

## 일반주거지역의 FTTC 구축을 위한 공유급전 시스템

홍상기, 하중영, 신기수  
KT 운용시스템연구소 Outside Plant팀

### Shared Powering System for FTTC deployment

Sangki Hong, Joung Young Ha and Key Soo Shin  
Outside Plant team, Operations Support System Lab., KT

**Abstract** - 일반주거지역의 FTTC 구축을 위해 ONU의 설치를 위한 옥외형 캐비닛이 요구되며, 이에 따른 설치공간 확보와 효율적인 전원공급 문제가 주요 이슈로 대두되고 있다. 본 논문에서는 수용 가입자 수가 대략 30회선 정도이며 전주나 벽면에 설치되는 PON 방식의 소형 ONU를 위한 전원공급 해결안으로 공유급전방안과 개발된 각각의 구성요소(광동복합케이블, 전원시스템, 파워노드 캐비닛, 파워노드 감시시스템)에 대해 서술하였다.

#### 1. 서 론

한국의 초고속 인터넷 가입자는 지속적으로 증가하여 연말까지 1000만 가입자를 예상하고 있다. 하지만 ADSL의 경우, 대부분의 일반주거지역은 국사에 DSLAM이 설치되고 가입자 태내까지 동선을 통해 서비스가 제공되고 있어 전송속도 및 품질에 한계가 있다. 이에 일반주거지역을 위한 광가입자망(FTTC-R, Fiber To The Curb for Residential area) 구축이 진행되고 있으며 전송장비를 위한 옥외구조물의 개발과 설치문제, 적절한 급전문제는 FTTC-R를 위해 선결되어야 할 문제다. 동선수용회선이 수백회선 이상인 경우, 일반적인 지역급전방안이 적합하지만 전주나 벽면 등에 설치되는 30회선 정도의 소용량 ONU를 위한 급전방안으로는 적합하지 않다. 소형 ONU의 경우, 일반적으로 전주에 설치되는 것을 고려하며 이를 위해 부피 최소화가 필수적으로 요구된다. 지역급전을 적용한다면, 각각의 ONU에 백업용 배터리를 실장하여야 하기 때문에 부피, 무게가 증가하며 설치에 많은 문제점을 가지고 있다. 또한 배터리가 모든 ONU에 분산, 설치되므로 유지보수에 어려움이 존재한다.

따라서 이러한 소형ONU를 위한 급전방안으로 공유급전을 제시하였다. 본 공유급전시스템은 전주 등에 설치되는 수용회선이 작은, 수동형 광가입자망(PON, Passive Optical Network) ONU를 위한 최적의 급전방안을 제공한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 전원공급 개요

가입자에게 옥외에 설치되는 전송장비를 위한 급전방안은 크게 중앙급전, 지역급전, 원격급전으로 나눌 수 있다.

중앙급전에서의 ONU(Optical Network Unit)는 CO(Central Office)에서 직접 전원을 공급받는다. 이러한 방안은 급전거리와 ONU의 소요전력을 고려하는 경우, Broadband 서비스를 위한 광가입자망에는 적합하지 않다.

지역급전은 기존의 빌딩, 아파트 등의 광화를 위해 적용되는 방안이며 현재 가장 많이 사용되고 있다. 모든

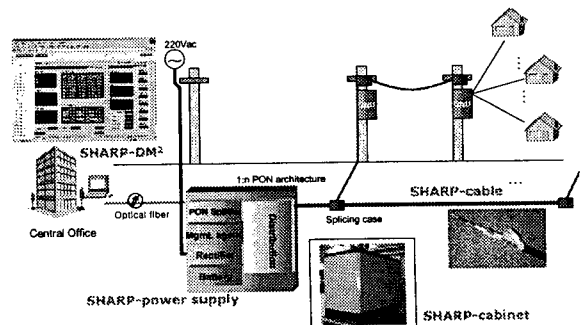
ONU가 개별적으로 독립된 전력원에 연결되며, 시스템의 용량이 큰 경우에 적합한 방안이다.

