

논문 2006-43TC-5-6

# FTTH 구축을 위한 OSP 특성 분석

## (Outside Plant Engineering for FTTH)

오 호 석\*, 최 영 복\*, 이 원 형\*, 김 보 겸\*, 박 태 동\*

(Ho-Seok Oh, Young-Bok Choi, Won-Hyung Lee, Bo-Gyum Kim, and Tae-Dong Park)

### 요 약

광가입자망의 궁극적인 목표라 할 수 있는 FTTH 서비스가 2005년을 시작으로 본격 추진되고 있다. FTTH 서비스를 위해서는 시스템 개발과 동시에 국사에서 가입자까지 이르는 다양한 자재로 구성되는 광선로시설의 효율적이고, 경제적인 구축 기술 및 시공품질 확보를 필요로 한다. 본 논문에서는 일반주택지역을 대상으로 FTTH 구축에 소요되는 선로시설에 대한 기술적 특징을 조사 분석하고, 주요 시설별 기능요구사항 및 선로시설 구축에 요구되는 특성 등을 분석하였다.

### Abstract

As a settlement for the fiber access, the FTTH is an ideal mode for providing various high-bandwidth value added services including high definition IPTV to broadband users, and KT, the largest incumbent of Korea, started FTTH service from 2005. For FTTH deployment, it needs a cost-effective solution including reliability and maintenance costs. This paper analyzes the characteristics and technical issues for the main components of outside plant in general household area.

**Keywords :** 선로, FTTH, 광케이블, OSP

### I. 서 론

FTTH는 전송거리에 많은 제약을 받지 않고 가입자당 100Mbps 이상의 광대역 전송이 가능한 유선통신의 최종 목표라 할 수 있다. FTTH 서비스를 위해서는 국사(CO)에서 가입자 댁내까지 광섬유케이블(이하 '광케이블')로 연결하게 되며 점대점(point-to-point) 방식 또는 점대다중점(point-to-multipoint) 방식으로 광케이블망을 구성할 수 있다. 점대점 방식은 많은 시설의 광케이블을 필요로 하여 많은 비용이 소요되는 반면 점대다중점 형태의 PON(Passive Optical Network)방식은 경제적인 FTTH 구축방식으로 알려져 있다<sup>[1]</sup>. 이 방식은 국사에는 OLT, 광선로망의 특징지점에 광결합점을 두어 전원공급이 불필요한 수동소자를 설치하여 하나의

광섬유에서 다수의 가입자(ONT)를 수용할 수 있도록 한 것이다. PON 방식은 광코어 시설수를 줄일 수 있고 광선로망 구축비용을 낮출 수 있는 장점이 있다. 반면 광선로망 구조가 점대점 방식에 비해 복잡하기 때문에 체계적인 운용방법 및 엔지니어링 기술 확보가 필요하다. 국내에서는 최근 몇 년간 FTTH 기반 마련을 위해 E-PON, WDM-PON 을 중심으로 장비 개발, 부품 및 소자 개발 등에 대한 포럼 및 워크샵이 추진되어 왔으며, 초고속정보통신건물의 인증제도의 변화, 공동주택을 대상으로 한 구축방법에 대해 소개되고 있고, FTTH 활성화 방안 등에 대해 많은 논의가 진행되고 있다<sup>[2-6]</sup>.

한국은 2002년부터 정부 및 일부 통신사업자가 수십~수 백 가입자를 대상으로 FTTH 시범서비스를 시행한 바 있으며, KT의 경우 2005년에 2만 회선 구축을 시작으로 FTTH 사업이 본격 추진하고 있다. 국외의 경우 xDSL 또는 FTTC+xDSL 에 비해 고가의 설치비용이 필요한 FTTH 가 사업자간 경쟁에 대처하기 위한 솔루션으로 각광 받고 있으나 여전히 시기성에 대한 논

\* 정회원, KT R&D 부분 FTTH 개발담당  
(FTTH development department group, R&D Group, KT)  
접수일자: 2006년4월8일, 수정완료일: 2006년5월15일

란이 지속되고 있다<sup>[7]</sup>. 세계적으로 가장 FTTH 구축이 활성화되고 있는 일본은 2010년까지 3천만 FTTH 가입자 실현을 위해 다양한 기술개발을 수행하고 있어 외국의 벤치마킹 대상이 되고 있으며, 미국의 경우 SBC, 버라이즌, Bellsouth 등을 중심으로 FTTP, FTTN 형태로 추진되고 있다.

