

## FTTC용 광동복합케이블

박성열\*, 손민\*, 홍상기\*  
 \*LG전선 광기술개발팀 \*KT 운용시스템연구소 Outside Plant팀

### Hybrid Fiber/Copper Cable for FTTC

Sungyul Park\*, Min Son\*, Sangki Hong\*  
 \*LG Cable Optical Cable Technology Team, \*Korea Telecom Operations Support System Laboratory Outside Plant Team

**Abstract** - 본 논문은 FTTC용 공유급전시스템을 구성하기 위한 광동복합케이블 연구에 관련한 것이다. 광섬유 및 구리 도체를 하나의 케이블에 포함한 복합케이블은 공유급전 시스템에서 포설 비용 절감 및 서비스의 운용 및 유지 보수의 효율 향상을 가능하게 한다. KT 운용시스템연구소의 공유급전 시스템 구성에 따라서 세 가지 type의 광동복합 케이블을 설계하였다. 구리 도체로는 200Vdc 출력 전력을 최대 500m까지 급전을 지원하는 0.65mm 직경의 구리 도체가 선정되었으며 KT 규격을 만족하는 일반 단일모드 광섬유가 적용되었다. 케이블 구조는 다심화에 유리하고 중간분기가 용이한 loose tube형 구조를 채택하였으며, 다심 케이블에서는 stranding된 3층의 집합 코어를 가지도록 설계하였다. 다심의 광동복합케이블은 32심 광섬유와 18페어(pair)의 동선을 실장하여, 두 조의 케이블로 32개의 ONU의 광신호 전송 및 전력 공급이 가능하도록 하였다. 또한 포설 및 중간 분기 작업시 광섬유로의 접근이 용이하게 하기 위해 광섬유 튜브를 최외층에 배치하였다. 복합케이블은 상용 loose tube형 광케이블과 동일한 공정으로 제작되었으며, 기계적 및 환경적 특성에서 KT 규격을 만족하는 것을 확인하였다.

## 1. 서 론

인터넷 트래픽의 폭증과 경쟁 심화로 경쟁 심화로 초고속 액세스망의 중요성이 증대되고 있으며 다양한 가입자망 구축 방안이 검토되고 있다. KT 경우 ADSL 서비스 확산에 따른 급증에 따라, 수요밀집 지역인 아파트 지역의 FTTC(Fiber To The Curb)망은 성숙단계에 접어들었으며, 현재 일반 주거지역의 FTTC 구축을 위해 B-PON(Broad-Passive Optical Network) 시스템이 개발 중이다. PON을 전주형의 소형 ONU(Optical Network Unit)로 구축하기 위해서는 공유급전이 가장 적합한 급전 방식이다. 소형 ONU를 위한 공유급전은 백업 배터리를 각각의 ONU에 실장하지 않고 별도의 파워노드에 실장함으로써 ONU의 설치문제를 해결하고 유지보수, 관리상에 있어 지역급전에 비해 장점을 가진다.<sup>[1]</sup>

공유급전을 위해서는 광케이블 이외에 별도의 전력 공급용 동선 포설이 필요하다. 복합케이블은 하나의 케이블로 광전송과 급전을 동시에 제공하기 때문에 케이블링 비용과 케이블 포설 공사가 절감되며, 시스템 운영, 관리를 효율적으로 할 수 있다. 본 연구에서는 KT의 일반 주거지역의 FTTC 서비스용 공유급전시스템에 적합한 광동복합케이블을 설계 및 제작하고, 복합케이블의 광학적/전기적 특성 및 기계/환경적 특성을 평가하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 공유급전시스템의 요구 사항

현재 개발 중인 소형 ONU를 사용하는 B-PON 시스템을 위한 공유급전시스템은 한 Power supply에서 광동복합케이블을 통해 32개의 ONU에 DC 200V의 전력을 최대

500m까지 전송할 수 있어야 한다. 광동복합케이블은 광신호 전달과 전력전달 역할을 동시에 수용하여야 하며 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

광케이블 측면에서는 복합케이블은 32개의 ONU에 광신호와 전력을 공급할 수 있도록 다심의 광섬유와 다페어의 동선을 적정 외경 내에서 실장할 수 있어야 한다. 복합케이블의 분기가 빈번하게 발생하는 시스템 특성상 광섬유 및 동선의 중간분기가 편리한 구조를 가져야 한다. 다심 구조에는 stranding된 동선에 의해 발생하는 stress로 광학 특성이 저하가 없어야 하며, 기존 상용 광케이블과 동등 수준의 광학적 특성을 가져야 한다.

