

# 차세대 유선 광가입자망 동향 분석

Recent Trends for Next Generation Optical Access Networks

이한협 (H.H. Lee)    광가입자연구팀 선임연구원  
이상수 (S.S. Lee)    광가입자연구팀 팀장  
이종현 (J.H. Lee)    광인터넷연구부 부장

\* 본 연구는 방송통신위원회의 차세대 통신네트워크 원천기술 개발사업의 일환으로 수행되었음  
(KCA-10913-05002, 차세대 응용플랫폼을 위한 대용량 WDM-PON 시스템 개발).

향후 10년 내에 전 세계적으로 인터넷 인구가 50억 명에 이르고 사물지능통신의 발달로 인해 인터넷에 접속되는 기기가 1,000억 대로 급증할 것으로 전망된다. 또한, video 콘텐츠를 비롯한 초대용량 서비스, 무선 인터넷 서비스 등이 활성화되고, 트래픽이 폭증할 것으로 예측된다. 그러나 60년대 후반에 만들어진 인터넷은 이러한 새로운 서비스의 등장 및 인터넷 트래픽의 폭증에 적절히 대응하기에는 많은 한계를 가지고 있다. 따라서 미국, EU, 일본 등 선진국들은 네트워크의 양적인 확충은 물론, 새로운 인터넷 기술을 개발하고 그 구조를 재설계하기 위해서 경쟁적으로 대대적인 투자를 전개하고 있다. 광가입자망은 이러한 급변하는 가입자망의 변화에 효과적으로 대처할 수 있는 기술로써, 인터넷 서비스 사업자와 가입자를 연결하는 중요한 네트워크이다. 본 고에서는 대표적인 광가입자망 기술인 TDM-PON(Time Division Multiplexing-Passive Optical Network) 및 WDM-PON(Wavelength Division Multiplexing-Passive Optical Network)의 전반적인 기술 현황, 국제 표준화 동향 및 시장 동향에 대해 소개하고, 앞으로 미래를 대비하기 위해 필요한 광가입자망의 기술개발 방향에 대해 논하고자 한다.

- I. 서론
- II. 광가입자 기술 소개
- III. 국내·외 기술개발 동향 및 전망
- IV. 표준화 동향
- V. 시장 동향 및 응용 분야
- VI. 결론

## I. 서론

향후 10년 내에 전 세계적으로 인터넷 인구가 50억 명에 이르고 사물지능통신의 발달로 인해 인터넷에 접속되는 기기가 1,000억 대로 급증할 것으로 전망된다. 또한, video 콘텐츠를 비롯한 초대용량 서비스, 무선 인터넷 서비스 등이 활성화되고, 트래픽이 폭증할 것으로 예측된다. 그러나 60년대 후반에 만들어진 인터넷은 이러한 새로운 서비스의 등장 및 인터넷 트래픽의 폭증에 적절히 대응하기에는 많은 한계를 가지고 있다. 따라서 미국, EU, 일본 등 선진국들은 네트워크의 양적인 확충은 물론, 새로운 인터넷 기술을 개발하고 그 구조를 재설계하기 위해서 경쟁적으로 대대적인 투자를 전개하고 있다.

방송통신위원회의 “미래를 대비한 인터넷 발전계획”(2011. 6.)에 의하면 대한민국의 유선 가입자망은 UHDTV, 홀로그램, 가상현실 등 비디오 콘텐츠 중심의 트래픽에 의해 2020년에는 최대 4Gbps의 대역폭이 소요될 것으로 전망된다. 구체적으로, 국내 유선 가입자망은 가구당 2012년 최고 200Mbps급, 2015년 최고 500Mbps급, 2020년 최고 4Gbps급 정도의 트래픽을 유발할 전망이다[1].

광가입자망은 이러한 급변하는 가입자망의 변화에 효과적으로 대처할 수 있는 기술로써, 인터넷 서비스 사업자와 가입자를 연결하는 중요한 네트워크이다. 2000년대 초반부터 급격히 증가한 인터넷 서비스 수요를 수용하기 위해 광기술을 가입자망에 적용한 광가입자망 기술의 연구개발 및 상용화가 일본, 한국을 중심으로 이루어졌다. 이 뒤를 이어 유럽 및 미국에서도 광가입자망 기술을 이용한 인터넷 서비스가 진행되고 있다. 이에 발맞추어 ITU-T, IEEE 등 국제표준화 기구에서도 광가입자망 시스템 간의 상호 호환성을 위해 GPON(Gigabit Passive Optical Network),

EPON(Ethernet Passive Optical Network) 등 TDM-PON(Time Division Multiplexing-Passive Optical Network)의 표준화가 진행되었으며, 최근에는 대용량 전송, 전용회선 수준의 품질 보장이 가능한 WDM-PON(Wavelength Division Multiplexing-Passive Optical Network)의 표준화가 활발히 진행 중이다[2].

