

# WDM PON상에서의 QoS보장을 위한 동적 대역폭 할당에 관한 연구

김 경 민, 이 순 화, 김 장 복  
홍익대학교 전자공학과 통신 연구실  
E-mail ; yk2min@hanmail.net

## Dynamic bandwidth allocation for Quality of Service on a WDM PON

Kyung Min Kim, Soon Hwa Lee, Chang Bock Kim  
Digital communication lab, Dept. of Electronic, Hong ik University  
E-mail ; yk2min@hanmail.net

### Abstract

본 연구에서는 G.983.1 표준에 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 기술을 이용하여 WDM-PON 구조를 제시하고, PON상에서의 주된 지연은 upstream 상에서 발생하므로 IEEE 802.1p를 토대로 각각의 클래스별로 패킷을 분류하여 제안한 알고리즘을 통해 상향 링크상에서의 동적 채널 할당을 실험 하였다. 이를 토대로 WDM-PON에서 각 클래스별 다중 버퍼 방식의 효율성과 채널 할당 알고리즘의 타당성을 확인해 보고자 한다.

### I. 서론

현재 인터넷 사용자의 폭발적인 증가추세에 편승하여 traffic의 양적인 증가 역시 불가피하게 되었다. 이에 따라 IPv6의 개발과 다양한 broadband telecommunication system의 개발을 가속화시켰다. 그 결과 1990년대 광파이버의 실용화에 따라 기존의 통신망 구조와 가입자망(access network)에 많은 변화를 가져왔다.<sup>[1]</sup>

수Gbps~Tbps에 이르는 백본망(backbone network)에서의 전송 속도의 증가는 가입자망(그림 1)에서의 속도 증가를 이끌었다. 이를 가입자선로의 광케이블화

(FITL ; Fiber In The Loop) 라고 한다. FITL의 궁극적인 목표는 FTTH(Fiber To The Home)로서 이는 기존의 infrastructure에 비해 유지나 보수가 쉽고 저렴한 비용 그리고 낮은 전력소비 등의 장점을 가진다.<sup>[2]</sup>

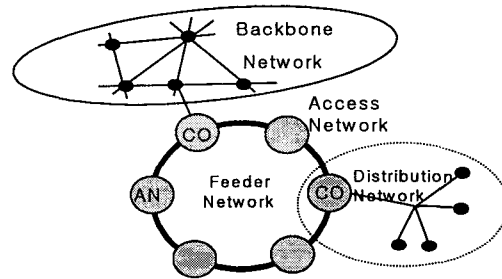


그림 1. 백본망에서의 가입자망

가입자망에 고속의 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 네트워크 기술자들은 FSAN(Full Service Access Network) Group을 설립하고 국제 표준의 access system을 개발하였다. 이에 따라 ITU-T (International Telecommunication Union)에서 G.983.1 표준안이 제시되었다.<sup>[3]</sup> 이 표준에서의 BPON (Broadband Passive Optical Network) 시스템의 기본구조와 메커니즘에 따라 다양한 형태의 access system이 개발되고 있다. ATM(Asynchronous Transfer Mode), TDM(Time Division Multiplexing), TCM(Time compression Multiplexing), DDM(Directional Division

Multiplexing), WDM(Wavelength Division Multiplexing) 등의 기술을 이용한 여러 PON 구조가 소개되었지만, 이러한 기술들에 비해 멀티미디어 서비스에 대해 가장 유연하고 폭넓은 대역폭을 제공할 수 있는 WDM기술을 통한 PON 시스템의 구현은 보다 효과적인 방법이 될 것이다.

따라서 본 논문에서는 WDM기술을 이용한 새로운 PON구조를 제시하고 PON 시스템의 상향 링크에서 각 클래스별로 패킷을 분류하여 제안한 알고리즘을 통해 동적 대역폭 할당을 실험 하였다. 이를 토대로 WDM-PON에서 각 클래스별 다중 버퍼 방식의 효율성과 채널 할당 알고리즘의 타당성을 확인해 보고자 한다.

## II. PON(Passive Optical Network)

ITU-T G.983.1 표준안에서 PON(Passive Optical Network)은 그림 2에서와 같이 PON 시스템의 CO(Central Office)에 해당하는 OLT(Optical Line Termination)와 다수의 ONU(Optical Network Unit)들 그리고 Optical splitter 혹은 WGR(Wavelength Grating Router)로 구성된다.