동케이블 측면에서는 200Vdc의 전력을 최대 500m까지 전송할 수 있는 전송 능력을 갖추어야 하며, 전력 공급시 동선에서 발생하는 열에 의해 케이블의 다른 구성 요소에 손상을 주지 않아야 한다. 또한 동케이블의 전력이 통신 시스템에 누전되지 않도록 고려되어야 한다.

### 2.2 광동복합케이블 설계

광동복합케이블은 동일 케이블 내에 통신용의 광섬유와 구리선을 배열한 케이블로서, 광섬유특성 및 구리선의 전기적 특성을 동시에 만족하며, 포설, 중간 분기 등의 사용성이 편리한 구조를 설계하는 것이 중요하다.

#### 2.2.1 심선 체계

광동복합케이블은 PON망에 적용하기 위해 만들어진 케이블이다. 따라서 가입자 구조는 케이블의 심선수에 상당한 영향을 미치며, 이는 전송시스템이 요구하는 사양에 따라 변화될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 가입자망의 구조가 그림 1과 같을 때를 고려하여 광간선망으로부터 빠져나온 광케이블이 광분배점에서 광스플리터를 만나고 이 지점에서 종말 ONU까지 본 케이블이 적용되는 것을 가정하였다.

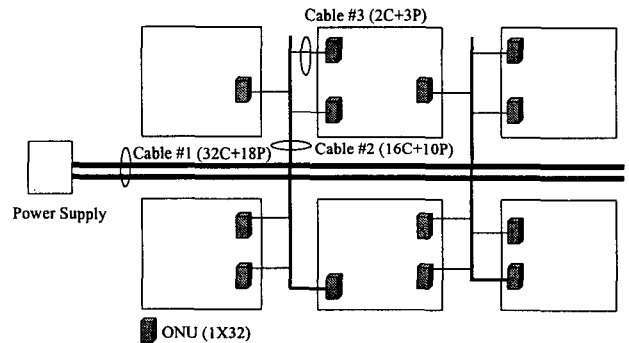


그림 1. 가입자망의 배선구조

그림에서 보는 바와 같이 두 조의 케이블이 32개의 ONU를 공유하며, 하나의 ONU에 2심의 광섬유와 한 쌍의 동선이 제공하는 하는 것을 생각할 때 주배선용 케이블은 32심의 광섬유와 예비 동선 2페어를 포함한 18페어의 동선이

기본 심선 체계를 가진다. 주거지역에 있는 ONU에 최종적으로 인입되는 Drop 케이블은 2심의 광섬유와 예비 동선 1페어, ONU 감시용 동선 1페어를 포함한 3페어의 동선을 가지는 체계가 된다. 같은 방식으로 16심과 광섬유와 10페어 동선 체계의 보조배선용 케이블을 설계할 수 있다.

### 2.2.2 케이블 코어 구조

북미 지역에서 사용되고 있는 FTTC용 광동복합케이블은 0.9mm 외경의 19AWG 또는 0.65mm 외경의 22AWG의 구리 도체를 적용하고 있으며, 전체 케이블 구조에 있어서는 광섬유를 포함한 Central Tube 위에 전선선이 집합된 구조를 주로 적용하고 있다.<sup>[1],[2]</sup> 그러나 Central Tube 구조는 12심이하의 소심 구조에 알맞은 구조로써 최대 32심의 비교적 다심의 광섬유가 실장되는 케이블 구조로는 적합하지 않다. 특히 중간 분기시 분기할 수 있는 광섬유의 접속 여장이 부족하므로 잦은 중간 분기가 요구되는 복합케이블의 특성에 맞지 않다. 다심의 광섬유를 포함하기 위하여 다수의 광섬유 튜브가 중심 인장선 주위로 stranded 된 loose tube형 광섬유 케이블과 전력 공급용 동선을 다시 stranding한 구조의 복합케이블이 있다.<sup>[3]</sup> 그러나 이러한 구조에서는 외경 증가에 의해 다수의 동선 실장이 어렵다. 본 연구에서 다심 광동복합 케이블은 광섬유를 포함한 루스 튜브와 동선을 중심인장선 주위로 다층으로 stranding하는 구조를 적용하였다. 중간 분기가 용이하기 위해서는 광섬유 튜브 및 동선의 Helical 집합부와 반전부(Reverse Part)가 교대로 배치되는 것이 유리하다. 그러나 반전부의 동선의 탄성 복원력에 의해 케이블이 길이방향으로 비틀려지는 snaking을 방지하기 위해서는 helical 집합부의 길이비가 증가해야 한다. 본 연구에서는 중간 분기 특성과 snaking을 모두 고려하여 Helical 집합부와 반전부(Reverse Part)의 비가 3:1이 되도록 설정하였다. 기존 Central tube형의 복합케이블은 단말 또는 중간분기 작업시 필요한 광섬유에 접근하기 위해서 외부에 집합된 동선 층을 해제해야 한다. 본 복합케이블은 광섬유 튜브를 코어의 최외층에 배치함으로써 동선 층의 해제작업 없이 필요한 광섬유에 접근할 수 있어 작업 효율성이 증가되었으며, 집합된 동선에 의한 광섬유 튜브의 스트레스를 감소시켰다. 중심인장선의 동선을 통해 흐르는 전력이 광시스템에 영향을 주지 않도록 비금속 재료인 유리강화플라스틱(FRP)을 적용하였다. 튜브 사이의 접속 작업의 효율성 향상을 위해 초흡습성 폴리머(SAP: Super Absorbent Polymer)를 포함하는 방수사 및 방수 테이프를 이용한 Dry 케이블로 설계하였다.

