

# ATM-PON 에서의 효율적인 DBA 알고리즘 제안 및 성능 분석

정희원 이 유 태\*, 한 동 환\*\*, 준회원 전 덕 영\*\*\*, 정희원 김 승 환\*\*\*\*

## Performance Analysis of DBA Algorithm for ATM-PON System

Yutae Lee\*, Dong Hwan Han\*\* *Regular Members*, Deok-Young Jeon\*\*\* *Associate Member*,

Seung Hwan Kim\*\*\*\* *Regular Member*

### 요 약

트리 구조의 광 가입자망인 ATM-PON에서의 DBA 기능은 다양한 트래픽을 경제적이고 효율적으로 전송하기 위해 연구되어 왔다. 본 논문에서는 ONU의 버퍼상태정보 전달방법 및 공정한 대역할당방법 등을 포함한 효율적인 DBA 알고리즘을 제안한다. DBA 알고리즘은 사용자측에서 발생한 트래픽의 형태를 그대로 유지하면서 상향데이터 흐름을 효과적으로 다중화하고, 트래픽 종류별 QoS를 만족시키도록 설계되어야 한다. 이를 위하여, 제안한 알고리즘에서는 각 ONU의 버퍼상태정보 외에 ONU 마다 다섯 종류의 대역정보를 사용한다. ONU의 버퍼상태정보를 OLT로 전달하기 위한 방법으로 미니슬롯을 사용한다. 각 미니슬롯은 해당 ONU의 버퍼에 있는 비실시간 셀이 얼마나 되는지를 나타낸다. OLT는 각 ONU에 정의된 다섯 종류의 대역정보 및 미니슬롯을 통해 전달받은 각 ONU의 버퍼에 있는 비실시간 셀 수를 이용하여 각 ONU에 공평하게 대역을 할당한다. 제안한 DBA 알고리즘에 대한 성능평가를 위하여 평균전송지연시간 및 지연변이 등의 관점에서 시뮬레이션을 실시하여 그 결과를 기술한다.

### ABSTRACTA

Asynchronous Transfer Mode-Passive Optical Network(ATM-PON) Technology is one of the best solutions for implementation of broadband access network. In this paper, we propose a new Dynamic Bandwidth Allocation (DBA) algorithm for ATM-PON systems. The DBA is a key technique for data traffic management. DBA has been studied widely to allow ATM-PON to transport data traffic cost-effectively and efficiently, and currently a hot standardization issue in Full Service Access Network(FSAN) and ITU-T. The proposed DBA algorithm efficiently manages the user traffics according to their service categories. Performance of the proposed algorithm, in aspect of Cell Transfer Delay(CTD) and Cell Delay Variation(CDV), is evaluated using computer simulation.

### 1. 서 론

인터넷을 기반으로 하는 다양한 응용프로그램은 인터넷 사용인구의 급격한 증가와 동시에 요구대역폭의 증가 및 질적인 향상을 초래하고 있으며, 이러한 추세는 비즈니스 가입자에 국한되지 않고, 일반 가입자들까지 확장되면서 최종사용자가 있는 곳까지

원하는 대역폭을 저렴하게 제공할 필요가 있게 되었다<sup>[1]</sup>. 기존의 가입자망은 음성과 저속데이터 위주의 협대역 서비스를 위해 교환기와 단말기간의 동선을 이용한 단순한 음성급 서비스가 주였다. 그러나 최근 HDTV, 고화질 VOD, CATV 등과 같은 다양한 광대역서비스에 대한 가입자들의 수요가 증가하고, 특히 인터넷서비스의 빠른 성장으로 인하여

\* 동대학교 공과대학 정보통신공학전공(ylee@dongeui.ac.kr),

\*\* 선문대학교 자연과학부 수학교육(dhhan@sunmoon.ac.kr),

\*\*\* 한국정보통신대학교(realtdandy@icu.ac.kr),

\*\*\*\* 한국전자통신연구원 PON기술팀(sammy@etri.re.kr)

논문번호 : 020064-0206, 접수일자 : 2002년 2월 6일

※ 이 논문은 한국과학재단에서 지원한 지방대학 우수교수 연구장려사업 연구논문입니다.(KMS 2001-10)

양방향 멀티미디어 트래픽이 폭발적으로 증가하고 있다. 고속 기간 망과 사용자 사이에서 이와 같이 빠르게 증가하는 광대역서비스와 인터넷의 수요를 가입자에게 경제적이고 효율적으로 제공하기 위해 광 가입자망의 구축이 필수적이다. 또한, 최선형 서비스에 기인한 단순한 접속기능의 한계를 벗어나, 응용서비스별로 차별화 된 품질을 제공하는 품질보장형 서비스 역시 주요 고려대상이라 하겠다<sup>1,2)</sup>. 이러한 요구사항들을 만족시킬 수 있을 것으로 예측되는 차세대 광 가입자 전송기술 중의 하나로 PON에 대한 관심이 고조되고 있다. PON은 여러 가입자간의 신호를 다중화 하여 고속 기간 망에 전달함으로써, 가입자들이 효율적으로 기간 망에 접근할 수 있도록 한다. 또한, PON은 트리 형태의 구조를 채용하여 다수의 ONU를 연결하므로 전체적인 광선로의 길이를 줄일 수 있고, 수동광소자만을 사용함으로써 신뢰성이 높고 저렴한 가입자망을 구축할 수 있으므로, FTTx에 적합한 구현방식으로 제시되고 있다<sup>3-5)</sup>. 광대역가입자망에서 비동기 전송방식은 트래픽 특성이 다른 데이터들을 다중화하고, 가입자의 트래픽 요구대역을 동적으로 할당하여 높은 대역폭을 제공할 뿐만 아니라, 하드웨어 스위칭기능을 제공하므로 스위칭이 용이하여 스위치 내에서의 지연이 비교적 적은 편이다. 이러한 비동기 전송방식을 표준전송모드로 사용하는 B-ISDN(Broadband-Integrated Services Digital Network)의 가입자망으로서 유력한 형태 중 하나가 ATM-PON이다. ATM-PON에 대한 표준화는 FSAN에서 주도하여, ITU-T 권고안 G.983.x로 채택되었다<sup>6-8)</sup>.