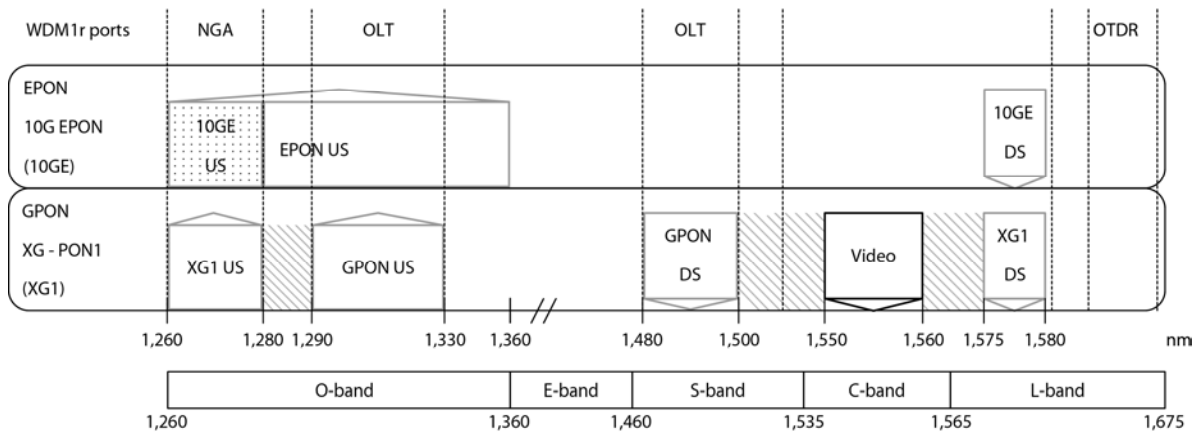
대한민국이 기술 주도권을 확보하고 있는 WDM-PON은 TDM-PON에 비해 고가이나, Si-Photonics와 같은 기술을 접목하여 저가화할 수 있다.

본고에서는 서론에 이어 II 절에서 광가입자망의 전반적인 기술에 대해 소개하고, III 절에서는 국내외 기술개발 현황을, IV 절에서는 광가입자망 기술에 대한 표준화 동향을 살펴보고, V 절에서는 광가입자망 시장 동향에 대해 소개한 후, VI 절에서는 미래를 대비하기 위한 광가입자망의 기술개발 방향에 대해 논하고자 한다.

## II. 광가입자 기술 소개

1990년대에는 가입자망 기술로 구리선 기반의 xDSL 기술이 많이 사용되어 왔다. 그러나, xDSL 기술은 전송거리 및 전송 대역폭이 제한되어, 이를 해결하기 위해 전화국사로부터 가입자까지 광섬유로 직접 연결하는 방식의 광가입자망이 개발되었다. 특히, 전화국사와 가입자 간에 전력공급이 필요하지 않은 수동형 광소자를 사용하는 수동형 광가입자망(PON: Passive Optical Network)은 설치 및 유지보수가 매우 편리하다.

상용화된 PON 기술은 신호전송 방식에 따라 TDM-PON 기술과 WDM-PON 기술로 구분된다. 대표적인 TDM-PON인 GPON 및 EPON의 경우, 광가입자망에 연결된 각 가입자들은 1490nm 대역의 하향신호와 1310nm 대역의 상향신호를 공통으로 사용한다. 따라서, 각 가입자들은 broadcasting 방식의 하향 광



(그림 1) TDM-PON의 파장 대역

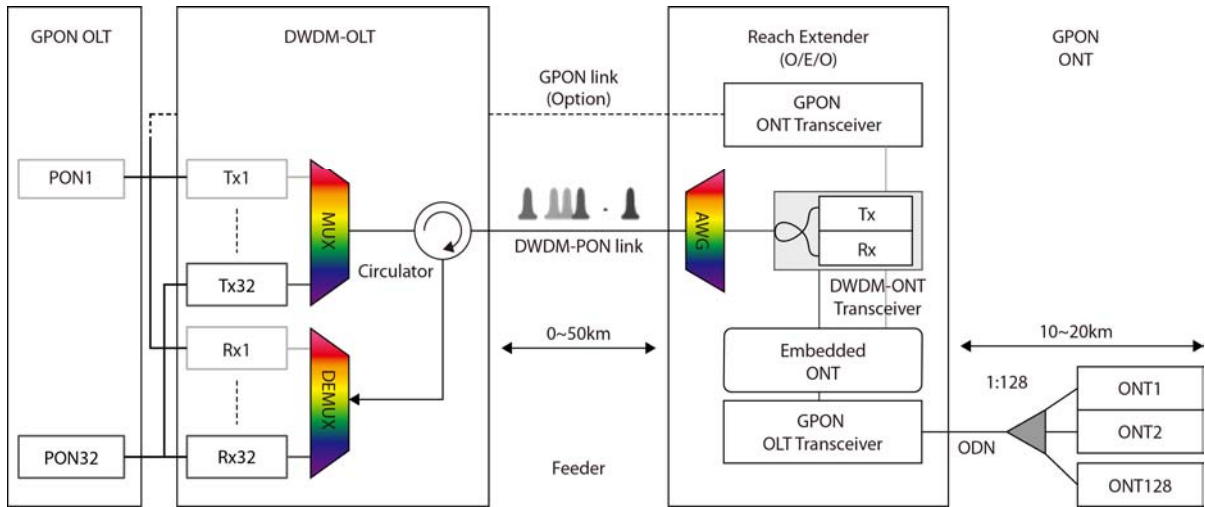
신호를 수신하고, 상향으로는 동적 대역폭 할당 기법을 사용하여 허용된 시간에서 상향 광신호를 OLT (Optical Line Termination) 측으로 송신한다. 결과적으로, TDM-PON의 경우 OLT에 사용되는 하나의 광원으로 다수의 가입자(32 가입자 이상)를 수용할 수 있는 장점은 있으나, 운용하는 가입자의 수가 증가할수록 각 가입자당 할당되는 대역폭이 줄어드는 단점이 있다. 또한 하향신호를 모든 가입자가 수신하므로 보안에 취약한 문제가 있다.

