

논문-05-10-2-07

방송통신 통합을 위한 비대칭 WDM-EPON 구조에 관한 연구

허 정^{a)}, 구 본 정^{a)}, 박 영 일^{a)†}

An asymmetric WDM-EPON structure for the convergence of broadcast and communication

Jung Hur^{a)}, Bon-Jeong Koo^{a)}, and Youngil Park^{a)†}

요 약

본 논문에서는 방송과 통신의 융합을 고려한 고속가입자망의 구현을 위해 비대칭 WDM-EPON을 제안하였다. 이 방식에서는 OLT에서 각 가입자 노드로의 하향 전송에는 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 전송방식을 이용함으로써 방송 및 다양한 멀티미디어 서비스를 수용하기 위한 넓은 대역폭을 만족하였다. 반면에 넓은 대역폭이 필요하지 않는 상향전송에는 WDM 방식보다는 상대적으로 값이 싼 EPON 전송방식을 채택하였다. 본 논문에서는 물리계층에서의 전송시험 결과를 제시한다.

ONU가 홈게이트웨이에 이용되기 위해서는 접속 프로토콜은 홈게이트웨이의 트래픽 형태에 적절해야만 한다. 음성인 경우 시간 지연에 민감한 반면 데이터는 덜 민감하다. 본 논문에서는 가입자망에서 다양한 형태의 데이터를 함께 수용할 수 있는 새로운 동적 대역할당 프로토콜을 제시하였으며 이의 성능을 분석하였다. 시간 지연에 민감한 신호의 성능을 보장하기 위해 최대 사이클 타임을 규정하였으며, 하향 제어신호가 급격히 늘어나는 것을 방지하기 위해 최소 윈도우를 규정하였다. 제안된 EPON 프로토콜이 기존 방식에 비해 가지는 장점들을 시뮬레이션에 의해 보였다.

Abstract

In this paper, an asymmetric WDM-EPON transmission scheme is proposed to be used in a high speed access network system, which is required to implement the convergence of broadcast and communication. WDM is used for downstream transmission from OLT to access nodes, satisfying wide bandwidth requirement for broadcasting and various multimedia services. And an EPON scheme, which is cheaper than WDM, is applied to upstream transmission where less bandwidth is required. A transmission test in physical layer was performed successfully and the results are provided.

If ONUs are to be used in a home gateway, its protocol should be appropriate to its traffic pattern. Voice is sensitive to a time delay while data is not. A new dynamic bandwidth assignment protocol for PON system, which can cope with various types of data in access network is proposed and its performance is analysed. A maximum cycle time is specified to achieve the QoS of signals sensitive to time delay. And a minimum window is specified to prevent the downstream control signals from uprising. It is shown by simulation that the proposed EPON protocol can provide a better performance than previous ones.

Keywords : WPON, EPON, MPCP, 대역할당 프로토콜

a) 국민대학교 전자정보통신공학부 광통신연구실
School of Electrical Engineering, Kookmin University

※ 이 논문은 과학재단의 특정기초연구(R01-2002-000-00458-0)지원으로 수행되었습니다.

I. 서 론

방송과 통신기술을 융합함으로써 기존의 서비스비용을

줄이고 새로운 서비스를 도출하려는 노력이 활발한 가운데, 이들을 함께 묶어 맥내에 서비스를 하기 위한 광대역의 FTTH 구현방안으로서 현재 EPON과 WPON이 국내에서 많은 관심을 받고 있으며, 둘 중 어느 방식이 성능 대비 저렴하며 우리의 현재 통신망 구조에 적합한지에 관한 논의가 활발히 진행되고 있다. 이들 기술은 각각 장단점을 가지고 있는데, 본 논문에서는 이들의 장점을 취하여 가입자에게 매우 효율적으로 광대역을 제공할 수 있는 방식을 제안하였다.

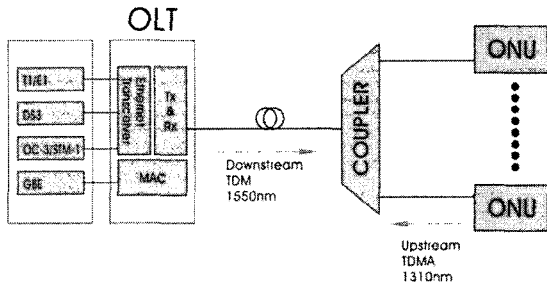


그림 1. EPON의 구조
Fig. 1. Structure of EPON

EPON은 그림 1과 같이 전화국과 분배기 사이를 1개의 파이버로 연결하는 구조로서 가입자망에서 많이 사용하는 이더넷 신호를 그대로 전송에 이용함으로써 전송 시 오버헤드를 최소화 한 방식이다^{[1][2]}. 이 때 OLT에서 ONU로의 하향 전송은 동일 신호를 전송하고 ONU에서는 자신의 신호만을 선택적으로 수신하는 broadcast 방식을 이용하고 상향에는 시간다중화(TDM)를 이용해 점대점 전송을 하고 있다. EPON은 대역폭을 효율적으로 이용하고, 가입자 인터페이스가 용이한 점 등의 장점이 있는 반면, 하향 전송의 경우 가입자 숫자가 늘어날수록 속도가 매우 저하된다는 단점이 있다. 향후 하향전송에 디지털TV, VOD 등이 이용될 것을 예상한다면 하나의 PON 시스템이 많은 가입자를 수용할 경우 이들은 채널을 공유하기 때문에 성능 저하가 발생할 것이다.

