

Hybrid-FTTH 기술개발 동향 및 사업전망

Hybrid-FTTH technology development status and its business prospects

박형진*, 윤호성, 김진희
(Hyung Jin Park*, Ho Seong Yoon, Jin Hee Kim)

Abstract : FTTH service has been deployed since last year in the single dwelling unit environment. FTTH based on PON technology has many advantages in OPEX compared to FTTC solutions using the BBx. But this is not the case for the MDU environment where new wiring of the fiber cable in the customer premises network costs a lot of money.

The purpose of Hybrid-FTTH is to overcome this problem by preserving the wiring environment of the customer premises environment in MDU but still guarantee the quality of service provided by FTTH. In this thesis, we present Hybrid-FTTH technology, especially focused on the DWDM-PON based Hybrid-FTTH technology and its development status

Keywords: FTTH, Hybrid-FTTH, DWDM-PON

I. 서론

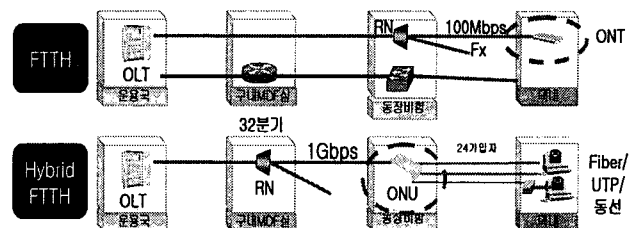
FTTH 망구축을 통해 얻을 수 있는 효과는, 안정된 네트워크 인프라를 통한 OPEX의 절감, 광 기반의 인프라 구축을 통한 전송 품질의 개선 그리고 부가 서비스 수용에 따른 ARPU의 증가 등이 된다. 이런 관점에서 PON 기술은 FTTH 전송기술 중 가장 유력한 기술이다. 이 기술은 수동 광 분기 결합기를 이용하여 단일 광섬선을 다수의 가입자가 공유하는 점대다점 구성 기술이다. FTTH 망 구성 방식은 가입자 덕내에서 광을 중단하는 방식과, 가입자 환경에서 광을 중단하고 다수의 가입자가 광 중단 이후 제공 대역을 공유하는 방식으로 구분할 수 있다.

작년부터 FTTH 상용 서비스는 일반주택에 적용되어 왔다. 이는 외부 환경에 BBx형태의 전진배치물을 추가 배치하는 대신 기 구축된 시설물을 활용하고, 상면 확보와 전원 공급이 필요하지 않게 함으로써 운용 유지보수 측면에서 이득을 얻을 수 있기 때문이다. 그러나 아파트 환경은 전송 장비 배치를 위한 상면과 전원 공급이 일반주택에 비해 수월한 환경이다. 또한 아파트 구내 배선을 활용해야만 투자비 측면에서 경제적인 망 구축이 가능한 특징을 갖는다. 그러므로 아파트 환경이 갖는 이러한 특징들을 활용한 효율적인 전송기술이 FTTH 서비스에서도 고려될 수 있다.

II. Hybrid-FTTH 기술

Hybrid-FTTH는 구내배선을 준용하여 FTTH 서비스급의 대역폭과 품질을 보장하는 전송기술이다.

Hybrid-FTTH의 특징은 덕내 배선을 준용하도록 가입자 접속 기능을 제공한다는 점이다. 즉, 광인입을 위해 추가 공사를 할 경우 막대한 투자비에 대한 부담을 피하면서 동시에 안정적인 네트워크 성능을 보장하는 기술인 것이다. 구내 접속 환경이 UTP 배선일 경우, 100B-Tx 접속을 제공하고, TP 배선 환경에 대해서는 VDSL 접속 기능을 제공할 수 있다. 이와 같이 구내 배선 환경을 준용되되, 가입자에게 최대한 근접한 위치까지 광으로 고속의 대역폭을 보장하도록 하는 복합적



인 구조를 나타내고 있다. 광 분기기인 RN은 구내 MDF실에 배치되어 star 배선으로 단지내의 동단자함에 분배될 수 있다.

그림 1. FTTH 및 Hybrid-FTTH 비교.