FTTH 구축대상은 공동주택과 일반주택 지역으로 구분할 수 있다. 경제적인 FTTH 구축 및 품질의 안정성을 위한 옥외시설 설치의 주요 특성으로는 광섬유손실, 접속품질, 광분배기의 삽입손실, 반사손실, 구부림손실 및 커넥터의 청결상태에 따른 손실 등에 이 있다.<sup>[8]</sup>

본 논문은 일반주택지역을 대상으로 PON 방식의 FTTH 광선로망 구성방식 및 소요 자재의 특성을 분석하여 효율적인 선로시설 구축 및 운용 품질을 확보할 수 있는 방안을 제시하였다.

## II. 본 론

### 1. FTTH 광선로 구조

#### 가. FTTH 선로 구성요소

FTTH 광선로망은 현재까지 특정지역을 대상으로 한 FTTC(Fiber To The Curb), FTTO(Fiber To The Office)에 비해 많은 양의 케이블이 설치됨에 따라 초기 투자비가 많이 소요되어 경제적인 구축방법이 주요 관심이 되고 있다. PON 방식은 광코어수를 절감할 수 있고 수동소자를 이용하기 때문에 운용성 및 안정성이 있다는 평가를 받고 있다. FTTH-PON 선로구축을 위해서는 광분배기(optical coupler or splitter), 광분기함, 광옥외선(optical drop cable), 광아울렛 등 자재가 필요하고 이미 구축되어 있는 지하 관로 및 가공시설(전주)의 활용, 관로가 포화된 지역에서의 광케이블 포설방법 등 기존 시설물 활용 및 추가로 필요한 기술개발 등이 필요하다. 이러한 자재나 시설을 활용할 때 설치가 용이해야 하고 고장이 적어 운용관리가 용이해야 하는 요구조건이 있다. 그림 1은 일반주택지역을 대상으로 한 광선로망의 구조와 각 노드별 소요 자재를 간단하게 표현한 것이다. E-PON 또는 WDM-PON 방식 모두 1개의 광섬유심선의 신호를 다수의 광섬유심선으로 분기시킬 수 있는 기능을 갖는 광분배기가 광선로 중간지점에 설치되고, 광섬유심선이 전주나 벽면위에 설치되는 광분기함을 경유하여 광옥외선으로 각 가입자에게 제공할 수 있다. 이때 광분배기는 지하 또는 가공의 접속함체

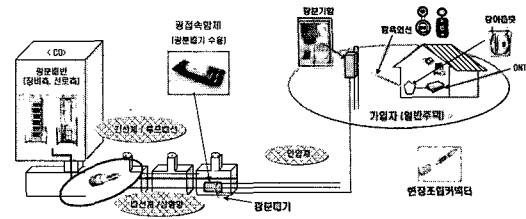


그림 1. 일반주택지역의 FTTH 선로구성 및 소요 자재

Fig. 1. FTTH OSP configuration and related materials of household area.

내부 또는 전주에 놓이는 광분기함에 설치될 수 있으며, E-PON의 경우 2개 지점에 2단계로 설치가 가능하다. 광분기함에서 각 가입자로 광옥외선을 활용하여 배선하는 국내 방법과 달리 FTTH가 대규모로 확산되고 있는 일본의 경우에는 광분배기를 주로 가입자 인근 가공접속함체에 설치하고 여기에서 가입자측으로 직접 광옥외선으로 인입시키는 방법도 사용하고 있다<sup>[9]</sup>.