한편 WPON의 경우 그림 2에서 보듯이 OLT는 각 ONU와 각기 다른 파장을 이용해서 전송을 함으로써 EPON에 비해 넓은 대역폭을 확보할 수 있으며, 프로토콜에 관계없이 데이터를 상·하향 전송할 수 있다는 장점이 있다. 그러

나 가입자 지역에 위치한 ONU가 각기 다른 파장의 광원을 가지도록 하는 점은 현재 시장에서 구할 수 있는 부품 가격을 고려할 때 가격 경쟁력을 떨어뜨리며, 또한 망 관리를 매우 어렵게 하는 요인이 된다^[3]. 따라서 본 논문에서는 위 두 방식의 단점을 보완할 수 있는 하이브리드 방식의 PON 시스템을 제안한다.

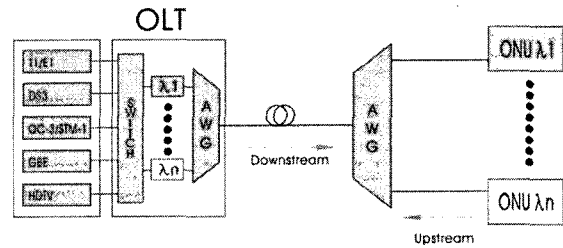


그림 2. WPON의 구조
Fig. 2. Structure of WPON

II. WDM-EPON 전송방식

본 논문에서는 EPON 및 WPON 시스템의 장점을 함께 취하는 WDM-EPON 구조를 제안하며 이의 구성을 그림 3에 나타내고 있다. 이 방식은 하향 전송에는 각 ONU에 고유 파장을 할당함으로써 WPON과 같이 대역폭을 대폭 늘려서 방송을 포함한 광대역 멀티미디어 서비스를 지원한다. 반면 각 가입자 노드에서의 상향전송은 전송량이 상대적으로 적고, 각 노드에서의 파장관리가 어렵기 때문에 시간다중화 방식인 EPON을 적용한다. 따라서 상향 전송의 성능은 EPON과 동일하며 한 개의 PON 시스템 내의 가입자들은 1개의 상향 채널을 시간영역에서 공유한다. 이 때 시간영역을 공유하는 프로토콜로써는 IEEE 802.3 ah에 규정된 MPCP 프로토콜을 이용한다^[4]. 한편, 하향 전송에서는 WDM을 이용하기 때문에 프로토콜에 관계없이 전송을 할 수 있으며, 이 경우 WPON과 비슷한 전송용량을 갖게 되지만, MPCP 프로토콜의 구현을 위한 하향 제어신호로 대역의 일부가 사용되어야 하는 점이 차이가 있다. 이 제어 신호가 과다하게 발생하는 것을 방지하기 위한 방법이 III절에 제안되었다. WDM 하향 신호의 다중화 및 역다중화

에는 각각 AWG를 이용하고, 각 ONU는 동일한 1310 nm 대역의 파장을 이용하여 상향 전송하며, 그림 3과 같이 ODN에서 이 파장만을 별도로 묶은 후 다시 전송한다. OLT에서는 ONU 신호들의 수신을 위해 한 개의 PD가 이용된다. 각 ONU가 전송을 하기 위해서는 OLT에 대역 할당을 요청하며, OLT는 각 ONU와의 거리를 고려하여 각 ONU가 송신할 시간을 할당함으로써 상향 대역폭을 낭비하지 않고 사용하도록 조정하는 역할을 한다. 따라서 제안된 전송방식은 광대역서비스가 필요한 하향 전송에만 WDM 전송을 적용하고, 상향전송에는 단일파장을 이용함으로써 EPON의 가격경쟁력을 유지하고, WPON의 대역폭을 활용할 수 있도록 하는 방식이 된다.