마지막으로 원격(remote)급전은 별도의 파워노드에서 여러 개의 ONU에 전력을 공급하는 방식이다. 중앙급전과 비교하여 파워노드와 ONU 사이의 급전거리는 수십~수백미터 이내로, 원하는 전력을 공급하는 데에 기술적으로 문제가 없으나, 이러한 원격급전을 위해서는 광케이블 이외에 별도의 전력공급용 동선을 포설해야 한다. 이를 위해 광코어와 동선이 하나의 케이블로 이루어진 광동복합케이블을 사용하여 전원망을 구성하는 것을 공유급전(shared powering)이라고 한다. 운영비용, 설치문제 등을 고려하는 경우 공유급전은 소용량 ONU(전주나 벽면형 ONU)를 위한 가장 적합한 방안으로 여겨진다.

본 공유급전시스템은 한 곳의 파워노드에서 대용량 정류시스템을 통해 다수(최대 32개)의 ONU에 전원을 공급하며 각각의 ONU에는 정류부와 백업 배터리를 설치하지 않는다. 따라서 ONU의 크기를 줄일 수 있어 설치문제를 해결하였으며, 효율적이고 경제적인 감시, 관리의 특징을 갖는다. 또한 파워노드에서 각각의 ONU까지 광동복합케이블을 통해 광신호와 전원이 동시에 공급되므로 선로포설 비용을 줄일 수 있는 장점을 갖는다.

##### 2.2 The Sharp-System

Sharp-System은 공유급전시스템(SHARED Powering-System, #-system)을 나타내며 그림 1에 구성도를 나타내었다. #-power supply는 최대 32개의 ONU에 DC 전원을 공급하는 정류기이며, #-cabinet은 이를 위한 옥외구조물이다. #-cabinet에는 전원부와 PON 스플리터, 환경감시반, 케이블 성단부, 백업배터리가 실장된다. #-cable은 신호전송을 위한 광케이블과 전력전송을 위한 동선이 함께 집합된 광동복합케이블을 뜻한다. CO(Central Office)로부터의 광신호는 광간선망으로부터 #-cabinet으로 인입된다. 인입된 광신호는 PON 스플리터를 통과, 분기되어 #-cable을 통해 각각의 ONU로 전송된다. 또한 상용전원을 입력받아서 정류시키고 #-cable을 통해 각각의 ONU로 전달된다.



〈그림 1〉 공유급전시스템 구성

### 2.2.1 The #-power supply

#-power supply는 상용전원을 정류하여 최대 32개의 ONU에 전원을 공급하며 공급된 DC 전원은 각각의 ONU 내부 DC/DC 컨버터를 통해 ONU 동작전압으로 변환된다.

ONU 소모전력, 급전거리, 케이블 직경 등을 고려하여 전원부 설계가 이루어졌으며, 2.5kW의 정류모듈 4개로 구성되었다. 고압, 대용량화를 위해 기존에 사용되는 파워릿나 푸시풀과 같은 소모량 저전압 구현회로 대신 폴브릿지 방식을 이용하여 출력의 고압, 대용량을 구현하였다. 또한 상용전원을 입전하여 구동되는 장치인 것을 감안하여, 사용전원의 소모효율을 최대한 낮추어 입전 선로의 간소화를 유도하여야 한다. 이는 역율로 표현될 수 있는데, 역율을 보상하기 위하여 사용되는 정전용량 보상체(Condenser-bank)는 현재의 용량을 감당하기에 크기가 비현실적으로 증가하므로 PFC(Power Factor Collection)회로를 사용하였다.

개발된 전원부의 스펙은 아래와 같다.

