

# 수동형 광통신 가입자망의 종류와 특징

## The Types and Characteristics of Passive Optical Access Network



글 / 李來春  
(Lee, Rae Choon)  
정보통신기술사,  
(주)이앤이 통신기술사사무소 대표이사.  
E-mail: raechoon@lycos.co.kr

In this report, the evolution of access network was discussed and the ATM-PON and WDM-PON systems which are the future passive optical access networks to FTTH were discussed, also.

For the future optical access network, the WDM-PON has many advantages compared to the ATM-PON. The WDM-PON system increases the number of ONUs because it uses multiple WDM wavelength. Also it improves the transmission rate and capacity, and offers the potential of large capacity, network security and upgradability. In the WDM-PON system, there are many technical issues-multiwavelength light source generation in central office, wavelength routing characteristics in remote node, and the design of optical links to expand the system capacity, etc

### 1. 서론

날로 증대되고 있는 초고속 인터넷 통신 수요를 비롯한 각종 멀티미디어 통신 수요는 기존의 음성 데이터 통신 수요를 능가하여 통신 수요의 주역이 되고 있다. 이렇게 급증하는 광대역, 초고속 통신 수요에 대하여 기존의 동선을 이용한 가입자 망으로는 한계가 있어 새로운 가입자 망 기술들이 지속적으로 개발되고 있는 실정이다. 동선 가입자 망은 본래 최고 4 KHz 정도의 음성 주파수대역 서비스를 목적으로 구축되어 온 것으로서 광대역, 초고속의 서비스를 제공하기에는 적합하지 않기 때문이다. 이러한 전통적인 동선 가입자 망인 PSTN(Public Switched Telephone Network)의 한계를 극복하고자 지금까지 개발되어 활용되고 있는 대표적인 가입자 망 기술로는 ISDN(Integrated Services Digital Network), xDSL(x Digital Subscriber Line), HFC(Hybrid Fiber Coaxial), B-WLL(Broadband-

Wireless Local Loop), FTTx(Fiber To The x) 등을 들 수 있다. 그러나 이러한 기술들 역시 광통신 가입자 망이 도입되기 전의 대체 방안중의 하나일 뿐이다. 광통신 가입자 망의 확산은 그 도래시기가 얼마나 오래 걸릴 것인가의 문제일 뿐, 장기적으로 볼 때 기존의 가입자 망이 광통신 가입자 망의 형태로 발전할 것이라고 보는 견해가 지배적이다.

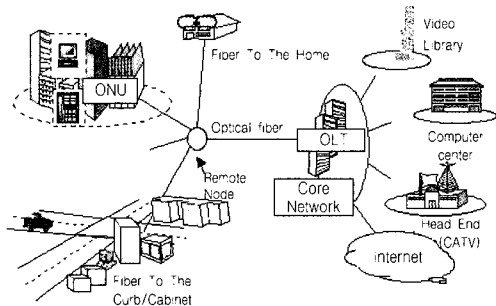
광통신 가입자 망이 대두되는 이유는, 급속히 증대되고 있는 이용자의 대역폭에 대한 요구에 대하여 훨씬 넓은 대역폭을 이용자에게 제공할 수 있으며 광통신에 소요되는 소자들의 급속한 가격 하락으로 인해 광 통신망 구축이 점차 경제성을 확보하여 가고 있기 때문이다.

특히 최근에는 효율적이고 경제적인 광통신 가입자망 구축을 위한 광 선로 기술, 파장분할 다중화(WDM) 기술, 광 소자 기술(광 증폭기, 광 교환 소자), 광 선로 분배 기술 등의 관련 기술이 급속

히 개발되어 기존의 single star 형태의 광통신 가입자 망이 수동형 광통신 가입자 망(Passive Optical Network) 형태로 발전되고 있다.