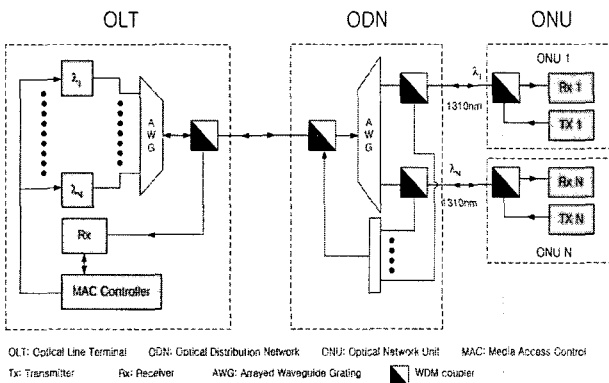


그림 3. 제안된 WDM-EPON의 구조
Fig. 3. Proposed WDM-EPON structure

제안된 WDM-EPON 구조의 성능을 시험하기 위해 그림 3의 구조를 가지는 테스트베드를 만들고 이를 이용하여 상-하향 전송시험을 하였다. 이 때 OLT와 ODN 사이에는 20 km, ODN과 ONU 사이에는 10 km 파이버를 사용하였고, ONU 개수는 8개로 하였다. 또한 전송데이터로는 1 Gbps, 1023-1 주기를 갖는 PRBS (Pseudo-random bit sequence) 를 이용하였다.

그림 4는 WDM-EPON의 하향 전송 경로를 나타낸다. 하향 전송은 WDM을 사용하므로 OLT에서는 가입자마다 다른 파장을 사용하여 송신한다. OLT에서 나온 신호는 OLT에 있는 AWG를 통과하여 단일 모드 파이버를 통하여 ODN까지 전달된다. 그리고 ODN에서 AWG를 통과

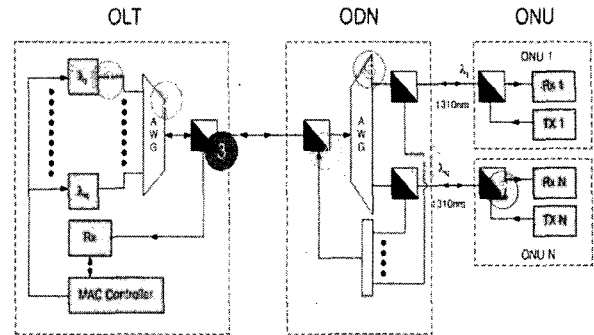


그림 4. 하향 전송경로
Fig. 4. Downstream transmission path

하여 각 파장을 선택하여 파장에 맞는 ONU에 전달한다. 전송 순서를 보면 (1) OLT 파장선택, (2) AWG, (3),(4) WDM 커플러 경로선택, (5) AWG, (6) WDM 커플러 경로선택, (7) ONU 순서를 가지며 각각의 파장은 AWG에 연결된 ONU에만 전송된다.

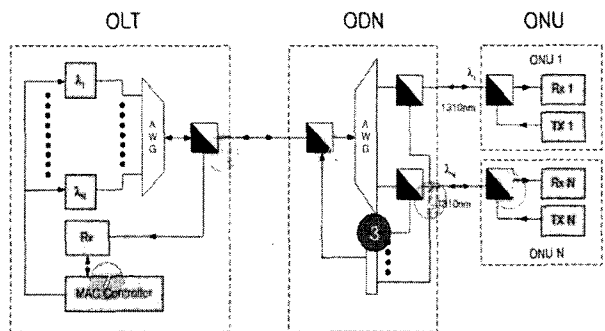


그림 5. 상향 전송경로
Fig. 5. Upstream transmission path

그림 5는 WDM-EPON의 상향 전송 경로를 나타낸다. 동일한 파장을 사용하여 시분할 다중화 된 상향 전송은 각각의 ONU에서 TDMA 방식을 사용하여 ODN으로 전달한다. 그리고 ODN에서는 경로를 통합하기 위해서 커플러를 통과하여 최종 OLT의 수신 PD에 전송된다. 전송 순서를 보면 (1) ONU, (2) WDM 커플러 경로선택, (3) 커플러, (4),(5) WDM 커플러 경로선택, (6) OLT PD, (7) OLT 수신 순서로 신호가 전달되며 동일한 파장을 가진 ONU신호가 위와 같은 경로를 통하여 다중화 되어 OLT에 수신된다. 그

림 6은 하향 전송 성능을 측정한 결과를 보이고 있다. WDM 하향 채널 개수의 증가에 따른 채널누화 현상 등의 문제점이 있는지를 살피기 위해 8개 채널 전체를 전송할 때와 1개 채널만을 전송할 때의 결과를 비교하였다. 측정 결과 그림과 같이 back-to-back 전송과 비교할 때 약 0.25 dB의 차이가 나고 채널 개수에 따른 차이는 존재하지 않는 것으로 보인다. ONU에서 OLT로의 상향 전송을 할 때는 하향신호가 영향을 미치지 않는지를 살피기 위해 하향신호가 존재할 때와 그렇지 않을 때를 비교하였다. 측정 결과 그림 7과 같이 back-to-back 전송과 비교할 때 약 1 dB 정도의 차이가 나고, 하향신호는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 위 전송결과를 종합하여 볼 때 채널누화, 반사손실 등에 의한 전송성능 저하는 없으며, 분산에 의한 손실이 일부 있음을 알 수 있다. 하향에 비해 상향 전송의 경우 성능저하가 다소 큰 이유는 사용한 광원이 다중모드인

