

방송통신 통합을 위한 새로운 광가입자망 구조에 관한 연구

허 정, 구분정, 현재명, 박영일

국민대학교 전자정보통신공학부 광통신연구실

soogoori@hanmail.net

A New Optical Access Network Structure for the convergence of Broadcast and Communication

Jung Hur, Bon-Jeong Koo, Jae-Myoung Hyun, Youngil Park

요약

가정 내에 방송과 통신을 통합하여 제공하기 위한 방법으로서 수동광가입자망(Passive Optical Network)이 제안되고 있다. 이를 구현하기 위해 여러 방식들이 연구되고 있는데 크게는 방송과 통신에 각기 다른 파장을 이용하는 방식과, 이들을 시간 다중화 하여 한 개의 파장으로 송신하는 방식으로 나눌 수 있다. 또한 통신에 이용하는 파장의 경우 각 가입자에게 다른 파장을 적용하는 WPON 방식과 모든 가입자에게 한 개의 파장만을 이용하되 시간영역에서 다중화하고 이더넷 프로토콜을 적용하는 EPON 방식으로 구분할 수 있다. WPON의 경우 EPON에 비해 수월하게 광대역 서비스를 할 수 있는 장점이 있으나, 각 가입자 파장의 제어 및 관리가 복잡하며, 고비용을 요구한다. 반면 EPON의 경우 채널의 효율성은 극대화할 수 있으나, 동시 이용자가 많은 경우 전송 속도가 하락한다. 한편, 방송과 통신을 통합한 채널의 특성을 살펴보면 가입자 방향으로의 하향 신호의 양이 중앙국 방향으로의 상향 신호의 양에 비해 훨씬 많은 비대칭 구조이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 채널 특성에 맞추어 하향 전송에는 WPON의 구조를 이용하고, 상향 전송에는 EPON의 구조를 적용하는 새로운 구조의 광가입자망을 제안하였다. 제안된 구조에 적합한 MCP (Multi-Point Control Protocol) 프로토콜을 제시하고, 가입자 장치의 여러 종속 신호를 다중화하고 전송할 수 있는 ONU (Optical Network Unit)의 구조를 제안하였다. 또한 이러한 구조를 갖는 W-EPON 테스트베드를 구현하고 전송 시험을 통해 제시된 구조의 적합성을 측정할 결과를 보인다.

I. 서론

가입자 병목현상을 해소하기 위한 FTTH의 구현방안으로서 현재 EPON과 WPON이 국내에서 많은 관심을 받고 있으며, 둘 중 어느 방식이 가격 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.

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]. 이 때 OLT에서 ONU로의 하향 전송은 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. 하향전송에는 향후 디지털TV, VOD 등이 이용될 것을 예상한다면 망의 효율이 매우 떨어질 수 있다[2].

한편 WPON은 그림 2와 같이 OLT는 각 ONU와 각기 다른 파장을 이용해서 전송을 함으로써 EPON에 비해 대역폭을 매우 넓게 할 수 있으며, 프로토콜에 관계없이 데이터를 상하향 전송할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 가입자 지역에 위치한 ONU가 각기 다른 파장의 광원을 가지도록 하는 점은 가격 경쟁력을 떨어뜨리며 망 관리를 매우 어렵게 하는 요인이 된다.

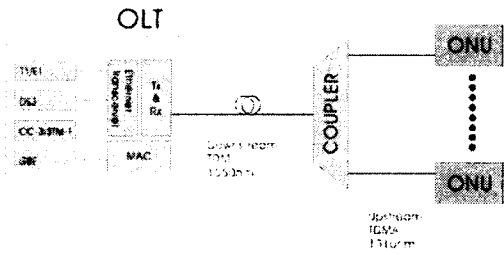


그림 1. EPON의 구조

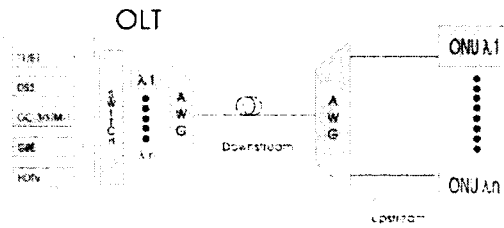


그림 2. WPON의 구조

II. WDM-EPON 전송방식

본 연구에서는 이들 두 방식의 장점을 함께 취하는 WDM-EPON 구조를 제안하며 이를 그림 3에 나타내고 있다. 그림과 같이 하향 전송에는 각 ONU에 고유 파장을 할당함으로써 WPON과 같이 대역폭을 대폭 늘일 수 있게 하였다. 하향에는 여러 광대역 서비스들이 필요하기 때문이다. WDM 하향 신호의 다중화 및 역다중화에는 AWG 소자를 이용하였고, 이 때에도 EPON에서 이용하는 MPCP 프로토콜은 동일하게 활용한다. 한편, 상향 전송은 EPON과 동일하게 한 개의 파장을 여러 ONU가 시간다중화 하여 이용한다. 각 ONU는 동일한 1310 nm 파장을 이용하여 상향 전송한다.

