

논문 2006-43TC-5-10

# FTTH 구축을 위한 18채널 광 RF Overlay 방식의 기가비트 CWDM-PON 시스템 연구

(A study on FTTH network construction using optical RF overlaid 18 channels Gigabit CWDM-PON system)

최 영 북\*, 김 보 겸\*, 박 태 동\*, 강 동 성\*\*, 이 봉 완\*\*, 고 연 완\*\*

(Young-Bok Choi, Bo-Gyum Kim, Tae-Dong Park, Dong-Sung Kang, Bong-Wan Lee, and Yeon-Wan Koh)

## 요 약

본 논문에서는 CWDM-PON 기술을 이용하여 일반주택 및 아파트 또는 특정지역 내의 FTTH(Fiber to the Home)에 적합하도록 시스템을 설계, 제작, 특성시험 결과에 대한것이다. 이 시스템은 하나의 광섬유에 384 가입자가 100Mbps의 속도로 인터넷 서비스와 Overlay 방식을 적용하여 CATV를 동시에 수용 받을 수 있다. 가입자의 주거 환경에 따라 유선인 경우 UTP 또는 광섬유로 구축할 수 있으며 무선인 경우에 Wireless LAN을 이용하여 무선 인터넷 서비스도 가능 하도록 하였다. 또한, 미래의 상황에 대비하여 VoIP 서비스를 위한 유무선 솔루션을 구현하였다. 국사와 가입자간의 거리가 20Km이며, 가입자의 데이터 양은 최대 100Mbps, 최소 보장 50Mbps이고 방송과 통신을 하나의 광섬유에 실어 보낸다는 목표로 시스템을 제작하였다. 따라서 광송수신기 모듈, Mux/Demux 등의 구간별 광학적 특성을 조사하였으며 외부환경에 변화에 따른 전송 품질을 측정하였다.

## Abstract

In this paper, we designed, constructed and evaluated the system for the FTTH suited to a residence and apartment using CWDM-PON techniques. These systems have capacity to service at 100Mbps rate to 384 users in the same breath. Also, the services include the internet, CATV, IPTV and wireless LAN. In the case of wire network, the data could be transmitted by UTP cable and optical fiber and case of wireless one, the data transmitted using WLAN. The distance between the central office and the user is 20km and the data rate is 100Mbps maximum. Of course, the optical network used just one fiber optical core. For the basic material, we obtained the characteristics of optical transceiver module, Mux/Demux and transmission qualities depends on the environment.

**Keywords :** CWDM, C-PON, FTTH, 특등급 아파트, 유무선 복합망

## I. 서 론

기존 동선을 활용하는 솔루션은 비용측면에서 많은 장점을 있지만 구축된 동선의 선로품질에 따라 전송품질의 저하가 발생한다. 이러한 것을 물리적으로 극복 할

수 있는 방법이 닥내까지 광섬유를 포설한 FTTH (Fiber to the Home) 네트워크 구현이다. 이를 구축하는 방식에는 수동부품을 사용한 PON (Passive Optical Network)방식과 능동부품을 사용한 AON (Active Optical Network)방식으로 나눌 수 있으며 PON 방식에는 대표적으로 TDM (Time Devision Multiplexing) 기법에 기초한 E-PON (Ethernet PON), G-PON (Gigabit PON)과 광의 고유한 파장 특성을 이용한 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 기법의 WDM-PON이 있다. WDM-PON은 다시 조밀한 간격의 파장

\* 정희원, KT R&D 부분 FTTH 개발담당  
(FTTH development department group, R&D Group, KT)

\*\* 정희원, (주)파이버프로  
(FIBERPRO. INC.)

