

# ATM-PON에서의 G.983.1을 적용한 매체 접근 제어 프로토콜의 설계에 관한 연구

장성호\* · 노태곤\*\* · 장종욱\*

\*동의대학교 · \*\*삼성종합기술원

A Study on design of G.983.1 based MAC protocol for ATM-PON

Seong-ho Jang\* · Tae-Gon Noh\*\* · Jong-wook Jang\*

\*Donggeui University · \*\*Samsung Advanced Institute of Technology

E-mail : jsh1031@netian.com

## 요 약

광대역 액세스 망에서 합류, 분배 지점에서의 효율을 고려한 PON(Passive Optical Network)의 설계는 중요한 관심거리가 되고 있다. PON 구조는 매우 간단하지만, 가입자들에서 발생하는 상향 트래픽 제어를 위해서는 매체 접근 제어 프로토콜이 필요하다. 이러한 매체 접근 제어 프로토콜은 트래픽 클래스별 QoS(Quality of Service) 관리 기능, 효율적인 망 자원 분배 기능, CDV(Cell Delay Variation) 최소화 기능 등이 포함되어야 한다. 본 논문에서는 ATM-PON과 홈 네트워크 환경에 적합한 성능을 제공하고 앞서 기술한 기능을 수행하는 매체 접근 제어 프로토콜 설계에 관한 연구 내용을 기술한다. 설계된 프로토콜은 요구-할당(Request-Permit) 알고리즘을 사용하여 동적인 상향 대역 할당이 가능하게 설계하였다. 이를 위해 ITU-T 권고 G.983.1을 이용하였고, 이에 더하여 새로운 메시지 형식과 동적 대역할당 알고리즘 등을 제시하였다.

## ABSTRACT

Earlier efforts on optical access concentrated on the design of PONs for the collection and distribution portion of the access network. PON architecture is very simple but it requires MAC protocol for control of upstream traffic. This paper proposes a MAC protocol for a broadband access network using an ATM Passive Optical Network supporting CBR/rtVBR, nrtVBR, ABR and UBR traffic. For the proposed MAC scheme, we present grant field format, minislot format, and bandwidth allocation algorithm.

### ATM-PON, MAC protocol, multimedia service

ATM-PON, MAC protocol

## I. 서 론

광 통신망은 원격의료, 원격교육, 화상회의, VOD(Video On Demand), HDTV(고화질 TV) 등의 차세대 초고속 멀티미디어 서비스를 수용할 수 있는 해결책으로 제시되고 있다. 특히, 광 가입자망에서 공유 매체를 사용하는 PON(Passive Optical Network)은 비용 측면에서 많은 효율을 가져올 수 있다. 게다가 ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 B-ISDN을 위한 기본 전송 방식으로 고려되고 있다. 그래서 이 두 기술을 접목

한 ATM-PON은 적은 비용으로 보다 효율적이고 강력한 전송을 할 수 있는 망으로 각광받고 있다 [1]. 이를 위해 장비업자들과 20여 통신망사업자들이 공통된 규격 및 표준화된 솔루션을 FSAN 포럼에서 정의하고 ITU-T에서 표준으로 권고한 사항이 G.983.1과 G.983.2이다.

ATM-PON은 기본적으로 공유매체를 사용하기 때문에 ONU(Optical Network Unit)들에게 공정한 대역할당을 위해 매체 접근 제어 프로토콜이 필요하다. 이러한 MAC 프로토콜은 ATM 트래픽 클래스별 QoS(Quality of Service) 관리 기능, 효

올직한 망 자원 분배 기능, CDV(Cell Delay Variation) 최소화 기능 등이 포함되어야 한다. 본 논문에서는 G.983.1에 기술된 프레임 구조를 기반으로 하여 MAC 프로토콜을 설계하였고, 또한 CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR, UBR과 같은 다양한 ATM 서비스에 따른 동적 대역할당이 가능하도록 설계하였다[2,3,4].

2장에서 ATM-PON과 프레임의 구조를 간단히 설명하고, 3장에서는 제안된 MAC 프로토콜을 위한 메시지의 형태에 대하여 기술한다. 4장에서는 slot 할당 알고리즘에 대하여 설명하고 마지막으로 5장에서 향후 연구방향과 결론을 제시한다.

