

CATV Overlay 를 위한 EPON 망 구조에 대한 분석

이상연, 김용태, 이재정, 이형섭
한국전자통신연구원 네트워크연구소 액세스 H/W 팀

Analyzing the Architecture of EPON Network for CATV Overlay

Sang Yeoun Lee, Yong Tae Kim, Jae Jung Lee, Heyung Sub Lee
Access H/W Team, Electronics and Telecommunications Research Institute
E-mail: lsyeoun@etri.re.kr

Abstract

PON (Passive Optical Network) is an emerging local subscriber access architecture that provides more bandwidth and services to subscriber than DSL (Digital Subscriber Line) and HFC (Hybrid-Fiber Coaxial) network. A PON is a point-to-multipoint optical network with no active elements in the signals' path from source to destination. Advantages of using PON for a subscriber access network include large coverage area, reduced fiber deployment, multicast and broadcast capabilities, reduced cost of maintenance (due to devices being passive), and ease of upgrades to higher bit rate or additional wavelengths. PON uses WDM (Wavelength Division Multiplexing) technique that transmits the downstream and upstream data at each different wavelength. For transmitting the CATV (Community Antenna television) service through PON network, we give out additional wavelength. This study shows the available TPS (Triple Play Service) architecture using CATV overlay EPON (Ethernet PON) architecture and analyzes the effects of EPON-based CATV transmission by measuring the power loss for each wavelength and the power range of the available analog wavelength and RF.

I. 서론

현재 통신과 방송을 융합 서비스하기 위한 가입자 접속 망으로 DSL 과 HFC 망이 가장 큰 관심을 얻고 있다. 그러나, 통신과 방송이 융합되는 경우에 DSL 과 HFC 망은 가입자에게 제공할 수 있는 대역폭이 제한적인 문제 때문에 가입자 망의 폭발적인 트래픽 증가를 대처할 수 있는 능력이 부족하다. 이러한 단점을 극복하고 낮은 비용으로 가입자에게 보다 많은 대역폭과 다양한 서비스를 제공하기 위한 미래의 가입자 접속 망으로 점 대 다중점 구조를 갖는 PON 의 구조가 크게 대두되고 있다[1].

PON 망은 FTTH(Fiber To The Home) 또는 FTTC(fiber To The Curb)등의 가입자 접속 노드와 망 단 말기 사이에 수동 분배기 또는 파장 분할 다중화 소자를 사용하는 구조로 버스나 트리 형태로 망이 구성되며 낮은 비용으로 데이터, 영상(방송) 및 전화 서비스를 가입자에게 제공하기 위한 방안으로 제안되었다. 일반적인 PON 망은 APON(ATM PON), EPON 과 GEPON(Gigabit Ethernet PON)의 형태로 이미 이 기술 분야에서 잘 알려져 있다[1, 2].

광 매체를 이용한 PON 구조는 상, 하향 데이터 전송을 위하여 상, 하향의 파장을 분리하여 사용하는 파장 분할 방식을 채택하고 있으며 이러한 PON 구조에 방송 서비스를 제공하기 위하여 두가지 방안이 제시되고 있다. 첫번째 방안으로는 상, 하향 데이터 파장이외에 별도의 파장을 추가하여 가입자에게 방송 서비스를 전송하는 방식으로 데이터와 방송 서비스를 분리하여 가입자에게 전송한다. 이 방식은 방송 서비스면에서 기존 HFC 와 동일하기 때문에 HFC 망을 그대로 이용할 수 있고 기존의 셋탑 박스를 사용한다는 점에서 가입자에게 친숙한 이점이 있다. 두 번째 방안으로는 방송 서비스를 하향 데이터(IP-Video)와 같이 가입자에게 전송하는 방식으로 망내에서는 데이터와 방송 서비스를 구별하지 않고 단지 QoS(Quality of Service)에 따라서 모든 패킷을 처리한다[3]. 본 논문에서는 위의 두 가지 방안 중에 첫 번째 방안인 CATV Overlay 을 EPON 망에 적용하는 구성 방안을 제시하였으며, 제안 구축된 CATV Overlay EPON 망에서 기존 EPON 신호에 대한 영향과 방송서비스를 위하여 추가되어야 하는 요소 및 각 요소