### 2 수동형 광통신 가입자망

수동형 광통신 가입자 망(PON)이란 기존의 광통신 가입자 망과는 달리 광 신호의 분배, 결합을 위하여 전력공급을 필요로 하지 않는 기술이다. PON은 물리적으로는 성형이지만 논리적으로는 버스형태인데, 중앙장치(CO)와 가입자들(subscribers) 사이가 수동형 광 분파기와 광 fiber로만 연결된 네트워크로서 다중화된 음성, 데이터 또는 비디오 정보가 광 신호에 실려 가입자들이 공유하고 있는 광 섬유와 수동형 광 분배기를 통해 전송된다. PON은 보통 중앙장치(CO : Central Office)에서 가입자들의 인접 지역에 설치된 RN(Remote Node)까지는 단일 광섬유로 연결되고 RN에서 각 가입자까지는 독립된 광 섬유로 연결하는 이중 성형(double star)구조로 구현하여 광 선로의 길이를 최소화한다.



〈그림 1〉 PON의 구성도

〈그림 1〉은 PON의 구성도를 나타내고 있다. Core 네트워크 상에 존재하는 여러 가지 비디오 신호, 컴퓨터 관련 데이터 신호, CATV 신호 및 인터넷 신호 등은 OLT(Optical Line Termination)로 전송된다. 이 신호들은 OLT에서 제공하는 광 신호에 실려 ONU(Optical Network

Unit)로 전송된다. 이 때 OLT와 ONU 사이에 존재하는 RN에서 OLT의 신호는 각각의 ONU로 분기되어 전송된다. 반대로 ONU에서 OLT로 전송되는 신호는 RN에서 합쳐진 후 OLT로 전송된다. PON은 OLT내에 있는 단일의 송신기를 다수의 ONU들과 연결하는데 OLT는 전형적으로 CO에 위치하고, access 네트워크와 service node간의 인터페이스를 제공한다. OLT와 다수의 ONU들 사이의 point to multi-point 연결은 광 경로에 있는 하나나 그 이상의 수동 분기장치를 이용하여 가능하다. PON은 다중화 또는 집선 기능을 이용하는 AON(Active Optical Network)과는 달리 외부장비에 active 소자를 필요로 하지 않는다.

수동 광통신 가입자 망(Passive Optical Subscriber Network)은 다중화 방식에 따라 TDM(Time Division Multiplexing)과 WDM(Wavelength Division Multiplexing)으로 나눌 수 있다. TDM 방식은 동일한 파장대역을 시간적으로 분할하여 CO에서 각 가입자에게 동일한 시간 간격(time slot)을 할당하여 데이터를 전송하는 방식으로서 각 가입자까지의 상이한 거리를 고려한 시간의 동기화가 필요한 단점과 전송량 증대 및 가입자 증가에 따른 시스템의 보완이 곤란한 단점이 있다. WDM 방식은 CO에서 각 가입자에게 서로 다른 파장을 할당하여 동시에 데이터를 전송하는 방식으로서 각 가입자에게 대용량의 데이터 전송이 가능하고 보안성과 시스템의 보완이 용이한 장점이 있으나 매우 정밀하고 값비싼 부품을 사용해야 하고 각 파장의 정밀도를 유지하기 위해 부가회로가 필요한 단점이 있다. 이외에도 PON에서 단일 광섬유를 통해 양방향 광 전송을 가능하게 해주는 변조방식에는 DDM(Direct Division Multiplexing), TCM(Time Compression Multiplexing), FDM(Frequency Division Multiplexing) 등이 있다.

수동형 광통신 가입자 망은 크게 ATM-PON 방식과 WDM-PON 방식으로 구분할 수 있는데 각각에 대하여 살펴보도록 하겠다.