#### 나. 선로 구축비용

FTTH 구축비용은 장치비용과 OSP 구축비 그리고 개통비로 구분할 수 있다. 장치는 OLT와 ONT로 구분되며, OSP구축비는 국사에서 가입자까지 시설구축에 소요되는 자재비와 인건비로 구성되고 개통비는 가입자가 서비스를 제공받을 수 있도록 전주에서 가입자 댁내 PC까지 선로를 구성하는 작업에 대한 인건비를 의미한다. 그림 2는 2005년도 OSP 구축비용을 분석한 것으로 OSP구축비와 개통비가 전체의 약 65%를 차지한다. 이 중 인건비가 74%를 차지하는 것으로 분석되었다. 이는 미국 코닝사가 조사한 84% [10] 보다는 약간 적은 비율을 차지하는데 그림 2는 공간선망 시설에 대한 비용이 제외되었기 때문이다.

장치비와 OSP 자재비의 경우 공급 수량 및 기술발전 에 따라 점점 하락하는 경향을 보이는 반면 인건비는 매년 조금씩 증가한다. 따라서 경제적인 FTTH 구축을

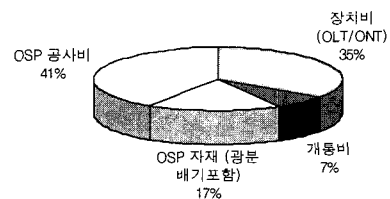


그림 2. FTTH 구축비용 구성

Fig. 2. First installed cost variables for FTTH.

위해서는 주로 인건비를 절감할 수 있는 방안이 필요하다. 예로써 공사에 소요되는 작업시간 단축을 위해 자재들의 취급이 간단하고 구축시간 단축을 할 수 있는 구조 및 접속방법 개발이 필요하다. 광선로망 구조측면에서의 구축비용 절감을 위해 E-PON의 경우 광분배기를 두개 지점에 두는 2단 분기 형태는 가입자 수에 탄력적으로 대응하고 광코어 소요량 및 관련 접속비를 절감할 수 있는 방법이다.

2. 선로 구성 요소별 요구특성

FTTH 선로시설 구축에 소요되는 구성요소는

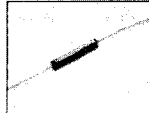

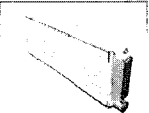

- 광신호를 분기 결합해주는 광분배기
- 광분배기의 수용이 용이하고 다수의 광케이블 분기가 가능한 광접속함체
- 전주 또는 벽면에 설치하여 각 가입자로 광섬유심선을 배선할 수 있는 광분기함
- 광접속함체에서 광분기함까지 연결하는 광케이블,
- 광분기함에서 각 가입자 맥내로 인입시키기 위한 광옥외선
- 작업 편의성을 위해 광옥외선의 양단말을 현장에서 커넥터화 할 수 있는 현장조립형광커넥터
- 맥내에서 광섬유심선을 중단처리하기 위한 광아울렛

등 다양한 선로물품이 필요하다. 구성요소별 각각의 특성이 옥외환경에서 안정적으로 운용되고 작업자가 설치하기 용이한 구조를 갖고 있어야 한다. 여기서는 광분배기, 광분기함, 광옥외선, 배선용으로 사용할 수 있는 세경 광케이블 및 포설기술, 그리고 현장조립형광커넥터에 대해 기술특성 및 요구사항을 분석하였다.

가. 광분배기

광분배기는 광선로 중간지점(remote node)에서 하나의 광섬유심선의 신호를 다수의 광섬유심선으로 나누어 주는 역할을 하는 수동소자이다. E-PON의 경우 광전력을 분배하거나 합해주는 광스플리터(optical splitter)가 있고 WDM-PON의 경우 광파장을 분리하거나 결합해주는 파장분리기(예, AWG)가 있다. 광스플리터는 PLC 구조로서 크기가 작아 기존의 광섬유심선을 저장하는 지지판내에 수용이 가능하지만 파장분리기는 현재 제조되고 있는 제품은 크기가 커 별도의 지지판을 필요로 한다. 광분배기는 아파트와 같은 집단 주택지역의

표 1. 광분배기의 설치위치에 따른 형태  
Table 1. Types of power splitter on installing location.