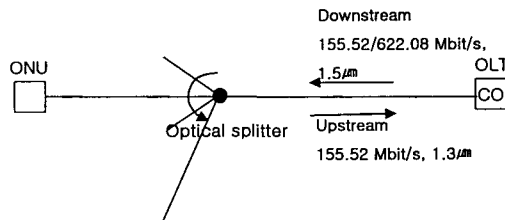


그림 2. PON system

OLT는 일반적으로 CO에 위치하며, 가입자망(access network)과 서비스 노드사이의 인터페이스를 제공한다. OLT와 다수의 ONU 사이의 point-to-multipoint connectivity는 광경로상에 optical branching device를 사용하여 만들어진다. ONU는 다수의 사용자나 사용자 그룹들을 수용하는 노드이며 일반적인 PON구조에서는 CO에서 모든 기능을 통제, 관리하여 ONU에서의 기능을 최소화하고 있다. OLT에서 ONU로의 Downstream은 155.52/622.08 Mbit/s의 전송 속도를 보장하며 1.5µm window를 사용하고 ONU에서 OLT로의 Upstream은 155.52 Mbit/s의 전송속도에 1.3µm window를 사용한다. 그리고 OLT에서 ONU까지 물리

적인 최대 거리는 20km이며 optical splitter와 같은 광분기소자의 최대 분기수는 32채널까지 가능하다.

일반적인 PON구조에 있어서 OLT와 다수의 ONU들 사이에는 능동소자를 사용하지 않기 때문에 이에 따른 비용 절감 효과를 가진다. 또한, PON구조는 다수의 사용자들 사이에 광섬유를 공유하므로 케이블의 설치비용이나 공간에 있어서도 장점을 가진다고 할 수 있다.<sup>[4]</sup>

## III. 제안한 WDM-PON시스템과 알고리즘

### 1. WDM-PON의 구성

PON시스템에서 first-come-first-served(FCFS) 메커니즘으로 구성된 Downstream protocol은 비교적 간단하고 지연이 작는데 비해 Upstream protocol은 ONU에서 패킷이 전송되기 전에 전송 허가에 대해 기다리는 등의 네트워크 제어 신호에 따른 많은 지연이 발생하게 된다.<sup>[5]</sup> 따라서, PON상의 주된 지연은 Upstream상에서 발생하므로 그림 3과 같은 새로운 PON구조를 제안하여 상향링크 상에서의 지연 문제를 보완해 보고자 한다.

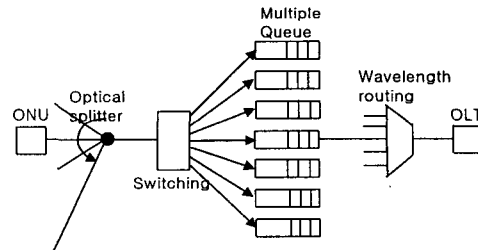


그림 3. WDM-PON의 구조

제안한 PON구조의 시스템 파라미터

- 파장수 = 16
- 상향링크의 전송속도 = 155Mbit/s
- ONU의 수 = 16
- Optical splitter의 분기수 = 16
- Queue의 수 = 7

### 2. 버퍼 관리기법 및 대역폭 할당 알고리즘

IEEE802.1p<sup>[6]</sup> 표준안을 토대로 7개의 트래픽 타입을 정의하고 multiple queue에 각각의 트래픽 클래스에 따라 패킷을 저장하는 각 클래스별 전용 버퍼 방식을 WDM-PON시스템에 적용해서 일정시간 동안 multiple queue에 쌓인 패킷들의 총 크기에 따라 16개 채널을

분배하는 알고리즘을 사용하고자 한다.

제안한 7개 트래픽 형태는 아래와 같다.

7 개의 트래픽 타입

- Network control : class6
- Voice : class5
- Video : class4
- Controlled load : class3
- Excellent effort : class2
- Best effort : class1
- Background : class0

트래픽 관리 기법은 아래 그림 4에서와 같이 multiple queue를 이용한다.

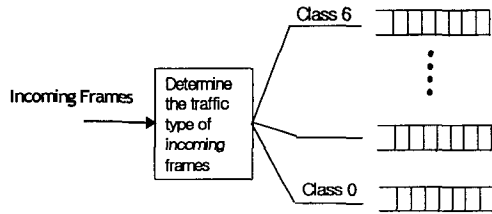


그림 4. multiple queue에 따른 트래픽 관리

#### IV. 모의실험 및 토의

##### 1. 실험 환경 및 제한 조건

모의실험은 OPNET simulator를 통해 수행하였다. 여기서, WDM-PON의 Upstream만 구성하여 ONU 이하는 생각하지 않고 단지 ONU와 OLT사이의 16개 채널에 대한 파장 할당에만 초점을 두었기 때문에 ONU에서의 packet interarrival time은 constant하게 설정하였다.

실제 ONU이하 다수의 사용자나 사용자 그룹을 포함한 전체적인 PON구조에서는 ONU와 사용자들간의 거리가 다 다르기 때문에 packet interarrival time이 다를수 밖에 없다. 따라서 PON상의 OLT나 ONU에서 이를 제어해주어야 하고 복잡한 네트워크 제어 신호를 관리할 scheduling algorithm이 필요하지만, 본 논문에서는 이들을 고려하지 않고 제안한 PON구조의 상향링크 상에서 다중 버퍼 방식과 대역폭 할당 알고리즘의 타당성을 확인하는데 그 목적을 두고 있다.

packet frame은 IPv4 datagram을 사용하여 다양한 크기의 패킷을 발생시켰고 광케이블은 155Mbit/s의 전송 속도를 보장하도록 설계하였다.