ATM-PON에서 정보전송은 시간분할다중접속(TDMA: Time Division Multiple Access) 방식을 통해 이루어지며, 트리 구조의 특성으로 인해 기간 망으로부터 PON으로 들어오는 하향 트래픽은 모든 ONU에 방송되고 각 ONU는 자신에게 해당하는 슬롯만을 선택하는 형태로 이루어진다<sup>7,8)</sup>. 반면 가입자로부터 기간 망으로 정보를 전달하기 위한 상향 채널은 다수의 가입자들이 하나의 OLT를 공유하여 정보를 전송하므로, 가입자간의 정보 전송을 중재하고 효율적으로 채널을 액세스 할 수 있는 매체 접근 제어(MAC: Medium Access Control) 프로토콜이 필요하다<sup>7,8)</sup>. ATM-PON은 전달 망이므로, 각 ONU로 입력된 트래픽은 원래의 형태를 그대로 유지하면서 일정한 전송지연시간을 가지고 기간 망으로 전달되어야 한다<sup>9)</sup>. 따라서, MAC 프로토콜은 상향채널에서 다중화 된 트래픽의 전송지연변이를 최

소화 할 수 있도록 설계되어야 한다. 또한, 멀티미디어정보를 효율적으로 전송하기 위해서는 트래픽 유형별 특성을 고려한 다이나믹한 대역할당(DBA) 알고리즘이 필요하다<sup>10)</sup>. 특히, 가변 비트율(VBR: Variable Bit Rate)과 같은 버스트한 특성을 가지는 트래픽을 효과적으로 수용하기 위해서는 효율적인 DBA 알고리즘이 반드시 구현되어야 한다. ATM-PON DBA에 대한 표준화 활동도 FSAN과 ITU-T에서 진행되고 있다.

이러한 ATM-PON은 다양한 서비스를 원하는 가입자의 가정에 광파이버를 연결해주는 FTTH(Fiber To The Home)를 실현하는 근간을 마련하고, 가입자에게는 현재의 비용으로서 충분한 대역폭과 전송속도를 확보해 줄 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 ATM-PON에서 다양한 종류의 트래픽을 효율적으로 전송하기 위한, ONU의 버퍼상태정보 전달방법 및 공정한 대역할당방법 등을 포함한 DBA 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 ATM-PON의 구조에 대해 살펴보고, 3장에서는 DBA 구현을 위한 요구사항을 조사하고, 이를 근거로 4장에서 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위한 DBA 알고리즘을 제안한다. 5장에서는 제안한 DBA 알고리즘의 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하고, 6장에서 결론을 맺는다.

## II. ATM-PON의 구조

ATM-PON은 20km 반경 내에 있는 가입자들을 FTTx의 형태로 연결을 제공하는 수동 광 통신망으로서 하나의 광섬유가 광 분배기를 통해 여러 가닥의 광섬유로 분기하여 최대 64대의 ONU/ONT(Optical Network Termination)가 동시에 연결되어 사용할 수 있는 구조이기 때문에 구축비용이 저렴하다고 알려져 있다<sup>9,10)</sup>. 이는 ATM-PON이 하나의 플랫폼에서 FTTx를 모두 통합하여 수용할 수 있으며, 특히 궁극적인 가입자망의 형태인 FTTH까지 지원하므로, 차세대 광 가입자 전송기술로 중요한 의미를 지닌다고 하겠다<sup>11)</sup>.

그림 1은 ATM-PON의 대표적인 망 구성을 보여준다. ATM-PON은 OLT, ONU 및 ODN(Optical Distribution Network) 3 종류의 서브시스템으로 구성된다. ONU가 더욱 소형화하여 맥내에 설치 시에는 ONT의 형태가 된다. 예를 들어, FTTC(Fiber To The Curb)의 형태로 연결을 제공하는 경우에는