### 2.2.3 광섬유 및 동선 설계

광섬유는 멀티모드 광섬유(Multi Mode fiber)에 비해 장거리 전송에 적합하며, 기존 포설된 통신용 케이블과 동일한 한 단일모드 광섬유(Single Mode Fiber) 사용하였다. 0.65mm 이상의 동선은 출력 전압 200Vdc를 500m 전송하는데 가능한 것으로 분석되었다. 그런데 동선의 직경이 커질수록 케이블에서의 전송손실은 줄어들지만 전체 케이블 직경이 늘어나게 된다. 또한 동선의 심선수가 최대 18페어로 0.9mm 이상의 동선을 사용하는 경우 매우 Stiff해져서 작업성이 떨어지게 된다. 따라서 0.65mm의 동선을 사용하는 것으로 설계하였다. 요구되는 동선의 저항치는 현재 KT의 규격을 따라서 56.5Ω/km 이하로 하였다. 동선은 KSC 3330의 제어용 폴리에틸렌 절연 비닐 시스 케이블(CEV) 규격에 따라 0.8mm 두께의 절연용 폴리에틸렌으로 피복되었다. 광섬유 튜브는 피복된 동선과 같은 외경인 2.25mm의 PBT 재질로 제조한다. Stranded된 동선에 의한 stress 및 케이블 외부로부터의 충격에 의한 튜브 변형을 방지하기 위해서는 튜브의 두께 증가가 필요하며, 반대로 온도 변화와 포설 인장력을 견디는 tensile window 특성을 높이기 위해서는 튜브 두께를 줄이고 내경을 증가시키는 것이 필요하다.

다. 본 연구에서는 두 가지 특성을 동시에 고려하여 광섬유 튜브의 내경은 1.4mm로 결정하였다.

### 2.3 광동복합케이블 제조

복합케이블은 상용 loose tube형 광케이블과 동일한 조건으로 제조되었다. 광유닛 튜브는 비금속의 중심인장선 주위로 stranding되었다. 광섬유 튜브와 동선은 스트랜딩 과정에서 예정된 helical 집합부와 반전부의 비를 가지게 된다. 이렇게 제작된 코어 외부에 외부 인장선과 폴리에틸렌 외부 피복을 적용했다, 실제 제작된 케이블은 그림 2와 같은 구조를 가진다.