에 따른 신호별 특성을 측정하였다. 본문의 순서로 2 절에서는 기존 EPON 망의 구성을 서술하였으며 3 절에서는 CATV Overlay 를 적용한 EPON 망의 구성을 서술하였다. 4 절에서는 CATV Overlay EPON 망을 구성하는 각 소자에서 파장별 신호의 파워 범위를 측정하여 CATV Overlay 구조로 인한 기존 EPON 망의 영향과 CATV 방송 서비스를 제공하기 위한 광 신호와 RF 의 파워 범위를 측정하였으며 5 절에서는 그 결론을 서술하였다.

II. EPON 망의 구성

EPON 은 점 대 다중점 구조로 소스와 목적지사이의 데이터 경로에 능동 소자가 없는 수동 소자만으로 이루어져 있으며 광의 송, 수신기와 광 섬유의 배치가 다른 구조에 비해 최소한으로 유지할 수 있는 이점이 있다. EPON 에서 이루어지는 모든 데이터 전송은 OLT(Optical Line Terminal)와 ONU(Optical Network Unit) 또는 ONT(Optical Network Terminator)사이에서 이루어진다. OLT 는 본배 센터에 위치해 있으며 광 접속 망과 메트로 백본 망 사이를 연결하는 기능을 제공한다. ONU 는 가입자 근처에 위치하여 방송, 음성 및 데이터 서비스를 가입자에게 제공한다. 하향 방향(OLT 에서 ONU 로)에서 EPON 은 점 대 다중점 망이고 상향 방향(ONU 에서 OLT 방향)으로는 다중점 대 점 망 구조를 갖는다[1, 2].

상, 하향 데이터 전송을 위하여 상, 하향 별도의 파장을 사용하며 가입자 접속 망으로써 EPON 의 장점 은 다음과 같다.

- OLT 와 ONU 간의 거리가 20Km 까지 긴 거리를 유지한다.
- EPON 의 트리 구조로 인하여 광 섬유 배치를 최소한으로 유지한다.
- 가입자에게 높은 대역폭을 제공한다.
- 하향 방향이 브로드캐스트로 동작하므로 IP 비디오 또는 다른 파장을 이용한 아날로그 비디오를 가입자에게 제공하는 것이 용이하다.
- EPON 망에서 능동 소자대신에 수동 소자를 사용함으로써 망 내에서 사용되는 소자들의 전원 공급 문제가 없다.
- 가입자에게 높은 대역폭을 제공하기 위한 업그레이드나 부가적인 파장의 추가가 용이하다.

III. CATV Overlay EPON 망의 구성

CATV Overlay EPON 망은 기존 EPON 망의 이점을 최대한 활용하면서 별도의 파장을 사용하여 기존의 CATV 방송 서비스를 가입자에게 전달하는 방안이다. 기존 EPON 망에 아날로그 RF 광 신호를 처리하기 위해서는 기존에 EPON 망에서 데이터 통신을 위해 사용 하던 상, 하향 두 파장의 수동 소자가 3 파장 광 소자들로 변경되어야 하며 이와 관련한 CATV Overlay 을 위한 EPON 망의 세부 구성도는 그림 1 과 같다. 기존 EPON 상, 하향 데이터 파장 이외에 아날로그 파장을 수용하기 위해서 OLT 와 ONU 에 각각의 CATV 모듈을 추가하여 3 개의 파장을 다중화 및 역 다중화 기능을 수행한다. OLT CATV 에 들어가는 소자들로는 전/광 변환기, 광 증폭기, 1*16 splitter 및 OLT 의 각 EPON 포트마다 3 파장 WDM 커플러가 필요하다. 3 파장 WDM 커플러의 기능은 EPON 상, 하향 데이터 파장과 CATV 방송 파장을 다중화 및 역 다중화하여 하향으로는 데이터와 CATV 방송을 전송하고 상향으로는 상향 데이터를 OLT 에게로 전송한다. CATV 방송을 지원하기 위해서 최종단인 ONT 및 ONU 에 추가되는 소자로는 3 파장 WDM 커플러와 광/전 변환기가 필요하다. 여기서의 3 파장 WDM 커플러의 기능은 CATV 방송 파장을 필터링하여 광/전 변환기로 전달하고 EPON 데이터 파장은 ONU 나 ONT 로 전달한다. 또한, 1*16 EPON splitter 도 3 개의 파장을 처리할 수 있는 기능이 제공되어야 한다.