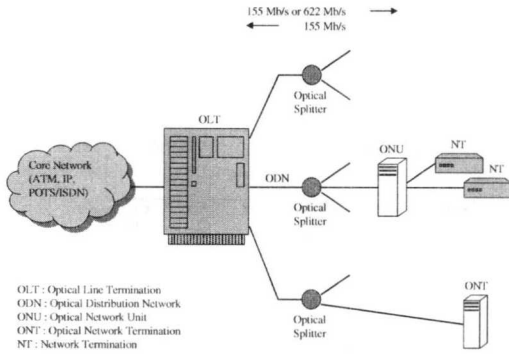


그림 1. ATM-PON의 구성

하나의 ONU를 다수의 NT(Network Termination)가 공유하는 형태이며, FTTH인 경우는 ONU 대신 ONT가 OLT와 바로 연결된다<sup>14)</sup>. OLT는 트리 구조의 루트에 위치하여 가입자들로부터의 트래픽을 집중화시키고, 기간 망에서 가입자망으로 들어오는 데이터를 분배하는 역할을 수행한다. 따라서, OLT 내 MAC 제어기는 상향채널을 이용하고자 하는 각 ONU에게 공평하고 효율적으로 채널을 분배하여야 한다<sup>2)</sup>. ODN은 ONU와 OLT 사이에 위치하며, 광 신호의 분배를 위한 수동 분배기를 사용하여 트리 토폴로지의 구조를 형성한다. PON은 전자적 혹은 광전 장치가 추가되지 않는 광 통신망이므로 ODN이 수동 소자를 사용하기 때문에 붙여진 이름으로 전력 공급이 필요 없어 전력의 결함에 영향을 받지 않고, 전자기 간섭에도 민감하지 않으며 유지 보수 비용이 적게 드는 장점이 있다<sup>5)</sup>. ONU는 각 가입자를 OLT에 연결하는 개체이며, OLT와 ONU 사이의 데이터 속도는 상하향 155Mbps/155Mbps 또는 155Mbps/622Mbps 이다<sup>2-6)</sup>. PON-IF 보드는 해당 분배기에 연결된 모든 ONU에 의해 공유된다. OLT는 ONU로부터의 상향데이터 전송을 제어하기 위해 해당 ONU로 grant를 전달한다. grant를 수신한 ONU는 지정된 상향 셀 슬롯에서 데이터를 전송할 수 있다. ATM-PON은 정보화사회의 가속화가 진행되면서 새로운 고객이 등장하게 되고 가입자의 형태에 따라 다양한 대역을 요구해 올 것이 예상되는 시점에 가입자가 임의의 용량을 요구해 올 때, 손쉽게 요구에 대응할 수 있는 구조를 지니고 있다<sup>11)</sup>.

### III. ATM-PON을 위한 DBA 기능

트리 구조의 ATM-PON에서 데이터의 전송은 TDMA 방식으로 이루어진다. 기간 망에서 하향채

널을 통해 가입자 측에 전송되는 하향 TDM 슬롯은 모든 ONU로 방송되는 형태이므로 따로 매체접근제어를 요구하지 않는다<sup>2-5)</sup>. 반면 사용자측의 정보전송을 위한 상향채널은 다수의 가입자로부터의 데이터 슬롯이 하나의 OLT로 충돌 없이 다중화되어야 하므로, 상향채널 액세스를 위한 MAC 프로토콜이 요구된다. 효율적인 MAC 프로토콜은 오버헤드를 줄임으로써 주어진 채널 용량에서 정보 전송 대역을 최대화 할 수 있도록 트래픽 특성을 고려한 대역폭 할당 및 스케줄링 알고리즘을 제공해야 한다<sup>2)</sup>. 특히 ATM-PON은 원래의 트래픽 속성을 가능한 한 유지하면서 가입자로부터 발생한 트래픽을 기간 망에 전달하기 위한 가입자망이므로 상향채널의 다중화를 위한 MAC 프로토콜은 전송하는 트래픽의 전송지연 및 전송지연변이를 최소화 할 수 있도록 설계되어야 한다<sup>17-9)</sup>.

MAC 프로토콜이 정적인 대역할당방식을 갖는 경우, 각 ONU에 할당하는 grant의 양은 PON 상에서 새로운 연결이 설정되거나 기존의 연결이 해제될 때에만 갱신된다. 그래서, 일단 각 ONU 별로 할당된 grant의 양이 결정되면, 각 ONU는 실제 대역의 사용여부에 관계없이 그 양 만큼의 grant를 계속 수신하게 된다. 이런 정적인 할당방식은 항등비트율(CBR: Constant Bit Rate) 서비스와 같이 충분히 예측 가능한 형태를 가지는 실시간 트래픽에 적합하다.

하지만, ATM-PON은 항등비트율이 아닌 다양한 종류의 서비스도 수용할 수 있어야 한다. 특히, 인터넷과 같은 버스트한 트래픽에 고정된 대역을 할당하면, 모든 ONU들이 PON의 대역을 다이나믹하게 공유할 수 없게 되므로 서비스의 품질을 효과적으로 만족시킬 수 없게 된다. 또한, 고정된 대역할당은 각 ONU의 실제 대역사용여부에 관계없이 정해진 대역을 항상 할당하므로 ATM-PON이 많은 ONU를 수용할 수 없게 만든다. 이에 반해 버스트한 트래픽들 사이에 대역을 다이나믹하게 할당할 수 있으면, 정적인 대역할당방식을 사용할 때보다 훨씬 효율적인 시스템이 될 수 있다.

DBA는 ONU의 버퍼상태정보에 따라 각 ONU에 할당할 대역을 다이나믹하게 조정하므로, PON의 상향대역을 더 효율적으로 사용할 수 있고, 더 많은 ONU를 수용할 수 있게 한다. DBA의 이점은 크게 두 가지를 들 수 있다. 첫째, 망 운영자 입장에서는 대역을 더 효율적으로 사용하므로 더 많은 가입자를 수용할 수 있다. 둘째, 가입자 입장에서는 망 상

태에 따라 자신에게 고정적으로 할당된 대역보다 더 많은 대역을 필요로 하는 서비스도 즐길 수 있다.

DBA는 시스템의 성능에 큰 영향을 주므로 다양한 요소들이 설계에 반영되어야 한다. 시스템의 효율성과 복잡도 사이의 trade-off와 시스템의 upgrade, flexibility, reliability 등을 고려하여 구현되어야 한다. 또한, 상향채널에서 다중화 된 트래픽의 전송지연변이를 최소화하고, 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 각 미디어의 특성에 따라 항등 비트율 서비스, 실시간 가변 비트율(rtVBR: real-time VBR) 서비스, 비실시간 가변 비트율(nrtVBR: non-real-time VBR) 서비스, 가용 비트율(ABR: Available Bit Rate) 서비스, 비규정 비트율(UBR: Unspecified Bit Rate) 서비스 등 다양한 멀티 트래픽 특성을 수용할 수 있도록 설계해야 한다. 즉, 트래픽 클래스별 서비스품질을 보장해야 한다. 각 ONU의 버퍼상태정보를 전달하기 위한 미니슬롯의 구조와, 효율성과 복잡도를 고려한 공평한 대역계산 및 할당알고리즘을 설계할 때, 이러한 요구사항들이 반영되어야 한다.