접수일자: 2006년4월8일, 수정완료일: 2006년5월15일

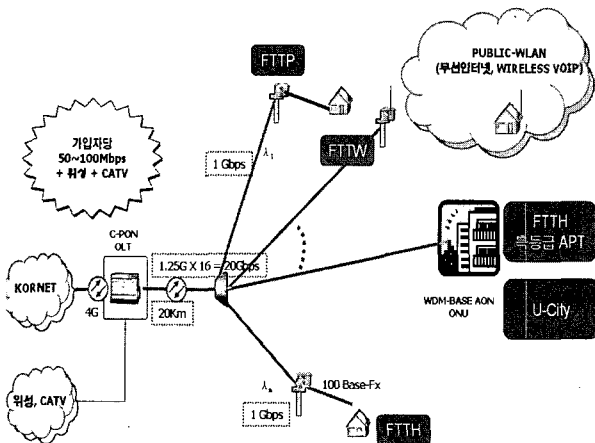


그림 1. CWDM-PON 방식을 이용한 FTTH 구축도  
Fig. 1. The scheme of FTTH using CWDM-PON.

을 나누어 사용하는 DWDM (Dense WDM) 방식과 파장간격을 넓게 쓰는 CWDM (Coarse WDM) 방식으로 구별할 수 있다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 CWDM-PON 기술을 이용하여 일반주택 및 아파트 또는 특정지역 내의 FTTH (Fiber to the Zone)에 적합하도록 시스템을 설계, 제작, 특성시험 결과가 언급되어 있다. 이 시스템은 하나의 광섬유에 384 가입자가 100Mbps의 속도로 인터넷 서비스와 Overlay 방식을 적용하여 CATV를 동시에 수용 받을 수 있다.

가입자의 주거 환경에 따라 유선인 경우 UTP 또는 광섬유로 구축할 수 있으며 무선인 경우에 Wireless LAN을 이용하여 무선 인터넷 서비스도 가능 하도록 하였다. 또한, 미래의 상황에 대비하여 VoIP 서비스를 위한 유무선 솔루션을 구현하였다

II. 설 계

기가급 CWDM-PON 시스템은 크게 OLT, ONU, ONT 부분으로 나눌 수 있다. 이러한 시스템을 최적으로 설계하기 위해서는 가입자의 분포 및 설치 환경을 고려해야 한다.

본 시스템은 국사와 가입자간의 거리가 20Km이며, 가입자의 데이터량은 최대 100Mbps, 최소 보장 50Mbps이고 방송과 통신을 하나의 광섬유에 실어 보낸다는 목표로 시스템을 제작하였다. 따라서 광송수신기 모듈, Mux/Demux 등의 구간별 광학적 특성을 조사하였으며 외부환경에 변화에 따른 전송 품질을 측정 하였다.

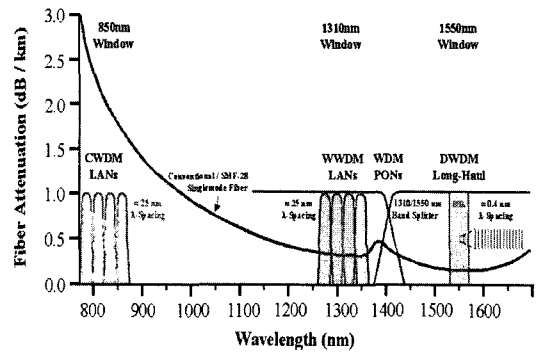
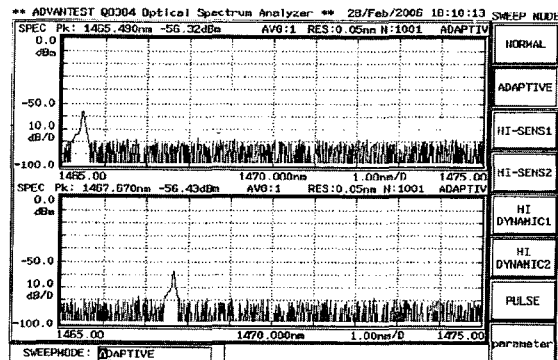


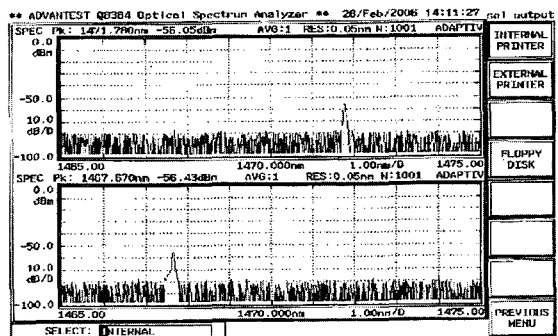
그림 2. 광섬유의 파장별 손실 특성  
Fig. 2. The fiber loss characteristics depends on the wavelength.