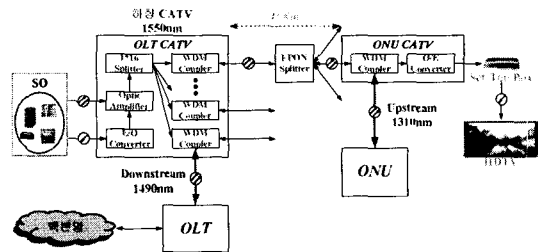


그림 1. CATV Overlay 의 EPON 망의 구조

III. EPON 망에서 각 신호별 분석

본 절에서는 그림 1 과 같은 망을 구현하여 각 소자에 따른 신호별 특성을 측정하여 CATV Overlay 로 인한 기존 EPON 망의 영향과 CATV Overlay EPON 망에서 적용이 가능한 아날로그 CATV 광 파장과 RF 의 파워

범위를 나타내었다. CATV Overlay의 EPON 망에서 사용되는 파장은 다음과 같다.

- 1490nm: 하향 데이터
- 1310nm: 상향 데이터
- 1550nm: 하향 CATV

CATV Overlay의 EPON 망에서 상, 하향 데이터 통신을 위해 사용되는 두 개의 파장(1490nm, 1310nm)은 기존 EPON 망의 구성과 비교해서 OLT CATV와 ONU CATV의 WDM 커플러를 추가적으로 통과하여야 하므로 WDM 커플러의 삽입 손실에 영향을 받게 된다. 스펙상에서 WDM 커플러의 삽입 손실은 0.7dB이며 이러한 상, 하향 데이터 파장들은 두 번의 WDM 커플러를 통과하므로 기존 EPON 망의 구조에 비해 1.4dB 정도의 추가적인 삽입 손실이 발생한다. 실제 데이터 파장의 WDM 커플러에 대한 삽입 손실치는 소자별로 약간의 성능 차이가 있지만 평균적으로 0.6 ~ 1.4dB 정도로 측정되어 CATV Overlay의 EPON 망 구조가 EPON 데이터 통신에 큰 영향을 주지 않음을 나타내고 있다.

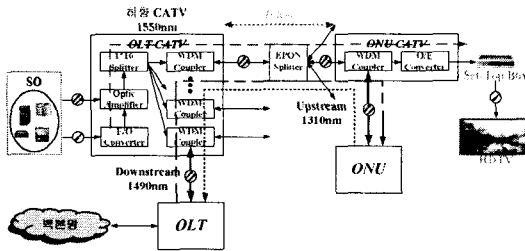


그림 2. CATV Overlay EPON 망에서 각 파장별 경로

그림 2는 CATV Overlay EPON 망에서 각 파장이 EPON 망을 통과하는 경로를 나타낸 것이다. OLT에서 전송되는 하향 데이터 파장(1490nm)은 OLT CATV 내의 WDM 커플러에서 CATV 파장과 다중화되어 EPON 망으로 전송된다. 하향 데이터 파장은 10Km의 광 섬유를 통과한 이후에 EPON Splitter에서 분기되어 각 ONU CATV로 전송되면 ONU CATV의 WDM 커플러에서 하향 데이터 파장이 필터링되어 ONU로 전송된다.

표 1. 하향 1490nm 파장 측정치 (중심 파장: 1480nm)

	OLT CATV			ONU CATV		전체 손실
	입력	WDM Coupler	10Km	EPON Splitter	출력	
측정 (dBm)	1.2	1.1	-2.2	-14.3	-14.8	14.8
손실 (dB)		-0.1	-3.3	-12.1	-0.5	-16

표 1은 하향 데이터 파장이 EPON 망을 구성하는 각 소자에서 경험하는 삽입 손실을 측정하기 위해서 각 소자별로 실제 광 파워를 측정된 것이다. CATV Overlay의 EPON 망에서 하향 데이터 파장의 전체 삽입 손실이 -16dB 정도로 발생함을 나타내고 있다.

