

FTTH 기술 발전 동향

Technical reviews in fiber to the home (FTTH)

신 병 곤*, 박 재 형, 김 진 희

(Byung Gon Shin, Jaehyoung Park, Jin Hee Kim)

Abstract : This article describes developments in fiber to the home (FTTH), and introduces the technical reviews for the various types to realize FTTH. Also, we have presented the results of each EPON, GPON and WDM-PON standardization by each IEEE, ITU-T and TTA. Finally, based on the above results, we proposed the trend of FTTH service deployment strategies.

Keywords: Fiber To The Home (FTTH), Passive Optical Network (PON), wavelength division multiplexing (WDM) PON

I. 서론

웹2.0과 더불어 최근 사용자의 인터넷 이용 형태 및 서비스의 성향들이 바뀌고, 미디어 서비스와 각종 개인화 콘텐츠들이 늘어나면서, 국내외적으로 액세스 망의 고도화가 가속화되고 있다. 특히, IPTV와 같은 멀티미디어 융/복합 서비스의 급속한 전개로 인해 기존 액세스망이 갖고 있던 문제점이 하나 둘 수면위로 나타나게 되었고, 덧붙여 네트워크 요구사항의 키워드가 속도경쟁에서 가입자 체감품질 (Quality of Experience: QoE)로 무게 중심이 이동하는 과정에서 자연스럽게 가입자망 고도화에 대한 전반적인 검토가 이루어지게 되었다. 그 결과로 기존 동선 기반의 방식에서, 액티브 광랜 형태로, 광랜 형태에서 TCO (Total Cost of Ownership: 총소요비용)를 최소화할 수 있는 유선 액세스 망의 궁극적인 기술이라 할 수 있는 수동 광 가입자망 (Passive Optical Network: PON) 기술 기반의 FTTH (Fiber To The Home)를 공급을 하게 되었다. 이러한 FTTH 기술은 Home run 방식을 시작으로 초창기에는 비싼 가격의 광소자와 광케이블을 가입자마다 필요로 하는 한계로 보급이 어려웠으나, 하나의 광케이블을 통해 전송되는 광신호를 수동 소자만을 이용해서 다수의 가입자에게 분기하는 PON 기술이 개발되면서 가입자 대내까지 광케이블로 광대역서비스를 제공하는 FTTH 기술의 본격적인 보급이 가능하게 되었다. 이러한 PON방식을 근간으로 TDM (Time Division Multiplexing)과 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 방식을 각각 채용한 EPON, GPON, WDM-PON 등에 대한 개발과 상용화가 이루어져서, 현재 국내외적으로 EPON을 중심으로 GPON, WDM-PON 등의 다양한 방식의 FTTH 장비가 상용화가 이루어지고 보급이 되고 있다. 이와 같이 PON방식의 FTTH 장비들은 광으로 집까지 간다는 점에서, 거리의 제약 극복할 수 있는 기술이라는 장점을 가지고 있다[1].

본고에서는 이러한 FTTH 망구축의 활성화를 가능케 한 PON 기술의 주요 방식별 분석을 통해 FTTH 기술의 현주소를 살펴보고, IEEE와 ITU-T, TTA를 중심으로 국내외로 진행되고 있는 PON 기술 표준화 현황과 향후 적용될 기술 분석

을 통해 차세대 FTTH 기술의 발전 방향에 대해 전망해 본다.

II. FTTH 기술 개발 현황

FTTH 기술은 크게 전자 스위치를 사용해서 가입자를 집선하고, 분기하는 AON (Active Optical Network)방식으로 구현에 노력을 기울이다가, 설치와 운용의 기술적, 경제적인 어려움으로 인해 FTTC (FTT Curb) 방식으로만 구성되다가, PON 기술에 대한 연구가 이루어지고, 상용화와 함께 본격적인 개발과 보급이 이루어지기 시작하였다.

