ATM-PON에서 G.983.1을 이용한 Dynamic MAC Protocol의 설계 및 성능 평가

장 성 호* · 장 종 욱* · 이 대 봉* · 노 태 곤**
*동의대학교 · **삼성종합기술원

Design and Performance Evaluation of G.983.1 based on Dynamic MAC Protocol for ATM-PON

Seong-ho Jang* · Dae-bong Lee* · Tae-Gon Noh** · Jong-wook Jang*
*Dong-eui University· **Samgsung 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. 본 논문에서는 여러 트래픽 클래스를 지원하는 ATM-PON을 사용하는 광대역 액세스 망을 위한 매체 접근 제어 프로토콜을 제시한다. 제안된 매체 접근 제어 프로토콜을 위해 G.983.1을 기반으로 하여 grant field 형식과 minislot 형식, 그리고 대역 할당 알고리즘을 제시하였다. 실험 결과 종래의 매체접근제어 프로토콜 보다 더 나은 서비스 품질을 보장받을 수 있음을 확인할 수 있었다.

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, UBR and ABR traffic. For the proposed MAC scheme, we present grant field format, minislot format, and bandwidth allocation algorithm. From the simulation result, we have confirmed that our proposed scheme can reduce the average cell delay in comparison to that of conventional MAC schemes.

Key Word

ATM-PON, MAC, DBA

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 접목한 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 각각의 ONU(Optical Network Unit)들에게 공정한 대역을 할당하기 위해 매체 접근 제어(MAC) 프로토콜이 필요하다. 이러한 매체 접근 제어 프로토콜은 ATM 트래픽 클래스별 QoS(Quality of Service) 관리 기능, 효율적인 슬롯 할당 기능, CDV(Cell Delay Variation) 최소화 기능 등이 포함되어야 한다. 본 논문에서는 G.983.1에 기술된 프레임 구조를 기반

으로 하여 매체 접근 제어 프로토콜을 설계하였고, 또한 CBR/rtVBR, nrtVBR, UBR, ABR과 같은 다양한 ATM 서비스에 대응하여 동적 대역할당이 가능하도록 설계하였다[2,3,4].

2장에서 ATM-PON과 프레임의 구조를 간단히 설명하고, 3장에서는 제안된 매체 접근 제어 프로토콜을 위한 메시지의 형태에 대하여 기술한다. 4장에서는 slot 할당 알고리즘에 대하여 설명하고 5장에서 제시된 알고리즘의 성능을 평가한다. 마지막으로 6장에서 향후 연구방향과 결론을 제시한다.

II. ATM-PON과 프레임의 구조

ATM-PON 시스템은 그림 1.과 같이 OLT(Optical Line Termination), ONUs(Optical Network Units), 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 Mbps 또는 622.080Mbps 상향 채널, 기간망으로부터의 622.080Mbps 하향 채널을 기준으로 하고 기간망으로부터 반경 20Km 이내의 가입자를 수용하고 있다.[5,6] 일반적으로 하나의 OLT는 16개 혹은 32개의 ONU들을 제어할 수 있다.

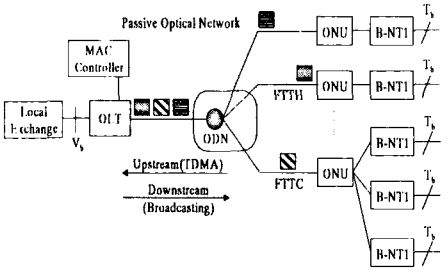


그림 1. ATM-PON 시스템의 구성

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 매체 접근 제어 프로토콜에서 상향 TDM 슬롯의 동적 할당을 위해서는 예약 방식에 기반한 요구/허락형 전송 방식을 사용한다[1]. ONU들은 OLT의 허가에 의해 상향 프레임 내에 divided slot을 포함하여 전송할 수 있는데, 이때 각 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.

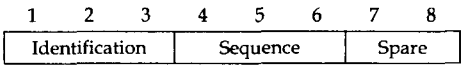
III. 슬롯 할당을 위한 메시지 형태

본 논문에서 제시한 매체 접근 제어 프로토콜은 다음과 같은 환경을 고려하여 설계되었다.

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

3.1 Grant 메시지 구조

OLT가 ONU들의 요구 조건을 허락하기 위해 사용하는 grant field는 전부 7개가 있으나 G.983.1에서는 3개의 grant만 정의하고 있다. 그림 2.는 데이터 전송을 위한 slot을 요청할 수 있도록 허가하는 divided slot grant field와 데이터를 전송할 수 있도록 허가하는 data grant field를 보여준다.



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 ONU들로 하여금 필요한 대역을 요청할 수 있는 divided slot을 보낼 수 있도록 허가한다. 처음 3bit는 메시지 식별자이다. 다음의 3bit는 divided slot의 순서를 지정하는데, 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. data grant는 ONU가 데이터를 전송할 수 있도록 허가한다. 처음 1bit는 메시지 식별자이고, 그 다음의 5bit는 ONU들의 주소를 나타낸다. 마지막 2bit는 전송하고자 하는 데이터의 서비스 형태를 나타낸다.

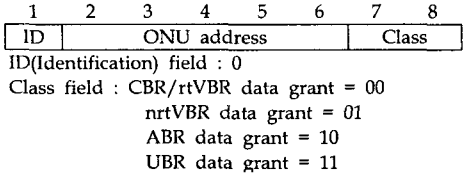


그림 3. Data grant field 구조

3.2 Minislot 구조

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

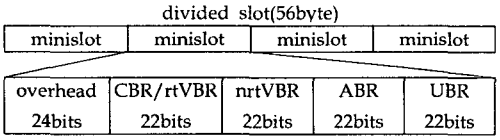


그림 4. Minislot의 구조

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} = 2,097,152개 slot)의 길이가 필요하지만, 확장성을 고려하여 22bit로 설계하였다.