설치위치	접속구조	외부 형태(예)
지하 광접속함	융착접속형	
가공/외벽 광분기함	커넥터형	
	카드형	
구내 통신실	셀프형	

경우에는 건물 구내 통신장비 랙에 놓일 수 있지만 일반주택지역의 경우에는 지하 또는 가공의 광접속함체 및 전주 또는 건물 외벽의 광분기함내에 설치될 수 있으므로, 온도, 습도 및 침수에 양호한 특성을 갖고 있어야 한다. 특히 전주에 광분기함내에 설치될 경우 하기철 밀폐된 공간안의 온도가 매우 상승하므로 최소 75°C 이상의 특성에서 정상적인 동작을 하여야 한다. 또한 광분배기의 입출력 광심선의 접속 형태는 설치에 용이하도록 다양한 형태를 적용할 수 있다. 설치 위치에 따라 표 1과 같이 작업 편의를 위해 융착접속형, 커넥터형, 카드형, 셀프형으로 나누어 고려할 수 있다. 커넥터형의 경우 접속은 용이한 반면 접속손실이 융착접속보다 크기 때문에 전송거리 설계시에 커넥터 손실을 고려해야 한다. 만일 개통 담당자와 국에서 광분기함까지의 구간 선로시설을 구축하는 담당자가 분리되어 운용되고, 광분배기가 광분기함에 설치될 경우 국측 코어는 융착접속형, 가입자측 코어 단말은 커넥터형으로 구성하면 융착접속에 따른 작업시간 단축을 통해 설치비용을 절감할 수 있다.

나. 광분기함

광분기함은 전주나 가입자 외벽에 설치하여 광옥외선을 가입자로 공급할 수 있는 일종의 성단용 함체로서 그림 3과 같이 매우 다양한 형태로 구성할 수 있다. 광분기함에서 필요한 구성요소는 국측으로부터 공급되는 광케이블의 고정부, 커넥터 처리된 광심선 저장부, 국측 광케이블측과 광옥외선이 접속되는 어댑터부, 광옥외선

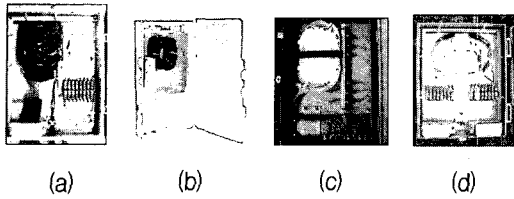


그림 3. 광분기함의 다양한 형태 및 내부구조  
Fig. 3. Several types of optical terminal box.

입출구 및 고정부로 구분될 수 있다. 기본적으로 광분기함은 방수 특성은 불필요하고 방우 특성을 갖추어야 한다. 광분기함은 가입자에게 서비스를 제공함에 있어 선로에서 작업자가 가장 빈번하게 접근하는 시설이기 때문에 다음과 같은 작업성을 고려하여 제작되어야 한다.

- 가입자 수요 및 밀집도, 설치 위치에 따라 적용 가능한 소형부터 32가입자 수용의 다양한 형태
- 최대 32가입자가 분기될 수 있으므로 독립적으로 설치 가능한 광옥외선 입출구 및 고정장치
- 고장 수리 및 전송특성 시험시 광어댁부에서 해당 회선의 탈부착 작업중 타회선에 영향을 미치지 않고 처리할 수 있는 작업 공간 및 작업 용이성
- 국측에서 제공되는 광케이블 인입구 외에 필요시 타 분기함으로 분기할 수 있도록 여분의 광케이블 입출구
- 광분배기를 수용할 수 있는 저장부
- 전주위에 설치 가능한 최적의 크기 및 외관상 미려함 등