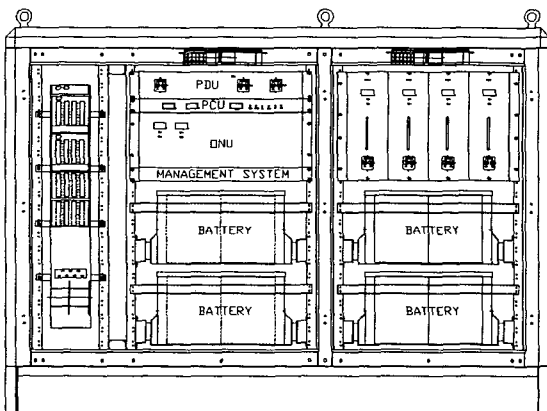
- 정격입력전압: 220Vac, single phase
- 최대 출력 전류: 50A (10kW@200Vdc)
- 입력전압주파수: 47~63Hz
- 정격출력전압: 200Vdc, CVF type, 32 channel
- 보호회로: 과전압, 과전류, 배터리 과충전 보호
- n+1 병렬 운용
- 백업: 3시간

### 2.2.2 The #-cabinet

Power Node를 위한 #-cabinet의 크기는 내부 장착 시스템(전원장치 장착부, 광성단부, 백업 배터리 수용부)의 접근성과 시스템 내의 열방출 능력이 지배적인 요인으로 작용하였다. 이와 같은 점을 고려하여 루프와 베이스의 높이를 포함한 1.2m의 높이를 확정된 상태에서 캐비닛 너비의 신장을 통해 배터리 수용부를 캐비닛 내부에 포함시켰으며, 2층 적재를 통해 총 4개의 배터리 장착부를 확보할 수 있었다.

상기의 모든 필요조건을 만족하는 캐비닛 크기는 다음과 같이 결정되었다.

- 외부 합체 크기 : H1252×W1750×D945
- 내부 합체 크기 : H1040×W1680×D845

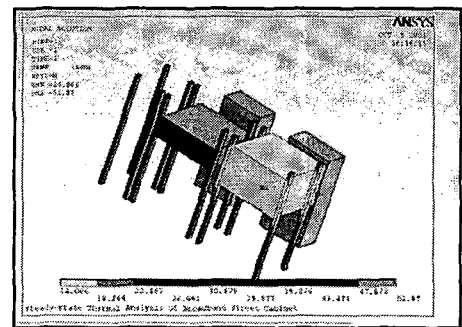
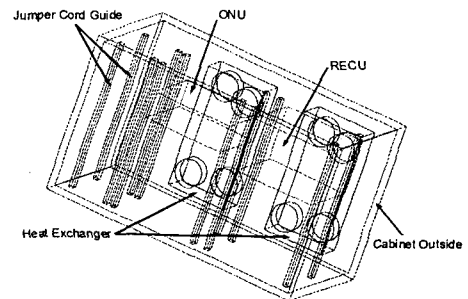


<그림 2> #-cabinet 내부 레이아웃

본 캐비닛은 외부온도 -30℃ ~ 45℃의 온도범위 내에서 정상적인 작동을 할 수 있도록 설계하였다. 캐비닛 내부의 주요발열부는 2.5kW 정류모듈이며 최대 2kW의 열이 발생하므로 이를 위한 발열대책이 필수적으로 요구되었다. 이를 위하여 알루미늄 박막 FIN을 좁은 간

극으로 유지시켜 모든 phase의 유체 간 열전달 능력이 우수한 1,200W급 열교환기 2기를 설치하였다. 1,200W급 열교환기는 H878×W415×D150의 규격으로 정류기의 효과적인 냉각을 위하여 후면 도어에 설치하였다. 열교환기 내부의 열교환시 이물질의 침입을 막기 위하여 내기와 외기가 혼합되지 않는 구조를 사용하였다. 그리고 열교환기의 효과적인 운용을 위하여 열교환기 내부 시스템을 사용하여 톨바이오스를 교체함으로써 사용자가 운용환경을 조절할 수 있는 컨트롤러를 포함하였다.

캐비닛 내부의 열방출 능력을 검토하기 위하여 유한요소해석 프로그램을 사용하여 열해석을 수행하였다. 열해석을 수행한 결과 여름철에는 최대 52℃, 겨울철 최대 12℃로 외부 운용 시 충분한 냉각 용량을 가지는 것을 확인하였다.