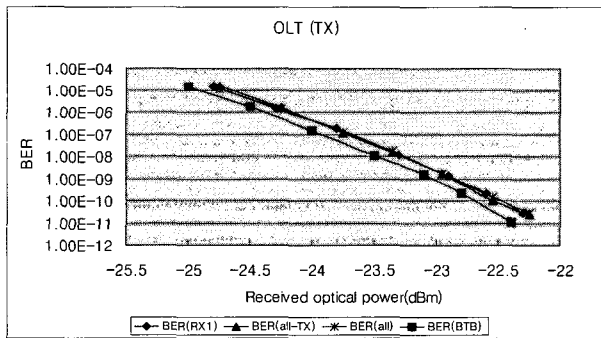


그림 6. WDM-EPON 하향전송 측정결과
Fig. 6. Test results of WDM-EPON downstream transmission

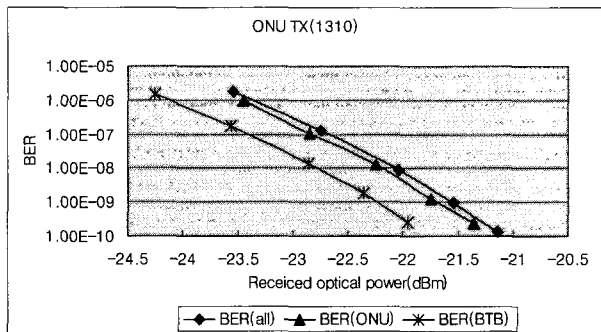


그림 7. WDM-EPON 상향전송 측정결과
Fig. 7. Test results of WDM-EPON upstream transmission

Fabry-Perot 형태의 레이저이기 때문이다. 그러나 두 방향 모두 전송성능은 만족할 수준이다.

III. 최소 윈도우를 갖는 DBA 프로토콜 제안

WDM-EPON의 프로토콜은 IEEE 802.3ah에서 규정하는 EPON의 MPCP 프로토콜을 그대로 사용할 수 있다^[4]. 한편 IEEE 규격에서는 OLT와 ONU 사이의 데이터 전송 절차에 관해서는 기준을 정하고 있지만 구체적인 전송량 할당 방식은 규정하고 있지 않다. 전송량 할당 방식들로 Fixed, Gated, Limited 방식을 들 수 있는데^[5,6,7], 이들 프로토콜에서는 상향 전송 데이터양이 지속적으로 적거나 거의 없을 경우 OLT에서 ONU로 Grant 신호를 연속적으로 내려 보내기 때문에 OLT 하향 신호대역을 불필요하게 점유하게 된다. 따라서 본 논문에서는 그림 8과 같이 RTT(round trip time)보다 큰 범위에서 최소 윈도우(Minimum Window) 크기를 정하여 데이터가 없을 경우에도 이 크기의 시간을 ONU에 할당하는 방식을 이용함으로써 하향 제어신호의 발생 빈도를 낮출 수 있었다. 또한 본 논문에서는 E1이나 VoIP 신호 등의 지연 시간을 보장하기 위해서 ONU 전송 최대 시간 간격인 최대 사이클 시간(Maximum Cycle Time)을 부여하여 각 ONU는 적어도 이 시간 내에서 재송신을 하도록 함으로써 QoS를 확보하였다.

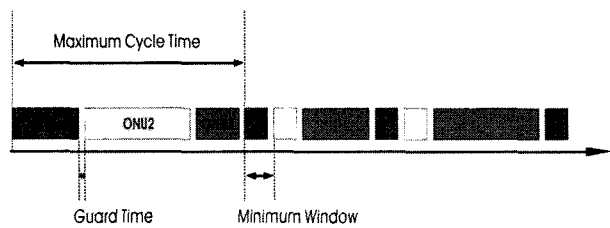


그림 8. 제안된 PON 프로토콜
Fig. 8. Proposed PON protocol

식 (1)~(3)은 제안된 PON 프로토콜의 대역할당을 위한 수식이다. 우선 ONU에서는 데이터 특성을 구분하여 우선 순위가 다른 버퍼 정보를 계산하여 OLT에 Request를 송신하고 OLT는 수신된 정보에 의해서 각 ONU별 대역할당을 한다. 회선 데이터 및 실시간을 요구하는 데이터의 QoS를