## II. ATM-PON과 프레임의 구조

ATM-PON 시스템은 그림 1과 같이 OLT(Optical Line Termination), ONU(Optical Network Unit), ODN (Optical Distribution Network) 3 종류의 서브시스템으로 구성된다[1]. 현재의 ATM-PON 구조는 ITU-T의 G.983.1에서 권고하는 바와 같이 가입자에서 기간망까지의 155.520 Mbit/s 또는 622.080 Mbit/s 상향 채널, 기간망으로부터의 622.080 Mbit/s 하향 채널을 기준으로 하고 기간망으로부터 반경 20Km 이내의 가입자를 수용하고 있다.[5,6] 일반적으로 하나의 OLT는 16개 혹은 32개의 ONU를 제어할 수 있다.

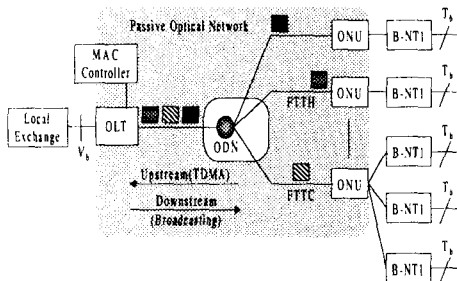


그림 13. ATM-PON 시스템의 구성

ATM-PON의 프레임 구조는 상향일 때와 하향일 때가 조금 다르다. 상향일 경우, 프레임은 53개의 slot으로 구성되어 있고, 각각의 slot은 3byte의 오버헤드(overhead)와 53byte의 ATM cell로 구성된다. 155.520Mbps의 하향일 경우, 프레임은 56개의 slot으로 구성되어 있다. 각각의 slot은 53byte의 ATM cell로 구성되어 있고, 매 28번째 slot은 PLOAM(Physical Layer Operations, Administration and Maintenance) cell로 구성된다. 622.080Mbps의 하향일 경우, 프레임은 224개의 slot으로 구성되고, 마찬가지로 매 28번째 slot은 PLOAM cell로 구성된다.

ATM-PON은 노드들이 트리 구조로 분산되어 있는 물리적 특성을 가지므로 MAC 프로토콜에서 상향 TDM 슬롯의 동적 할당을 위해서는 예약 방식에 기반한 요구/허락형 전송 방식을 사용한다[1]. ONU는 OLT의 허가에 의해 상향 프레임 내에 divided slot을 포함하여 전송할 수 있는데, 이때 ONU의 큐(queue) 상태를 minislot에 저장하고, 이 minislot을 divided slot에 포함하여 빈 slot을 요청한다. OLT는 하향 PLOAM cell 내부에 grant 메시지를 포함하여 전송함으로써 ONU들의 요구를 허락하게 된다.

## III. MAC을 위한 slot의 구조와 메시지 형태

본 논문에서 제시한 MAC 프로토콜은 다음과 같은 환경을 고려하여 설계되었다.

- 하나의 OLT가 32개의 ONU를 제어
- 하향 155.520Mbps/622.080Mbps
- 상향 155.520Mbps
- 각각의 ONU는 ATM 서비스 클래스에 따라 4개의 큐를 가진다.

### 1. Grant 메시지 구조

OLT가 ONU의 요구 조건을 허락하기 위해 사용하는 grant field는 전부 7개가 있으나 G.983.1에서는 3개의 grant만 정의하고 있다. 본 논문에서는 데이터 전송을 위한 slot을 요청할 수 있도록 허가하는 divided slot grant field와 데이터를 전송할 수 있도록 허가하는 data grant field를 정의하였다.

그림 2는 divided slot grant field의 구조를 나타낸다.

1	2	3	4	5	6	7	8
Identification			Sequence			Spare	

Identification field : 100

Sequence field : 1st divided\_slot = 000  
 2nd divided\_slot = 001  
 3rd divided\_slot = 010  
 4th divided\_slot = 011  
 5th divided\_slot = 100  
 6th divided\_slot = 101  
 7th divided\_slot = 110  
 8th divided\_slot = 111

그림 2. Divided slot grant field 구조

divided slot grant field는 ONU로 하여금 필요한 대역을 요청할 수 있는 divided slot을 보낼 수 있도록 허가한다. 처음 3bit는 메시지 식별자이다. 다음의 3bit는 divided slot의 순서를 지정

하는데, 이것은 한 프레임당 최대 8개의 divided slot을 전송할 수 있다는 것을 의미한다. 하나의 divided slot은 4개의 minislot을 포함하고 있으므로, 한번에 최대 32개의 요청을 받아들일 수 있다.