#### IV. ATM-PON의 DBA 알고리즘의 제한

표 1. ATM 서비스 종류별 보장 성능

service type	traffic descriptor	성능보장여부		
		CTD/CDV	CLR	BW
CBR	PCR	O	O	PCR
rtVBR	PCR, SCR,	O	O	SCR
nrtVBR	MBS			
ABR	PCR, MCR	X	O	MCR
UBR	PCR	X	X	X

효율적인 멀티미디어 전송을 위해 ATM 망에서는 각 서비스의 전송특성에 따라 CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR, UBR 등의 다양한 트래픽 형태를 정의한다. ATM 망에서 전송되는 트래픽 유형 및 특성은 표 1과 같다<sup>[2]</sup>. 이처럼 서비스종류별로 요구되는 성능이 다르기 때문에 각 종류별로 서비스 품질을 고려한 DBA 알고리즘이 제안되어야 한다.

DBA를 지원하는 OLT와 ONU의 기능 블록은 그림 2와 같다. 각 ONU는 여러 개의 QoS subqueue를 갖는다. ONU는 비실시간 연결로부터

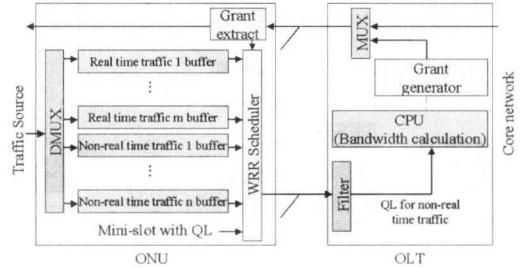


그림 2. OLT와 ONU의 기능블록

발생된 셀을 수용하는 버퍼의 대기열의 길이를 감시하여, 그 대기열의 길이를 미니슬롯을 통하여 OLT로 전달한다. OLT는 각 ONU에 정의된 대역 정보와 미니슬롯을 통해 전달받은 비실시간 셀의 수를 참조하여, 각 ONU에 할당할 대역을 계산하고, 계산된 대역에 해당하는 만큼의 데이터 grant를 해당 ONU에 할당한다. 데이터 grant를 수신한 ONU는 WRR(Weighted Round Robin) 스케줄러를 통하여 하나의 QoS subqueue를 선택하고 그 subqueue에 있는 하나의 셀을 해당 슬롯에서 OLT로 전송한다.

PON Overhead 3 bytes	ONU ID 1 byte	QL for non-real time traffic 2 bytes	CRC 1 byte
-------------------------	------------------	---	---------------

그림 3. 미니슬롯 포맷

DBA 알고리즘의 중요한 골자 중 하나는 ONU가 자신의 버퍼정보를 담아 보내는데 사용하는 미니슬롯의 구조이다. 먼저 오버헤드를 최소화할 수 있는 미니슬롯의 구조를 정의한다. 여기서는 하나의 상향슬롯에 8개의 미니슬롯을 포함한 구조를 사용한다. 따라서, 미니슬롯의 구조는 그림 3과 같이 7 바이트로 구성된다. 그림에서 미니슬롯은 어느 ONU의 상태정보인지를 나타내기 위한 1 바이트의 'ONU ID' 필드, 그리고 버퍼에 대기하고 있는 비실시간 셀의 수를 나타내는 2 바이트의 'QL for non-real-time traffic' 필드 및 잘못된 정보가 전달된 경우를 확인하기 위한 CRC 필드로 구성된다. 'ONU ID' 필드는 OLT가 이 미니슬롯만으로도 어느 ONU의 상태정보인지를 쉽게 알 수 있게 한다. 따라서, 제안한 알고리즘의 robustness를 높일 수 있다는 장점이 있다. 'QL for non-real-time traffic' 필드는 해당 ONU의 버퍼에 대기하고 있는 모든 비실시간 셀의 수를 나타낸다. 이 필드는 2 바이트를 사용함으로써 ONU 별로 최대  $2^{16}-1$  개의 셀을 나타낼 수 있다. 그런데, 위의 미니슬롯에는

ONU에 있는 실시간 셀의 수에 대한 정보는 포함되어 있지 않다. 이는 OLT에서 각 ONU에 대역을 할당할 때, 실시간 연결들에 대해서는 전송지연변이를 줄이기 위해 그들의 최대 셀 율의 합을 해당 ONU에 할당하기 때문이다. 이러한 DBA 알고리즘의 자세한 부분은 아래에서 상세히 설명한다. 앞에서 기술한 것처럼, 하나의 미니슬롯은 7 바이트로 구성된다. 따라서, 주기적으로 전송되는, 56 바이트로 이루어진 하나의 분할슬롯에는 8개의 미니슬롯을 포함시킬 수 있다.

이와 같이 미니슬롯이 OLT에 전달되면 OLT 내부의 MAC 스케줄러는 도착한 미니슬롯을 읽어 적절하게 대역을 할당하여, 하향 PLOAM (Physical Layer Operations Administration and Maintenance) 셀의 grant 필드를 생성하여 ONU에 grant를 제공한다. 하향 PLOAM 셀에는 27개의 grant 필드가 있는데, ONU는 이러한 승인 값을 읽고 자신에 해당하는 승인 값일 경우, 적절한 시점에서 상향 사용자 셀을 전송할 수 있다.