Fig 1. Comparison between FTTH and Hybrid-FTTH

Hybrid-FTTH 기술특징은 다음과 같다. (가입자 보장 대역폭은 ONU 가입자 접속을 100B-Tx 24 ports로 구성하고 ONU 당 상향 제공 대역폭이 100Mbps 이상일 경우를 가정했다.)

표 1. Hybrid-FTTH 기술특징

Table 1. Technical aspects of Hybrid-FTTH

구성 기술	Topology	가입자 보장대역폭	접속방법
AON	집선-L3-FES	4Mbps	100/1000B-Tx/Fx VDSL
E-PON	OLT-RN-ONU	4Mbps	
WDM-PON	OLT-RN-ONU	41Mbps	

Hybrid-FTTH 기술은 광전송 구간에 적용되는 광전송 방식에 따라 다양한 기술방식으로 구분된다. AON 방식은 100/1000B-LX/SX 방식으로 전송하는 기술이며, 100Mbps 또

는 1Gbps로 중단되는 광 링크를 가입자 접속인 터페이스에 따라 다수의 가입자들이 공유하는 구성방식이다. 인터넷 스 위치가 광 분기기의 기능을 수행하고 있으며, 전송대역폭을 확장하기 위해 간선 광 링크를 증설해야 한다. E-PON 방식은 하향으로는 모든 ONU에 broadcast하고 상향으로는 시분할 전송제어를 통해 양방향 전송이 이뤄진다. 전송대역폭이 연결 링크 대역폭으로 고정된 AON에 비해 E-PON방식은 점대 다점 전송방식의 특성에 따라 가용 대역폭이 연결 가입자수에 비례하는 특징이 있다. 특정 가입자의 대역 독점을 방지하기 위해 가입자간 공정한 대역할당제어 및 보장 기능을 제공한다. 전송대역폭을 확장하기 위해선 연결 ONU수를 줄이거나 PON 링크를 증설함으로써 가능하다. WDM-PON 방식은 연결 ONU를 고유의 파장으로 연결하는 점대점 전송 방식이다. 전송 파장은 1Gbps의 전송대역폭을 보장하고 있어서 전송대역제어가 필요없다. 전송대역폭을 확장하기 위해선 ONU에 파장을 추가함으로써 가능하다. 기술 방식들이 전송 물리계층에서 상이한 기술을 사용하는 것에 반해, layer2 이상의 기능 및 성능은 동일한 서비스 망을 공유한다는 점을 놓고 볼 때 대동소이하다. TPS가 IP기반으로 제공되기 위해선 동일한 QoS 및 프로토콜 처리기능이 요구된다. 또한 Hybrid-FTTH는 ONU를 통해 다수의 가입자가 연결되므로 가입자간 보안이 요구된다. 표2.는 이러한 특징들을 요약하고 있다.

표 2. Hybrid-FTTH 요구사항

Table 2. Technical requirements of Hybrid-FTTH

구분	요구사항
물리계층	TDMA 방식 : 대역 제어 및 시간 슬롯 할당을 통한 대역보장 WDM 방식 : 파장 할당을 통한 대역보장 이중화 방안
L2/L3	Classification(L1~L4), marking(1p, DSCP, TOS), priority queuing(4queues) Multicast protocols(IGMP, PIM-SM) Packet filtering, security
운영관리	SNMP, 원격시설 장애감시

AON 방식의 경우 각 전송 노드마다 중앙 운영관리망으로부터 원격 운영관리 가능하여야 한다. 반면에 PON기반의 기술방식은 OLT를 통해 각 ONU가 운영관리 가능한 특징이 있다. 중앙 운영관리망에서는 OLT를 원격 접속해서 ONU까지 운영관리 가능하도록 기능을 제공하도록 한다.

장기적인 관점에서 중요한 고려사항은 대역의 확장성이다. Hybrid-FTTH 망이 장기적인 관점에서 향후 전개될 TPS 환경을 안정적으로 지원할 수 있는지 여부를 좌우할 수 있기 때문이다. 이러한 관점에서 앞에서 기술한 기술방식별 대역확장 방안을 표3.에서 요약하고 있다.