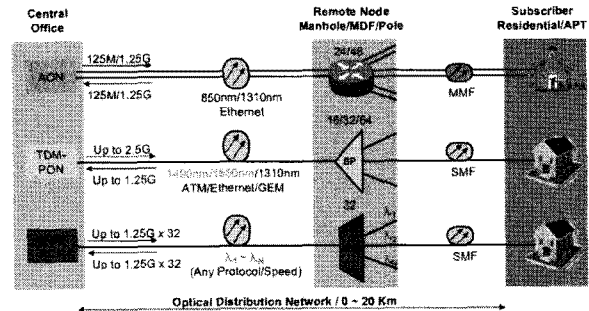


그림 1. 중요 기술 방식 별 FTTH 구현 형태

Fig. 1. Various deployment types for the FTTH

그림 1에서는 현재 사용되고 있는 중요 기술 방식 별 FTTH의 구현 형태를 보여주고 있다. 맨 위의 구조는 AON 구조로서 현재 가장 널리 보급이 되고 있는 광랜이라고 불리워지는 기술 방식이다. 그 다음은 TDM-PON으로 기가급 이상의 큰 대역폭을 가지는 신호를 여러 가입자가 시분할 방식으로 나눠 쓰는 방식의 기술이고, 마지막은 가장 진화된 형태의 현존 기술로써, 하나의 광섬유가 여러 파장을 통해 신호를 전송할 수 있다는 사실을 이용해, 가입자에게 각각의 파장을 할당해 주는 기술 방식이다. 아래에서는 위의 기술 방식별 FTTH 기술 발전에 대해 간략히 살펴보도록 하겠다.

* 책임저자 (Corresponding Author)

신병곤*: KT 수도권남부본부, 박재형, 김진희 :KT 인프라연구소
(sibng@kt.com, jhpark76@kt.co.kr, kimjh1@kt.co.kr)

A. Active Optical Network (AON)

점대점 광연결방식을 가지고 있고, 상하향 각각 2-fiber 구조, 저가로 구현 가능하다. 다만, 고장율이 높은 스위치 장치의 국사 외 설치 때문에 운용 및 유지관리 비용이 많이 필요하고, 전원이 필요한 스위치의 상면을 위한 설치 장소에 제약이 따른다는 단점이 있다.

B. Time Division Multiplexed Passive Optical Network (TDM-PON)

시분할 기법을 이용하여 가입자 ONU들이 RN과 OLT 사이의 광섬유를 공유하는 구조로써, ITU-T에서 표준화된 B-PON (broadband PON)과 G-PON (gigabit-capable PON), IEEE에서 표준화된 E-PON (Ethernet PON) 등이 현재 사용되고 있다.

• **BPON**

ITU-T를 중심으로 표준화된 기술로 155M/622M를 지원하는 초기 PON 기술 방식이다. 이 기술 방식은 주로 북미 쪽에 보급되어 있고, GPON의 발전의 모태가 된 기술이다. ITU-T G983.x에서 표준화가 되어 있다

• **EPON**

Ethernet 기반의 PON 기술로, 상하향 1.25Gb/s 전송속도 (1Gb/s throughput) 를 가지고, 최대 32분기의 가입자가 공유하는 구조이다. 신호 전송 방식은, 하향 신호의 관점에서 국사 측의 OLT에는 하나의 광 송수신기가 설치되어 각 가입자로 전달되는 트래픽을 브로드캐스트 (broadcast)하고, RN에는 단순히 광 파워를 분기하는 1xN 광 스플리터(splitter)가 사용되어 OLT에서 전송된 하향 광 신호를 N개의 가입자 선로로 분배해 주고, 가입자 측의 ONU에서는 OLT에서 내려온 하향 신호를 모두 수신한 다음, 자신에 할당된 프레임만을 선택적으로 가입자에게 전달하게 된다. 상향신호의 전송을 살펴보면 먼저 OLT와 ONU 간에 레인징 (ranging) 과정으로 클럭을 동기화한 후, 동적 대역폭 할당 (dynamic bandwidth allocation, DBA) 과정 등을 통해 ONU가 상향 데이터를 전송할 수 있는 시간 슬롯 (slot)을 OLT로부터 할당 받은 다음, 자신에게 할당된 시간 슬롯이 도래할 때만 상향 데이터를 전송하고 자신의 슬롯이 아닐 때는 광 송신기를 완전히 꺼서 타 가입자의 신호와의 간섭을 최소화하게 된다. 이 기술은 IEEE 주도로 2004년 IEEE802.3ah 문서에 표준화가 되어 있다[2].

