

# ATM 기반 PON에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 매체 접근 제어방식

## A MAC Scheme for Multimedia Services over ATM-based PON

고 예 윤, 조 규 섭

Ye-Yun Kho, Kyu-Seob Cho

### 요 약

APON은 OLT와 ONU사이에서 수동분배기를 이용하는 버스나 트리구조의 가입자망으로 다수의 가입자들이 OLT로 정보를 전송하기 위해 상향채널을 공유하게 되므로 매체 접근 제어 프로토콜이 요구된다. APON에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 ATM 트래픽 클래스별 전송 특성을 고려하여 각 트래픽 유형별 전송품질(QoS)의 특성을 반영시킨 다양한 매체 접근 제어 방식이 제안되었지만, 기존의 방식들은 프레임내 전송 오버헤드 증가로 인해 망 이용효율이 감소한다. 본 논문에서는, ATM 트래픽 유형별 전송품질의 특성을 반영할 수 있어 기존의 방식들과 거의 비슷한 성능을 가지면서도 프레임내 전송 오버헤드를 증가시키지 않는 새로운 매체 접근 제어방식을 제안한다. 이를 위해 ONU가 OLT에 주기적으로 전송하는 RAU안에 포함된 각 트래픽 별 로컬 대기큐안의 셀에 대한 정보를 부호화 하여 전송함으로써 프레임 내 오버헤드의 길이가 증가되지 않도록 하였다. 따라서, 본 논문에서 제안한 방식은 기존의 다른 방식들과 유사한 성능을 가지면서도 전체 망의 이용 효율을 증가시킬 수 있다.

### Abstract

APON, the subscriber network using bus or tree topology, requires MAC protocol, because it shares the uplink channel for many subscribers to transmit data to OLT. Although various MAC schemes, which consider each QoS characteristics of traffic are proposed considering transmission characteristics of ATM traffic class, existing schemes reduce the network efficiency by increasing transmission overhead in frame. In this paper, we propose new MAC scheme, which shows similar performance as those of existing schemes but does not increase transmission overhead. To prevent increasing transmission overhead, the proposed scheme encodes the information about each cell information of traffic of the local queue in RAU transmitted periodically from ONU to OLT. Thus, the proposed MAC scheme shows similar performance as those of existing ones and increases efficiency of entire network.

**Key Words** : APON, MAC, Multimedia Service

### I. 서 론

통신망은 정보를 전송하기 위한 기간망과 가입자 측의 정보를 기간망에 전달하기 위한 가입자망으로 계층화되어 구성된다. 그동안 가입자망의 트래픽은 기간망 트래픽과 비교하여 상대적으로 적었으나 광대역 멀티미디어 서비스에 대한 수요가 증가함에 따라 가입자망에서의 대용량 데이터 전송이 요청되며 이를 만족시키기 위해 가입자 전송 분야에서의 근본적인 변화가 요구되고 있다. 이를 위해 다양한 망구조와 진화방안들이 제시되고 있다. 그러나 다양한 가입자 요구사항을 융통성 있게 충족시키기 위해서는 기간망에서 단말에 이르기까지 광 가입자망을 구성하는 것이 근본적인 해결책이 될 것이다[1-7].

최근 광 가입자망 구축을 위한 구조로 APON (ATM Passive Optical Network)에 대한 관심이 고조되고 있다. APON은 하나의 OLT (Optical Line Termination)에 수동 분배기를 설치하여 여러 개의 ONU(Optical Network Unit)를 연결함으로써 버스나 트리 구조 형태의 분산 토폴로지를 형성하는 가입자망 구조로 다수의 가입자들이 OLT로 정보를 전송하기 위해 상향 채널을 공유하게 되므로 가입자간의 셀 전송을 중재하고 효율적으로 채널을 액세스할 수 있는 매체 접근 제어 프로토콜이 요구된다.