상향 데이터 파장(1310nm)은 그림 2에서처럼 하향 데이터 경로에 역순으로 EPON 망의 소자들을 통과한다. ONU에서 전송되는 상향 데이터 광 파장은 ONU CATV 내의 WDM 커플러를 통하여 EPON Splitter로 전송된다. EPON 상향 경로는 다른 ONU와 매체를 공유하고 있기 때문에 상향 데이터 광 파장은 EPON Splitter에서 TDM(Time Division Multiplexing) 다중화되어 10Km의 광 섬유를 통과한 이후에 OLT CATV로 전송된다. OLT CATV의 WDM 커플러에서는 상향 데이터 파장이 필터링되어 OLT로 전송된다. 표 2는 상향 데이터 파장인 1310nm가 EPON 망의 각 소자에서 발생하는 삽입 손실을 측정하기 위해서 각 소자에서 측정된 실제 광 파워를 나타낸 것이다. CATV Overlay의 EPON 망에서 상향 데이터 파장의 전체 삽입 손실이 -17.2dB 정도로 발생함을 알 수 있다.

표 2. 상향 1310nm 파장 측정치 (중심 파장: 1328nm)

	OLT CATV		ONU CATV			전체 손실
	출력	WDM Coupler	10Km	EPON Splitter	WDM Coupler	
측정 (dBm)	-	-18.9	-18.5	-14.4	-2	-
손실 (dB)		-0.4	-4.1	-12.4	-0.3	-17.2

하향 아날로그 CATV 파장인 1550nm가 EPON 망에서 전송되는 경로는 그림 2와 같이 OLT CATV(전/광 변환기, 광 증폭기, 1*16 Splitter, WDM 커플러), 10Km 광 섬유 및 1*16 EPON Splitter를 통하여 ONU CATV(WDM 커플러, 광/전 변환기)로 전송된다.

하향 아날로그 파장은 각 소자를 통과하면서 광 손실뿐만 아니라 RF 파워 손실을 동시에 경험한다. 일반적으로, RF 파워 손실은 광 파워 손실에 대해 두 배 정도의 손실이 발생하며 이득 또한 광 파워의 두 배 정도로 발생한다.

표 3은 하향 아날로그 광 파장의 실제 측정치를 근거로 하여 작성하였다. CATV Overlay의 EPON 망에서 하향 CATV 광 신호가 겪은 전체 삽입 손실은 -28.41dB로 측정되었으며 각 소자의 특성에 따라서 망의 전체 삽입 손실은 -27 ~ -30dB로 측정된다. 그러므로, 표 4에

서처럼 OLT CATV 내에서 사용되는 광 증폭기가 23dBm 인 경우에는 최종단인 ONU CATV 에서 측정되는 하향 1550nm 의 광 파워는 -4 ~ -7dBm 정도이며, 광 증폭기가 21dBm 인 경우에는 하향 1550nm 의 광 파워는 -6 ~ -9dBm 정도로 측정된다.

ONU CATV 에 있는 광/전 변환기의 허용 광 입력치가 0 ~ -12dBm 이므로 위와 같은 CATV Overlay EPON 망의 구성으로 CATV 방송 서비스를 각 가입자에게 제공하는 것이 가능하다.