보장하기 위해서 OLT는 최대 주기를 벗어나지 않도록 이전 주기 동안의 상향 정보와 최대 주기를 계산하여 ONU에 Grant를 송신한다. OLT는 저장된 Request 정보를 이용하여 한 주기의 데이터양이 최대 사이클 시간을 벗어나지 않도록 다음 방식에 의해서 ONU에 대역할당을 한다. 우선 현재 대역 할당을 위한 ONU를 뺀 최근 한 주기 동안의 Request를 합산하여 최대 사이클 시간과 비교한다. 최대 사이클 시간보다 Request의 합이 적을 경우 수식 (1)이 적용된다. 즉, Request의 합이 최대 사이클보다 적으면 ONU의 현재 Request 값과, 최대 주기에서 현재 ONU의 이전 Grant를 뺀 한 주기 동안의 Grant 값을 합산한 값을 뺀 값을 비교해서 둘 중 적은 값을 Grant로 내보낸다. 만일 Request의 합이 최대 사이클 시간보다 클 경우에는 수식 (2)를 적용한다. 현재의 Request, 지속적으로 특정 ONU가 대역을 점유하는 것을 막기 위해 ONU 당 가중치를 부여하여 값, 그리고 최대 사이클 시간에서 이전 한 주기 동안의 Grant 값을 합산한 값을 뺀 값 중 최소값을 Grant로 정한다. OLT는 수신된 ONU의 데이터 정보를 모두 가지고 있으므로 대역할당을 정확히 계산하여 상향 전송 대역낭비를 최소화하여 대역할당 한다. 그리고 최대 주기보다 Request합이 클 경우 특정 ONU에서 대역폭을 점유하는 Fairness 문제를 해결하기 위해 전송을 위한 가중치를 부여한 값을 계산하여 Fairness 문제를 해결한다. 마지막으로 수식 (3)에서는 Request의 합이 최소 주기보다 적을 경우 OLT는 ONU에 최소 크기의 윈도우를 할당하여 하향 제어신호가 지나치게 발생하지 않도록 한다.

$$\begin{aligned} & \text{Min} < \sum_{i=0}^N \text{Req}_i(t-1) < \text{Max} \quad \text{then} \\ & \text{Grant}_n(t) = \text{Min} \left(\text{Req}(t), \text{Max} - \sum_{i=n-16}^{n-1} \text{Grant}(t-1) \right) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i=0}^N \text{Req}_i(t-1) > \text{Max} \quad \text{then} \\ & \text{Grant}_n(t) = \text{Min} \left(\text{Req}(t), \text{Req}(t) \cdot \frac{\text{Max} - a \text{Grant}_n(t-1)}{\text{Max}}, \right. \\ & \quad \left. \text{Max} - \sum_{i=n-16}^{n-1} \text{Grant}(t-1) \right) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i=0}^N \text{Req}_i(t-1) < \text{Min} \quad \text{then} \\ & \text{Grant}_n(t) = \text{Minimum WindowSize} \end{aligned} \quad (3)$$

1. 기존 EPON 프로토콜들과의 비교

Fixed 방식은 ATM-PON에서 사용하던 방식으로 Request 요청이나 OLT에서의 Grant 메시지가 필요 없이 고정된 윈도우를 ONU에 할당한다. 이 방식은 데이터의 존재 유무와는 관계없이 무조건 일정량의 전송 윈도우를 할당하기 때문에 E1, T1 등의 고정대역 신호에는 적합하지만 이더넷 등의 가변대역 신호에는 매우 비효율적이다. Gated 방식은 ONU에서 요청하는 만큼 OLT에서 전송크기를 가변적으로 할당하는 방식으로서, 각 ONU의 송신 윈도우 크기에 제한이 없으며 전체 ONU에도 사이클의 제한이 없다. 즉, 무한대의 사이클 시간을 가질 수 있기 때문에 총 수율은 좋지만 음성이나, 비디오 같은 실시간 데이터에 대한 성능보장을 할 수 없다. Limited 방식은 각 ONU에 할당하는 최대 윈도우 크기를 정하고 이보다 큰 데이터의 전송을 제한하는 방식으로서 전체적인 대역폭 낭비가 없고 음성과 비디오 신호에 대한 성능보장이 된다. 그러나 우선순위가 낮은 데이터의 QoS는 심각하게 저하될 수 있다. 또한 위 방식들 모두에서는 ONU 상향 신호가 적을 경우 사이클이 빨라지면서 OLT는 각 ONU에 전송데이터가 있는지를 묻는 제어신호를 빈번하게 발생함으로써 OLT의 하향 전송 성능을 저하시킬 위험성이 있다.