제안하는 DBA 알고리즘에서는 미니슬롯을 통해 얻게되는 ONU의 버퍼상태정보 이외에, 각 ONU에 정의된 다섯 가지의 요구대역정보를 이용하여 다양한 종류의 서비스품질을 지원하게 된다. 여기서 각 ONU에 정의된 다섯가지의 요구대역정보는 다음과 같다: fixed bandwidth, assured bandwidth, maximum bandwidth, additional bandwidth, dynamic bandwidth. 먼저, fixed bandwidth는 ONU에 항상 주기적으로 할당할 대역으로, 해당 ONU에 설정되어 있는 모든 실시간 연결의 최대 셀 율(PCR)의 합으로 정의한다. 다음으로, assured bandwidth는 해당 ONU의 비실시간 연결들에 평균적으로 보장해 주어야 하는 대역으로, 설정된 비실시간 연결의 SCR이나 최소 셀 율(MCR)의 합으로 정의한다. 이 값은 새로운 비실시간 연결의 설정이나 해제 시에만 갱신되며, 비실시간 트래픽에 할당할 dynamic bandwidth의 계산 시 참조된다. Maximum bandwidth는 ONU에 할당할 수 있는 최대대역으로, 해당 ONU에 설정되어 있는 모든 연결의 최대 셀 율의 합으로 정의한다. Effective bandwidth는 해당 ONU의 실시간 연결들에 보장해 주어야 하는 평균대역으로, 설정된 실시간 연결들의 SCR의 합으로 정의한다. CBR 서비스인 경우의 SCR은 PCR과 같다고 생각한다. 마지막으로 dynamic bandwidth는 ONU에 대기하고 있는 비실시간 셀의 수와 각 ONU에 설정된 assured

bandwidth 정보로부터 fixed bandwidth를 할당하고 남은 대역을 DBA 알고리즘에 따라 해당 ONU에 다이나믹하게 할당할 대역이다.

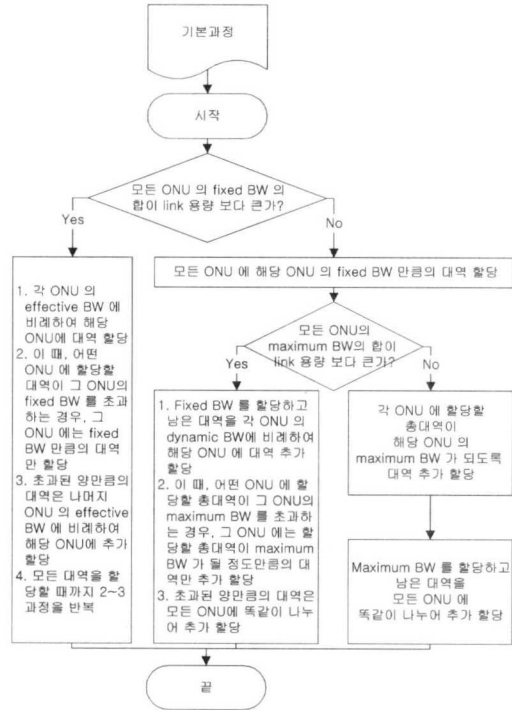


그림 4. 제안한 DBA의 기본과정

제안하는 DBA의 기본 절차는 그림 4와 같다. 먼저 모든 ONU의 fixed bandwidth를 더한 값이 가용 링크 용량보다 큰 경우, 각 ONU에는 해당 ONU의 effective bandwidth에 비례하여 대역을 할당한다. 이 때, effective bandwidth에 비례하여 할당할 대역이 해당 ONU의 fixed bandwidth보다 큰 경우에는 그 ONU에 fixed bandwidth만을 할당한다. 다음으로, 모든 ONU의 fixed bandwidth를 더한 값이 가용 링크 용량보다 작은 경우, 각 ONU에는 그 ONU의 fixed bandwidth를 할당한다. 모든 ONU에 fixed bandwidth를 할당하고 남은 대역은 각 ONU의 dynamic bandwidth에 비례하여 해당 ONU에 할당한다. 이 때, fixed bandwidth와 dynamic bandwidth에 비례하여 할당한 대역의 합이 해당 ONU의 maximum bandwidth보다 큰 경우에는 해당 ONU에 maximum bandwidth만을 할당한다. 모든 ONU에 fixed bandwidth와 dynamic bandwidth를 할당하고 남은 대역은 모든 ONU에 일정하게 할당한다.

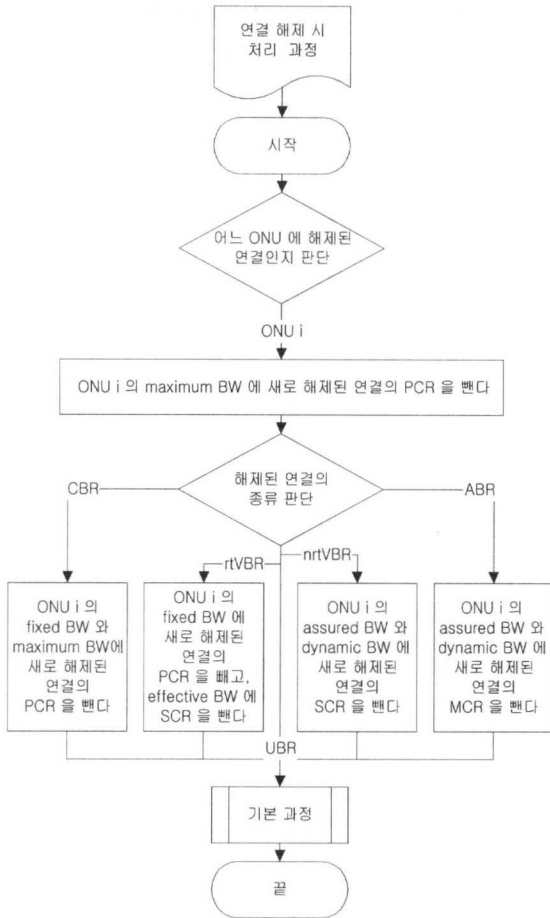


그림 5. 연결 설정 시 제안한 DBA의 처리과정

실시간 및 비실시간 연결의 설정 및 해제 시 OLT에서 수행해야 할 절차는 그림 5와 그림 6에서 보여주고, 각 ONU로부터 미니슬롯을 수신했을 때, OLT에서 수행해야 할 절차는 그림 7 과 같다.  
제안한 DBA 알고리즘을 포함한 MAC 프로토콜의 성능 분석은 다음절에서 다룬다.