##### 2. 실험결과

모의 실험 결과는 각각의 클래스별 버퍼의 크기(그림 5)와 이에 따른 각 클래스별 채널 할당률(그림 6)로 아래와 같다.

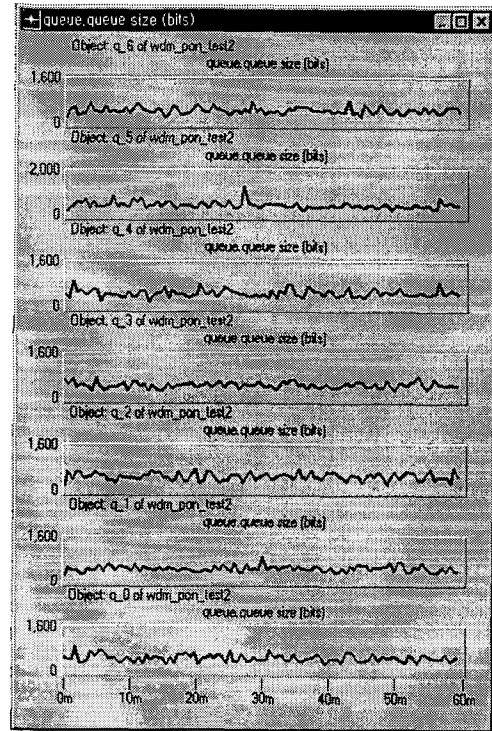


그림 5. 클래스별 버퍼크기

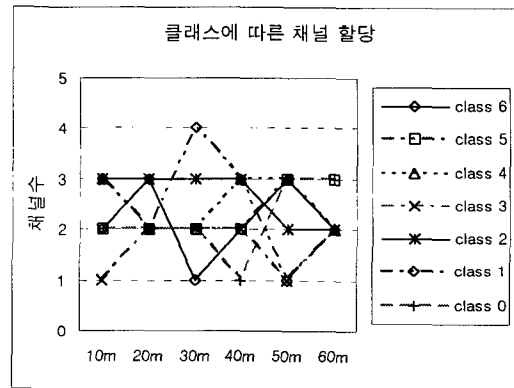


그림 6. 클래스별 채널 할당률

새로운 PON시스템에서 각각의 트래픽을 다중 버퍼 방식으로 처리해서 제안한 알고리즘을 통해 각 클래스별 채널 할당을 한 결과 CoS(Class of Service)를 통한 QoS(Quality of Service) 보장을 확인할 수 있었다.

이를 실제 네트워크 상황에 적용을 한다면 각각의 트래픽 발생에 따른 보다 정확한 채널 할당률을 얻을 수 있을 것이라 예상된다.

simulation of wavelength allocation algorithms on passive optical networks", The Institution of Electrical Engineers. 1998

[6] IEEE 802.1p (IEEE 802.1D)

## V. 결론

본 논문에서는 G.983.1 BPON(Broadband Passive Optical Network)구조를 토대로 새로운 WDM-PON의 상향링크 구조를 제안하고 다중 버퍼 방식의 효율성과 동적 대역폭 할당 알고리즘의 타당성을 확인해 보았다. 일반적으로 PON구조에서는 수동소자만 사용하지만, 한반도와 같이 작은 국가에서는 망의 크기가 크지 않기 때문에 WDM 멀티플렉서나 광스위치와 같은 능동소자를 OLT와 연결되는 최종단에 설치하는 것도 타당성이 있다고 할 수 있다. 또한, 본 연구는 가입자망의 궁극적인 목표인 FTTH(Fiber To The Home)의 실현에 있어서 새로운 모델을 제시하며, 이를 토대로 하여 access network에 있어서 WDM-PON system의 상용화에 일조하리라 예상된다. 또한 다양한 트래픽 특성을 수용하는 새로운 Buffer management를 제시하여 네트워크에서 QoS 보장이 가능한 새로운 트래픽 관리 기법에 이용되리라 본다.

## 참고문헌

- [1] Jongwook Jang And E. K. Park, "Dynamic Resource Allocation for Quality of Service on PON with Home Networks", IEEE Communications Mag, Jun, 2000
- [2] 채창준, "PON기술에 의한 FTTH 구현", 한국통신 가입자망 연구소
- [3] Frank J. Effenberger, Hiroshi Ichibangase, Haruo Yamashita, "Advances in Broadband Passive Optical Networking Technologies", IEEE Mag, Dec, 2001
- [4] Robert D. Feldman, Thomas H. Wood, "An Evaluation of Architectures Incorporating Wavelength Division Multiplexing for Broad-Band Fiber Access", IEEE Journal of lightwave thchnology, vol. 16, no. 9, Sep, 1988
- [5] M.R. Handley, M.S. Lesson, A.J. Phillips, J.M. Senior, P. Ball and I. Wright, "Comparison and