본 논문에서 제안한 최소 윈도우 적용 DBA 방식은 상향 트래픽이 일정 기준치 이하가 될 때 최소 윈도우 크기를 적용한다. 상향 트래픽이 대체로 많을 경우 적용하면 상향 데이터의 전송효율을 떨어뜨리는 요인이 될 수 있기 때문이다. 본 논문에서는 최대 사이클을 정하는 동시에 만일 사이클의 주기가 최대 사이클의 1/2 이하가 될 정도로 상향 트래픽이 적을 경우 제안한 최소 윈도우를 적용하여, 상향 전송 트래픽이 없는 ONU라 하더라도 일정 시간을 점유하도록 하였다. 이와 같은 과정을 통해 사이클의 주기를 정해진 최대값의 50%-100% 사이에 항상 위치하도록 조정함으로써 하향 제어신호가 지나치게 발생하는 것을 차단하였

다. 또한 특정 ONU가 지속적인 대역폭을 점거하는 것을 막을 수 있도록 최대 사이클을 초과하는 전송요청이 계속 들어오면 최근 전송 형태를 살펴 ONU에 가중치를 줌으로써 ONU 사이의 공정성(fairness) 문제를 해결하였다. 이와 같은 프로토콜의 적용으로 음성 및 비디오 신호의 성능보장을 할 수 있으며 불필요한 제어 메시지를 줄여서 OLT 하향신호에 대한 대역폭을 안정적으로 보장해준다.

2. 전송시뮬레이션 결과

제안된 프로토콜의 성능을 살펴보기 위해 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션은 기본적으로 IEEE 802.3ah에서 규정하는 MPCP 프로토콜을 사용하여 ONU에 대역을 할당하는 EPON 프로토콜을 사용하였으며, 대역할당 방식은 위에서 기술한 방식을 사용하여 기존의 방식들과 비교를 하였다. DBA 프로토콜 성능 분석을 위한 시뮬레이션 요소로는 한 개의 OLT와 ODN, 그리고 16개의 ONU를 가지는 EPON의 물리 구조를 이용하였다. 사용되는 입력 데이터는 평균값은 773 Byte를 가지고 있으며 64 Byte에서 1518 Byte의 길이를 갖는 이더넷 패킷을 균일 랜덤으로 생성하였다. 그리고 ONU에 입력되는 데이터의 비대칭적인 특성에 대한 결과를 보기 위해서 특정 ONU에 많은 데이터가 발생하도록 했다. 전체 ONU의 구성을 보면 1 Gbps 포트를 5개 갖는 ONU 2개와 1 Gbps 포트 1개를 갖는 ONU 14개로 설정하였다. 또한 회선 데이터 및 실시간 데이터의 QoS 성능 보장을 시뮬레이션 하기 위해서 모든 ONU는 1개의 E1 포트를 갖도록 하였다. 그리고 OLT와 ODN사이의 전송거리는 10 Km로 가정 하였고 이로 인한 Round Trip Time을 100 us로 계산하였다. 그리고 ONU 상향 전송 시에 LD의 On, Off 시간에 발생하는 신호에 의한 ONU 채널의 충돌을 피하기 위해서 가드타임을 3 us로 설정하였다. E1의 상향 전송 QoS 보장을 위해서 최대 전송 주기는 375 us(E1의 주기가 125 us이고 OLT에서 전체 E1에 250 us의 지연을 보장)로 정의 하였다.

그림 9는 여러 종류의 대역할당 프로토콜에 따른 E1 채널 전송시뮬레이션 결과이다. 여기에서 X축은 시간,

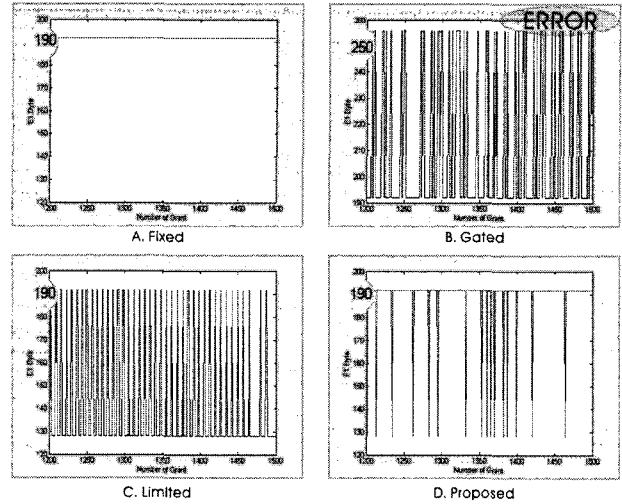


그림 9. 프로토콜에 따른 E1 채널비교

Fig. 9. Comparison of E1 channel depending on protocols

Y축은 OLT의 E1 버퍼 내에 대기하는 데이터 용량이다. 375 us의 최대 Cycle Time을 보장해주기 위해서는 OLT에서 E1 데이터에 대해 250us까지의 지연시간을 허용하므로 그림 9에서 보듯이 ONU E1 버퍼용량이 64bytes*3 이상 발생하는 Gated방식은 E1과 같은 CBR(Constant bit rate) 신호의 QoS 보장을 할 수 없는 것을 알 수 있다. Gated 방식의 경우 한 개의 ONU에서 큰 용량의 데이터를 전송 시 다른 ONU는 전송중인 데이터의 전송이 끝날 때까지 기다려야 하기 때문이다.