표 3. 하향 1550nm 파장 측정치 (중심 파장: 1548nm)

	OLT CATV				ONU CATV				전체 손실 (dB)
	입력	EDFA (23)	1*16	WDM	10Km	EPON	WDM	출력	
측정 (dBm)	3.4	22.91	10.82	10.58	7.73	-4.73	-5.5	5.5	
손실 (dB)			12.09	-0.24	-2.85	-12.46	-0.77		28.41

표 4. 광 증폭기의 따른 최종 단의 출력 파워

광 증폭기 (dBm)	전체 삽입 손실 (dB)	출력 파워 (dBm)
21	-27 ~ -30	-6 ~ -9
23	-27 ~ -30	-4 ~ -7

표 5 는 EPON 망에서 발생하는 RF 파워 손실에 관한 것으로 채널 79(RF 중심 캐리어: 555MHz)에 있어서 각 소자에서 발생하는 RF 파워 손실의 측정치를 나타낸 것이다. 각 소자에 대한 전체 RF 파워 손실은 56dB 정도 발생하며 각 소자의 특성에 따라서 약간의 변동이 발생할 수 있다. 아날로그 RF 파워는 아날로그 CATV 광 파워가 각 소자에서 손실되는 손실치의 두 배 정도로 각 소자에서 손실이 발생하였다. 이러한 RF 손실을 보상시킬 수 있는 것이 광 증폭기이며 광 증폭기의 이득에 따라서 RF 의 손실의 만회정도가 결정된다.

표 5. 소자별 RF 파워 손실

	OLT CATV				ONU CATV				전체 손실
	입력	EDFA (23)	1*16	WDM	10Km	EPON	WDM	출력	
손실 (dB)			-25	-1	-4	-25	-1		-56

표 6 은 광 증폭기의 출력 파워 레벨에 따른 EPON 망에서의 전체 RF 파워 손실을 나타낸 것이다. 계산상의 편리를 위하여 전/광 변환기의 출력 광 파워를 3.5dBm 으로 가정하였을 경우에 광 증폭기의 이득은 광 증폭기가 21dBm 인 경우에는 17.5dB(21-3.5=17.5), 광 증

폭기가 23dBm 인 경우에는 19.5dB(23-3.5=19.5)이므로 RF 이득은 광 파워 이득의 두 배정도로 계산하였을 때, 전체 RF 파워 손실은 -17~-21dB 정도로 발생한다.

표 6. 광 증폭기의 따른 전체 RF 파워 손실

광 증폭기 (dBm)	RF 이득 (dB)	파워 손실 (dB)	전체 RF 손실 (dB)
21	35	-56	-21
23	39	-56	-17

유선방송국설비 등에 관한 기술 기준에 따르면 유선방송에서 각 가입자에게 제공해야 하는 RF 파워 범위는 아날로그 TV 인 경우에는 -28.75 ~ -48.75dBm 이며, 디지털 TV 인 경우에는 -28.75 ~ -68.75dBm 로 기술되어 있다. OLT CATV 에 입력되는 RF 파워는 이러한 가입자단의 RF 파워 범위와 광 증폭기의 증폭 용량과 CATV Overlay EPON 망의 전체 광 파워 손실을 감안하여 결정하여야만 한다.

VI. 결론

현재의 가입자 접속망을 대체하여 높은 대역폭과 다양한 서비스를 제공할 수 있는 EPON 망에서 별도의 파장을 추가하여 아날로그 방송 및 디지털 방송 서비스를 가입자에게 전송하는 방식은 EPON 망의 하향 방향이 브로드캐스트인 기본적인 특성을 이용한 것으로 모든 가입자에게 아날로그 방송 및 디지털 방송의 전송이 용이하다는 이점이 있으며 기존 HFC 방송과 유사하여 기존 가입자 장비를 그대로 사용할 수 있는 이점이 있다. 본 논문에서는 기존 EPON 망에 CATV Overlay 를 구현하기 위해서 OLT 와 ONU 에 파장을 다중화 및 역다중화하는 수동 소자를 추가하고 OLT 에 여러 포트로 CATV 파장을 분기하는 스플리터와 하나의 광 증폭기만을 추가함으로써 많은 EPON 가입자에게 CATV 방송 서비스를 제공할 수 있음을 보였다.

참고문헌

1. <http://www.iecc802.org/3/cfm>
2. Glen Kramer and Gerry Pesavento, Alloptic, Inc. "Ethernet Passive Optical Network (EPON): Building a Next-Generation Optical Access Network", IEEE Communications Magazine, Feb. 2002, pp66~73
3. <http://www.alloptic.com>