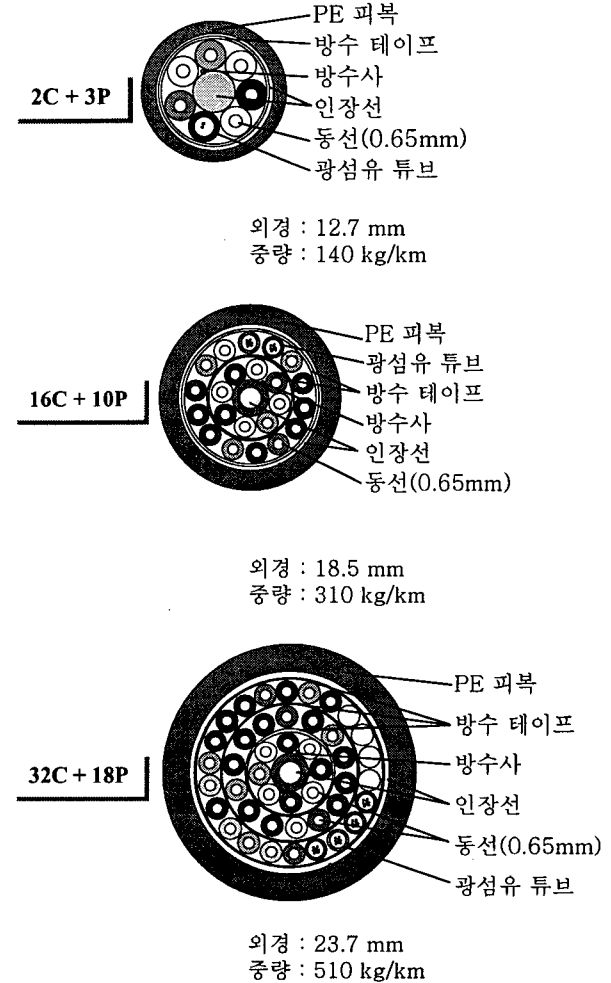


그림 2. 광동복합케이블 구조도

### 2.4 제작 결과

제작의 복합케이블은 광학 손실은 1310nm 파장에서 0.35 dB/km 이하, 1550nm에서 0.21 dB/km 이하의 양호한 특성을 보였다. 구리선의 도체 저항은 평균 52.3 Ω/km 이하, 최대 52.8 Ω/km이며, 절연저항은 240,000 MΩ.km 이상으로 측정되었다. 절연내력 특성은 DC 2200V/1분의 시험에서 안정적인 결과를 보였다.

케이블링중의 광학 손실 변화량을 측정된 결과 복합케이블은 그림 3과 같이 제조 공정중의 안정적인 광학 손실 수준을 나타내었다.

[참 고 문 헌]

[1] Kevin L. Strause, "An Improved Network Development Strategy for FTTC", *National Fiber Optic Engineers Conference*, pp. 237-245, 1998  
 [2] John Heery, Mike Gimblet, James Register, "Development and Application of a Composite Fiber/copper Cable with Remote Powering Capabilities", *International Wire & Cable Symposium*, 48th, pp. 755-763, 1999  
 [3] Marta Garcia, Carlos G. Cortines, Francisco J. Saez, "Hybrid Cables for Telecommunications and Power Feeding into the Access Network", *International Wire & Cable Symposium*, 49th, pp. 13-20, 2000

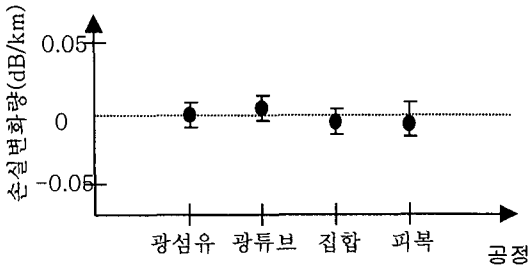


그림 3. 제조 공정중의 광학 손실 변화

복합케이블의 굴곡, 충격, 압축, 비틀림 등의 기계적인 외부 부하에 의한 특성의 변화 가능성을 KT 광섬유케이블 (장파장) 규격에 따라서 시험하였으며 결과는 표 1에서 보이는 것과 같이 상용 루스튜브형 케이블과 동일한 수준의 특성 값으로 확인되었다.

표 1. 복합케이블의 기계적인 특성

시험 항목	시험 조건	시험 결과 (손실 변화)
인장강도	2C+3P: 270kg 16C+10P: 310kg 32C+18P: 510kg	0.01dB 이하
굴곡 특성	20DX±180°X5회	0.0 dB
압축 특성	100kg/50mmX5분	0.0 dB
비틀림 특성	±180°X10회	0.0 dB
충격특성	1kg X 1m X10회	0.0 dB

포설후 운용중의 온도에 의한 영향을 고려하여 -30℃에서 +60℃의 온도 변화를 2 사이클을 가하는 조건하에서 광 특성이 안정적으로 유지되는지를 측정하였다. 그림 4와 같이 광학 손실 변화는 0.08 dB/km 이하로 안정적인 온도 특성을 확인하였다.

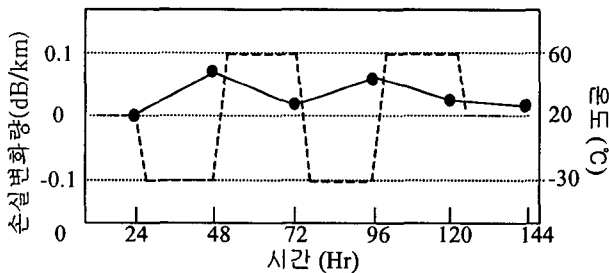


그림 3. 복합케이블의 온도주기 특성

3. 결 론

일반 주거지역의 FTTC 서비스를 위한 공유급전시스템 구성에 필요한 광동복합케이블을 설계, 제작하여 그 특성을 평가하였다. 최대 광섬유 32심, 동선 18페어를 실장한 다심의 복합케이블을 통해 하나의 Power supply에서 500m 범위내의 32개의 ONU에 전력을 공급하는 공유급전시스템을 효율적으로 지원할 수 있다. 또한 본 복합케이블은 광섬유 접근에 유리한 구조를 가지므로 중간 분기 작업 시간을 단축하는 효과를 줄 것으로 기대된다. 현재 복합케이블의 외경 축소를 위한 연구가 추가로 진행 중이다.