1. CWDM 광원 설계

CWDM-PON 시스템은 시스템의 저가화를 위하여 냉각기능이 없는 DFB 레이저를 사용하였다. 그림 2와 같이 광섬유가 가지는 저손실 대역의 파장인 1260nm에서 1610nm 대역의 모든 영역을 사용하며 각 채널의 간격은 20nm이다. 여기에서 1550nm 채널은 방송을 위해



(a)



(b)

그림 3. 1470nm 파장의 온도 변화  
(a) 상: -20°C 하: 0°C (b) 상: 60°C 하: 0°C

Fig. 3. The wavelength shift of 1470nm channel depends on temperature change.  
(a) upper: -20°C under: 0°C (b) upper: 60°C under: 0°C

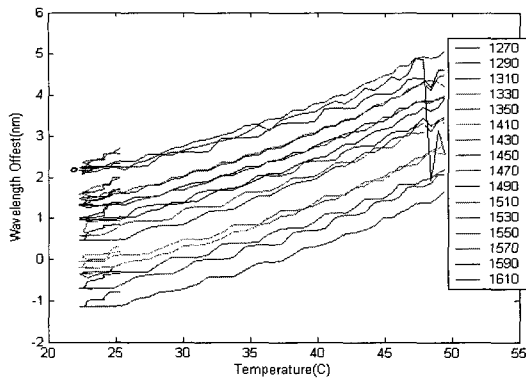


그림 4. CWDM 레이저의 온도에 따른 파장천이  
Fig. 4. CWDM laser wavelength shift by temperature change.

사용하였으며 기존의 water peak 대역인 1370, 1390nm 채널은 ZWPF (Zero Water Peak Fiber)의 사용으로 1370nm 대역을 데이터 채널로 사용이 가능해짐에 따라 이를 사용하였다. 따라서 전체 데이터 채널은 16 채널이며, 방송은 한 채널을 사용하게 되었다. 이는 EDFA 사용이 가능한 1550nm 대역을 이용하기 때문이다.

본 시스템의 외부의 설치 환경은 요구조건에 따라 -20°C에서 60°C 범위에서 예러 없이 동작하였다. 그림 3은 OLT를 제작한 후 온도에 따른 광원의 파장 변화를 측정된 것이다. 측정결과 파장 천이가 약 6nm정도 발생함을 알 수 있었다. 이는 사용되는 CWDM 필터의 대역 폭인 14nm 대역에 비교하여 여유를 가지는 값으로 평가된다.

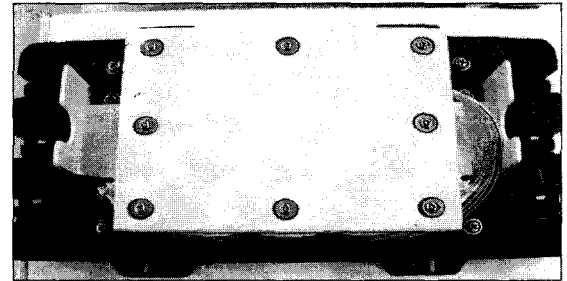
또한 그림 4는 온도에 따른 전체적인 파장의 변화인데 OLT를 챔버에 넣어 24시간 추이를 보았다. 이때 온도별 변화량은 시간당 5°C 상승으로 하였고 상온에서 50°C 까지 실시하였다. 그림 3과 4에서 파장당 온도에 따른 추이는 거의 흡사하다는 것을 알 수 있다.