Guard Time을 고려한 프로토콜에 따른 상향 채널 점유율을 비교하면 그림 10에서 볼 수 있듯이 Gated 및 Proposed 방식은 약 94%, Limited 방식은 78.7% 일 때 채널 용량의 100%를 사용하는 것으로 나타났다. 이 때 상향 채널 점유율의 의미는 OLT로의 전송 전체 대역 중 어느 정도를 통신에 이용하느냐의 지표로 말하는 것으로서, 이 수치가 높을 때 효율적인 전송이 일어남을 의미하는 값이다. 대역폭의 낭비가 없고 CBR 신호의 QoS를 보장하는 Limited 방식과 제안된 방식만을 비교하는 경우, 100% 부하 입력 시 데이터 손실이 발생하지 않는 유효 사용율을 비교하면 제안된(proposed) 방식이 Limited 방식에 비해서 15.2% 높은 데이터 전송효율을 나타낸다. Limited 방식의

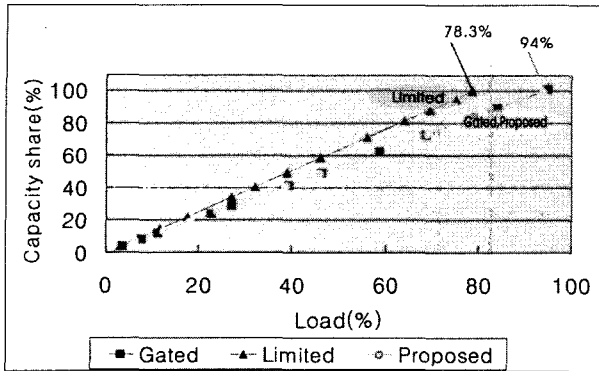


그림 10. 프로토콜에 따른 상향 채널 점유율
Fig. 10. Upstream channel capacity share depending on protocols

경우 전체 ONU의 관점에서 보면 여유가 있는 경우에도 한 개 ONU의 전송량이 정해진 값을 초과하면 전송 데이터가 이 크기로 제한하고, 다음번에 전송하기 때문에 상대적으로 Grant 및 Request 등의 제어신호 발생이 많아 이런 결과를 가져오게 된다.

한편, 상향 전송 데이터의 전체 크기가 감소하면 하향 제어신호가 빈번하게 발생하게 된다. 따라서 이로 인해 하향 데이터의 전송 효율이 오히려 감소하는 현상이 발생할 수 있으며, 본 논문에서는 이를 방지하기 위해 전체 상향 데이터의 크기가 일정량에 미치지 못할 경우 최소 윈도우 크기를 강제로 할당하였다. 이를 적용한 결과를 그림 11에 보이고 있다. 제안된 방식을 Limited 방식과 비교할 때 부하가 적을 경우 약 62% 정도의 제어신호를 발생하다가 100%

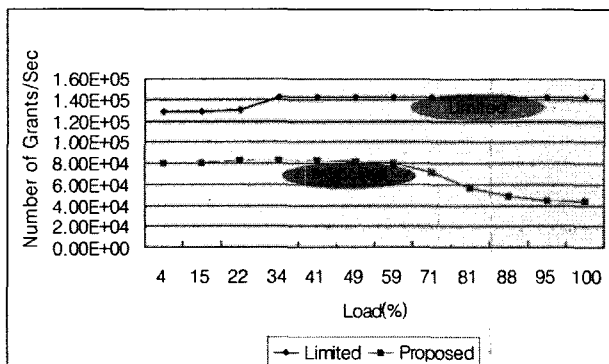


그림 11. Limited와 Proposed 방식의 제어신호 사용량
Fig. 11. Number of control signals for limited & proposed protocols

부하에서는 약 30% 정도로 줄어드는 것을 볼 수 있다. Limited 방식의 경우 초기 값은 제어신호가 round-trip time에 의해 제한되었다가 부하가 커지면 여러 번에 나누어 전송하기 때문에 오히려 제어신호가 늘어난 것을 보이고 있으며, 제안된 방식의 경우 초기에는 최소 윈도우 크기로 인해 값이 Limited 방식에 비해 적으며, 부하가 커지면 이들 부하 전송이 완료되는 시점까지 제어신호 발생이 미루어지기 때문에 제어신호 부하는 줄어들고 있다. 따라서 하향 전송의 경우 제안된 방식이 Limited 방식에 비해 효율이 좋은 것을 알 수 있다.