Hybrid-FTTH는 FTTH기반의 TPS 제공을 목적으로 한다. 그러나 TPS 제공을 위한 네트워크 기능 및 성능에 대한 기준 제정이 부족한 상황이다. 서비스 제공 품질수준은 기술의 경제성과 밀접한 연관을 맺기 때문에 장기적 관점에서 기술

의 확장성과 경제성을 살릴 수 있는 기술방식에 대한 도입을 고려해야 할 것으로 보인다.

표 3. Hybrid-FTTH 기술방식별 대역확장 방안

Table 1. Improving the bandwidth of Hybrid-FTTH

구성기술	대역확장 방안
AON	상향 광 접속포트 증설(간선 광추가)
E-PON	PON 증설(간선 광 추가)
WDM-PON	파장 추가(분배 광 추가)

본 논문에서는 Hybrid-FTTH 기술 방식 중 향후 TPS 제공 시 대역확장이 가장 용이한 것으로 판단되는 WDM-PON 기술방식에 대해 좀 더 구체적으로 기술분석을 수행한다

III. DWDM-PON 기반의 Hybrid-FTTH 개발동향

DWDM-PON 기술은 파장당 1Gbps의 대역폭을 제공하며, 현재 상용화 중인 기술은 PON당 16파장을 제공하고 있다. 외부 광원 주입 잠금식 변조 방식을 사용하거나 tunable 광원을 이용하여 각 가입자 고유 파장을 생성 변조하는 기술을 사용함으로써, ONU 내장 광 소자는 특정파장과 무관한 colorless 특징을 갖는다. 각 ONU는 하나의 파장을 통해 OLT와 연동됨으로써 1Gbps 대역을 다수 가입자간 공유할 수 있는 수단을 제공한다. 이때 ONU는 가입자 접속 환경에 따라 100B-Tx/Fx 혹은 DSLAM 기능을 수용할 수 있다.

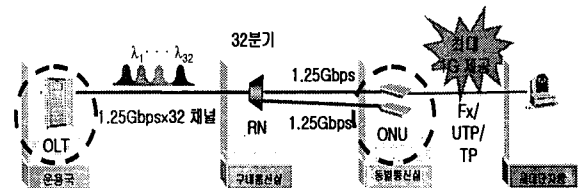


그림 2. DWDM-PON 기반의 Hybrid-FTTH 망구성도

Fig 2. Hybrid-FTTH network based on DWDM-PON

DWDM-PON을 Hybrid-FTTH 솔루션으로 활용할 경우, 다음과 같은 장점이 있다. DWDM-PON 기술은 현존하는 전송 기술 중 단일 광 심선으로 가장 많은 대역폭을 제공한다. 이 점은 향후 TPS 도입에 따른 트래픽의 증가분을 충분히 수용하고, 필요시 지속적인 성능의 확장을 통해 제공 파장 수를 증가시킬 수 있다. 또한 PON 구간에서는 파장별 전용 대역폭이 항상 보장되어서 대역 제어 기능을 포함한 고유의 MAC 기능이 필요하지 않고, 수동소자를 이용한 광 분기 특성은 원격 운영관리에 대한 부담을 감소시킬 것으로 예상된다. 그리고 모든 ONU가 동일한 광 소자를 사용하기 때문에 유지보수의 편리성과 inventory 비용을 제거해 줄 것으

로 본다. 또한 대부분의 핵심 기술이 광 소자에 집중되어 있는 기술적 특징으로 인해 국내 광 산업을 활성화시킬 수 있는 산업육성의 효과도 기대할 수 있다.

DWDM-PON 기반의 Hybrid-FTTH망은 아파트 구내 환경에 따라 다양하게 구성된다. 국사측에 OLT가 배치되고 구내 통신실에는 RN이 배치된다. 구내 환경에 따라 ONU의 형상 및 위치는 가변적이다. 동단자함이 구비된 환경일 경우 ONU는 동단자함에 배치되어 100B-Tx(ONU-T) 혹은 Fx(ONU-F) 접속을 고려할 수 있다. 기 상용화된 이더넷 스위치(FES)를 이용하여 가입자 접속할 경우, 광 종단기(ONT)를 FES에 연결할 수 있다. 동단자함을 구비하지 않은 구내환경일 경우, DSLAM 내장형 ONU(ONU-V)를 구내통신실에 배치함으로써 가입자 접속이 이뤄진다. 하지만 기 상용화된 DSLAM을 활용하고자 할 경우, 광 종단기(ONT)와 DSLAM을 연결함으로써 구내망을 구축한다.