APON은 전달망이므로 NT(Network Terminal)에서 발생한 셀들은 가능하면 발생된 트래픽 패턴을 유지하면서 일정한 전송 지연 시간을 가지고 기간망에 전달되어야 한다. 따라서 APON 매체 접근 제어방식은 상향채널에서

다중화된 ATM 셀들의 전송 지연 변이를 최소화 할 수 있도록 설계되어야 하며, 효율적인 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 ATM 트래픽 유형별 특성을 고려한 계층적 매체접근제어 프로토콜이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 ATM기반 광 가입자망에서 멀티 클래스 트래픽의 효율적인 전송을 위하여, 전송 오버헤드를 최소화하고 ATM 트래픽의 유형별 전송품질(QoS : Quality of Service)을 보장하기 위한 매체 접근 제어 방식을 제안하고자 한다.

본 논문의 II장에서 ATM-PON의 구조에 대하여 고찰하였고, III장에서 멀티미디어 서비스를 위한 프레임구조와 매체 접근 제어방식을 제안하였으며, IV장에서 시뮬레이션을 통해 제안한 방식의 성능을 분석한 후 V장에서 최종 결론을 맺었다.

## II. ATM-PON 시스템

APON 시스템은 그림1과 같이 OLT(Optical Line Termination), ONU(Optical Network Unit), ODN(Optical Distribution Network) 3 종류의 서브 시스템으로 구성된다[1-3].

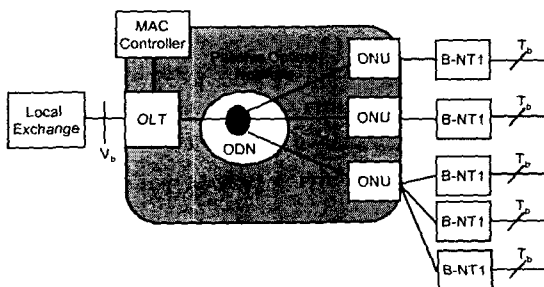


그림 1. APON의 시스템 구성  
Fig. 1. System structure of APON

OLT는 트리 구조의 루트에 위치하여 ATM 지역 교환기의 회선에 직접 연결됨으로써 기간망 액세스 노드 기능을 담당한다. 즉, 가입자들로부터의 데이터 흐름을 집중화시키고, 기간망에서 가입자망에 들어오는 데이터를 분배하며, 다중화된 데이터 흐름을 제어한다. 따라서 OLT는 상향 채널을 이용하고자 하는 각 B-NT1 (Broadband Network Termination 1)에 효율적으로 채널을 분배하기 위해 매체접근제어 기능을 수행하여야 한다. ODN은 ONU와 OLT 사이에 위치하며, 광신호의 분배를 위한 수동 분배기를 사용하여 트리 토폴로지의 PON 구조를 형성한다. ONU는 각 가입자를 연결하는 B-NT1과 가입자망을 연결시키는 개체이다. ITU-T의 G.983에서는 현재의 기술로 광 증폭 소자 없이 구현할 수 있는 PON의 광 분기율을 1:32, OLT에서 ONU까지의 최대 거리는 20 Km 이내로 지정하고 있다.

APON을 위한 가입자망은 ONU의 형태에 따라 FTTC, FTTB 또는 FTTH의 형태로 분류될 수 있다. FTTC 또는 FTTB는 다수의 NT가 하나의 ONU를 공유하는 형태로 최대 8 개의 B-NT1이 하나의 ONU를 공유할 수 있다. 반면, FTTH의 경우는 덕내에까지 광 신호가 전달되므로 하나의 B-NT1이 ONU에 직접 접속된다. 각 NT는 그림1에서와 같이 ATM 셀의 전송을 위해 T<sub>b</sub> 인터페이스를 통해 사용자에 연결되고, 기간망과 가입자망은 V<sub>b</sub> 인터페이스를 통해 연결된다.

트리구조의 APON은 그림2와 같이 ATM 셀에 가입자망 오버헤드를 추가한 슬롯을 통해 데이터를 주고받는 TDMA 기반 전송 방식이다. 기간망에서 하향 채널을 통해 가입자 측에 전송되는 TDM 슬롯은 모든 ONU로 방송되고 목적지로 지정된 ONU만이 자신의 슬롯을 수신하는 형태로 전송된다. 상향 채널은 분배 지점에서 각 ONU의 TDMA 슬롯들이 충돌 없이 결합되어 다중화되어야 하므로, 상향 채널 액세스를 위한 매체접근 제어방식이 요구된다.