**V. 제안한 DBA 알고리즘의 성능평가**

앞 절에서 제안한 DBA 알고리즘의 성능평가를 위해 시뮬레이션을 실행하였다. 이러한 시뮬레이션을 위해 ONU 의 WRR 스케줄러의 파라미터는 HOL(Head Of Line) 우선순위를 갖도록 설정하였다.  
시뮬레이션은 다양한 서비스의 트래픽 속성을 모형화하기 위하여, Poisson 과정과 ON-OFF 과정이라는 두 가지 확률 모형을 사용하였다. 먼저, Poisson

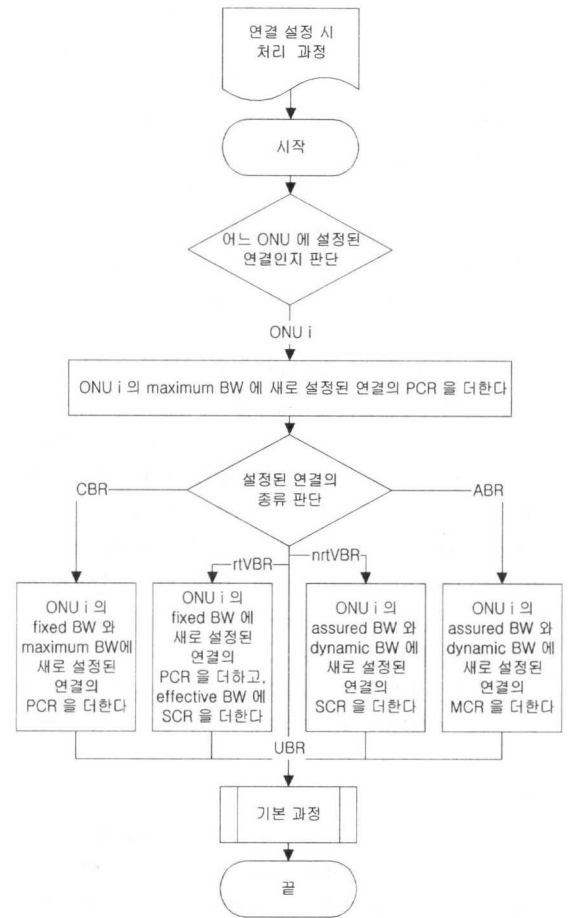


그림 6. 연결 해제 시 제안한 DBA의 처리과정

확률 과정은 CBR 트래픽을 모형화 하기 위하여 사용하였다. CBR 트래픽은 Poisson 확률 과정에 따라 새로운 호가 발생되어 연결 요청을 하고, 연결 승인된 호는 지수 분포 함수에 의해 결정된 호 지속 기간 동안 트래픽을 발생시킨다고 가정하였다. 또한, CBR 트래픽은 호 지속 기간 동안 일정한 주기를 가지고 셀을 발생시키는 고정 셀 율 모형인 deterministic 확률 과정에 따라 도착한다고 가정하였다. 그리고, 불규칙하고 변화가 심한 VBR 트래픽 원은 ON-OFF 확률 과정으로 모형화 하였다. VBR 보다 더 불규칙하고 변화가 심하며 더 버스트한 ABR 트래픽원도 역시 ON-OFF 모형을 사용하였다. ON-OFF 트래픽 모형의 특성은 SCR과 PCR 값으로 설명을 할 수 있다. 즉, ON 상태 동안에는 PCR의 셀율로 셀이 발생되고 OFF 상태 동안에는 트래픽이 발생되지 않는 버스트한 성질을 갖으며 긴 시간동안의 평균 셀율은 SCR 값을 가진다<sup>[4]</sup>. 또한,