아래 그림은 가입자 구내 환경에 따른 ONU의 다양한 형상에 대해 정리하고 있다.

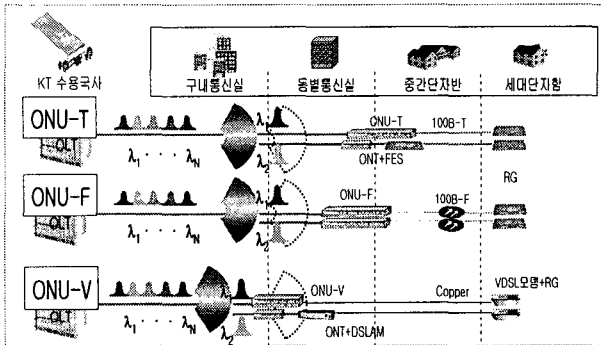


그림 3. 구내환경별 ONU 위치 및 접속기능

Fig 3. Specification of ONU depending on the customer premise environment

DWDM-PON 기반의 Hybrid-FTTH 기술방식은 보조광원 주입여부와 LD 종류에 따라 다양하게 분류된다. DWDM-PON기반의 기술방식에 대해 아직 표준화가 진행되지 않은 상태이어서 향후 어떤 기술이 주 방식으로 자리를 잡을지 지켜보아야 한다. 현재 상용화 추진 중인 DWDM-PON 기술 현황은 아래와 같다.

표 3. DWDM-PON 기술방식

Table 3. Technologies of the DWDM-PON

세부방식	기술특징	개발현황
FP-LD 기반	고출력 BLS 를 여러 가입자가 공유	Novera Optics(주)/KT
R-SOA 기반	보조광원없이 하향광원을 재변조 사용	ETRI
Tunable 기반	외부보조 광원없이 광원 자체적으로 파장가변	ETRI

위 기술들의 공통적인 특징은 ONU 내장 광소자가 모두 파장 무의존성이라는 점과, 파장당 1Gbps 이상의 물리적 전송 속도를 지원한다는 점이다. 현재 상용화 중인 기술은 PON당 16파장을 제공하고 있으며, 향후 32파장 이상으로 확장이 가능하다.

위 열거된 기술들이 상용화되고 사업 적용가능한 기술로 검증받기 위해서 KT는 개발 협력사들 및 시스템 개발 협력사들과 개발 MOU를 맺고 개발협의회를 구성하였다. 현재는 이 개발협의체를 통해서 DWDM-PON기반의 Hybrid-FTTH에 대한 개발요구서가 제정된 상태이며, 상용제품이 곧 출시될 예정이다.

IV. 이슈사항 및 사업전망

DWDM-PON 기반의 Hybrid-FTTH 이 상용화되기 위해 고려해야 할 몇가지 이슈사항들이 있다.

DWDM-PON 기술방식은 높은 대역폭을 보장하는 장점이 있는 동시에 파장당 양방향 광 트랜시버가 필요하기 때문에 광 소자에 대한 경제성 확보가 필수적이다. 이를 위해 광 소자의 양산성을 높이고 생산 루트를 다양화 시켜야 한다. 광 기능부의 모듈화는 이러한 효과를 가져다 줄 수 있는 기술적 기반으로 고려되고 있으며, 이때 광 모듈의 인터페이스는 기존 국제표준화된 범용 인터페이스부를 채용하도록 구현해야 한다. 그러므로 광기능부의 직접화 및 소형화 그리고 저전력화가 요구된다.