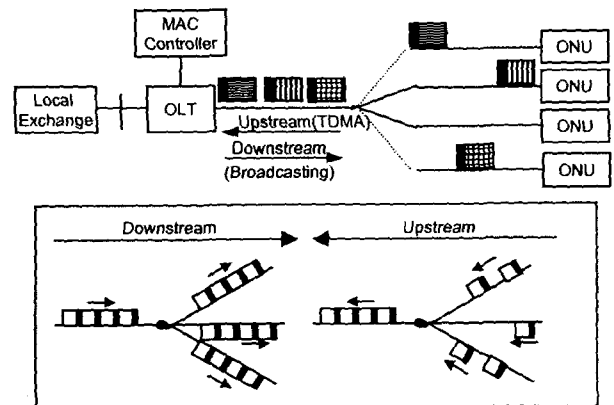


그림 2. TDMA 기반의 상/하향 데이터 전송  
Fig. 2. Upstream/Downstream of data transmission based TDMA

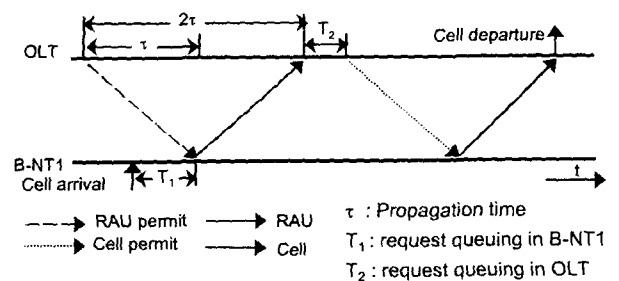


그림 3. 요구/허락 정보 흐름도  
Fig. 3. Flowchart of request/permit

매체 접근 제어방식에서 상향 TDM 슬롯의 동적 할당을 위해서는 예약방식에 기반한 요구/허락형 전송방식을

사용하며, 그림3은 요구/허락형 전송구조에서 OLT와 B-NT1 사이의 요구/허락 정보의 흐름을 보여준다. 정보 전송을 원하는 NT는 발생한 셀의 개수 또는 현재 대기 중인 전송큐의 길이 등을 내용으로 하는 요구 정보를 OLT에 전송한다. 요구 정보는 OLT로부터 주기적, 또는 여분 대역을 통해 허락되는 RAU(Request Access Unit) 슬롯을 통해 전송되거나 각 NT에서 OLT로 전송하는 정보 슬롯 내의 매체접근 제어필드 부분에 전송된다. OLT에 요구 정보가 도착하면 매체접근 제어기는 수신된 요구 정보를 기반으로 허락 분배 알고리즘을 수행하여 상향 데이터 슬롯에 대한 허락 정보를 동적으로 할당한다. 할당된 허락 정보는 큐에 저장되고, 하향 데이터 슬롯의 매체접근 제어필드 부분에 순차적으로 포함되어 전송 허락을 알린다. 전파 지연 시간 후에 모든 NT가 하향 슬롯 정보를 수신하면 셀 전송에 대한 허락을 받은 NT 만이 바로 다음 상향 슬롯에 셀을 전송함으로써 충돌 없이 동적인 TDMA 슬롯 액세스가 이루어진다. 셀의 발생으로부터 전송이 완료되기까지의 전송 지연 시간은 그림 3과 같이 요구 슬롯 및 허락 정보의 전송과 데이터 슬롯의 전송에 필요한 전파 지연 시간( $3\tau$ ), 셀 발생 후 요구까지의 대기 시간( $T_1$ ) 및 허락 분배 과정 후 하향 채널을 통해 허락 정보가 전송되기까지의 대기 시간( $T_2$ )으로 구성된다[1-4].

### III. 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 매체접근 제어방식

기존의 Global FIFO 매체 접근 제어방식은 요구 정보와 허락정보의 전송을 위해 그림4와 같은 전송 프레임의 사용한다[6].