최근에 TDM-PON의 전송 용량을 증가시키고, 수용할 수 있는 가입자 수를 확대하기 위하여 10G급 TDM-PON이 개발되었다. IEEE에서는 EPON 이후에 10G EPON을, ITU-T에서는 GPON 이후에 10G GPON(XG-PON)을 개발하였다[3],[4].

10G EPON은 하향으로 1G 신호와 10G 신호를 전송하기 위해 각기 다른 파장의 신호를 사용하며, 상향 신호로 동일 파장에 1G 신호와 10G 신호를 시분할 방식을 사용하여 전송한다. 따라서 가입자는 네트워크 환경에 따라 유연하게 1G 또는 10G급으로 전송 대역폭을 설정할 수 있다. 이때 전화국사에 사용되는 10G EPON OLT 시스템은 1G 또는 10G급 광신호가 혼재된 상향신호를 수신하므로, 이를 정확히 분리 및 처리할 수 있는 기술이 요구된다.

(그림 1)은 TDM-PON의 파장 대역을 도시한 것이다. 10G EPON과 다르게 10G GPON은 기존 GPON용 광신호파장과 10G GPON용 광신호파장을 구분하여 사용한다. 10G GPON과 같이 파장을 구분하여 전송하는 경우 기존의 GPON 광링크와의 호환성 유지가 편리해지고, 또한 10G EPON OLT 시스템과는 달리 10G GPON OLT의 수신부가 간단해지는 장점을 가지고 있다.

TDM-PON은 논리적으로 60km 내의 가입자를 수용할 수 있으나, 전화국사와 가입자 간을 광세기 분배기(1:32 또는 1:64)로 연결하는 방식을 사용한다. 따라서 광세기 분배기의 손실로 실질적인 전송거리는 약 20km 내외로 제한된다. 이를 극복하기 위한 방법으로 원격노드에 광증폭기나 O-E-O 변환기를 사용하는 방식이 개발되었다. 또한, OLT 시스템의 전송 용량을 증가시키기 위하여 전화국사와 원격노드까지는 파장분할 다중화 방식을 사용하여 전송하고, 그 뒷단에는 O-E-O 변환기를 사용하는 방식이 상용화되어 있다. 이 경우에 32 파장 WDM 전송 기술을 사용하고 각 파장당 64 가입자를 수용할 수 있어 60km 이내의 최대 2,048 가입자를 단일 OLT 시스템에서 수용할 수 있다. 이와 같은 방식은 하이브리드 PON



(그림 2) 하이브리드 PON 구조도

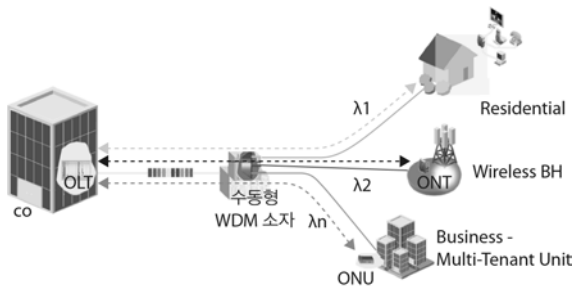
이라고 한다. (그림 2)는 하이브리드 PON의 구조를 도시한 것이다.

1990년대 후반부터 WDM-PON에 대해 연구가 시작되었으며, 광기술이 급격히 발달한 2000년대 초반부터 TDM-PON의 단점을 극복하기 위해 WDM-PON에 관한 연구가 진행되었다. WDM-PON은 전화국사와 각 가입자들이 서로 다른 파장의 광신호를 사용하여 연결된다. 따라서, 전체 서비스 가입자 수가 증가하더라도 가입자당 할당된 대역폭에 영향을 받지 않는다. 또한, 각 가입자가 서로 다른 파장의 하향신호를 수신하므로 보안에 강한 장점을 가지고 있다.

(그림 3)은 WDM-PON의 구조이다. 원격지에 사용되는 수동형 WDM 소자로 주로 도파로형 배열격자

(AWG) 방식의 파장다중화/역다중화기가 사용된다.

WDM-PON은 전화국사와 가입자가 서로 다른 파장의 광신호를 사용하여 연결되므로, 통신사업자는 가입자 수와 동일한 수의 운용파장이 다른 ONU (Optical Network Unit)를 항상 준비하고 있어야 하는 단점이 있다. 또한 WDM-PON의 OLT 측에서도 다수의 서로 다른 파장의 광원을 사용해야하므로, 이로 인해 전체 WDM-PON의 가격이 상승하는 문제가 있다. 이를 해결하기 위하여 파장 비의존성 WDM-PON에 대한 연구개발이 진행되었다. 또한 WDM-PON OLT의 경제성을 향상시키기 위해 배열형 광소자를 사용하거나, 고집적화된 광소자들을 사용하는 연구가 활발히 진행되고 있다.



(그림 3) WDM-PON 구조

### III. 국내 · 외 기술개발 동향 및 전망

앞서 기술한 것과 같이 광가입자 기술은 수십 메가급 서비스에서 기가급 서비스를 제공할 수 있도록 발전해오고 있다. 또한, 국사 광역화 등의 요구사항을 만족시키기 위해 장거리 전송 기술이 사용되고 있으

며, 일반 가입자, 비즈니스 가입자 등을 위한 인터넷 서비스뿐만 아니라 무선 배후망, 데이터 센터 등의 다양한 응용 분야에 사용할 수 있도록 연구개발되고 있다. 본 절에서는 이와 같은 광가입자망 기술의 국내외 기술개발 동향에 대해 기술한다.