2. MUX 및 DEMUX 설계

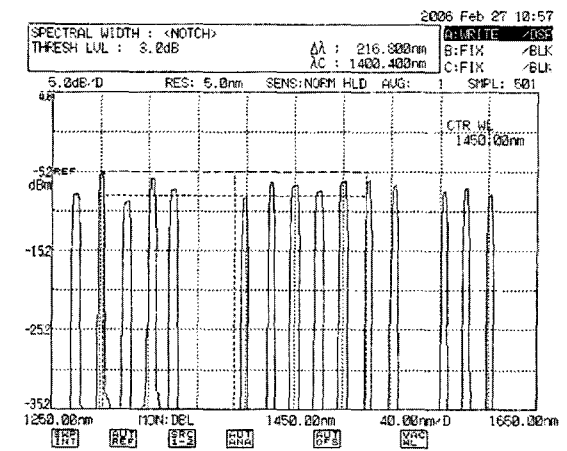
CWDM-PON 시스템에서 비냉각 레이저의 파장 천이를 수용하기 위해 MUX와 DEMUX의 각 파장당 광필터의 통과대역은 13nm이상의 특성을 갖추어야 한다. 그림 5는 설계 제작된 CWDM-PON의 Mux의 외관과 광학적 특성이다. 그림 5(c)의 특성은 OLT의 광송수신기 DFB의 출력파위에 따른 변화로서 필터의 특성을 의미하는 것은 아니다. 따라서 평균적으로 -4.5dB 정도의 DFB 출력파위를 감안할 때 필터의 손실은 그림에서와 같이 0.5dB ~3.0dB 정도의 범위에 있는 것으로 파악된다. 역시 편차는 DFB LD의 출력파위와 합한 것으로 생각할



(a)



(b)



(c)

그림 5. CWDM-PON 시스템용 Mux (a) CO에 위치하는 Mux (b) RN용 DeMux (c) Mux의 광학적 특성

Fig. 5. The Mux of CWDM-PON system. (a) The Mux located at CO (b) The DeMux located at RN(Remote Node) (c) Optical properties of mux located at CO

LD 수 있다. 이러한 MUX는 각각의 개별적 필터에 의하여 전체적으로 구성된다. CWDM 필터는 필터 설계에 있어서 보다 적은 수의 층으로 만들어지기 때문에 DWDM 필터보다 비용이 낮다. 일반적으로 DWDM 시스템에 사용되는 100GHz 필터 설계를 위해서는 약 150층 정도가 필요하고, CWDM 필터는 20nm 채널 간격에서 약 50층 정도로 가능하다. 결과적으로 CWDM의 제조수율이 더 높아서 가격절감의 효과를 가질 수 있다. 또한 3-port CWDM 부품의 제조에 있어서, 정렬 허용오차가 DWDM 부품에 비해 상대적으로 크기 때문에 CWDM 부품의 제조 비용이 훨씬 낮다. 그림 5(b)의 Mux는 RN의 Mux/DeMux로서 방수기능을 가지며 케이스 내부에 위치한다. 각 파장으로 분리된 채널은 전주합체의 L2 스위치의 광모듈로 연결된다.

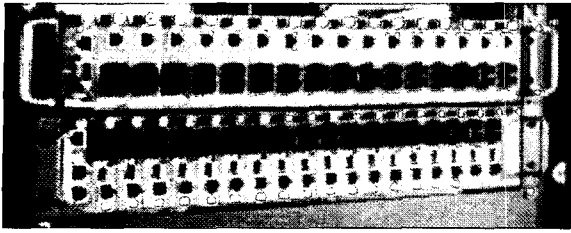


그림 6. CWDM-PON용 OLT  
Fig. 6. The OLT of CWDM-PON.