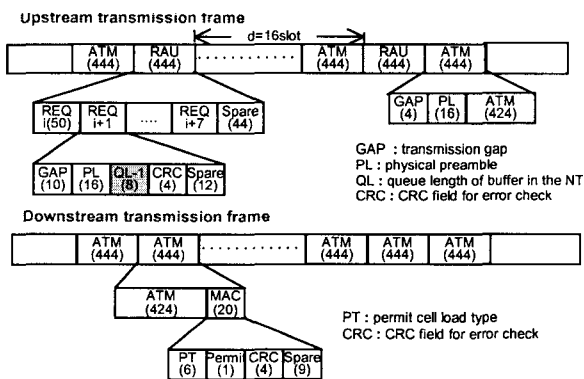


그림 4. Global FIFO 방식의 상/하향 프레임 구조  
Fig. 4. Upstream/Downstream frame structure of Global FIFO

이 방식은 OLT에 전송을 요청하기 위해 NT의 대기큐의 길이를 요구정보로서 전송한다. 그러나 NT당 대기큐가 한 개씩만 존재하기 때문에 트래픽의 종류에 상관없이

이 전송이 이루어지게 되므로 ATM 트래픽 클래스별 전송 특성을 고려할 수 없기 때문에 멀티미디어 서비스에 적합하지 않다.

따라서, ATM 트래픽 클래스별 전송 특성을 고려함으로써 각 트래픽 유형별 QoS를 보장하여 APON에서 멀티 클래스 트래픽의 효율적인 전송을 가능하게 하기 위한 매체접근 제어방식이 많이 제안되어지고 있다[5-7]. 기존의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 방식들은 이를 위하여 상향 프레임의 주기적 요구 블록(RAU)에 트래픽 유형별 대기큐를 두어 각 트래픽의 특성을 고려한 전송 허락이 이루어지도록 한다. 그림5는 기존의 멀티미디어 서비스를 위한 방식의 상/하향 프레임 구조이다[5].

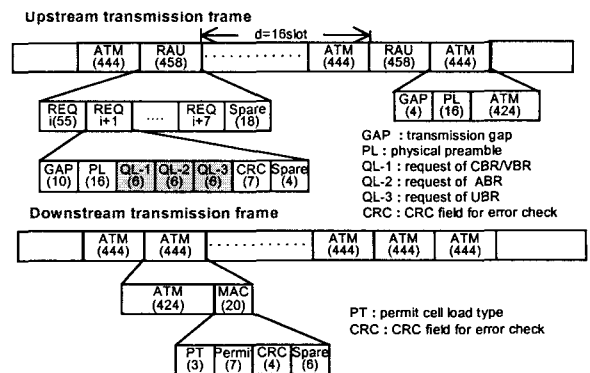


그림 5. 멀티미디어 서비스를 위한 기존 방식의 상/하향 프레임 구조

Fig. 5. Upstream/Downstream frame structure of existing scheme for multimedia service

각 슬롯 시간마다 허락 정보를 수신한 B-NT1은 허락된 정보 슬롯을 통해 ATM 셀을 전송한다. 상향 채널은 분산된 여러 NT들로부터 정보가 집중되므로 물리적 전송 동기를 위해 ATM 셀에 4 bits의 GAP과 16 bits의 프리앰블(Preamble)을 추가하여 ATM 정보 슬롯을 구성한다.

RAU 슬롯은 8 개의 B-NT1에 대한 요구 정보를 통합한 형태이며, 같은 길이(55 bits)를 갖는 8 개의 요구 필드와 18 bits의 여분 필드로 구성된다. 각 요구 필드는 10 bits의 전송 GAP과 16 bits의 물리 계층 프리앰블, 9 bits의 요구 정보 및 오류 검출 코드 7 bits, 그리고 4 bits의 여분 필드로 구성된다. 요구 정보는 다음 상향 프레임의 슬롯을 예약하기 위한 B-NT1의 각 트래픽 유형별 요구 정보를 나타내는 데, CBR/VBR, ABR, UBR 트래픽을 위해 각각 3 bits의 QL-1, QL-2, 그리고 QL-3로 구성된다. 각 B-NT1은 CBR/VBR, ABR, UBR 트래픽에 대한 세 종류의 로컬 대기큐를 운영하며 ATM 슬롯 안의 QL-1, QL-2, QL-3는 각각 CBR/VBR, ABR, UBR 셀에 대한 큐의 길이를 나타낸다. 일반적으로 B-NT1는 6bits의 요구정보를 사용함으로써 트래픽 유형별로 최대 64개의 셀에 대한 전송을 요구하도록 하는데, 각 NT의 요구주기를

125μs라고 가정하였을 때 217.088(64cell 53byte 8bit/125μs)Mbps의 전송속도가 가능하기 때문에 광 가입자망에서 T<sub>b</sub> 인터페이스의 최대 전송속도를 155Mbps로 가정할 때 최소 6 bits의 요구 필드를 사용하여야만 각 트래픽의 최대 전송속도를 수용할 수 있기 때문이다.