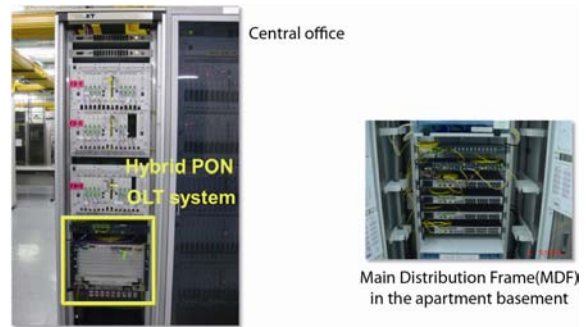
### 1. 광가입자망 기술 국내 동향

KT에 의해 EPON의 상용서비스가 시작된 이후로 WDM-PON과 XG-PON과 관련 연구 및 상용화가 진행되었다. WDM-PON 기술 분야에서는 저가형 씨앗광 주입 방식 WDM-PON을 개발하는 연구가 KAIST, 삼성, KT, 노베라 옵틱스, ETRI, LG-Ericsson 등을 주축으로 이루어졌다. 씨앗광 주입 방식 WDM-PON은 전화국사에 씨앗광원을 사용하고 각 가입자단에는 파장 비의존성 광원(FP-LD: Fabry-Perot laser diode, RSOA: Reflective Semiconductor Optical Amplifier)을 사용하므로 광가입자망의 운용 비용을 절감할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이 기술 분야에서 ETRI는 RSOA 기반 파장 재변조 방식 WDM-PON 링크의 원천 기술을 확보하고 있으며, KAIST 및 LG-Ericsson은 파장 잠김 FP-LD 기반 100Mb/s 및 1.25Gb/s 급 WDM-PON 시스템 기술을 확보하고 있다[2].

현재, 위와 같은 기술을 사용한 WDM-PON 및 하이브리드 PON이 KT에 의해 광주와 경기도 지역에서 상용서비스가 이루어 졌다. (그림 4)는 WDM-PON을 이용한 하이브리드 PON 상용 시스템 사진이다.

2.5Gb/s WDM-PON 시스템 개발은 ETRI를 중심으로 진행되고 있으며, 주요 응용 분야로는 하이브리드 PON 및 무선 배후망이 있다.

WDM-PON의 또 다른 기술방식인 파장가변 WDM-PON 기술은 씨앗광 주입 방식보다 구조가 간단하여 차세대 WDM-PON으로 연구되고 있다. 이



(그림 4) WDM-PON을 이용한 하이브리드 PON 상용 시스템[5]

기술 분야에서는 파장가변 광원의 저가화 및 파장자원 관리가 가장 큰 기술적인 이슈이며, 이를 해결하기 위해 다양한 방식의 기술이 개발되고 있다. 우리나라에서는 RSOA와 폴리머 기반의 파장가변 필터를 이용한 직접변조형 외부 공진기형 파장가변 레이저를 개발하였으며, 현재, KCC 출연과제를 통해 ETRI에서 10Gb/s급 전송이 가능한 저가형 파장가변 레이저를 개발하고 있다. 또한, 파장가변 방식의 10Gb/s×64채널 급 WDM-PON 시스템 개발이 ETRI 주도로 이루어지고 있으며, 이 때 필요한 파장관리 기술에 대한 연구도 활발히 진행되어, 상용 기술수준까지 개발되었다[6].

### 2. 광가입자망 기술 해외 동향

TDM-PON의 경우, EPON과 관련된 기술은 주로 일본에서 개발되었고, GPON과 관련된 기술은 미국과 유럽을 중심으로 개발 되었다. 본 절에서는 FSAN (Full Service Access Network) 등에서 차세대 광가입자망으로 고려되고 있는 WDM-PON의 해외 기술 동향에 대해 기술한다.