3.3 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 있고 각 octet은 하향 PLOAM cell 내부에서의 순서를 의미한다

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	

3.4 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. grant allocation 메시지도 divided slot configuration 메시지와 마찬가지로 7개의 octet으로 구성되어 있다.

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	

IV. Slot 할당 순서와 알고리즘

제시된 매체 접근 제어 프로토콜은 다음과 같은 순서와 알고리즘으로 이루어진다.

4.1 slot 할당 순서

- Step 1 : OLT가 주기적으로 divided slot grant를 전체 ONU로 브로드캐스팅
- Step 2 : 전송할 데이터가 있는 ONU는 큐의 상태를 minislot을 이용하여 OLT로 전송
- Step 3 : OLT는 minislot의 정보를 분석하고 slot 할당 알고리즘에 의해 slot을 할당한 다음 slot을 요청한 ONU에 data grant를 전송
- Step 4 : data grant를 받은 ONU는 데이터를 전송

4.2 slot 할당 알고리즘

- Step 1 : minislot이 도착하면 요청한 ONU_ID를 확인하고 요청이 있는 ONU에 해당하는 카운터에 가중치를 증가시킨다.
- Step 2 : 전체 ONU의 CBR/rtVBR 큐 상태를 비교하여 요청이 가장 많은 순으로 해당 카운터에 가중치를 증가시킨다.
- Step 3 : 전체 ONU의 nrtVBR 큐 상태를 비교하여 요청이 가장 많은 순으로 해당 카운터에 가중치를 증가시킨다.
- Step 4 : 각 ONU의 nrtVBR 큐 상태와 바로 직전에 요청한 큐 상태를 비교하여 n배 이상이면 n

만큼의 가중치를 증가시킨다.

- Step 5 : 전체 ONU의 UBR 큐 상태를 비교하여 요청이 가장 많은 순으로 해당 카운터에 가중치를 증가시킨다.
- Step 6 : 전체 ONU의 ABR 큐 상태를 비교하여 요청이 가장 많은 순으로 해당 카운터에 가중치를 증가시킨다.
- Step 7 : 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 8 : 요청이 전부 처리된 ONU의 카운터를 0으로 리셋 시킨다.

V. 성능 평가

이 장에서는 본 논문에서 제안된 slot 할당 알고리즘의 성능을 평가하였다. 4장에서 제시된 MAC 알고리즘과 Round-Robin 알고리즘을 사용하는 일반적인 MAC을 C 언어로 구현하여 각각의 버퍼 상태를 그래프로 나타내었다. 시뮬레이션 환경은 다음과 같다.

- 하나의 OLT가 32개의 ONU들을 제어
- 상/하향 155.520Mbps의 대역폭
- 포아송 분포를 따르는 랜덤 트래픽 발생
- ONU의 버퍼 상태를 시간에 따라 그래프로 표시

그림 5.와 그림 6.은 시뮬레이션 결과를 보여준다. 결과에서 보는 바와 같이 제안된 MAC 알고리즘을 이용하였을 때 버퍼의 데이터 양이 더 적음을 알 수 있다. 이는 cell이 버퍼에서 대기하는 시간이 적음을 나타낸다.

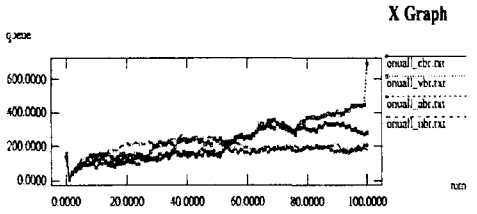


그림 5. Proposed MAC Performance

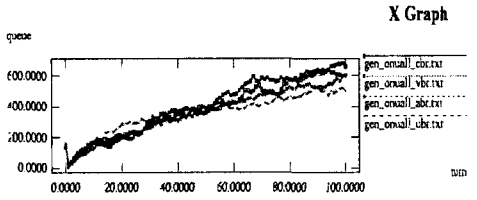


그림 6. General MAC Performance

VI. 결 론

본 논문에서는 ITU-T G.983.1을 기반으로 ATM-PON에서 동적 대역 할당이 가능한 매체 접근 제어 프로토콜을 설계하였다. 각각의 ONU에 ATM 서비스에 대응하는 4개의 큐를 이용하여 우선 순위를 부여할 수 있도록 하였고, OLT에 각각의 ONU에 대응하는 카운터를 두어 특정 ONU의 특정 서비스가 계속 회선을 점유하는 현상을 방지하였다. 특히, 멀티미디어 서비스에 해당하는 CBR/rtVBR 큐의 정보를 먼저 처리할 수 있도록 설계하여 단일 큐를 가지는 매체 접근 제어 프로토콜에 비해 멀티미디어 서비스를 처리하는데 보다 효율적인 성능을 나타낼 것으로 기대된다. 또한 인터넷 트래픽과 같은 nrtVBR 서비스인 경우 이전에 요청된 slot의 수를 비교하여 갑자기 많은 대역을 요청할 경우 먼저 처리되게 하였다.

현재 ITU-T에서 G.983.dba가 드래프트 중이다[7]. 이는 DBA(Dynamic Bandwidth Assignment)에 관한 표준이며, 향후 이러한 표준에 부합하는 동적 대역 할당 알고리즘의 설계와 이를 지원하지 않는 기존의 ONU에 대한 호환성에 관해 연구가 필요할 것이다.

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, Changhwan 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.

[7] ITU-T draft G.983.dba, "A Broadband Optical Access System with increased service capability using Dynamic Bandwidth Assignment", February 2001.