3. CWDM-PON OLT 설계

그림 6은 CWDM-PON용 OLT의 외형이다. OLT는 16채널로 되어 있으며 채널당 각각 100Mbps, 1Gbps 등의 전송 능력을 가진다. 아래의 장비는 초기 개발모델로 채널당 100Mbps 급이며 위의 장비는 채널당 1.25Gbps 급의 장비로 각 채널별로 100Mbps, 1.25Gbps 카드를 혼용하여 탄력적으로 운용할 수 있도록 하였다. 또는 기능면에서는 L2 레벨의 관리가 가능하고 웹관리 기능을 두어 어디서든지 OLT의 상태를 모니터 할 수 있다. OLT의 각 채널에서 나온 파장은 앞서 설명한 MUX를 통하여 한 개의 광섬유로 전송된다.

III. CWDM을 이용한 FTTH의 구축

1. CWDM-PON 전송특성

전송특성 시험을 위한 구성은 그림 7과 같다. 여기에서 구현하고자 하는 내용은 Optic to Optic, Optic to Wireless, Optic to Overlay 및 Optic to UTP 등의 다양한 시도를 하였다.

그림에서와 같이 CO에 OLT가 위치하고 각 파장을 합해주는 MUX가 위치한다. CO측에서 출발한 광은 20km 전송 후 맨홀내의 광접속함체 접속 트레이에 실

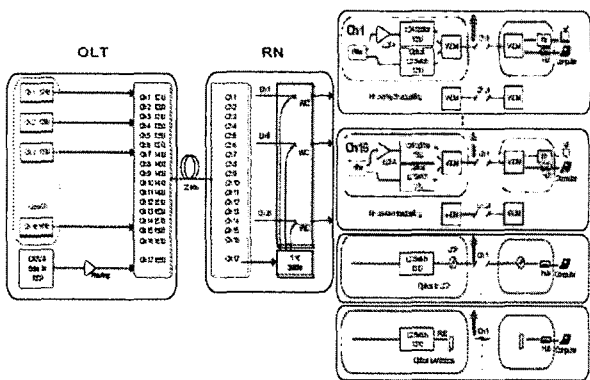
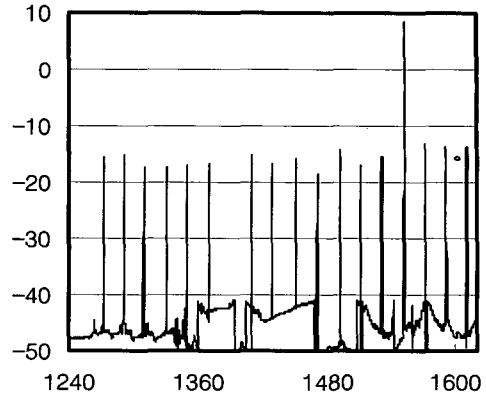
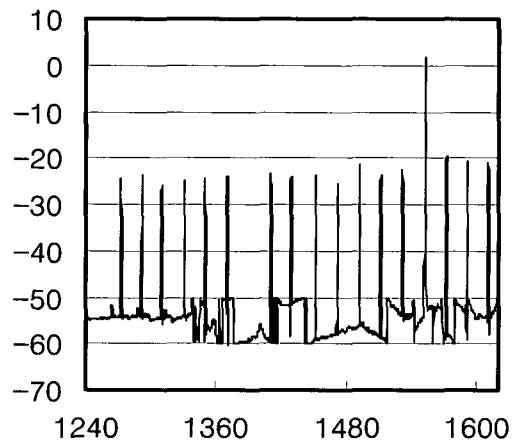


그림 7. CWDM-PON 전송특성 시험 구성도  
Fig. 7. The scheme of CWDM-PON network.



(a)



(b)

그림 8. Mux/Demux의 광학적 특성  
Fig. 8. Loss characteristics of Mux/Demux.  
(a) 국사내의 Mux (b) 20km 전송후의 Demux  
(a) The Mux located at CO (b) The Demux output of 20km distanced from CO

장되는 CWDM-PON Demux에 의하여 각 파장으로 다시 분리된다. 이 신호는 전주 혹은 아파트의 동단자함에 있는 ONU의 광 L2스위치에 의하여 맥내까지 광으로 전송된다.