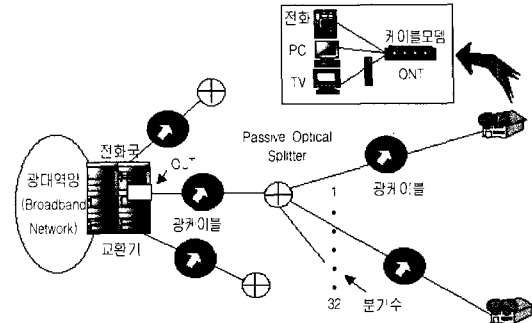
### 3. 수동형 광통신 가입자망의 종류와 특징

#### 3.1 ATM PON

ATM-PON을 알아보기 전에 ATM에 대하여 간략히 알아보기로 하자. ATM 통신방식은 회선 모드 서비스와 패킷 모드 서비스, 저속 서비스와 고속 서비스, 연속성 서비스와 군집성 서비스 등의 상반되는 서비스들을 함께 수용하고, 통신망은 이 ATM 셀들의 전달에 관해서만 관여하도록 한 것인데 ATM 셀들을 비동기 시분할 다중화(ATDM: Asynchronous Time Division Multiplexing)를 통해서 다중화하기 때문에 비동기식이라 부른다. ATM 통신 방식은 기존의 회선 모드 디지털 통신 방식과 패킷 모드 통신 방식을 통합한 방식이라 할 수 있다. ATM 통신 방식이 ATM 셀을 기본 전송 수단으로 삼는다는 점에 있어서는 패킷 통신 방식과 밀접한데 비해서, ATM 방식은 실시간 및 항등률의 신호까지도 동등하게 취급할 수 있도록 한다는 차이점이 있다.

ATM-PON은 기존의 ATM 방식을 이용한 것으로 1,300nm 및 1,550nm의 2개 파장을 각각 상향 및 하향 신호로 이용하여 전화국의 OLT로부터 최종 이용자의 ONT(Optical Network Termination) 사이에 정보를 전송하는 점 대 다중점(point to multi-point) 시스템으로서 현재 거의 상용화 단계에 있으며 본격적으로 광통신 가입자망에 적용될 전망이다. 또 ATM-PON은 전력 손실이 시스템의 성능을 좌우하게 되어 현재는 32 가입자에게 하향 622Mb/s, 상향 155Mb/s의 전송용량을 구현하고 있는데, 상·하향 전송용량 622Mb/s에 대한 연구도 진행되고 있다. 그러나 ATM-PON 방식은 ATM 프로토콜을 이용하는

관계로 전송용량에 한계가 따르고 여러 가입자가 동일한 파장 대역을 이용하는 관계로 MAC(Media Access Control) 프로토콜을 이용해 각 가입자의 접속을 제어하여야 하는 단점이 있다.



〈그림 2〉 ATM-PON의 구성도

〈그림 2〉는 ATM-PON 구성의 한 예이다. 광케이블은 수동 광 스플리터(passive optical splitter)에 의해 분기되며 최대 32개의 ONT를 연결할 수 있는데 현재 ATM-PON의 데이터 속도는 하향 전송이 155Mb/s나 622Mb/s이고 상향 전송이 155Mb/s인데 향후 상향 속도도 622Mb/s로 될 것으로 보인다. OLT에서 전송된 신호는 RN에서 전력 분배기에 의해 각 ONU로 모든 정보가 동시에 전송된다. 따라서 ONU의 수가 증가하면 각각의 ONU에 전송되는 전력이 크게 감소하기 때문에 가입자 수에 있어서 한계성을 가진다. 또한 모든 ONU는 OLT에서 전송되어 오는 모든 신호에 대해서 원하는 정보만 추출해야 하며 이때 정확한 동기화가 이루어져야 한다. 각각의 ONU에서 OLT로 전송되는 신호는 임의의 시간에 RN으로 전송되기 때문에 RN에서는 여러 신호의 간섭을 피하기 위해 burst mode receiver가 필요하다.

ATM-PON은 ATM Cell을 PON frame structure 상에서 전송함으로써 기존의 네트워크나 B-ISDN의 고속 데이터 전송이 가능한 기술로서 1990년대 초에 전 세계의 14개 전화회사로 구

성된 단체인 FSAN(Full Service Access Network)에 의해 FTTH의 솔루션으로 소개되었는데 1997년 10월 Fujitsu사가 일본에서 상용화하였다.