다. 광옥외선

광옥외선은 전주나 벽면위의 광분기함으로부터 태내에 이르는 짧은 거리에 사용된다. 광학적 특성이외에 선택의 주요 요소는 현장에서 특별한 공구 없이 신속한 설치가 가능한 구조와 비용이다. 그림 4는 일반적으로 많이 사용되는 가공용 광옥외선이다. 그림 우측의 일자형은 일본에서 주로 사용하고 있으며 크기는 지지선을 포함하여 2x6mm 정도로 매우 가늘고 무게 또한 km 당 20(비금속)~25kg(금속내장)수준으로 매우 경량이다. 그림 4의 좌측 8자형은 일자형보다 방향성이 좋으며, 압축 특성은 일자형보다 불리하다. 내장된 광코어수는 일본의 경우 1코어에서부터 대개 12코어까지 사용하고 있으나 국내의 경우 예비회선을 포함하여 2코어가 주로 사용되고 있다. 그러나 예비회선 활용성이 매우 저조하여 불필요성이 제기 되고 있다. 1코어로 사용할 경

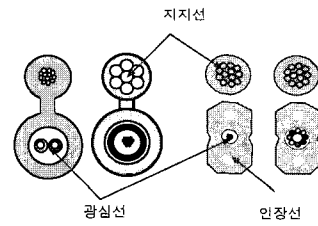


그림 4. 광옥외선의 구조  
Fig. 4. Optical drop cable.

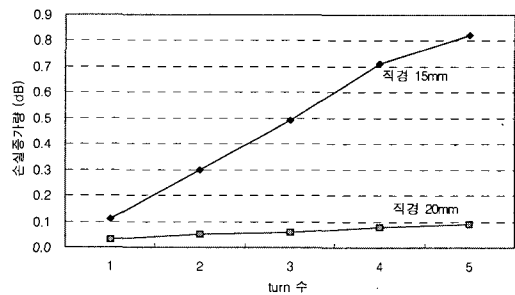


그림 5. 광옥외선의 구부림에 의한 손실증가 변화

Fig. 5. Loss increase by bending radius and turns of optical drop cable.

우 비용절감 요인이 될 수 있다. 국내 제품의 경우 초기에는 일본제품보다 약간 크게 제작되어 무게는 25~40kg/km이었으나 개통작업자의 운용성을 위해 점차 소형 경량화 되고 있다.

광옥외선은 FTTH 서비스를 제공을 위한 핵심적인 자재로서 작업자 수, 작업시간과 밀접하게 연관되어 있다. 따라서 포장단위 무게 및 포장 형태도 이를 고려하여야 한다. 미국제품의 경우 작업시간 단축 및 품질 안정성을 위해 단말에 커넥터가 부착되어 생산되는 광옥외선이 개발되었으며, 이를 이용하기 위해서는 접속함체도 함께 활용되어야 한다.

일반주택지역에서 광옥외선은 가입자의 창틀이나 천공된 벽면을 통해 태내로 인입되고 태내 내부 벽면을 따라 구성하므로 외피의 재질이나 허용곡률반경 특성이 우수할수록 서비스품질의 안정성을 유지할 수 있다. 일본의 경우 일반적으로 최소허용곡률반경이 30mm이지만 열악한 구내 환경에 대응하기 위해 15mm 및 7.5mm 까지 개발하였다. 최근 국내에서도 반경 10mm(직경 20mm)로 1회 감았을 때 구부림 손실이 1625nm에서 0.2dB 이하 특성을 갖는 광섬유를 활용한 옥내케이블이 생산되고 있으며 2006년부터 FTTH 구축에 활용된다.

그림 5는 벤딩강화광섬유를 이용하여 제작된 1코어용 광옥외선을 직경 15mm, 20mm 의 원통에 감아 손실

증가 변화(@1610nm)를 측정한 결과를 보였다. 20mm 직경의 경우 5회 감은 경우에도 0.1dB 이하의 손실특성을 보였고, 직경 15mm 로 감은 경우에는 2배 이상의 손실 증가량을 보였다.