그림 8은 광손실 특성을 두 지점에서 얻은 자료이다. 수치적인 특성은 OLT에서 광모듈이 가지는 출력파워가 -4.5dBm 이었고 Mux의 평균 손실이 10dB 정도 되었으며 이는 초기 구성상 높은 손실을 보였다. 이는 앞서 그림 5에서와 같이 0.5~3.0dB 정도의 값으로 개선되었다.

그림 9는 16채널에서 1270nm 파장의 L2 스위치의 입력을 얻은 것이다. 데이터와 방송용 신호의 1550nm 파장이 WDM 소자를 통해 전송되었으며 방송용 신호는 다시 EDFA를 통해 증폭되어 각 가입자에게 전달된다.

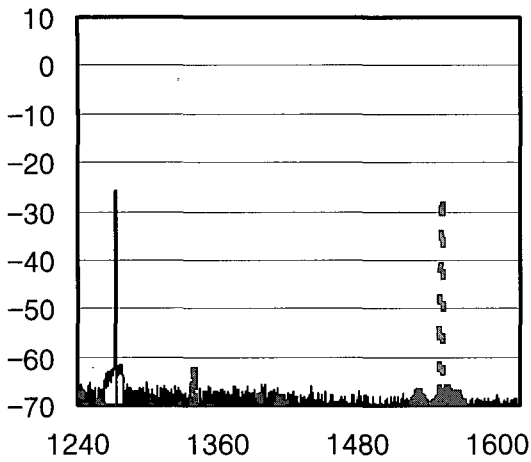


그림 9. 1270nm 채널의 ONU 입력과 방송 신호  
 Fig 9. 1270nm Channel ONU input and CATV Optical link.

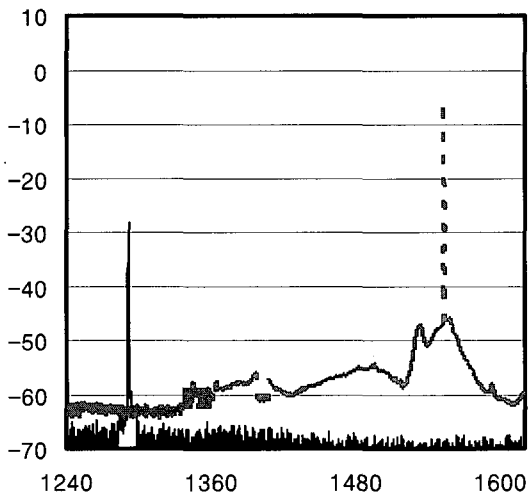


그림 10. 1270nm 채널의 데이터 및 EDFA를 통해 증폭된 신호  
 Fig. 10. 1270nm Channel ONU input and the amplified CATV Optical signal.

그림 10에서 이를 보였다.

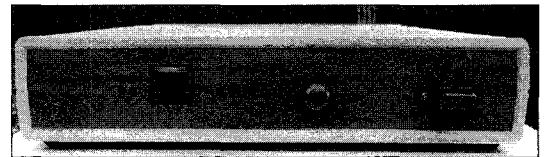
이렇게 전송된 신호 및 방송은 각 가입자에게 ONT를 통해 공급된다. 그림 11과 같이 구성된 ONT를 통해 서비스를 공급하였다. 외형은 시연을 위해 랙타입과 외장형으로 하였다.

테스트한 서비스는 그림 12와 같이 IPTV, CATV 및 VoIP 이다. 또한 그림 13과 같이 무선으로 인터넷 및 VoIP를 테스트하였다.

무선인터넷은 패킷전송시 약 40Mbps 정도이었으며 인터넷 속도는 470m의 거리에서 약 38Mbps 정도의 값을 얻을 수 있었다.



(a)



(b)

그림 11. ONT 외형 (a) 랙타입 ONT (b) 가정용 ONT

Fig. 11. The figure of ONT.

(a) The rack type ONT (b) Home ONT



그림 12. IPTV, CATV 및 VoIP 서비스

Fig. 12. IPTV, CATV and VoIP service.