하향 프레임은 ATM 셀과 OLT의 허락 정보를 전송하기 위한 20 bits의 매체접근 제어필드로 이루어진다. 하향 프레임의 정보 슬롯은 노드간의 신호 집중 없이 기간 망으로부터의 데이터 흐름을 방송하는 방식으로 전송이 이루어지므로 슬롯간 동기가 용이하여 물리적 동기를 위한 별도의 프리앰블은 사용되지 않는다. 매체접근 제어필드는 허락된 셀의 종류를 표시하는 3 bits의 PT(Permit Type) 필드, 7 bits의 전송할 B-NT1의 주소 및 4 bits의 CRC와 6 bits의 여분 필드로 구성된다. PT 필드는 RAU(PT=0), CBR/VBR 셀(PT=1), ABR 셀(PT=2), UBR 셀(PT=3)에 대한 허락 정보를 각각 나타낸다. ATM 셀에 대한 허락을 수신한 B-NT1에서는 해당 트래픽의 셀을 상향으로 전송할 수 있다.

이 방식은 트래픽 특성과 성능 기준이 각기 다른 ATM 멀티클래스 서비스에 대해 각 클래스별 서비스 품질을 만족시킬 수 있도록 전송 지연과 CDV 측면에서 엄격한 성능을 요구하는 CBR과 VBR 트래픽에 높은 우선순위를 주어 가장 먼저 허락 정보를 분배함으로써 일정한 전송 지연 시간과 CDV 성능을 보장할 수 있도록 하고 여분의 대역은 ABR과 UBR에 순차적으로 할당한다. 따라서, 이 방식은 CBR/VBR 트래픽에 대해서는 CDV와 셀 전송지연을 최소화시키므로 멀티미디어 서비스 지원이 가능하지만, Global FIFO 매체 접근 제어방식에 비해 전송 오버헤드의 길이가 증가하여 망 이용효율이 감소하게 된다.

래스별 특성을 고려할 수 있는 매체접근제어방식을 제안한다. 제안한 방식의 상/하향 프레임 구조는 그림6과 같다.

제안하는 매체접근 제어방식은 기존 멀티미디어 서비스 제공을 위한 방식과 프레임 구조는 동일하나 현재 대기중인 전송 큐의 길이를 코드화 시켜 표현함으로써, QL-1, QL-2, QL-3를 각각 3bit로 감소시킬 수 있기 때문에 NT당 대기큐를 서비스 종류에 따라 여러 개를 두면서도, Global FIFO 방식과 거의 동일한 비트 수를 사용할 수 있다. 따라서, 제안한 방식은 기존의 방식에 비해 오버헤드와 전체 프레임 길이를 감소시킬 수 있기 때문에 망 사용효율을 증가시킬 수 있다. 제안한 방식의 각 트래픽의 대기큐의 길이 코드화 방법은 표1과 같다.

표 1. 각 트래픽에 대한 대기큐의 길이 코드화  
Table 1. Encoding of queue length for each traffic

CODE	대기큐안의 cell 개수
0 0 0	0 cell
0 0 1	1 cell
0 1 0	2 cell
0 1 1	3 cell
1 0 0	4-15 cell
1 0 1	16-30 cell
1 1 0	31-45 cell
1 1 1	46 cell 이상

#### IV. 성능평가

제안한 매체접근 제어방식의 성능 평가를 위해 C-언어를 이용하여 시뮬레이터를 구축하였다. 시뮬레이터 구성을 위한 기본 가정은 다음과 같다.