• **GPON**

EPON과 유사하게 수동 광파워 분기소자를 가지고 있는 기술로, 전송 속도와 전송 형식에서 차이점을 지니고 있다. GEM (G-PON Encapsulation Method) 프레임을 기반으로 전송을 하며, Ethernet 보다 전송 효율이 우수하고, Ethernet 기반의 EPON과는 달리, TDM, ATM, Ethernet 신호 등도 모두 전송할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하향 2.5Gb/s, 상향 1.25Gb/s의 전송 속도를 가지고 있고, 최대 64분기의 가입자를 공유할 수 있는 구조로 되어 있다. 하지만, EPON에 비해 높은 광모듈의 요구 사양으로 광원 가격이 다소 높다는 단점도 가지고 있다. 이 기술은 ITU-T 주도로 표준화 작업이 이루어지고 있으며, ITU-T G984.x에서 그 표준화 결과가 계속 업데이트되고 있다[3].

C. Wavelength Division Multiplexed Passive Optical Network (WDM-PON)

WDM-PON은 기간망에서 안정성이 충분히 인정된 WDM 기술에 colorless의 저가 광소자 기술 개발을 통해 가입자단으로 WDM 기술을 확장한 기술로, 단일 광섬유로 상향, 하향 각각 다수의 파장을 사용하여 전송하므로, 파장 수만큼 전송 용량이 증가한다. 또한, 점 대 다점의 물리적인 연결 구조를 가지는 TDM-PON과 달리, ONU당 하나의 파장이 할당되어 물리적으로 분리가 되기 때문에, 점 대 점의 연결 구조로 보 안정성이 높은 장점을 가지고 있다. 2005년에 가입자당 파장 1개씩을 전용 할당해 주는 100Mb/s급 WDM-PON이 상용화가 되었고, 2007년에는 아파트 등의 밀집 지역을 주 타겟으로 FTTC 형태의 파장당 1Gb/s의 용량을 24가입자가 나눠서 사용하는 기가급 WDM-PON (GW-PON)이 상용화가 되었다. 이러한, WDM-PON이 상용화가 될 수 있었던 것은, 기존에 비싸고 가입자당 다른 광모듈을 공급해야 했던 WDM 광원에서 가입자별 구분이 필요 없이 자동으로 파장이 선택되는 colorless 광원 기술의 개발에서 비롯되었다[4]. 이러한 WDM-PON의 기술은 세계적으로 KT가 가장 앞선 기술을 보유하고 있고, KT 주도로 2005년에 100Mb/s급[5], 2008년에 1.25Gb/s 국내 표준화가 완료되었고, 국제 표준화는 FSAN을 중심으로 표준화 작업이 진행되고 있다.