<그림 3> 캐비닛 내부의 수학적 모델 및 전체적인 온도 분포 (여름철)

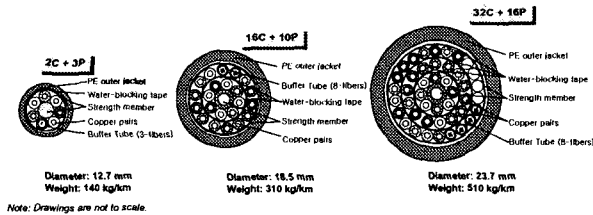
### 2.2.3 The #-cable

#-cable은 광동복합케이블로서 동일 케이블 내에 통신용의 광섬유와 급전용 동선을 배열한 케이블이며 광섬유 특성 및 구리선의 전기적 특성을 동시에 만족하며, 포설, 중간 분기 등의 사용성이 편리한 구조를 설계하는 것이 중요하다.

가입자망의 구조 분석 결과, 주배선용, 보조배선용, drop용의 세 가지 종류의 복합케이블을 개발하였다. 각각의 심선 체계는 광심선 32 코어와 동선 18 페어 (32C+18P), 16C+10P, 2C+3P로 구성되었다.

기존의 구조는 다심 광섬유 케이블에 적합하지 않으며, 특히 중간 분기시 분기할 수 있는 광섬유의 접속 여장이 부족하므로 잦은 중간 분기가 요구되는 복합케이블의 특성에 맞지 않다. 따라서 본 복합케이블은 다심에 적합한 루스 튜브 구조를 적용하였으며, 특별히 중간 분기성 향상을 위해서 Helical 집합부와 반전부(Reverse Part)가 교대로 배치되도록 설계되었다. 본 케이블 구조에서는 튜브에 가해지는 stress와, Helical Part와 Reverse Part의 비율 변화로 인한 인

장 온도 특성이 특별히 고려되었으며, 이를 반영한 광동 복합케이블의 단면도는 <그림 4>과 같다.



<그림 4> #-cable 단면 구조

광섬유 튜브를 집합층의 최외층에 배열시켜서, 구리선에 의한 튜브 stress를 최소화하였으며, 기존 제품에서 나타난 중간 분기 작업 시에 필요한 광섬유에 접근하기 위해 구리선층의 해체/재배열해야 하는 작업상의 불편함을 해소하였다. 광섬유 튜브는 피복된 구리선과 같은 외경인 2.25mm의 PBT 재질로 제조되었으며, 이때 광섬유 튜브의 두께는 인장, 온도 특성에 유리한 Tensile Window 특성과, 외부로부터의 기계적인 Stress를 견디는 기계적 강도를 동시에 고려하여 광섬유 Reverse Oscillation(반전부)에서의 전원선의 탄성 복원력에 의한 케이블 Snaking 현상을 줄이기 위해 Helical 집합부와 Reverse Oscillation부의 비를 3:1로 설정하였다. 잦은 분기 작업이 요구되는 점을 감안하여, 케이블 코어는 Jelly 대신 흡습성 폴리머(SAP: Super Absorbent Polymer) 재료를 방수재로 사용하는 Dry 구조를 채택하였다. 광케이블의 인장 강도 설계는 GR-20-CORE 270kg 또는 케이블 1km 중량의 1배 중 큰 중량을 적용하였다. 케이블 온도 설계는 KT 광케이블 규격의 관로용 케이블 기준인 -30℃~70℃ 기준으로 설계하였다.

케이블링후 완제품에서의 광섬유 손실특성은 1310nm 파장에서 0.35dB/km 이하, 1550nm에서 0.21dB/km로 양호한 특성을 보였으며, 구리선의 도체 저항은 평균 52.3Ω/km 이하, 최대 52.8Ω/km로 양호한 특성을 보였다. 기계/환경 시험결과는 <표 1>에 나타내었다.