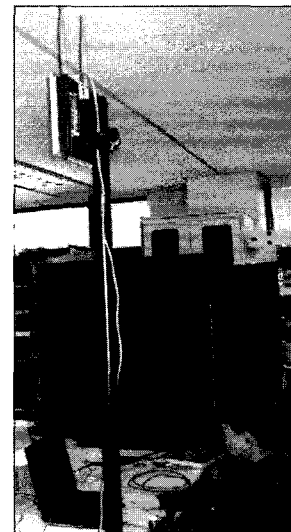


그림 13. CWD-PON에 의한 무선 인터넷 서비스

Fig. 13. The Wireless internet service by CWDM-PON.

## 2. 아파트 CWDM-PON FTTH 망구성

아파트의 망구성은 일반주택에 비해 집적된 장비의 배

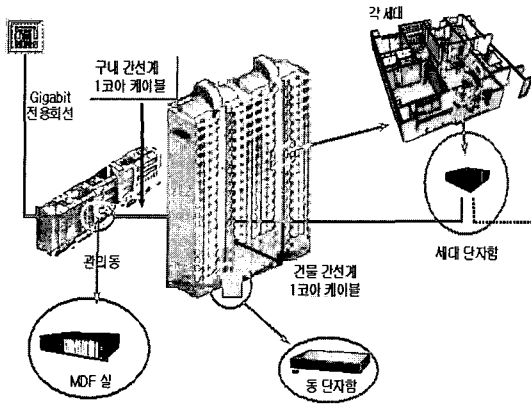


그림 14. FTTH 특등급아파트 설계  
Fig. 14. The design of FTTH apartment.

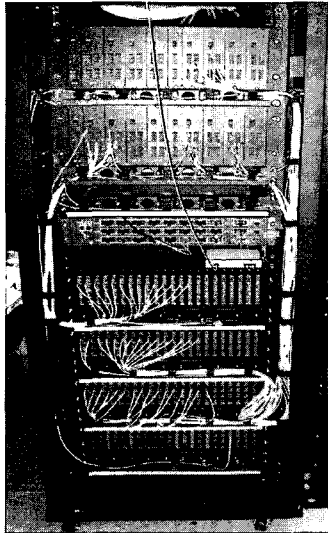


그림 15. 아파트 동단자함의 설비  
Fig. 15. The figure of rack located in the building.

열로 인해 다소 용이하다. 단 광케이블 배선의 문제는 물론 다른 관점에서 판단해야 한다.

그림 14에서와 같이 FTTH 특등급아파트를 설계하였다. 이는 아파트의 MDF, 동단자함 그리고 가입자까지 광케이블로 연결되며 가정에서 ONT를 통해 앞서 설명된 서비스를 동일하게 받을 수 있는 구조이다.

그림 15에는 동단자함의 설비를 보였다. 가입자로 공급되는 광섬유는 멀티모드 광섬유를 사용하였으며 광원으로는 2km까지 전송이 가능한 LED 광원을 이용하였다. 따라서 현재까지 논의된 방식 중에서 가장 가격 경쟁력이 있는 장점을 가진다.

#### IV. 결 론

FTTH를 위한 광코어 절감 및 운용유지 측면을 고려하면 CWDM-PON 방식이 우수하며, 이는 아파트의 경

우, 관리동에 위치한 MDF와 동단자함의 ONU 그리고 덕내까지 광케이블이 포설되는 방식과 동단자함의 ONU에서 덕내까지는 UTP 및 기존의 선을 활용하는 다양한 방식으로 환경에 따라 적용이 가능하다.