라. 세경광케이블

통신용 케이블을 지하에 설치할 경우 관로내에 설치하게 되는데 FTTH 구축시에는 신규 광케이블을 다수 설치하게 되어 효율적인 관로 사용이 필요하다. 세경광케이블은 관로의 여유율을 고려하고, 이미 케이블이 수용되어 있는 관로를 효과적으로 활용하기 위해 기존 광케이블보다 외경과 무게를 47% 이상 줄인 광케이블이다(그림 6). 최대 60코어를 수용할 수 있고, 직경 7.3mm로서 작은 공간에 케이블을 포설할 수 있다. 세경광케이블은 관로내 여유공간이 최소 15% 이상 되는 경우에 적용이 가능하다. 이미 케이블이 설치되어 있는 관로내 여유공간에 세경광케이블을 설치하기 위해서는 기존에 사용하는 선통대를 사용할 수 있으며 관로내 진입시 선통대가 케이블과 접촉되거나 마찰력으로 진행이 어려운 경우에는 그림 7과 같은 나선형 헤드를 갖는 선통대 및 반대쪽에서 선통대를 걸어 당길 수 있는 패들을 사용할 수 있다.

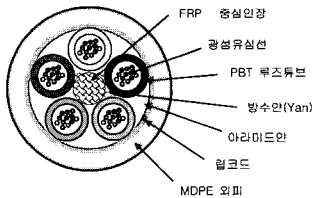
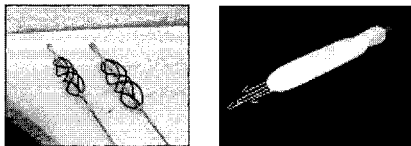


그림 6. 세경 광케이블 구조  
Fig. 6. Micro optical cable.



(a) 나선형헤드 (b) 패들(paddle)

그림 7. 선통을 위한 도구  
Fig. 7. Cabling Tool.

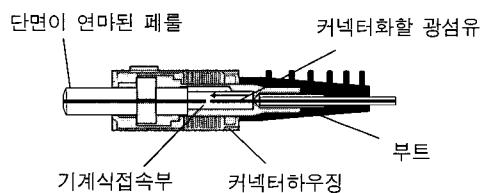


그림 8. 현장조립형 광커넥터 구조  
Fig. 8. SC/PC field assembly optical connector.

마. 현장조립형 광커넥터

현장조립형 광커넥터는 광케이블 성단시 광섬유심선 종단을 직접 광커넥터화 하기 위한 자재로서 용착접속에 따른 작업시간 단축, 성단함내 광점퍼코드의 여장 최소화, 종단에 부착된 광커넥터의 특성 저하시 교체작업의 어려움 등을 해결하는 방법이다. 페룰연마법, 페룰내 기계식접속법, 페룰내 용착 접속법으로 나눌 수 있고 기술 조건으로는 단순한 작업성, 온도도 등 온도환경에 따른 광학적 특성 유지, 접속손실의 안정성 등이 필요하다. SC/PC 형태의 현장조립형광커넥터는 그림 8과 같다.

구조적으로 볼 때 그림 8의 기계식접속부에서 정밀하게 광심선을 상호간 접촉시켜 접속된 상태에서 광학적 특성을 유지시키는 방법, 온도 변화에 따른 광학적 특성 변화를 최소화하고, 부트안에 삽입된 광섬유를 어느 정도 견고하게 고정시키는가 하는 것이 현장조립형 광커넥터의 핵심기술이다.

광심선 고정을 위해 제조사별로 다양한 접속 툴(tool)을 각자 제작해 판매하고 있다. 종류별로는 광심선 외부 타이트버퍼를 압착하여 고정하는 방법과 광심선 자체를 압착하여 고정하는 방법이 사용되기도 하며, 광옥외선 자체와 함께 고정할 수 있는 부분을 포함하는 부품을 갖는 제품도 있다. 고정하는 방법에 따라 툴의 형태가 달라지며, 광심선 자체를 압착하여 고정하는 일본 제품의 경우 별도의 툴 없이 현장조립형광커넥터 본체에 툴이 부착되어 있어 이를 이용하여 간단히 접속 작업 후 툴은 버리는 형태도 있다. 이러한 접속공구 유무는 자재비용과 관계하며, 전주위에서 작업할 경우 작업성과 직접적인 관련이 있다.