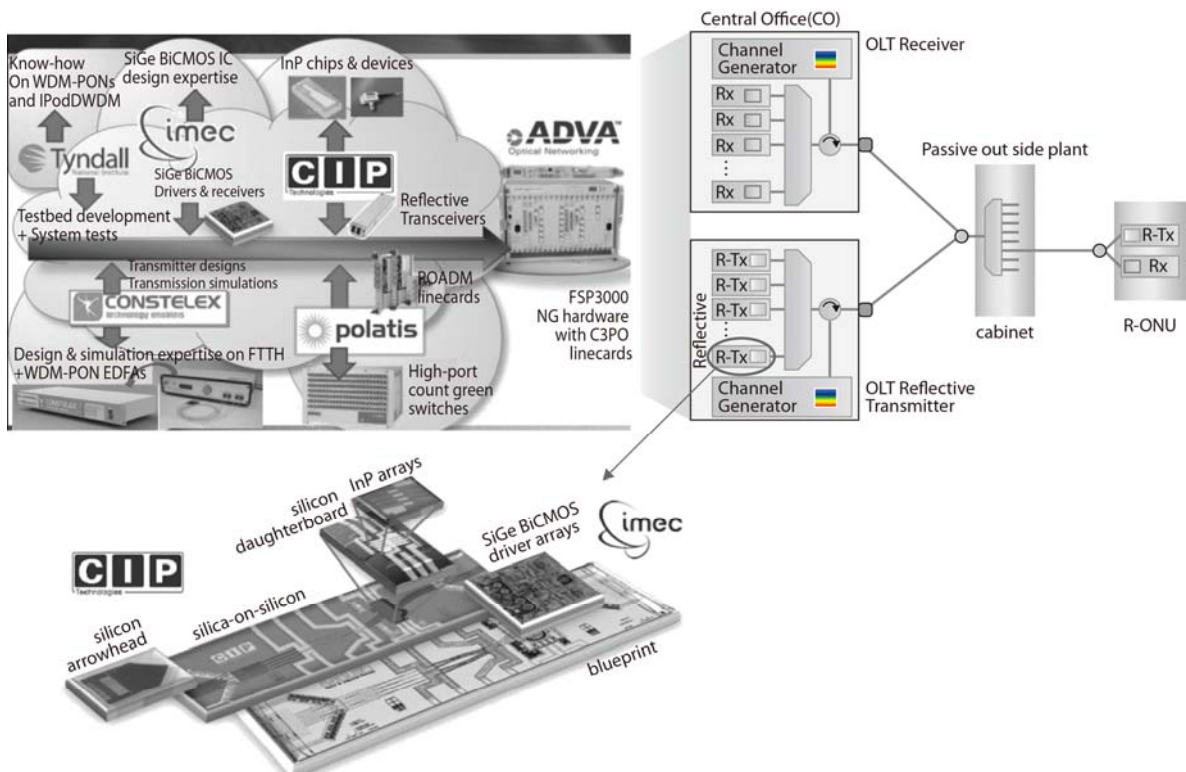
유럽에서는 British Telecom, Nokia-Siemens, Alcatel-Lucent 등이 주축이 되어 10Gb/s급 LR-PON 기술을 이용하여 메트로와 액세스망을 통합하

는 연구 프로젝트로 PIEMAN(Photonic Integrated Extended Metro and Access Network) 프로젝트(2006. 1.~2009. 12.)를 수행하였다. 이 프로젝트에서는 10Gb/s 32파장, 2심으로 100km 전송 가능한 선형 링크, TDMA/WDM 하이브리드 PON 방식으로 파장당 최대 512 가입자를 수용하는 기술을 개발하였다. SARDANA(Scalable Advanced Ring-based passive Dense Access Network Architecture) 프로젝트(2008. 1.~2010. 12.)는 광가입자 분야에서 가장 많이 알려진 프로젝트이다[7]. 이 프로젝트는 France Telecom, Tellabs 등이 주축이 되어 10Gb/s×32채널, 100km 환형 구조를 갖는 TDMA/WDM 하이브리드 PON 기술을 개발했으며, 핵심 기술로는 리모트 광 증폭, RSOA 기반 colorless ONU(Optical Network Unit), 환형망 보호절체 및 legacy GPON을 수용하는 연구를 진행하였다. EU Framework Program

의 일환으로 수행 중인 GigaWam 프로젝트에서 Syntune, Vertilas 등이 참여하여 WDM-PON용 광 모듈로 파장가변 레이저, VCSEL 어레이 광원 모듈에 대한 연구 수행 중이며 GPON의 성능을 증가하는 1Gb/s, 64파장, 80km 전송을 위한 WDM-PON 소자 및 서브 시스템 개발을 목적으로 하는 순수 WDM-PON 기술에 대해 연구하였다.

C3PO 프로젝트에서는 각각 WDM-PON용 광모듈로 파장가변 레이저, VCSEL 어레이 광모듈에 대한 연구와 에너지 저감형 광전소자 설계 및 개발을 위해 InP 기반 변조기, SiGe 기반 BiCMOS 기술연구 및 집적화에 대한 연구를 진행 중이다[8]. (그림 5)는 C3PO 프로젝트를 통해 개발된 결과물을 도시한 것이다.

최근, 주목할 만한 결과로, Google은 자체적으로 Google fiber라는 자회사를 설립하고, 기가급 인터넷 서비스를 각 가입자에게 제공하기 위한 시범서비스를



(그림 5) C3PO 프로젝트 결과

Missouri Kansas City에서 실시할 예정이다. 이를 위해 저가형 기기급 WDM-PON 기술을 사용할 계획을 발표하였다[9].

### 3. 광가입자망 기술 전망

10G TDM-PON의 경우, 현재 아시아를 중심으로 실 상용화가 시도되고 있으며, 앞으로 40G급 TDM-PON으로 진화할 것으로 예상된다. 그러나, 기술의 상용화를 위해서는 각 가입자단에 사용되는 40G급 수신기의 저가화가 필수적이다.

WDM-PON의 상용화의 가장 큰 장애요인은 구조적으로 TDM-PON에 비해 고가라는 것이다. GPON이나 EPON과 같은 TDM-PON은 OLT의 광모듈 하나가 32 또는 64 가입자를 모두 수용하지만, WDM-PON은 점대점 연결방식이기 때문에 OLT에 가입자수에 해당하는 광모듈이 소요되기 때문에 구조적으로 고가이다.