IV. 결론

최근 이슈로 떠오르는 방송통신 통합을 위한 대용량 멀티미디어 홈네트워킹 구현을 위한 가입자망 기술로서 비대칭 WDM-EPON 전송방식을 제안하였다. 이 방식은 OLT에서 가입자로의 하향 전송에는 WDM 전송을 적용하여 방송, 멀티미디어 서비스 등의 넓은 대역폭 요구를 충족할 수 있도록 하였다. 또한 상대적으로 전송 용량이 적은 상향 전송에는 여러 ONU가 전송 시간을 분배하여 이용하는 형태인 EPON 방식을 적용함으로써 값싼 ONU를 구현할 수 있도록 하였다. 제안된 WDM-EPON 전송을 위한 물리계층의 테스트베드를 구현하고 이를 이용하여 적절한 전송시험 결과를 얻었다.

ONU를 홈네트워킹을 위한 게이트웨이에 적용하기 위해서는 24시간 통신 대기상태를 유지해야 한다. 또한 각 가입자별로 사용 패턴, 대역폭 요구량 등이 차이가 있으므로 OLT는 효율적으로 대역폭을 관리해야 할 것이다. 신호의 종류 중에는 음성과 같이 시간에 민감한 신호가 있는 반면, 데이터 신호는 시간 지연에 둔감하다. 만일 ONU가 시청 위주의 대용량 멀티미디어 방송서비스를 제공 받고 있을 경우에는 상향 데이터가 적게 발생하며, 이에 따라 Grant 제어신호 발생빈도는 증가하게 되므로 OLT에서의 하향 데이터 성능 저하가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 여러 상황에서도 전체 성능을 유지할 수 있는 PON 프로토콜을 제안하고 이의 성능을 분석하였다. 즉, 시간 지연에

민감한 데이터를 위해서는 최대 사이클 시간을 지정하여 ONU에서의 시간 지연을 제한하였고, 또한 전체 ONU 전송량이 기준치 이하로 내려갈 경우 각 ONU 최소 전송 윈도우 크기를 지정함으로써 제어신호 오버헤드가 늘어나지 않도록 하였다. 제안된 프로토콜을 이용할 경우 기존에 사용된 다른 EPON 프로토콜들에 비해 좋은 성능을 보이는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] G. Kramer, B. Mukherjee, G. Pesavento, "IPACT a dynamic protocol for an Ethernet PON (EPON)", IEEE Communications Magazine, vol. 40, issue 2, pp. 74-80, Feb. 2002.

[2] G. Kramer, G. Pesavento, "Ethernet passiveoptical network (EPON): Building a next generation optical access network", IEEE Communications Magazine, vol. 40, issue 2, pp. 66-73, Feb. 2002.

[3] G. Maier, M. Martinelli, A. Pattavina, E. Salvadori, "Design and cost performance of the multistage WDM-PON access networks", IEEE Journal of Lightwave Technology, vol. 18, issue 2, pp. 125-143, Feb. 2000.

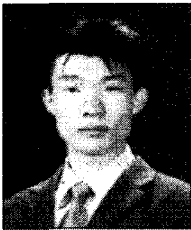
[4] Draft P802.3ah/D 3.3 April 2004.

[5] 최수일, "EPON망에서 차등 CoS 제공을 위한 주기적 폴링 기반의 동적 대역 할당 방법", 한국통신학회논문지, vol.28, no. 7B, 2003년 7월.

[6] C.M. Assi, Yinghua Ye, Sudhir Dixit, M.A Ali, "Dynamic bandwidth allocation for quality-of-service over Ethernet PONs", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 21, issue 9, pp. 1467-1477, Nov. 2003.

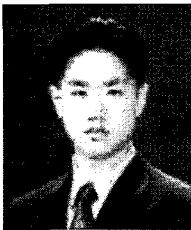
[7] Jing Xi, Shengming Jiang, Yuming Jiang, "A dynamic bandwidth allocation scheme for differentiated services in EPONs", IEEE Communications Magazine, vol. 42, issue 8, pp. S32-S39, Aug. 2004.

저 자 소 개



허 정

- 2003년 2월 : 국민대학교 전자정보통신공학과 학사
- 2005년 1월 현재: 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정 재학 중
- 주관심분야 : 광통신, 광네트워크, 광전송장치, 전력선통신



구 본 정

- 2003년 2월 : 국민대학교 전자정보통신공학과 학사
- 2005년 1월 현재: 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정 재학 중
- 주관심분야 : 광가입자망, 기가비트 이더넷, 광센서, 홈네트워킹



박 영 일

- 1987년 2월: 서울대학교 전기공학과 학사
- 1989년 2월: 서울대학교 대학원 전기공학과 석사
- 1995년 5월: Texas A&M University EE Dept. 박사
- 1995년8월-1999년2월: KT (한국통신) 연구개발본부 선임연구원
- 1999년3월-현재: 국민대학교 전자정보통신공학부 부교수
- 주관심분야 : 광통신시스템, 광가입자망