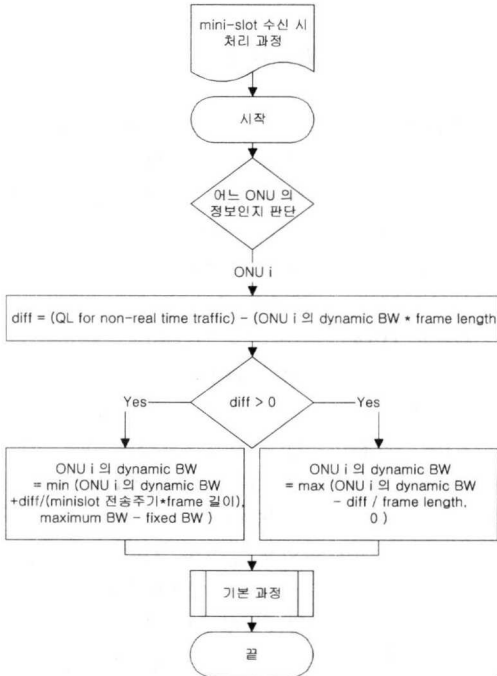


그림 7. 미니슬롯 수신시 DBA의 처리과정

표 2. 시뮬레이션 파라미터

Number of ONUs		32
Transmission rate of the PON		155.52Mbps
CBR	Load	0.05 ~ 0.5
	PCR of each VC	2Mbps, 10Mbps
	Traffic model	Poisson(call), deterministic(cell)
rtVBR	Number of VCs	32
	PCR of each VC	3.0 Mbps
	SCR of each VC	0.2 Mbps
	MBS of each VC	3000
Traffic model		On-Off
nrtVBR	Number of VCs	32
	PCR of each VC	10.0 Mbps
	SCR of each VC	0.7 Mbps
	MBS of each VC	3000
Traffic model		On-Off
ABR	Number of VCs	32
	PCR of each VC	10.0 Mbps
	SCR of each VC	1.2 Mbps
	MBS of each VC	3000
Traffic model		On-Off
UBR	Number of VCs	32
	PCR of each VC	10.0 Mbps
	SCR of each VC	0.2 Mbps
	MBS of each VC	3000
Traffic model		On-Off
Transmission period of minislot		8 frames

ON 상태와 OFF 상태의 지속 시간은 지수 분포 함수에 의해 결정된다. 여기서는 UBR 트래픽도 ON-OFF 확률 과정에 따른다고 가정하였다. 제안한 DBA 알고리즘의 성능분석을 위해, VBR, ABR, UBR 등을 모형화한 ON-OFF 트래픽이 PON 링크의 50%를 점유하고 있는 경우, CBR 트래픽의 부하를 변화시키면서 시뮬레이션을 실행하였다. 시뮬레이션을 위한 시뮬레이션 파라미터는 표 2와 같다.

성능 평가 기준으로서 평균 전송 지연 시간과 2-point CDV를 사용하였다. 전송 지연 시간은 ONU에 셀이 도착해서 OLT로부터 grant를 분배받아 상향 채널을 통해 OLT에 전송될 때까지의 시간을 말한다<sup>[2,5]</sup>. 또한, 셀이 정해진 두 지점을 통과한 시간차의 변이를 2-point CDV라고 하고, 상향 채널에서 ONU와 OLT의 입력 지점에서 CDV를 측정하였다. 2-point CDV를 구하는데 사용되는 기준 지연 시간은 아직 ITU-T에 표준화되어 있지 않다. 여기서는 2-point CDV의 기준 지연 시간을 평균 전송 지연 시간으로 선택하였다.

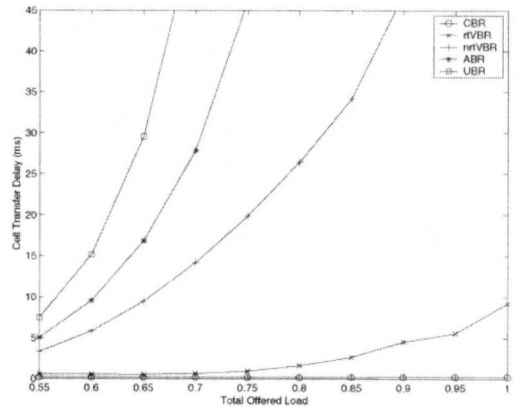


그림 8. 각 트래픽 유형별 평균전송지연시간

그림 8은 CBR의 부하를 5%에서 50%까지 변화시키면서, 각 트래픽의 평균전송지연시간에 대한 시뮬레이션 결과를 보인 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이, 엄격한 전송 지연을 요구하는 CBR 트래픽은 망의 부하가 증가하더라도 일정한 전송 지연 시간을 가짐을 알 수 있으며, rtVBR 트래픽도 망의 부하가 증가하더라도 지연 시간이 크게 증가하지 않고 안정된 전송 지연을 보인다. nrtVBR, ABR 및 UBR 등의 낮은 우선순위를 가지는 비실시간 트래픽은 망의 부하가 커질수록 평균전송지연시간도 크게 증가함을 볼 수 있다.

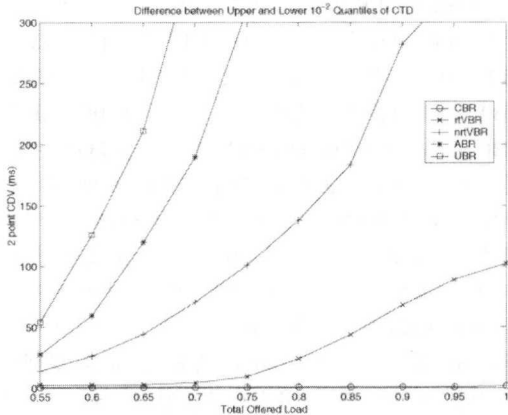


그림 9. 각 트래픽 유형별 2-point CDV

그림 9는 CBR 트래픽의 부하에 따른 각 트래픽 유형별 2-point CDV의 하위  $10^{-2}$  quantile과 상위  $10^{-2}$  quantile 사이의 간격을 나타낸 것이다. 망 부하가 변하더라도 CBR 트래픽은 일정한 전송 지연분포를 가지므로 값의 변화가 크지 않음을 알 수 있다. 이는 제안한 DBA 알고리즘에 의해 CBR 트래픽의 형태에 큰 변화가 없이 상향채널을 통해 전송된다는 것을 의미한다. rtVBR은 높은 밀집성을 갖기 때문에 망 부하에 따라 값이 다소 변화하나, 이는 OLT에서의 shaping 기능으로 보상할 수 있다. 망 부하에 따라 nrtVBR, ABR 및 UBR 등의 낮은 우선순위를 가지는 비실시간 트래픽은 실시간 트래픽에 비해 큰 전송지연을 가지며, 지연 변이도 커다는 것을 알 수 있다.