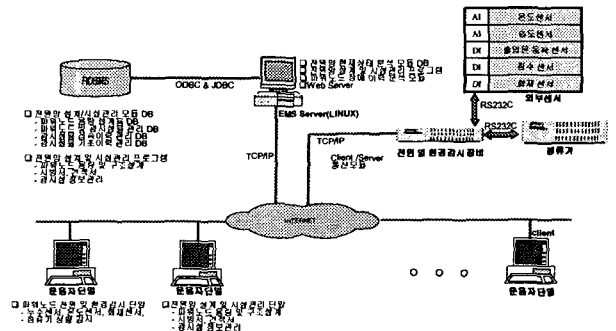
<표 1> #-cable의 기계/환경시험 결과

시험항목	시험방법	시험결과 (손실변화)
인장 강도	2C+3P: 270kg 16C+10P: 310kg 32C+18P: 510kg	손실변화: 0.01dB 이하
굴곡 특성	20D × 180도 × 5회	손실변화: 0.0dB
압축 특성	100kg/50mm × 5분	손실변화: 0.0dB
비틀림 특성	±180도 × 10회	손실변화: 0.0dB
충격 특성	1kg × 1m × 10회	손실변화: 0.0dB
온도 특성	-30℃, 60℃ 24시간 2Cycle	손실변화 -과정중: 0.08dB/km 이하 -과정후: 0.02dB/km 이하

### 2.2.4 The #-DM<sup>2</sup>

공유급전에서 Power Node는 최대 32개의 ONU에 전원을 공급하기 때문에 한 곳의 Power Node에 수용된 가입자의 수는 30 가입자용 ONU를 고려할 경우 960 가입자로 기존의 전송장비의 용량보다 크며 따라서 Power Node의 전원 감시, 내부 환경 감시는 원활한 서비스 제공을 위한 필수 조건이다. ONU 내부의 정보는 전송시스템에서 수집되어 EMS (Element Management System)에서 관리되지만 Power Node의 감시정보가 전송시스템의 EMS에서 관리되기 위해서는 별도의 감시방안이 요구된다.

DM<sup>2</sup>는 설계(Design), 시설관리(Management), 환경감시(Monitoring)를 나타내며 공유급전 방식에 적합한 감시기술 및 전원망 설계, 시설관리 기능을 가지는 종합적인 공유급전 종합관리 시스템이다. 본 시스템은 Web기반 하에서 구축된 Power Node 전원 및 환경감시 제어를 위해 EMS(Element Management System) 서버 내에 감시데이터를 축적하여 원격지에서 운용상황을 감시하고, 시각화 되어있는 실측도면상에서 Power Node를 포함한 광선로망의 구성내역 설계 및 관리작업을 수행하게 된다.



<그림 5> 공유급전 종합관리시스템(#-DM<sup>2</sup>) 구성

공유급전 종합관리 시스템(SHARP DM2)은 공유급전방식에 근거하여 Power Node의 전원 및 환경감시를 제어할 목적으로 설계/제작되었으며, 리눅스를 기반으로 한 Web서버, 원격감시 웹 프로그램, 전원망 설계/시설관리 프로그램으로 구성되어 있다.

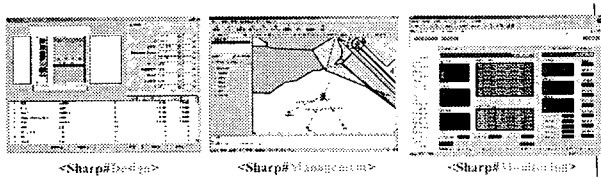
전원망 감시프로그램은 클라이언트(Client)소프트웨어가 Java로 구현되어 있어 별도의 프로그램 설치 없이 일반 웹 브라우저(Internet Explorer, Netscape 등)를 통해 원격지의 국사에서 감시가 가능하며, Tftp프로토콜을 이용한 소프트웨어 업그레이드를 지원한다. 또한 설치된 Power Node를 하나의 Element(작업요소)로 간주하여 독립적으로 각 장치를 운영할 수 있으며, 전국에 다수의 Power Node가 설치되어 통합관리가 필요할 경우에는 EMS를 구성하여 중앙집중 형식으로 각개의 Element를 관리해 주게 된다.