WDM-PON의 저가화 문제를 해결하기 위해 배열형 광소자등, 집적도가 높은 광부품을 사용하는 방식이 Ericsson, ADVA, Huawei 등 여러 시스템 업체들에 의해 FSAN 표준화 미팅에서 제시되고 있다. 이외에도, CMOS 포토닉스 기술을 적용하여 OLT 장비의 광송수신 모듈을 단일 칩으로 만들어 저가화, 소형화, 저전력화를 이루고, 라인카드 제작 단가를 낮추려는 시도가 이루어지고 있으며[10], 국내에서도 KCC 출연사업으로 ETRI에서 이에 대한 연구가 시작되었다.

### IV. 표준화 동향

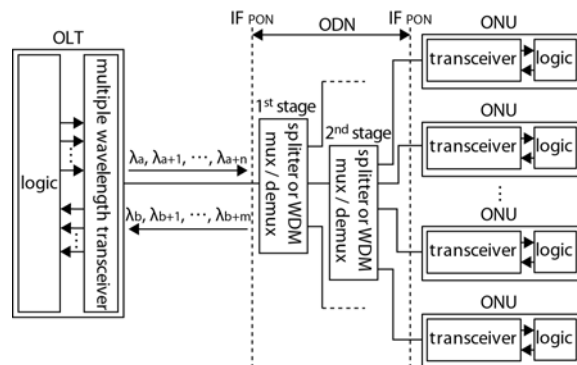
본 절에서는 10G EPON 및 10G GPON 표준화 이후에 IEEE와 ITU-T에서 진행되고 있는 최근의 광가입자망 관련 표준화 활동에 대해 간략히 소개한다.

### 1. ITU-T SG15 표준화 동향

ITU-T SG15 Q.6에서는 ETRI, LG-Ericsson, KT, KAIST 주도로 저가형 WDM-PON 기술인 씨앗광 주입 방식 WDM 전송 기술의 표준화가 진행되어 2011년 12월 ITU-T SG15 정기회의에서 ITU-T G.698.3 표준으로 승인되었고, 2012년 상반기 표준으로 발행될 예정이다[11]. 앞으로 2.5Gb/s 및 FEC를 사용하여 전송거리를 확장하는 씨앗광 주입 방식 WDM 전송 규격에 대해 논의될 예정이다.

ITU-T SG15 Q.2의 사전표준화 단체인 FSAN에서는 차세대 광가입자망 기술(NG-PON2) 표준화를 위해 각국의 통신사업자의 요구사항을 조사하고, 이를 만족할 수 있는 광가입자망 기술들에 대해 검토하였으며 올해 상반기에 최종적으로 기술을 선정할 예정이다. NG-PON2의 주요 요구사항은 총 전송 용량 40G, 가입자당 1.25Gb/s, 전송거리 40km, 수용 가입자 수 64가입자 이상 수용 등이 있다. 이러한 요구사항을 만족하는 기술로 40Gb/s TDM-PON, WDM-PON, OFDM-PON 및 하이브리드 PON 등이 후보 기술로 제안되고 있다.

FSAN의 NG-PON2 표준화와 더불어 ITU-T SG15 Q.2에서는 2011년 12월부터 G.multi(Multiple Wavelength Passive Optical Networks: MW-



(그림 6) ITU-T G.multi 의 참조 구조도

PONs) 표준화가 시작되었다. (그림 6)은 ITU-T G.multi의 참조 구조도이다. 원격노드는 파장분할 다중화/역다중화로 구성될 수도 있고 또는 광세기 분배기로 구성된다. 앞으로 G.multi에서는 파장가변 광원을 사용하는 PON의 구조와 운용방법에 대해 논의할 예정이다[12].

## 2. IEEE 802.3 표준화 동향

IEEE 802.3에서는 2011년부터 기존의 EPON의 물리 계층 규격을 확대하는 Extended EPON PMDs 표준화 작업을 진행 중이다[13]. Extended EPON PMDs 표준에서는 장거리, 고분기를 지원할 수 있도록 29dB, 33dB 광 규격에 대해 논의되고 있으며, 광 규격을 추가로 확대하기 위해 O-E-O 방식의 EPON reach extender에 대한 기술이 논의 중에 있다. (그림 7)은 Extended EPON PMD 규격 중 29dB 및 33dB 규격을 도시한 것이다.

WDM-PON과 관련하여 2012년 3월, Ethernet WDM Aggregation Networks 스터디 그룹이 결성되었다[15]. 이 표준에서는 이더넷 신호를 WDM 방식으로 전송하여 광섬유 사용 효율을 증가시켜 설치비용을 최소화하고 동시에 유지보수를 간소화하는 것을 목적으로 하고 있다. 주 응용 분야로는 무선 배후망, 비즈니스 서비스 등을 고려하고 있다. 파장 고정형 WDM, 파장가변 WDM, 씨앗광 주입형 WDM, 자가

주입형 WDM, 파장재활용, OFDM 방식 등이 후보 기술로 제안되고 있다.

## 3. IEC TC86 표준화 동향

ITU-T와 IEEE에서 광가입자 기술의 시스템 운용 규격을 정하는 반면, IEC에서는 세부 광소자 규격과 관련된 표준화가 진행 중이다. IEC에서는 GPON, EPON, WDM-PON 등 신규 표준 기술에 적합한 광소자의 규격 표준화가 진행 중이다. 2012년에는 ITU-T G.698.3 표준과 연계된 광부품의 IEC 표준화가 진행될 예정이다.