그림 3.은 data grant field의 구조를 나타낸다.

1	2	3	4	5	6	7	8
ID	ONU address			Class			

ID(Identification) field : 0  
 Class field : CBR/rtVBR data grant = 00  
 nrtVBR data grant = 01  
 ABR data grant = 10  
 UBR data grant = 11

그림 3. Data grant field 구조

data grant는 ONU로 하여금 데이터를 전송할 수 있도록 허가한다. 처음 1bit는 메시지 식별자이고, 그 다음의 5bit는 ONU의 주소를 나타낸다. 마지막 2bit는 전송하고자 하는 데이터의 서비스 형태를 나타낸다.

2. Minislot 구조

각각의 ONU가 데이터 전송을 위한 slot을 요청하기 위해 사용하는 divided slot은 4개의 minislot으로 구성된다. divided slot의 형태가 그림 4.에 나타나 있다.

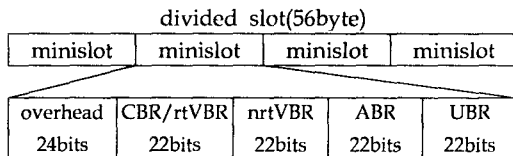


그림 6. Minislot의 구조

하나의 minislot은 112bit로 구성되어 있고, 각각 3byte의 overhead를 가진다. 그 다음 4개의 field는 각각의 ONU에 있는 큐의 상태를 서비스 클래스별로 나타내는데 각각의 field들은 22bit를 차지한다. 최대 622.080Mb의 데이터를 전송할 때 모두 1,638,017.71개의 slot이 필요하다. 이를 요청하기 위해서는 21bit( $2^{21} = 2,097,152$ 개 slot)의 길이가 필요하지만, 확장성을 고려하여 22bit로 설계하였다.

3. Divided slot grant configuration 메시지

OLT는 divided slot을 전송할 수 있도록 ONU에게 divided slot grant와 divided slot grant configuration 메시지를 동시에 전송한다.

표 1.에서와 같이 divided slot configuration

message는 7 octet으로 구성되어 있다. 각 octet은 하향 PLOAM cell 내부에서의 순서를 의미한다. 첫 번째 octet은 수신 ONU의 ID, 두 번째 octet은 메시지 식별자, 세 번째 octet은 전송 허용 여부를 나타낸다. 네 번째 octet부터 여섯 번째 octet은 divided slot에 포함될 minislot의 길이를 지정하고, 마지막 slot은 서비스 식별자이다.

표 1. Divided Slot Grant configuration 메시지

Divided Slot Grant configuration message		
Octet	Content	Description
35	PON_ID	수신 ONU 식별자
36	0000 1011	Message 식별자
37	0000 000a	a:1 = divided slot 전송 허가 a:0 = divided slot 전송 불가
38	DS_GR	grant value 정의
39	LENGTH	minislot payload의 길이
40	OFFSET	minislot offset 정의
41	Service_ID	minislot에 매핑되는 service 정의
42..46	Unspecified	

4. Grant allocation 메시지

표 2.에 나타난 바와 같이 OLT가 ONU에게 데이터를 전송하도록 허가하거나 상향 PLOAM cell을 전송하도록 허가할 때 보내는 메시지가 grant allocation 메시지이다. 이 메시지는 data grant 혹은 PLOAM grant 메시지와 함께 하향 PLOAM cell 내부에 저장되어 전송된다.

표 2. Grant allocation 메시지

Grant allocation message		
Octet	Content	Description
35	PON_ID	수신 ONU 식별자
36	0000 1010	Message 식별자
37	dddd dddd	Data 전송을 허가할 ONU ID
38	0000 000a	a:1 = 데이터 전송 허가 a:0 = 데이터 전송 불가
39	0000 xxxx	처리해야할 큐의 종류
40	PPPP PPPP	PLOAM cell 전송을 허가할 ONU ID
41	0000 000a	a:1 = PLOAM cell 전송 허가 a:0 = PLOAM cell 전송 불가
42..46	Unspecified	

grant allocation 메시지도 divided slot configuration 메시지와 마찬가지로 7개의 octet으로 구성되어 있다. 첫 번째 octet은 수신 ONU의 ID, 두 번째 octet은 메시지 식별자, 세 번째 octet은 데이터 전송을 허가할 ONU 식별자를 나타내고 네 번째 octet은 데이터 전송 허용 여부를 결

정한다. 다섯 번째 octet은 어떤 큐의 데이터를 전송할지를 알려준다. 여섯 번째 octet과 일곱 번째 octet은 상향 PLOAM cell의 전송을 허가하기 위해 사용된다.