III. 차세대 FTTH 표준화 동향 및 기술 발전 전망

차세대 액세스 기술은 국내의 적으로 활발히 연구 개발이 이루어지고 있다. 기존의 메트로-액세스 구분의 개념에서 탈피하여, 전송 속도를 증가시키고, 거리를 확장시키는 방향으로 기술 발전이 진행되고 있다. 이러한 차세대 액세스 망의 기술에 대한 개발 및 논의는 10G EPON을 중심으로 하는 IEEE 진영과, WDM-TDM의 하이브리드와 10G GPON 등을 고려하고 있는 FSAN의 두 진영에서 각각 표준화가 진행되고 있으며, 기술 개발도 이와 발맞추어 이루어져 가고 있다. 10G EPON의 경우 IEEE에서 물리 계층의 10Gb/s 10-12이하의 BER 구현을 목표로 하고 있으며, 하향은 10Gb/s, 상향은 1Gb/s와 10Gb/s의 dual rate를 목표로 표준화가 진행되고 있다. 거리는 10km, 20km, 30km에 대해서 규격을 제안하고 있다 [6].

Evolution scenario v2.4

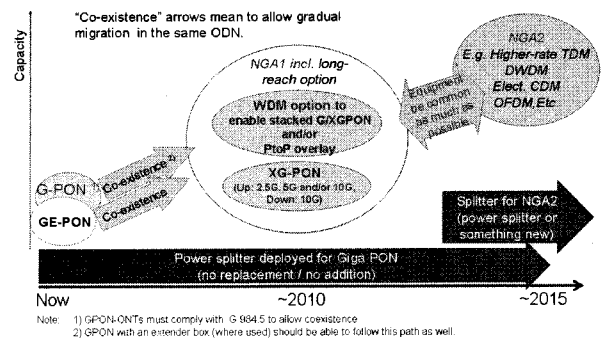


그림 2. FSAN의 NGA 로드맵
Fig. 2. NGA Roadmap of FSAN

FSAN 쪽은 발표된 위 로드맵처럼[7], GPON을 바탕으로, GPON과 공존할 수 있는 차세대액세스 기술의 방향으로 진행하고 있으며, 거리 측면에서는 IEEE 진영과는 달리 40~100km의 확장된 영역을 포함하는 기술 로드맵을 가지고 진행하고 있다.

이러한, 표준화 동향과, 국내의 기술 발전의 동향을 바탕으로 차세대 액세스망을 포괄하게 될 차세대 FTTH 기술의 로드맵을 다음 그림과 같이, 생각해볼 수 있다. 아래의 NGA에 대한 로드맵 그림과 같이, GE-PON, GPON, WDM-PON이 현재 시점에 상용화가 된 가운데, 차세대 진화 방향으로 기존 거리를 유지하면서 속도를 올리는 10G-EPON 기술과 WDM을 이용해 거리와 용량을 증가시키는 Extender 기술의 두가지 방향으로 기술이 진화되어가고 있다. 국내(KT)의 경우, 2012년까지 국사의 광케이블 커버리지 중심의 확장을 목표로 기술 적용을 검토하고 있으며, GE-PON과 아파트 등 밀집 지역에 경쟁력을 가지고 있는 GW-PON으로 공급이 될 것으로 예상된다.

또 하나의 기술 방향으로 WDM과 TDM을 결합해서 거리를 확장시키는 WDM-TDM Hybrid PON (Reach Extender) 기술의 발전도 진행되고 있다. 기존의 GPON과 GE-PON 등의 TDM-PON의 하향 광원을 CWDM이나 WDM-PON에 사용된 colorless DWDM 광원으로 교체하여, 광섬유 하나의 전송 용

량을 10G까지 업그레이드 하는 방안으로, 기존의 GPON과 GE-PON 등의 TDM-PON의 중간에 repeater를 두어서 전송거리와 수용 용량을 증가시키는 기술이다. 광-전-광 변환 extender와 광증폭기를 통한 extender 두 가지 방식이 현재 경쟁적으로 개발이 진행되고 있다. 광-전-광 방식이 가격이 저렴하고 기술적 완성도가 높아 우세하나, 광증폭기(SOA) 방식은 향후 TDM-PON의 업그레이드 시에도 모듈 교체없이 업그레이드 가능하다는 장점을 가지고 있다.