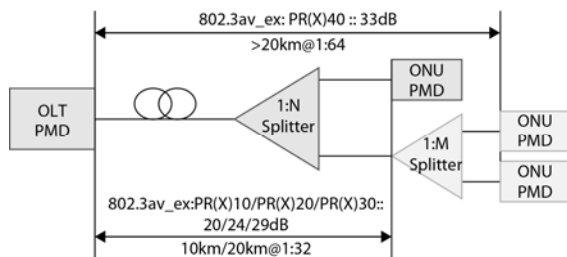
## V. 시장 동향 및 응용 분야

2005~2006년부터 아시아 지역 중심으로 EPON, 북미, 유럽 중심으로 GPON 보급 확산되었으며, 중국 벤더(Huawei, ZTE)의 등장으로 회선당 비용이 급격하게 감소하여 빠르게 시장을 잠식하였다. 전 세계적으로 광가입자 장비 수요의 70%는 아시아 지역에서 발생했으며, 주 고객은 차이나 텔레콤, 차이나 유니콤 및 차이나 모바일 등 중국 강세를 보이고 있다.

2010년 1분기 매출 기준으로 전 세계 시장 점유 1위는 중국 Huawei이며, 한국의 다산네트웍스는 세계 5위권을 형성하고 있다. 광가입자 장비는 제품 규격과 함께 멀티벤더 장비 간의 상호 운용성이 국제표준 규격으로 제정되므로 네임 밸류가 낮은 중소기업의 해외 진출 문턱이 비교적 낮은 편이다.

전 세계 광가입자 장비 산업은 2014년까지 연평균 성장률 20%로 고성장 전망(2011년 30억 달러에서 2014년 50억 달러 수준)되며, 특히 GPON, EPON 및 WDM-PON의 성장이 두드러질 것으로 전망된다.

IEEE 802.3av에서 10G EPON 표준화가 2009년에



(그림 7) Extended EPON PMD 구조도[14]

완료되었으며, 2010년 상반기 중국 상하이에서 멀티 벤더(브로드콤, PMC, Opulan, ZTE) 장비 간 상호운용 시험 완료하였다. 앞으로 유·무선 트래픽 증가에 따른 대역폭 제한을 해결하기 위해 2012년 이후 한중일 3국을 중심으로 10G EPON, Verizon, BT(영국), Telefonica(스페인)를 중심으로 10G GPON의 도입이 시작될 전망이다.

우리나라는 BcN 등 초고속 인터넷 활성화 정책에 힘입어 국내 광가입자 인프라 구축 현황은 OECD 국가 중에서 최상위권을 유지하고 있다. 2011년 현재, KT의 초고속 인터넷 가입자 수는 2011년 3월 기준 750만 가입자이며, 이중 광가입자가 약 510만 가입자 수준이다. 주로 EPON과 이더넷 FTTH로 구축하고 있으며, 부분적으로 WDM-PON이 도입되고 있다. SK브로드밴드/SKT의 경우 초고속 인터넷 가입자 수는 2011년 3월 기준 400만 가입자이며, 광가입자는 220만 가입자 수준이다. 대부분, 이더넷 FTTH이며, 최근 GPON의 도입을 시작하였다. LGU+의 초고속 인터넷 가입자 수는 2011년 3월 기준 280만 가입자이며, 광가입자는 180만 가입자 수준이다.

WDM-PON은 대한민국이 기술적으로 가장 앞서 있으며, LG-Ericsson에 의해 북미, 유럽 시장 진출 성공했으며, 비즈니스 가입자, 무선 백홀 등의 수요 증가 및 국제표준 제정(ITU-T G.698.3)에 힘입어 시장이 확대될 전망이다. LG-Ericsson은 북미와 유럽 진출 및 현장시험을 완료하였다.

광가입자 장비는 전통적인 초고속 인터넷 분야 이외에도 이동통신망으로의 적용이 확대되고 있는데, 특히 최근 전 세계적으로 확산되고 있는 클라우드 기지국에 적용되어 무선 유닛과 디지털 유닛 간의 인터페이스로 많이 활용될 전망이다. 이 구간에는 CPRI(Common Public Radio Interface) 또는 OBSAI(Open Base Station Architecture Initiative)로 정의

된 프로토콜을 갖는 신호가 사용되는데, 보통 기지국당 2.5Gbps 3~4 회선이 사용되기 때문에 가격 경쟁력이 있는 광가입자 장비가 적합한 솔루션이 될 수 있기 때문이다. 특히 LTE-Adv. 등 차세대 이동통신망으로 진화함에 따라 회선당 요구되는 속도는 10Gbps까지 증가할 전망이므로 초고속 광가입자 장비의 새로운 시장이 될 전망이다.

## VI. 결론

NSF(2010) 및 eTForecasts(2010)에 따르면 2020년 전 세계 인터넷 이용자 수는 약 50억 명으로 증가할 것으로 예측된다. 2011년 6월 방송통신위원회에서 발표한 “미래를 대비한 인터넷 발전계획”은 인터넷 인구 50억 시대에 인터넷 글로벌 리더로 도약하기 위한 정부의 정책적 도전을 담고 있다. 우리나라의 인터넷 이용자 수는 1994년 상용서비스가 시작된 이래로 16년만에 3,701만 명에 도달했다. 또한 스마트폰 확산과 SNS 등 새로운 인터넷 서비스의 등장으로 현재 1,002만 명인 무선인터넷 사용자는 2015년까지 4,213만 명에 이를 전망이다. 이러한 시대에 인터넷 글로벌 리더로 도약하기 위해서는 보다 빠르고 안정적인 광가입자망의 연구개발 및 상용화가 절실한 시점이다.