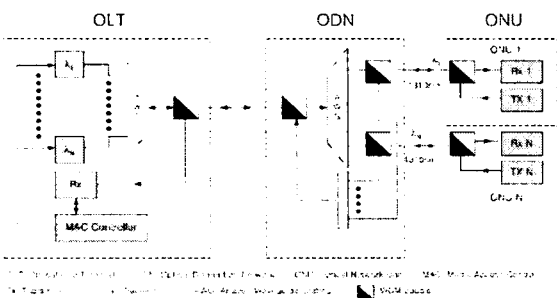


그림 3. 제안된 WDM-EPON의 구조

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 전송을 요청하며, OLT는 각 ONU와의 거리를 고

려하여 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 하였다.

II.1 WDM-EPON 성능시험

제안된 WDM-EPON 구조의 성능을 시험하기 위해 그림 3의 구조를 가지는 테스트베드를 이용하여 상하향 전송시험을 하였다. 이 때 OLT와 ODN 사이에는 20Km 파이버를 사용하였고, ONU 개수는 8개로 하였다. 또한 전송 데이터로는 주기 $(10^{23})^{-1}$ 의 1 Gbps PRBS(Pseudo-random bit sequence) 를 이용하였다.

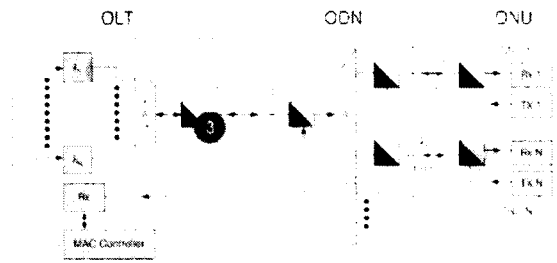


그림 4. 하향 전송경로

그림 4는 하향 전송경로를 나타낸다. (1) OLT 파장선택, (2) AWG, (3),(4) WDM Coupler 경로선택, (5) AWG, (6) WDM Coupler 경로선택, (7) ONU 순서를 가지며 각각의 파장은 AWG에 연결된 ONU에만 전송된다.

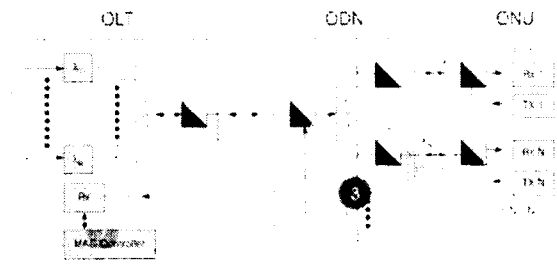


그림 5. 상향 전송경로

그림 5는 상향 전송경로를 나타낸다. (1) ONU, (2)WDM Coupler 경로선택, (3) Coupler, (4),(5) WDM Coupler 경로선택, (6) OLT PD, (7) OLT 순서로 신호가 전달되며 동일한 파장을 가진 ONU신호가 다중화 되어 OLT에 수신된다. 그림 6은 하향 전송 성능을 측정된 결과를 보이고 있다. WDM 하향 채널 개수의 증가에 따른 채널누화 현상 등의 문제점이 있는지 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 않은 것으로 보인다. ONU에서 OLT로의 상향 전송을 할 때는 하향신호가 영향을 미치지 않는지를 살펴 기 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.

