### MLF-MQF 알고리즘

시작 :

- 메시지들의 laxity 를 바탕으로 실시간 메시지 배열;
- 메시지 길이로 best-effort(BE) 메시지 배열;
- 서로 다른 메시지들간에 우선권을 부여;
- 현재 전송 가능한 파장을 순서별로 배열, CAT [j];

상태 1:

- 각 ONU/ONT 별로 파장 할당;
- 가장 높은 우선권을 가진 메시지를 전송;
- 만약  $t_{ws} + l_s + R > p$  인 경우
  - hard 타입의 실시간 메시지는 버린다.
  - Soft 타입의 실시간 메시지는 BE 큐로 넣어 서비스 받게 한다.

대역폭이 남을 경우 BE 트래픽 전송;

상태 2:

- 특정 BE 트래픽이 기다리는 시간이 임계치 초과시 우선순위를 높여 먼저 서비스 받게 처리;
- 특정 실시간 트래픽이 기다리는 시간이 임계치 초과시 우선순위를 높여 먼저 서비스 받게 처리 ;

끝.

파라미터	값
$t_{ws}$	기다리는 시간
$l_s$	전송 시간
CAT[j]	가능한 파장 배열
R	전파 지연 시간
p	메시지 laxity

표 1. MLF-MQF 파라미터 값

실시간 메시지의 경우 laxity 를 비실시간 메시지의 경우 메시지의 길이로 우선권을 부여받게 된다.

이 알고리즘은 한번의 순차 과정과 한번의 탐색과정을 걸치기 때문에 복잡도가 비교적 낮아 효율적이다.

다음 절에서는 전송시 효율적인 대역폭 활용을 위한 방안을 알아본다.

### 3.2 LPB-PON 의 동적 대역폭 할당 기법

현재 예측 되고 있는 트래픽에 대해 한 파장당 대용량의 트래픽을 실을 수 있기 때문에 상/하향 대역폭을 나누어 쓰는 것이 가능하다. 하지만 상/하향에 대해 고정된 대역폭을 할당하게 될 경우 대역폭 낭비를 초래할 수 있다. 본 절에서는 LPB-PON 에서 대역폭 낭비를 방지하기 위한 동적 대역폭 할당 메커니즘을 제안한다.

그림 4 에서 동적 대역폭 할당 메커니즘 을 나타낸다.

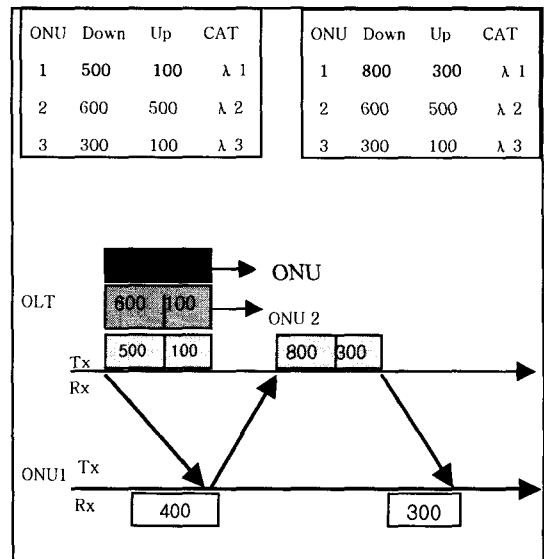


그림 4. 대역폭 할당 메커니즘

각 OLT 는 하향 트래픽 전송시 대역폭을 모두 점유하는 것이 아니라 , ONU /ONT 에게 상향 트래픽에 대한 최소한의 대역폭을 보장해 준다. 상향 트래픽이 없을 때에도 제어신호 및 메시지 송수신 사이에 도착했을 실시간 트래픽을 위하여 최소 대역폭은 보장해줘야 한다. 상향 트래픽 전송시 다음번에 사용할 대역폭을 미리 예약하는 방식을 사용한다. 이 개념은 이더넷 PON 에서의 동적대역폭 할당 알고리즘 [6]과 유사하다. 하지만 각

ONU/OLT 가 서로 다른 파장을 사용하기 때문에 다른 ONU 와의 대역폭 공유는 없다고 가정한다. 이 방식을 적용하게 되면 OLT 는 상향 트래픽에 대해 예약된 대역폭이 없을시 상향 트래픽에 대한 최소 대역폭을 제외한 나머지를 모두 하향 트래픽에 부여 할 수 있게 된다. 또한 상/하향 트래픽이 많이 발생시 적절한 임계치를 부여하여 상/하향 트래픽을 골고루 전송할 수 있게 한다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 WDM 을 이용한 루프백 구조의 LPB-PON 에서 실시간 메시지들의 품질 보증을 위한 스케줄링 기법인 MLF-MQF 를 제안하였다. 실시간 스케줄링 기법을 적용하여 시간제약을 받는 트래픽의 전송 실패율을 줄이고 다단계 버퍼를 두어 다양한 트래픽을 서비스 할게 하였다. 빈곤(starvation) 문제 해결을 위해 피드백 개념을 적용하였다. 또한 light load penalty 문제를 해결하기 위해 2 단 구조를 사용하였다. 앞으로 실험을 통해 제안한 알고리즘의 성능을 분석해 보아야 한다. 하지만, 이 스케줄링 기법을 사용시 기존 논문에서 발표된 성능 [3,4]과 유사하게 LPB-PON 에서도 처리율을 높이고 지연을 감소시키며 전송실패율을 줄이는 효과를 가져올 거라 예상된다.

본 논문에서는 LPB-PON 사용시 발생할 수 있는 대역폭 낭비를 동적 대역폭 할당 방식을 도입하여 상향트래픽 대역폭을 예약하는 방식을 제안하였다. 고정된 대역폭 할당에 비해 대역폭 효율을 높일 것으로 예상된다.

#### V. 참고문헌

- [1] Ulrich Killat , Access to B-ISDN via PONs ,Teubner,1996
- [2] IEEE Draft P802.3ah/D2.0
- [3] Feiling Jia, B. Mukherjee , and Jason Iness," Scheduling Variable-Length Messages in a Single-Hop Multichannel Local Lightwave Network", IEEE/ACM Transactions on networking, Vol.3, No.4. 1995
- [4] Maode Ma , Mounir Hamid," Scheduling algorithm for differentiated service on wavelength-division-multiplexed passive optical access networks", J. of optical networking, Vol.1 , No.11, 2002
- [5] 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&9,2002, pp.280-298

- [6] G.Kramer , B. Mukherjee , and G.Pesavento, "IPACT : A Dynamic Protocol for an Ethernet PON (EPON)", IEEE Comm. Magazine, Feb.2002,pp74-80