전원망 설계/시설관리 프로그램은 Image Mapping (전국을 축척비율에 따라 동일한 크기로 자르고, 특정지역을 호출하면 해당지역에 속해있는 조각이미지를 조합하여 조각퍼즐로 붙이듯이 필요한 지형을 형성하는 방법)기법에 의한 Image Map-Engine을 탑재하여 기본적인 지형 Layer를 형성하고, 지형 Layer위에 시설물 Layer 및 케이블Layer를 중첩, 관리하여 전원망을 구성하며, 인입 및 배선케이블 정보 및 구성요소 간 연결 정보, Power Node 내부의 각 구성요소에 대한 관리정보를 제공한다. 또한, 기본 설계요소의 입력에 따라 Power Node의 설계가 자동으로 이루어지며, 기 입력된 각종 망구성 장비와 자재정보(정류기, 배터리, 케이블, 접속함체, 스플리터 등) 및 가격정보를 통해 전원망 설계에 따른 견적서, 시방서가 산출된다.

전원망 시설관리 프로그램은 부팅과 동시에 Image Map-Engine이 기초 Image Map Layer를 생성하고, 데이터베이스로부터 이미 등록된 시설물 및 케이블 객체를 요구하며, 검색된 시설물 Layer 및 케이블 Layer를 기존의 Image Map Layer에 중첩시켜 객체로서 관리한다. 또한 운용자의 요구에 따라 새로운 시설물 Layer 및 케이블 Layer를 업데이트 및 생성 혹은 삭제하게 된다.

전원망 시설관리 프로그램을 관리하는 모듈은 크게 접속점 내 광케이블 접속/해제를 담당하는 접속 모듈과 광심선의 조회를 담당하는 심선조회모듈, ADO(ActiveX Data Objects) 객체를 기반으로 데이터베이스에 접근 및 질의(Query)를 담당하는 DB모듈로 구성되며, 각각의 모듈설계는 분산된 객체지향기법에 의해 접근하였다. 또한, 광심선 조회 알고리즘은 수집된 각종 시설물 객체 정보, 케이블 객체 정보, 접속점 내 광심선간 접속정보 및 스플리터에 의한 1/n 분기 정보를 수집하여 다자간 접속이 가능하도록 구현하였다.

전원망 설계 프로그램 모듈은 기초 자재관리 DB를 기초로, 접속자재의 단가, 이력정보를 관리하며, Power Node의 전원 및 감시장치 시스템 설계에 따라 견적서 및 시방서를 자동 출력하게 된다. <그림 6>에 각각의 운용예시를 나타내었다.



<그림 6> #DM<sup>2</sup> 운용화면 예

### 3. 결 론

일반주거지역을 위한 광가입자망(FTTC-R) 구축은 적용 망구조, 전송장비 종류와 수용회선, 옥외구조물과 설치문제, 급전 문제 등을 고려하여야 하며, 본 논문에서는 급전방안에 대해 알아보았다. 현재 각 구성요소별 최적화 작업이 진행 중이며 이를 반영하여 KT의 B-PON 시범사업에 적용될 전망이다.

**Acknowledgment:** 본 연구는 정통부의 정보통신 선도기반 기술개발사업 지원으로 수행되었음.

### [참 고 문 헌]

- [1] FS-VDSL Operators WG: "FS-VDSL Part 1: Operator Requirements", FS-VDSL, May 2002
- [2] Thomas H. Sloane et al., "Construction, installation and other practical financial issues for cost-effective powering of FTTC and FITL architectures", NFOEC 1999
- [3] "Electric power supply for equipment installed as outside plant", ITU-T L.44 prepublished recommendation, 2000.
- [4] FS VDSL: FS-166 "Next generation BB access systems (VDSL) ONU powering schemes", C. Morin, Bell Canada
- [5] FS VDSL: FS-145 "Revision 1: Review of VDSL Remote powering Options in the UK", K. Wright.