CDV(Cell Delay Variation)의 적절한 측정으로 divided slot grant의 전달 주기와 OLT의 카운터의 최대 크기 등을 결정하는 방법에 대한 연구가 필요할 것이다.

#### IV. Slot 할당 순서와 알고리즘

본 논문에서 제시된 MAC 프로토콜의 slot 할당 순서와 알고리즘은 다음과 같다.

##### 1. slot 할당 순서

- Step 1 : OLT가 주기적으로 하향 PLOAM cell에 divided slot grant를 포함하여 전체 ONU로 브로드캐스트(broadcast)한다.
- Step 2 : divided slot을 받은 ONU 중에서 전송할 데이터가 있는 ONU는 큐의 상태를 minislot을 이용하여 OLT로 전송한다.
- Step 3 : OLT는 minislot의 정보를 분석하고 slot 할당 알고리즘에 의해 slot을 할당한 다음 slot을 요청한 ONU에 data grant를 전송한다.
- Step 4 : data grant를 받은 ONU는 데이터를 전송한다.

##### 2. slot 할당 알고리즘

- Step 1 : minislot이 도착하면 요청한 ONU\_ID를 확인하고 각 ONU에 해당하는 카운터를 증가시킨다.
- Step 2 : 카운터가 가장 높은 ONU부터 먼저 slot을 할당하는데, slot을 할당할 때 각 ONU의 CBR/rtVBR 큐의 요청을 먼저 할당하고, 다음에 UBR, nrtVBR, ABR의 순으로 할당한다.
- Step 3 : 요청이 전부 처리된 ONU의 카운터를 하나 감소한다.

#### V. 결 론

본 논문에서는 ITU-T G.983.1을 기반으로 ATM-PON에서 동적 대역 할당이 가능한 MAC 프로토콜을 설계하였다. 각각의 ONU에 ATM 서비스에 대응하는 4개의 큐를 두어 우선 순위를 부여하였고, OLT에 각각의 ONU에 대응하는 카운터를 두어 특정 ONU의 특정 서비스가 계속 회선을 점유하는 현상을 방지하였다. 특히, 멀티미디어 서비스에 해당하는 CBR/rtVBR 큐의 정보를 먼저 처리함으로써 단일 큐를 가지는 MAC 프로토콜에 비해 멀티미디어 서비스를 처리하는데 보다 효율적인 성능을 나타낼 것으로 기대된다.

향후 본 논문에서 제시한 MAC 프로토콜을 시뮬레이션 하여 실제 QoS(Quality of Service)와

#### 참고문헌

- [1] U. Killat, ed., "Access to B-ISDN via PONs; ATM Communication in Practice," John Wiley & Sons Ltd. and B.G. Teubner, 1996.
- [2] F. Panken, C. Blondia, O. Casals, J. Garcia, "A MAC Protocol for APONs Supporting Different Service Categories," Proc. 15th ITC, Washington, USA, June 1997, Eds. V. Ramaswami and P.Wirth, Elsevier, Vol.2, pp.825-834.
- [3] Youngjin Moon, Changhai Oh, Kiseon Kim, "A MAC Scheme Based on the Cell Arrival Timing Information for Multimedia Services over ATM-Based PON," IEICE Trans. Commun., Vol.E82-B, No.10 October 1999.
- [4] M. Miyabe, M. Kasa, K. Tajima, T. Shinomiya, and H. Yamashita, "A study of dynamic bandwidth allocations for ATM-PON," IEICE Trans. Communication, Vol.E81-B, No.12, pp.2364-2370, December 1998.
- [5] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)," October 1998.
- [6] ITU-T Recommendation G.983.2, "ONT management and control interface specification for ATM PON," April 2000.