이 논문에서 제안한 DBA 알고리즘은 CBR이나 rtVBR과 같은 실시간 트래픽에 대하여 연결설정 시 그들의 SCR 만큼의 대역을 fixed bandwidth로 미리 provision하여 해당 ONU에 고정 할당한다. 또한, CBR 트래픽은 ONU의 QoS subqueue 들 중에 가장 높은 우선순위를 갖기 때문에, 그림 8과 그림 9에서 볼 수 있듯이, 평균전송지연시간과 전송지연 변이가 거의 없음을 알 수 있다. rtVBR 트래픽은 그들의 버스트한 특징 때문에 CBR 보다 더 큰 평균전송지연시간과 전송지연변이를 가지지만, 비교적 안정된 성능을 보여주고 있다. 이에 반해, 엄격한 전송지연시간을 필요로 하지 않는 비실시간 트래픽에 대해서는 실시간 트래픽에 fixed bandwidth를 할당한 후 남은 대역만을 이용할 수 있으므로 실시간 트래픽에 비해 비교적 큰 평균전송지연시간과 전송지연변이를 가짐을 알 수 있다.

## VI. 결론

ATM-PON은 다양한 서비스를 원하는 가입자의 가정에 광파이버를 연결해주는 FTTH를 실현하는 근간을 마련하고, 가입자에게는 현재의 비용으로서 충분한 대역폭과 전송속도를 확보해 줄 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 ATM-PON에서 다양한 종류의 사용자 트래픽을 효율적으로 관리할 수 있는 새로운 DBA 알고리즘을 제안했다. 그리고, 시뮬레이션을 통하여 제안한 DBA 알고리즘에서 각 트래픽의 지연시간에 대한 성능을 평가하였다. 그 결과, CBR 트래픽은 망 부하가 증가하더라도 평균 지연시간이 일정하게 유지되며, 낮은 CDV 분포를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

대역할당 알고리즘 외에 중요한 사항 중 하나는 시스템의 효율을 높이기 위해 대역할당량의 갱신을 어느 정도의 주기로 정하는 것인가인데, 이는 미니 슬롯을 어떻게 운용할 것인가와 직결되어 이에 대한 연구결과를 도출하는 것도 중요하다.

## 참고 문헌

- [1] 김진희 외, “초고속 광가입자 전송기술”, 한국통신학회지, 18(11), pp. 96-109, 2001
- [2] 은지숙 외, “APON에서 멀티미디어 전송을 위한 효율적인 MAC 프로토콜”, 한국통신학회논문집, 25(1A), pp. 132-141, 2000
- [3] 이유태, 김승환, 고제수, 김창규, 최두일, “ATM-PON의 DBA 기능 개발 현황 및 방향”, 2001 한국통신학회 하계종합발표회, 2001
- [4] Deok-Young Jeon, Yutae Lee, Joon-Pyo Park, Ji-Hyun Moon and Man-Seop Lee, “Performance Evaluation of a New DBA Algorithm and Structures for ATM-PON Systems with ATM Traffic Service Categories”, OHAN2002 FSAN/FS-VDSL, Italy, 2002
- [5] Deok-Young Jeon, Yutae Lee, Ji-Hyun Moon and Man-Seop Lee, “Proposed Dynamic Bandwidth Assignment algorithm for ATM-PON systems with ATM traffic service categories”, ICACT2002, 2002
- [6] ITU-T Recommendation G.983.1, “Broadband Optical Access Systems Based on Passive Optical Networks(PON)”, 1998



- [7] ITU-T Recommendation G.983.2, "The ONT Management and Control Interface Specification for ATM-PON", 1998
- [8] Full Service Access Network(FSAN) Initiative : URL(<http://www.fsanet.net/>)
- [9] 이호숙, "ATM 기반 광 가입자망을 위한 매체 접근 제어 프로토콜의 설계에 관한 연구", *박사학위논문*, 2000
- [10] M. Yoshino et al., "DBA Function for Broadband Passive Optical Network Systems", *OHAN/FSAN 2001*, Japan, 3.1-1~3.1-8, 2001

김 승 환(Seung Hwan Kim)

정회원



1986년 2월 : 연세대학교  
전자공학과 졸업(공학사)  
1988년 2월 : 연세대학교  
전자공학과 공학석사  
1988년 1월~1999년 11월 : 대우  
전자 반도체연구소  
MICOM설계팀 선임연구원  
1999년 12월~현재 : 한국전자통신연구원 PON기술팀  
선임연구원

이 유 태(Yutae Lee)

정회원



1992년 2월 : 한국과학기술원  
과학기술대학 수학과 졸업  
1997년 8월 : 한국과학기술원  
수학과 박사  
1997년 9월~1998년 2월 : 한국  
과학기술원 박사 후  
연수 연구원

1998년 3월~2001년 2월 : 한국전자통신연구원 광통신연구부 선임연구원

2001년 3월~현재 : 동의대학교 공과대학 정보통신공학전공 교수

<주관심 분야> 대기이론, 트래픽 엔지니어링, 가입자망

한 동 환(Dong Hwan Han)

정회원



1987년 2월 : 서강대학교  
수학과 졸업  
1993년 8월 : 한국과학기술원  
수학과 이학박사  
1994년 3월~현재 : 선문대학교  
자연과학부 수학과전공  
(부교수)

<주관심 분야> 확률과정론, 큐잉이론, 통신망해석

전 덕 영(Deok-Young Jeon)

준회원



2000년 2월 : 인하대학교  
전자공학과 졸업(공학사)  
2002년 8월 : 한국정보통신  
대학교 공학석사  
<주관심 분야> 광가입자망, MAC  
프로토콜 설계 및 성능분석