III. 결 론

FTTH 구축에 있어 전체 비용의 65%를 차지하는 Outside plant 분야는 품질의 안정과 구축비용의 절감이 주요 이슈사항이다. 본 논문에서는 FTTH 구축비용 분석 및 광분배기, 광분기합, 광옥외선, 세경광케이블, 현장조립형 광커넥터 등 주요 자재를 대상으로 요구되는 기술특성 및 작업성을 고려한 기능성을 분석하였고, 선로 구축비용 절감과 품질 확보 측면에서 다루어 보았다. 2005년부터 KT를 중심으로 본격 사업이 시작된 FTTH는 단순한 인터넷서비스 이외에 IPTV 등 고성능 품질을 요구하는 서비스를 목적으로 하고 있어, 안정적인 품질을 확보해야 하며, 높은 투자비가 국외에서

도 이슈가 되고 있으므로 지속적인 비용절감을 위한 기술개발이 필요하다. 따라서 이미 구축된 시설에 대한 피드백과 통신사업자와 제조사가 연계된 기술개발은 FTTH 사업 활성화의 초석이 될 것이다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T L.52, Deployment of Passive Optical Networks(PON), 2003.  
 [2] 한국전자통신연구원, 제2회 광가입자망 기술 워크샵, 2003.5.28~5.29  
 [3] 한국통신학회, FTTH 워크샵, 2003.8.27~28

[4] 한국전자통신연구원, 제3회 광통신부품기술 워크샵, 2003.10.23~10.24  
 [5] 한국통신학회, 광인터넷포럼, 광인터넷워크샵 2004.  
 [6] 한국정보통신설비학회 2005년도 춘계세미나, FTTH 기술현황과 활성화 전략, 2005. 6. 2  
 [7] Carol wilson, "U. S. FTTx future still a gamble," Telephony; pp. 26~31, Feb 6, 2006.  
 [8] Andre Girard, "Passive Optical networks - Critical Issues Related to Technology and Testing," FTTH 2004 Conference & EXPO.  
 [9] The Latest Fiber-Optic Cables and Trends in Connection Technologies, 5th Fiber Optics Expo 2005.  
 [10] Michael Kunigonis, "The Economics of Fiber to the Home," FTTHC AP Conference, Jun. 2005.

저 자 소 개



오 호 석(정회원)  
 1991년 충남대학교 전자공학과  
 학사 졸업  
 1993년 충남대학교 전자공학과  
 석사 졸업  
 1993년~현재 KT R&D 부문

<주관심분야 : FTTH, EMI/EMC, OSP>



최 영 복(정회원)  
 1991년 광운대학교 전자재료공학과  
 학사 졸업  
 1993년 광운대학교 전자재료공학과  
 석사 졸업  
 1999년 광운대학교 전자재료공학과  
 박사 졸업

1993년~현재 KT R&D 부문

<주관심분야 : 광통신시스템, 광통신부품>



이 원 형(정회원)  
 1998년 대전산업대학교 회계학과  
 학사 졸업  
 1997년~2003년 7월 충남본부  
 공주전화국  
 2003년 7월~현재 KT R&D 부문  
 <주관심분야 : 선로설계, FTTH>



김 보 겐(정회원)  
 1988년 동아대학교 학사 졸업  
 1989년~1996년 KT 수영전화국  
 1992년~1994년 ETRI 전송방식  
 연구실 파견  
 2003년~2004년 KT-고대 MBA  
 2005년~현재 충남대학교 정보  
 통신공학과 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 박사 졸업  
 1985년~현재 KT R&D 부문

<주관심분야 : FTTH, OSP, U-City>