대한민국이 기술 주도권을 가지고 있는 WDM-PON 기술은 기가급 인터넷 서비스뿐만 아니라 향후 10기가급 인터넷 서비스를 각 가입자에게 제공할 수 있어 미래를 대비할 수 있는 차세대 광가입자 기술이다. 최근, 10G급 신호를 80km 이상 장거리 전송이 가능하도록 가입자용으로 적합한 저가형 파장가변 레이저 및 모듈을 개발하는 연구가 진행 중이다. 그리고, 배열형 광소자들을 사용하여 OLT의 집적도를 높여 가격 경쟁력을 확보하려는 연구 또한 진행 중이다.

최근의 연구개발과 더불어, 세계적인 추세인 그린 네트워크를 구현하기 위해 전력소모가 적은 WDM-PON 시스템을 개발하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 CMOS 포토닉스 기술로 다중/역다중화기, 광검출기 어레이로 구성되는 단일 집적 PIC와 CMOS 기반의 어레이 TIA, 어레이 드라이버로 구성되는 EIC, 그리고 VCSEL 어레이 광원을 단일 패키지화하여 OLT에 적용되는 송수신 모듈 개발이 필요할 것으로 예상된다. 마지막으로 WDM-PON과 관련하여 확보한 기술 및 고유 지적재산권이 국제표준에 반영되도록 활동하는 것이 필요하다.

위와 같은 기술개발 및 표준화 활동을 통해 WDM-PON의 소형화, 집적화, 저가화를 달성할 수 있을 것이며 이를 통해, WDM-PON은 브로드밴드 액세스, 메트로 전송시스템 및 차세대 이동통신 분리형 기지국용 광원 등으로 활용범위를 크게 확대할 수 있을 것이다. 결론적으로 WDM-PON은 가입자 망 장비뿐만 아니라 네트워크 장비 산업 전반의 경쟁력 강화를 가져올 것으로 기대된다.

#### 용어해설

**CMOS 포토닉스 기술** 전자소자와 광학소자를 통합하는 실리콘 기반의 새로운 칩 기술. 이 기술을 사용하여 고성능 아날로그와 디지털 CMOS 회로로 통합된 광변조기나 광검출기 그리고 초소형 파장분할 다중화 방식 광통신용 장치 같은 다양한 실리콘 나노 포토닉스 구성이 가능하여 더 작고 빠르며 전력 효율적인 칩을 생산할 수 있음.

**WDM-PON 기술** 가입자마다 고유의 파장을 할당해 양방향으로 1Gbps 이상의 넓은 대역폭을 제공하는 광가입자망 기술. WDM-PON 기술은 IPTV 등 방통융합서비스를 무리 없이 제공할 수 있어 현재 차세대 광가입자망 시장에 가장 적합한 기술임.

#### 약어 정리

CPRI	Common Public Radio Interface
EPON	Ethernet Passive Optical Network
FP-LD	Fabry-Perot laser diode
FSAN	Full Service Access Network

GPON	Gigabit Passive Optical Network
MW-PONs	Multiple Wavelength Passive Optical Networks
OBSAI	Open Base Station Architecture Initiative
OLT	Optical Line Termination
ONU	Optical Network Unit
PIEMAN	Photonic Integrated Extended Metro and Access Network
PON	Passive Optical Network
RSOA	Reflective Semiconductor Optical Amplifier
SARDANA	Scalable Advanced Ring-based passive Dense Access Network Architecture
TDM	Time Division Multiplexing
WDM	Wavelength Division Multiplexing

#### 참고문헌

- [1] 방송통신위원회, 미래인터넷발전계획, 2011. 6.
- [2] 윤빈영, 두경환, 김광욱 “차세대 광가입자망 표준화 동향.” 전자통신동향분석, vol. 24, no. 1, 2009. 2, pp. 50-58
- [3] ITU-T Recommendation G.987 series.
- [4] IEEE 802.3av 10G EPON.
- [5] H.-H. Lee et al., “First Commercial Service of a Colorless Gigabit WDM/TDM Hybrid PON System,” presented at *OFC/NFOEC*, 2009, PDPD9.
- [6] S.G. Mun et al., “Wavelength Self-initialization of Tunable Laser Employing Wavelength Recognition Using Power Difference in WDM-PONs,” *OFC/NFOEC*, 2012, JTh2A.61.
- [7] Scalable Advanced Ring-based Passive Dense Access Network Architecture. <http://www.ict-sardana.eu/>
- [8] Colourless and Coolerless Components for low Power Optical Networks. <http://www.greenc3po.eu/>
- [9] C.F. Lam, “The Road to Scalable 1Gb/s FTTH Access Networks,” *ECOC*, 2011, Tu.6.C.2..
- [10] B. Koch, et al., “A 4x12.5 Gb/s CWDM Si Photonics Link Using Integrated Hybrid Silicon Lasers,” *CLEO*, 2011, CThP5.
- [11] ITU-T Recommendation G.698.3, Multichannel

seeded DWDM applications with single-channel optical interfaces.

- [12] ITU-T Recommendation G.multi, Multiwavelength passive optical networks (MW-PON).
- [13] IEEE 802.3, Extended EPON Study Group.
- [14] IEEE 802.3 contribution, ZTE, "Extended EPON PMD Parameters," Jan. 2012.
- [15] IEEE 802.3 Call for interest, "Huawei, Ethernet WDM Aggregation Networks," Mar. 2012