본 연구에서는 광섬유로 구성된 전송로를 통하여 16채널 CWDM 광원을 20Km까지 전송한 후에 일반주택 및 아파트용 장치를 구성하여 100Mbps로 전송실험을 하였고 각 지점별로 광학적 특성을 조사하였다. 또한, CWDM-PON을 이용하여 고품질의 IPTV, VoIP, 인터넷 접속 등의 다양한 활용 예를 제시하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] White Paper, "The Business Case for Next Generation PONs," Terawave Communications, 2000.
- [2] Cooper, I., Bramhall, M., "ATM Passive Optical Networks and Integrated VDSL," IEEE Comm. Mag., pp.174-179, Mar. 2000.
- [3] Gagnaire, M., Stojanovski, S., "Stream traffic management over an ATM passive optical network," Computer Networks, v.32, 2000, pp.571-586.
- [4] Olsen B., et al., "Techno-Economic Evaluation of Narrowband and Broadband Access Network Alternatives and Evolution Scenario Assessment," IEEE J. Select. Areas Commun., v.14, n.6, pp. 1184-1202, 1996.
- [5] Vetter, P., et al., "Systems Aspects of APON/VDSL Deployment," IEEE Comm. Mag., pp.66-72, May 2000.
- [6] Voorde, I., et al., "The SuperPON Demonstrator: An Exploration of Possible Evolution Paths for Optical Access Networks," IEEE Comm. Mag., pp.74-82, Feb. 2000.
- [7] Voorde, I., Plas, G., "Full Service Optical Access Networks: ATM Transport on Passive Optical Networks," IEEE Comm. Mag., pp.70-75, Feb. 2000.
- [8] Yano, M., et al. "Global Optical Access Systems Based on ATM-PON," FujitsuSci. Tech. J., pp.56-70, 1999.
- [9] FSAN Specifications, "Common Technical Specifications of ATM Subscriber System," NTT, BellSouth, FT & BT, 1999.
- [10] Tutorials, "Very-High-Data-Rate Digital Subscriber Line(VDSL)," Web Pro Forum.
- [11] White Paper, "Affordable Fiber-To-The Business -A CLEC Guide ToSuccess", Quantum Bridge,

2000.  
 [12] White Paper, "Next Generation Passive Optical Networks," Terawave Communications, 2000.  
 [13] Abe, G., Residential Broadband, Cisco Press, 2000.  
 [14] F.Caviglia, V. C. Di Biase, "Optical Maintenance in PONs", Proceedings of ECOC '98, Madrid, September 20-24, 1998 vol.1, pp. 621-625.

저 자 소 개



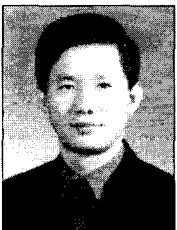
**최 영 복**(정회원)  
 1991년 광운대학교 전자재료 공학과 학사 졸업  
 1993년 광운대학교 전자재료 공학과 석사 졸업  
 1999년 광운대학교 전자재료 공학과 박사 졸업

1993년~현재 KT R&D 부문  
 <주관심분야 : 광통신시스템, 광통신부품>



**김 보 겸**(정회원)  
 1988년 동아대학교 학사 졸업  
 1989년~1996년 KT 수영전화국  
 1992년~1994년 ETRI 전송방식 연구실 파견  
 2003년~2004년 KT-고대 MBA  
 2005년~현재 충남대학교  
 정보통신공학과 석사과정

1997년~현재 KT R&D부문  
 <주관심분야 : 스위칭(라우팅) >



**박 태 동**(정회원)  
 1983년 아주대학교 학사 졸업.  
 1985년 한국과학기술원 석사 졸업  
 1996년 University of Texas at Austin 박사졸업  
 1985~현재 KT R&D 부문

<주관심분야 : FTTH, OSP, U-City>



**강 동 성**(정회원)  
 1993년 전북대학교 학사 졸업  
 1995년 전북대학교 석사 졸업  
 2001년 전북대학교 박사 졸업  
 2006년 현재 (주)파이버프로  
 FTTH 사업부 본부장

<주관심분야 : FTTH, PON 시스템>



**고 연 완**(정회원)  
 1988년 서울대학교 학사 졸업.  
 1990년 한국과학기술원 석사 졸업  
 1995년 한국과학기술원 박사 졸업  
 1997년~현재 (주)파이버프로  
 대표이사

<주관심분야 : FTTH, 광통신 및 광계측시스템>