- APON의 구조 : 32개의 NT를 가지는 FTTH형
- 상/하향 채널 용량 : 622.080Mbps
- 각 ONU당 최대 전송속도 : 155.520Mbps
- RAU 주기(d) : 16 슬롯
- 전파 지연 시간 : 100.204μs

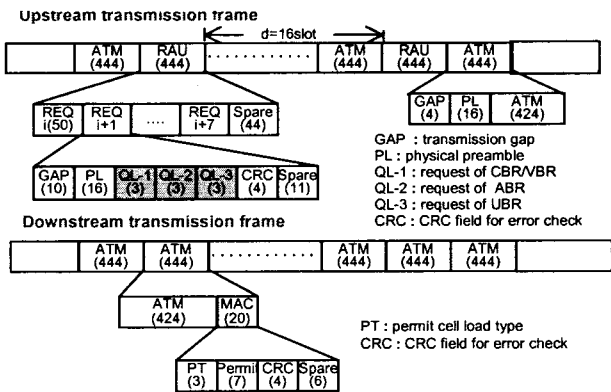


그림 6. 제안한 방식의 상/하향 프레임 구조  
Fig. 6. Upstream/Downstream frame structure of proposed scheme

본 논문에서는, 전송 오버헤드는 Global FIFO 매체 접근 제어방식에 비해 증가되지 않으면서 ATM 서비스 클

시뮬레이션에 사용한 트래픽 모델로 CBR 트래픽은 일정한 주기를 가지고 셀을 발생시키는 고정 셀 발생률 모델을 적용하였다[6,7]. 구현한 CBR 모델은 지수 분포함수에 의해 새로운 호가 발생되어 포아송 분포 함수에 의해 결정된 호 지속 시간 동안 트래픽이 발생하는 특징을 가진다. 불규칙하고 변화가 심한 VBR 트래픽 소스를 위해서는 On-Off 트래픽 모델을 사용하였고, CBR보다 더 불규칙하고 변화가 심하며 버스트 특성이 큰 ABR 트래픽 소스와 UBR 트래픽 소스 역시 On-Off 트래픽 모델을 사용하였다[6,7]. 실험을 위한 입력 트래픽으로 2Mbps의

CBR소스와, 각각 6Mbps, 2Mbps, 2Mbps의 평균 비트율을 가지는 VBR, ABR, UBR ON-OFF 소스를 사용하여 제안한 방식의 성능을 분석하였다.

그림7은 기존 방식과 제안한 방식의 각 트래픽 유형별 전송 지연 특성을 보인 그래프이다. 그림7에서처럼 제안한 방식은 엄격한 전송지연 및 CDV성능을 요구하는 CBR/VBR 트래픽은 망 부하에 관계없이 일정한 전송지연 시간을 가지고 서비스됨을 알 수 있으며, ABR 트래픽은 적은 망 부하에서는 안정된 전송지연 시간을 보이나, 망의 부하가 큰 경우 전송지연도 선형적으로 증가한다. 가장 낮은 우선 순위를 가지고 서비스되는 UBR 트래픽은 망의 부하가 커질수록 평균 전송지연시간도 큰 폭으로 증가함을 볼 수 있다.

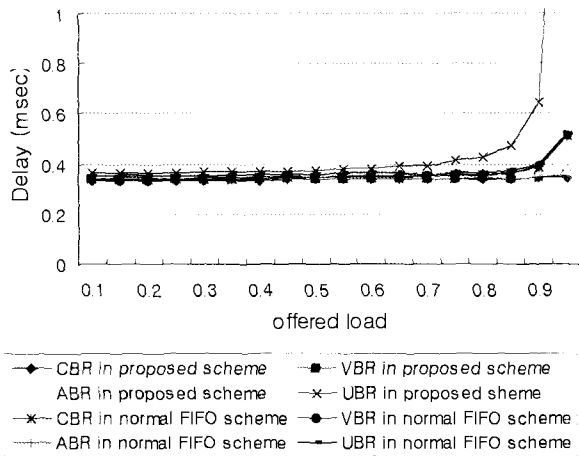


그림 7. 전송지연 특성

Fig. 7. Characteristic of transmission delay

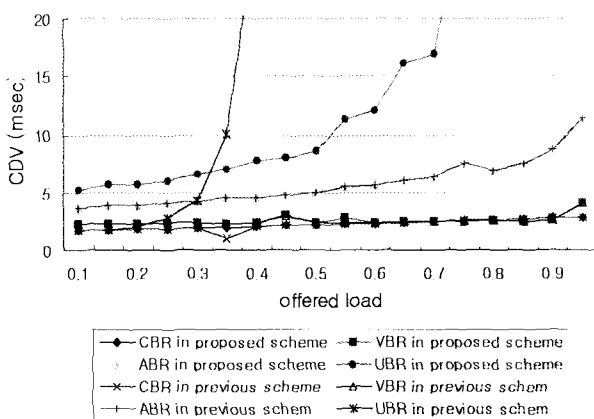


그림8. CDV 성능

Fig. 8. Performance of CDV

그림8은 ATM 서비스 클래스별 트래픽 특성을 고려하면서 오버헤드를 최소화하기 위해 제안한 매체접근 제어 방식과 기존의 클래스별 트래픽 특성만을 고려한 매체접