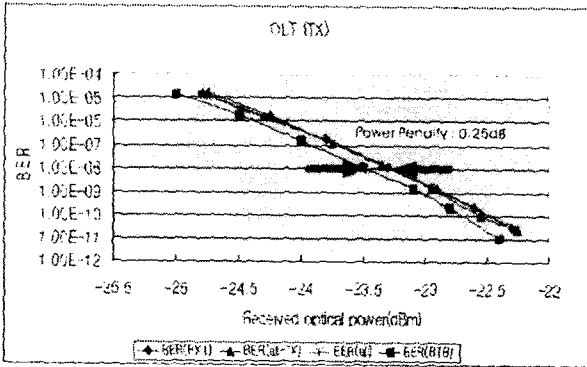


그림 6. WDM-EPON 하향전송 측정결과

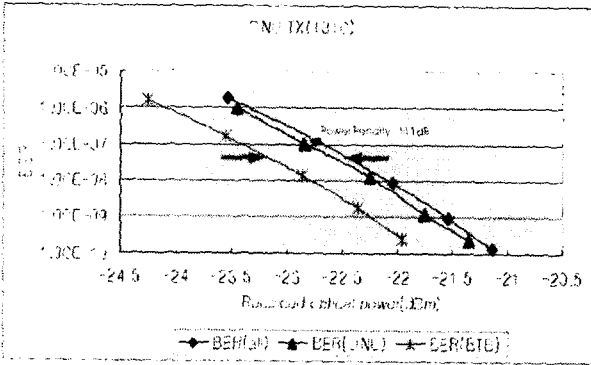


그림 7. WDM-EPON 상향전송 측정결과

III. 최소 원도우를 갖는 DBA 프로토콜 제안

WDM-EPON은 전송 프로토콜로 EPON에서 사용하는 IEEE 802.3ah에서 규정하는 MPCP 프로토콜을 그대로 사용할 수 있다. 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 방식 등을 들 수 있는데, 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 연구에서는 최대 RTT(round trip time)보다 큰 범위에서 최소 원도우 크기를 정하여 데이터가 없을 경우에도 최소 원도우만큼의 시

간을 각 ONU에 할당하는 방식을 이용하였다. 이렇게 함으로써 하향 제어신호의 발생 빈도를 낮출 수 있고, 하향 전송성능의 저하를 막을 수 있다. 또한 본 연구에서는 E1이나 VoIP신호 등의 지연 시간을 보장하기 위해서 최대 상향 사이클 시간을 부여하여 각 ONU는 적어도 이 사이클 내에 송신을 할 수 있도록 함으로써 QoS를 확보하였다. ([2],[3])

III.1 기존 EPON 프로토콜들과의 비교

Fixed 방식은 ATM-PON에서 사용하던 방식으로 전송 요청이나 OLT에서의 허락 메시지가 필요 없이 고정된 원도우를 ONU에 할당한다. 따라서 이 방식은 E1, T1 등의 고정대역 신호에는 적합하지만 이더넷 등의 가변대역 신호에는 매우 비효율적이다. Gated 방식은 각각의 ONU당 송신 원도우 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 최대 원도우 크기를 정해주는 방식으로 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 성능을 저하시킬 위험성이 있다.

본 논문에서 제안한 최소 원도우 적용 DBA 방식은 최대 사이클을 정하는 동시에 만일 사이클의 주기가 최대 사이클의 1/2에 이를 정도로 상향 트래픽이 적을 경우 최소 원도우를 적용하여, ONU에서 상향 전송 트래픽이 없더라도 일정 시간을 점유하도록 한다. 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[1,4].

III.2 전송시뮬레이션 결과

제안된 프로토콜의 성능을 살펴보기 위해 시뮬레이션을 하였다. 이 때 ONU 16개가 있고, 각각의 ONU는 1개의 E1 포트, 5개의 1Gbit Ethernet 포트가 있는 것으로 가정하였으며, ONU간 데이터 편중현상을 고려해 주기 위해 특정 ONU 2개에는 평균 입력 데이터를 5Gbps 나머지 ONU는 1Gbps로 하였다. 상하향 전송속도는 10 Gbps로

하였으며, 전송거리 10 Km (왕복시간 100 us), Guard Time 3us, 최대 사이클 시간 375 us를 가정했다. 또한 상향전송을 요청하는 'request' 신호 및 이를 허락하는 'grant' 신호에 대한 대역폭을 따로 설정해 두었다. 입력 신호로는 CBR 데이터에 해당하는 E1 신호와 VBR 데이터에 해당하는 이더넷 신호를 두었으며, 이더넷 신호의 경우 포아송(Poisson) 분포를 따르는 것으로 가정하였다.