### 3.2 WDM PON

WDM-PON은 ATM-PON이 갖는 제한을 극복하기 위하여 WDM 기술을 이용하여 다수의 파장을 효율적으로 이용할 수 있는 방법이다. WDM은 광 신호의 다중 파장 특성을 이용하여 광 섬유의 넓은 파장 영역을 여러 채널로 다중화하여 여러 파장대의 신호를 동시에 전송함으로써 광 정보의 전송 용량을 증가시키는 방식이다. WDM-PON의 경우 여러 개의 파장을 사용하기 때문에 최대 128 가입자를 수용할 수 있으며 상·하향 622Mb/s의 전송용량을 가진다. 이외에도 추가적인 망의 확장 및 통합이 가능하고 네트워크의 효율적 관리가 가능하다.

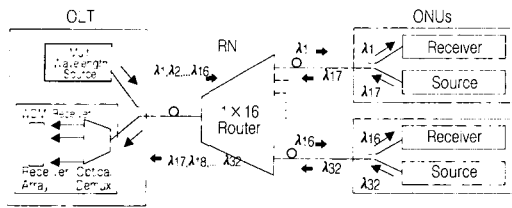
WDM-PON은 가입자별 혹은 서비스별로 파장을 다중화하는 WDM 방식을 사용하여 다수의 ONU가 여러 개의 optical links를 통해서 CO에 연결되는 구조로서 크게 CO, RN, ONU로 구성된다. CO는 feeder network이라고도 하는데 서로 다른 여러 개의 파장을 가지는 광 신호를 생성하여 RN으로 전송하고, 반대로 여러 가입자 망인 ONU에서 RN으로 전송되어 CO로 향하는 신호를 수신하는 부분으로 이루어져 있다. ONU는 distribution network이라고도 하는데 RN에서 분배된 각각의 WDM 신호를 수신하여 가입자에게 전송하거나, 각 가입자로부터 CO로 향하는 여러 개의 SCM(SubCarrier Multiplexing) 신호를 하나의 WDM 파장에 실어 RN으로 전달한다. RN은 CO와 ONU사이에 위치하여 AWG(Arrayed Waveguide Grating) 등의 수동 광 소자를 사용하여 CO에서 ONU로 향하는 여러 파

장의 광 신호를 demultiplexing하여 routing하고, 반대로 각각의 ONU에서 CO로 향하는 각각의 WDM 채널을 multiplexing하여 CO로 전달한다.

WDM-PON은 상향, 하향 파장으로서 다수의 WDM 파장을 사용하기 때문에 시스템의 용량을 크게 증가시킬 수 있으며 flexibility가 우수하여 효율적인 네트워크 구성이 가능하고 upgradability가 좋다. 또한 TDM-PON과 비교하여 신호에 대한 동기화가 필요하지 않고 초고속, 대용량 전송이 가능하므로 이질적인 서비스의 추가 및 통합이 용이하다. 이외에도 ATM-PON과 비교하여 power splitting loss가 작아서 가입자를 크게 증가시킬 수 있다.

WDM-PON의 구성 및 동작원리는 다음과 같다. <그림 3>은 WDM-PON 시스템의 한 예이다. 이 그림에서는 상향, 하향 전송이 다른 파장에서 발생하고, 이것들은 CWDM(Coarse WDM)을 이용하여 분리된다. 이 경우 OLT내에 있는 다중 파장원은 데이터를 16개의 다른 파장으로 전송한다. fiber path에 있는 분기 장치는 파장들을 역 다중화하고 이 파장들을 각각의 ONU들로 전송한다. WDM-PON 시스템의 파장 분기 장치(branching device)로는 WGR(Waveguide Grating Router), fiber grating router 또는 OPA(Optical Phased Array)등이 있다. OLT 소스는 16개의 분할된 DFB(Distribute Feedback) 레이저들로 구성될 수 있고 각각은 정확한 파장으로 스크린 된다. 각 ONU들로부터 상향 전송되고 있는 신호는 16개의 다른 파장들을 가진다. RN은 상향 신호들을 다중화하고 역 다중화기로 구성된, OLT 내에 있는 WDM 수신기가 신호를 수신한다.