근 제어방식의 CDV성능을 비교한 것이다. 제안한 방식은 기존의 방식과 비교할 때, CBR, VBR, ABR 트래픽의 경우에는 CDV 성능이 거의 비슷하게 나타나고, UBR 트래픽의 경우에는 CDV 성능이 개선되었다. 따라서, 제안한 방식은 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 기존 방식들보다 오버헤드를 줄이면서도 CDV 성능을 거의 동일하게 유지할 수 있으므로 전송효율 측면에서 볼 때 더 우수하다고 할 수 있다.

## V. 결론

APON에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 ATM 트래픽 클래스별 전송 특성을 고려하여 각 트래픽 유형별 전송품질(QoS)의 특성을 반영시킨 다양한 매체 접근 제어 방식이 제안되었지만, 기존의 방식들은 프레임 내 전송 오버헤드 증가로 인해 망 이용효율이 감소한다. 따라서, 본 논문에서는, ATM 트래픽 유형별 전송품질의 특성을 반영할 수 있어 기존의 방식들과 거의 비슷한 성능을 가지지만 프레임내 전송 오버헤드를 증가시키지 않는 새로운 매체 접근 제어방식을 제안한다. 이를 위해 ONU가 OLT에 주기적으로 전송하는 RAU안에 포함된 각 트래픽별 로컬 대기큐안의 셀에 대한 정보를 부호화하여 전송함으로써 프레임 내 오버헤드의 길이가 증가되지 않도록 하였다. 따라서, 본 논문에서 제안한 방식은 기존의 다른 방식들에 비해 전체 망의 이용 효율을 증가시킬 수 있는 것으로 판단된다.

접수일자 : 2002. 12. 06      수정완료 : 2003. 1. 18

## 참고 문헌

- [1] U. Killat, editor, "Access to B-ISDN via PONs: ATM Communication in Practices," John Wiley & Sons Ltd & B.G. Teubner, 1996.
- [2] Babul Miah and Laurie Cuthbert, "An Economic ATM Passive Optical Networks," IEEE Comm. Magazine, pp.62-68, March 1997
- [3] Ingrid Van de Voorde and Gert Van der plas, "Full Service Optical Access Networks," IEEE Commun. Magazine, pp.104-112, June 1997.
- [4] ITU-T Recommendation I.356. "B-ISDN ATM Layer Cell Transfer Performance," 1995.
- [5] F.Panken, C.Blondia, O. Casals, J.Garcia, "A MAC Protocol for ATM PONs Supporting Different Service Categories," ITC15, pp.825-834, 1997.
- [6] Frans J.M. Panken, "Performance Analysis of Global FIFO MAC protocol for APONs, Leading to

Suggestions for improvements," IEEE ICCS/ISPACS'96, pp.31-35, 1996.

- [7] Joachim Charzinski, "Performance Analysis of a Multiple Access Mechanism for ATM Access Network," Int'l. Trlrtraffic Congress, pp.447-485, June 1997.
- 



고예윤(Ye-Yun Kho)

準會員

1997년 성균관대학교 전자공학과 공학사

1999년 성균관대학교

전기전자및컴퓨터공학부 공학석사

1995년~현재 성균관대학교

정보통신공학부 박사과정

관심분야 : Network architecture, 통신 protocol.



조 규 섭(Kyu-Seob Cho)

正會員

1974년 성균관대학교 전자공학과 공학사

1976년 성균관대학교 전자공학과 공학석사

1989년 성균관대학교 전자공학과 공학박사

1977년~1992 한국전자통신연구원

연구위원

1992년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수

관심분야 : Network architecture, 통신 protocol.

---