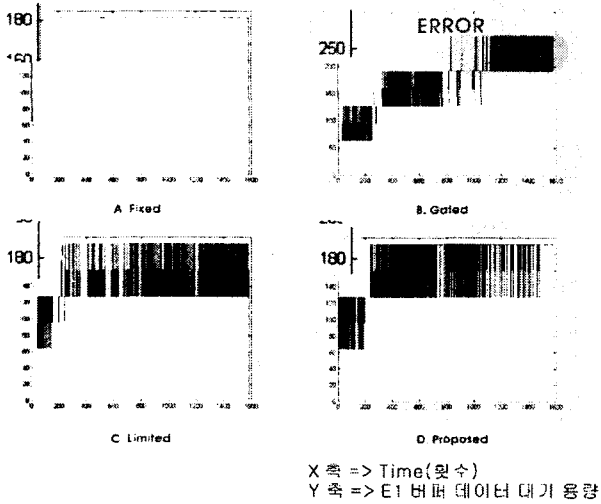


그림 9. 프로토콜에 따른 E1 채널비교

그림 9는 프로토콜에 따른 E1 채널에 관한 시뮬레이션 결과이다. 여기에서 X축은 시간, Y축은 E1 버퍼 내 대기하는 데이터 용량이다. 375 μ s의 최대 Cycle Time을 보장해 주기 위해서는 OLT에서 E1 데이터에 대해 250 μ s까지의 지연시간을 허용한다. 그러므로 ONU E1 버퍼용량이 64bytes*3이상 발생하는 Gated방식은 CBR신호의 QoS보장을 할 수 없다.

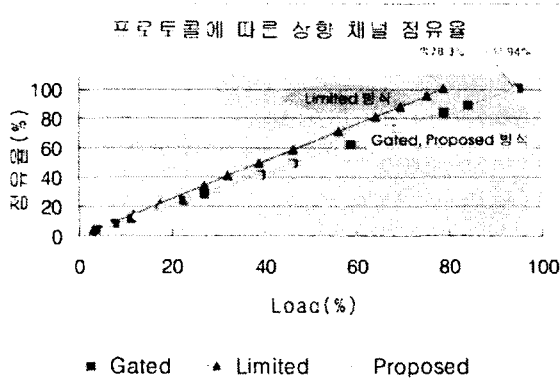


그림 10. 프로토콜에 따른 상향 채널 점유율

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. 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 Limited방식에 비해서 15.2% 높은 데이터 전송효율을 나타낸다. 두 방식의 Grant, Request 사용량을 보면 그림 11과 같이 부하 100%일 때 약 3배정도 차이가 나며 Guard Time에 의한 대역폭 낭비가 많이 발생한 것을 알 수 있다.

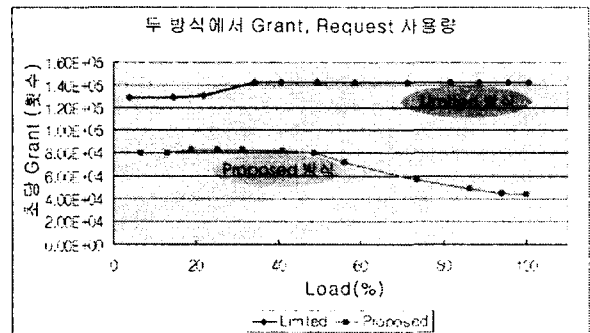


그림 11. Limited와 Proposed 방식의 Grant, Request 사용량

IV. 결론

본 논문에서 제안한 비대칭 WDM-EPON 전송방식은 EPON과 WPON의 보완적인 방법으로써 급격한 증가추세를 보이는 멀티미디어 서비스와 홈네트워킹 기술에 따른 대역폭 수요를 만족할 수 있으며, 경제적으로 망을 구축할 수 있는 장점을 가진다. 또한 최소 윈도우 크기 및 최대 사이클을 프로토콜에 적용함으로써 상향 전송 데이터의 QoS를 보장하며 하향 전송 데이터의 수율을 증가할 수 있도록 하였다.

참고문헌(Refence)

- [1] Kramer, G. Mukherjee, B. Pesavento, G. "IPACT a dynamic protocol for an Ethernet PON (EPON)", IEEE Communications Magazine, Volume 40 Issue 2, Pages:74~80, Feb 2002.
- [2] Kramer, G. Pesavento, G. "Ethernet passiveoptical network (EPON): Building a next generation optical access network", Issue: 2, 2002 pp. 66~73, Feb. 2002.
- [3] ANSI/IEEE Standard 802.1D, "IEEE standard for information technology-telecommunication and information exchange between systems-local and metropolitan area networks-common specification.
- [4] 최수일, EPON망에서 차등 CoS 제공을 위한 주기적 폴링 기반의 동적 대역 할당 방법. 한국통신학회논문지 '03-7 Vol.28 No.7B, 2003년 7월.