WDM-PON의 장점을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 WDM-PON은 분기점까지 광 fiber를 복수의 사용자가 공유하므로 경제적이며 분기점은 수



(그림 3) 1 × 16 WDM-PON의 구성도

동형 광 커플러가 사용되므로 소형화가 가능하고 전기공급이 불필요하다는 장점이 있다. 또한 저가로 초고속 서비스를 제공할 수 있는 방식이기 때문에 cable 구축비용이 저렴하고 가입자들이 수동형 광소자들을 공유하게 되어 설비투자를 최적화할 수 있으며 유지보수 및 관리가 용이하다. 또한 통신시스템의 기술 발전에 따른 시스템 상향 개선 시에도 광 네트워크를 그대로 사용할 수 있으며 단일의 광 섬유를 이용한 멀티미디어 서비스이기 때문에 분리된 여러 계층의 네트워크보다 운영이 쉽고 효율적이며, 각 가입자에게 넓은 대역을 제공함으로써 다양한 특성의 서비스에 대해 유연성을 제공할 수 있다. 이외에도 비용면에서 효율적이며 가입자망의 분배 서비스용으로 적합한 기술이고 광 섬유와 광 송수신 모듈 수를 줄이는데 효과적이다.

ATM-PON이 가지는 단점을 극복하고 가입자망까지 대용량 전송이 가능한 WDM-PON에 대한 연구가 미국, 유럽연합, 일본을 중심으로 진행되었는데 유럽연합의 경우 ACTS 프로젝트의 일환으로서 PLANET(Photonic Local Access Networks)을 중심으로 한 SuperPON 개념의 프로젝트가 대표적이다.

### 3. 결론

간략하게나마 광통신 가입자 망의 소개와 ATM-PON과 WDM-PON의 동작원리와 특징에 대하여 알아보았다. 광통신 가입자 망 자원의 이용 효율성을 극대화하고 날로 증대되고 있는 초고속 인터넷 통신 수요를 비롯한 각종 멀티미디어

통신 수요를 수용하기 위한 방안으로는 궁극적으로 여러 가지 장점을 갖는 수동형 광통신 가입자 망 도입이 필수적이라 판단된다.

특히 WDM-PON은 상향, 하향 파장으로서 다수의 WDM 파장을 사용하기 때문에 시스템의 용량을 크게 증가시킬 수 있는 점, flexibility가 우수하여 효율적인 네트워크 구성이 가능한 점, TDM-PON과 비교하여 신호에 대한 동기화가 필요하지 않은 점, 초고속, 대용량 전송이 가능하므로 이질적인 서비스의 추가 및 통합이 용이한 점, ATM-PON과 비교하여 power splitting loss가 작아서 가입자를 크게 증가시킬 수 있는 점 등의 장점이 있으므로 이에 대한 지속적인 연구와 투자가 필요하다. 그러나 광통신 가입자 망의 도입을 위해서는 기존 가입자 선로의 완전 교체 및 다량의 광 장비 소요로 인한 막대한 초기투자비와 사업자간의 망 공유방안 등이 선결되어야 한다.

(원고 접수일 2002. 5. 13)

### 참고문헌

- [1] 이병기, 강민호, 이종희, "광대역 정보통신", (주)교학사, pp. 24-59, 1996.
- [2] 이래춘, "Multi-frequency laser를 이용한 WDM-PON용 다중광원 연구", 연세대학교 석사학위 논문, 2001년 2월.
- [3] 김사혁, "광통신 가입자 망의 이해와 전략적 진화 방향", 정보통신정책연구원 논문, 1999.
- [4] Youngjin Moon, Changhwan Oh, Yeonsuck Ko, Hakyong Kim, Haewook Lee and Kiseon Kim, "A MAC Scheme Multimedia Services over ATM-based PON", IEEE Tencon, pp. 1383-1386, 1999.
- [5] D. K. Jung, S. K. Shin, C. H. Lee, and Y. C. Chung, "Wavelength-division-multiplexed passive optical network based on spectrum-sliced techniques", IEEE Photon, Technol. Lett., vol. 10, no. 9, pp. 1334-1336, Sept. 1998
- [6] Robert D. Feldmen, E. E. Harstead, S. Jiang, Thomas H. Wood, Martin Zirngibl, "An Evaluation of Architectures Incorporating WDM for Broad-Band Fiber Access", J. Lightwave Technolo., vol. 16, no. 9, pp. 1546-1557, 1998.