앞의 FTTH 발전 로드맵에서 볼 수 있는 것처럼, 전송거리 증가에 제공 만큼 시스템의 용량이 증가해서 발전해 온 것을 알 수 있다. 이는 시스템의 커버리지가 증가할수록 수용해야 하는 가입자는 거리의 제곱인 면적에 비례해서 증가해야 하기 때문이다.

위와 같은 기술들의 발전과 국내의 상황을 종합해보면, 초고속인터넷 품질 개선 및 IPTV의 보급과 함께, FTTH 기술의 국내(KT) 보급은 지역노드의 시설 집중화와 대용량화를 기초로 2012년 정도까지 기존 PSTN 망 중심의 구조를 FTTH 기술의 커버리지 중심의 20km 커버리지로 확장이 예상된다. 이는 기존에 포설된 TDM-PON 및 WDM-PON의 서비스 제공 거리가 20km 정도에 제한되어 있는 점과 이미 포설된 시스템들을 기초로 운용의 효율화를 꾀한다는 측면에서 단기적인 최적화 방안이라 할 수 있다. 또한, 이미 시범 적용으로

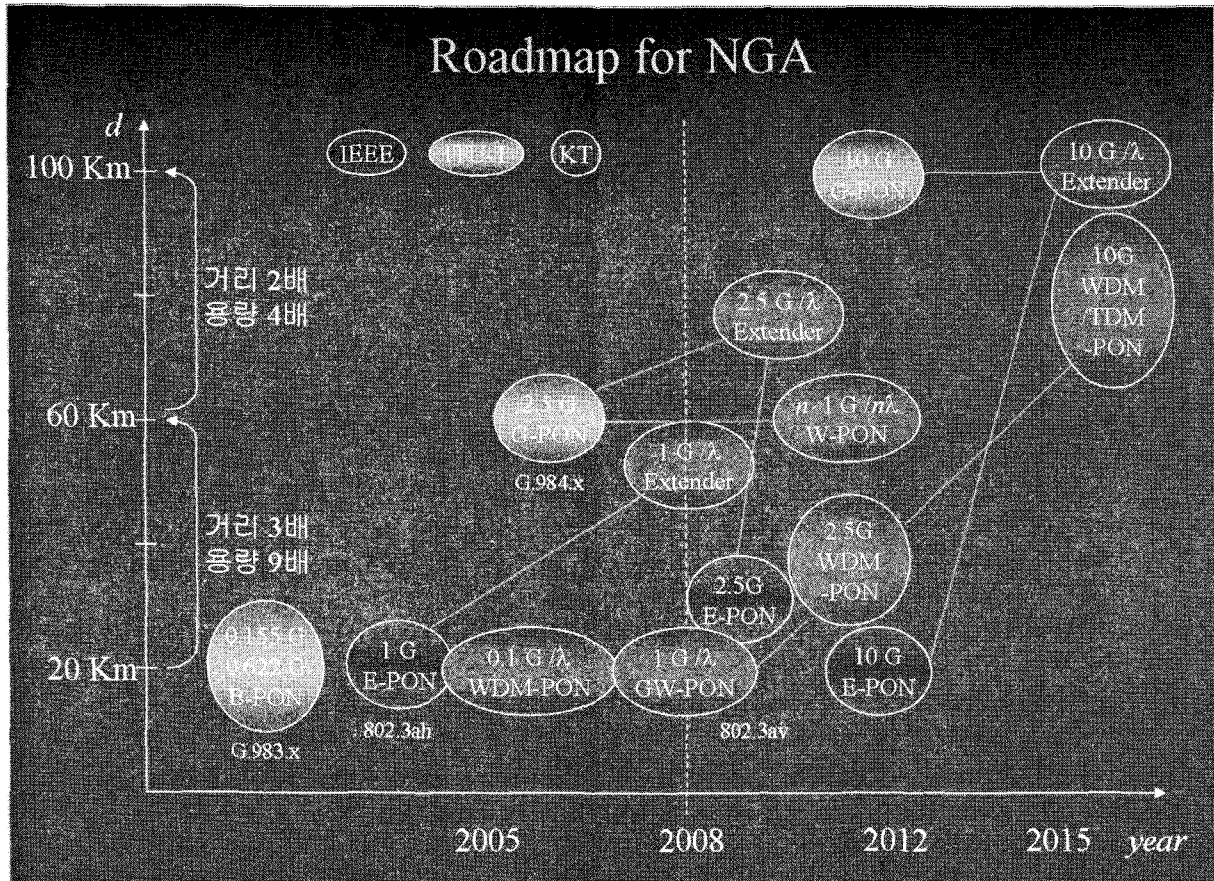


그림. 3. 차세대 FTTH 기술 (Next Generation Access) 발전 로드맵
Fig. 3. Roadmap of next generation FTTH technology

검증이 된 밀집 아파트 지역에 GW-PON과 GE-PON의 추가 공급이 예상되고, 일반 주택지역의 GE-PON 중심의 FTTH 보급이 계속 진행될 것으로 전망한다. 또한, 현재 시범적용을 계획하고 있는 광-전-광 변환 reach extender를 이용한 무인 국사의 전진배치 시설 제거 및 전송거리 확장이 2012년 정도까지 계속 진행될 것으로 생각한다. 그리고, 기존에 포설된 망의 점진적인 업그레이드 측면에서 볼 때, Reach extender를 이용한 광역국 중심의 장비 운용 집중화 및 요구 대역폭 증가에 맞춰 2012년 이후 2015년 정도까지 50km 중심으로 국사의 커버리지를 확장하고, 2.5G 32ch. 의 총용량 80G급으로의 대단지 아파트 중심으로 WDM-PON 보급이 필요할 것으로 전망된다. 또한, 10G TDM PON의 보급에 따라, 10G WDM/TDM hybrid 망의 보급도 늘어날 것으로 전망된다.