Hybrid-FTTH 는 다수의 가입자가 ONU 를 공유하기 때문에 TPS 제공 환경으로 발전할 경우 전송 링크에 대한 신뢰성이 더욱 중요할 것으로 예상된다. 따라서, PON 구간에서는 이중화를 고려한 RN 의 규격 및 시스템 설계가 고려되어야 한다. 그러나 이중화 기능을 구현할 경우, 장비의 복잡도가 높아지며 비용이 상승하게 된다. 그러므로 경제적인 이중화 기술 개발이 요구된다.

DWDM-PON 관점에서 볼 때, FTTH 를 통해 단일 간선 광에 연결되는 가입자 수용 규모 대비 24 배 이상 증가할 것으로 보인다. 이러한 점을 놓고 볼때, 국사 운용 OLT 의 가입자 회선수를 증설할 것인지, OLT 수용 회선수를 기존 동일 계위 노드의 수용량으로 맞추는 것인지에 대한 방향설정에 따라 시스템의 성능, 특히 OLT 의 스위치 용량이 좌우된다. 특히 OLT 수용 회선수를 증가시킬 경우, 고속 스위칭 기능이 요구되며, OLT 가 대규모 회선을 안정적으로 지원할 수 있는 고속 스위칭 장비의 개념으로 발전해야 한다. 이러한 사항들은 향후 망의 통합화 및 광역화를 추진하기 위해 고려되어야 할 것으로 사료된다.

마지막으로 Hybrid-FTTH 를 통해 TPS 품질을 보장하기 위해선 서비스 단말까지의 네트워크 QoS 능력이 일관성을 갖춰야 한다. 그러나 ONU 를 통해 가입자 환경에서 접속될 수 있는 상황을 네트워크 운용자 입장에서 제어할 방안은 제한적이다. 인증 및 QoS 를 지원

하는 Residential Gateway 설치에 대해 권고할 수 있으나, 강제할 수 없다는 점과, RG 접속에 따르는 부가적인 운용 부담을 기술적으로 또한 경제적으로 극복해야 하는 과제를 안고 있다. 그러므로 향후 Hybrid-FTTH 개발 범위안에 RG 기능을 수행하는 단말을 포함할 것인지 아니면 인증 및 QoS 적합성을 살릴 수 있도록 연동 단말의 기술 규격을 부가적으로 제정할 것인지를 결정해야 할 것으로 보인다.

DWDM-PON 기반의 Hybrid-FTTH의 상용화 시점은 올해 하반기로 예상되며, 신규 및 기존 아파트에 대해 적용이 가능할 것으로 보인다.

V. 결론

Hybrid-FTTH는 아파트에서 구내배선을 재활용하거나 투자비를 최소화한 리모델링 구내배선 인프라 접속 환경에 알맞도록 가입자 접속 기능을 제공하는 FTTH 전송 기술이다. 기술적으로 보면 AON과 PON 모두 제공 가능한 기술이 되지만, 장기적인 관점에서 향후 예상되는 서비스를 충분히 수용하기 위한 능력을 갖춘 기술로 DWDM-PON기반의 Hybrid-FTTH 기술이 유력하다고 본다. 현재는 개발협의회 구성을 통해 다양한 광원기술방식을 고려한 개발이 추진되고 있다.

Hybrid-FTTH의 안정적 시장진입 및 기술정착을 위해, 시장논리에 따른 기술성과 경제성을 겸비한 기술방식의 확보와 보다 근본적으로는 광 소자 산업의 활성화 및 TPS 도입의 활성화가 필요할 것으로 사료된다.

박 형 진

1990년 연세대학교 전자공학과(공학사).
1992년 연세대학교 전자공학과(공학석사).
1992~2002년 LG 전자 전송연구소 근무
2002~현재 KT 인프라연구소 FTTH개발담당 근무.
관심분야는 광가입자망 전송기술, PON 기술

윤 호 성

1998년 서울대학교 전기공학과(공학사).
2000년 서울대학교 전기공학과(공학석사)
2006년 서울대학교 전기공학과(공학박사)
2006년~현재 KT인프라연구소
관심분야는 광가입자망, 광전송, 광계측

김 진 희

1987년 경북대학교 전자공학과(공학사)
1991년 경북대학교 전자공학과(공학석사)
1991년 ~현재 KT 인프라연구소 FTTH개발 2부장
관심분야는 광가입자망 전송기술, PON 기술