VI. 결론

본 논문에서는 기술 방식 별 FTTH의 발전 동향에 대해 살펴보고, 현재 진행되고 있는 차세대 액세스 네트워크를 위한 국내외 표준화 동향에 대해 살펴보았다. 또한, 이러한 동향을 바탕으로 앞으로 진행될 FTTH의 기술 발전 방향에 대해서 전망하였다. FTTH 기술의 진화와 발전 방향은 가입자 대역폭 제공의 유연성, 망구축 비용 그리고 망의 확장성에 따라 기술의 선택이 이루어질 것이다.

참고문헌

- [1] 김근영, 김진희, “FTTH 전개 현황과 GW-PON 기술개발 동향,” *KT Research* 제1호, 2007.7
- [2] IEEE P802.3av Task Force Objectives, http://www.ieee802.org/3/av/tfdocs/10geponobjectives_0706.pdf
- [3] ITU-T 권고 G984.1, “Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics”
- [4] 윤호성, 박태상, 박근열, 김진희, “기가급 WDM-PON을 위한 광 기술 분석,” 2006 한국정보통신설비학회 하계 학술대회논문집, pp 11-15, August, 2006
- [5] TTA 정보통신단체표준 TTAS.KO-03.0019, “과장 분할 다중 방식의 수동형 광가입자망 (Passive Optical Network System Based on Wavelength Division Multiplexing Method)”
- [6] 윤호성, 강대경, 박형진, 김진희, “FTTH 기술 표준화 동향,” *KT Research* 표준화 동향 제1호, 2007.7
- [7] Russel Davey and Jun-ichi Kani, “Next-generation Optical Access Networks: Summary and Next Steps,” FSAN Operators Meeting, June 2007
- [8] 박재형, 김근영, 박근열, 김진희, “차세대 액세스 네트워크 진화 방향,” 2007 한국정보통신설비학회 하계 학술대회논문집, pp. 117-120, August, 2007