

광케이블 접속함체를 이용한 광선로 감시시스템

정 소 기[°], 채 응 식^{*}

Optical Line Monitoring System Using Optical Cable Closure

So-ki Jung[°], Woong-sik Chae^{*}

요 약

본 논문은 광케이블 접속함체 및 광선로 감시 시스템을 다룬다. 기존의 광케이블 접속함체는 B2B, B2C 회선을 개통할 때 현장 작업자들이 접속함체 개·폐시 실시간으로 중앙제어부에서 인지 할 수 있는 시스템이 없었다. 이런 상황의 해결 방법으로 광선로 실시간 상태감시, 광선로 절단 시 정보 발생 및 즉각적인 절단 위치를 탐색, 감시형 접속함체의 개·폐 경보 발생, 광선로의 손실 변화 상태를 주기적으로 측정하는 시스템을 고려할 수 있는데, 본 논문은 광케이블 접속함체 내부에 커넥터와 트레이를 설치하여 작업자들이 이런 소자들을 분리하면 광신호가 차단되어 중앙관제에서 OTDR를 통해 실시간 감지되어 경보를 발생하도록 하는 감시 시스템에 관한 연구이다. 이러한 연구는 신속하고 효과적인 광선로 운용을 통해 망 품질 안정화에 기여 할 수 있다.

Key Words : Optical Cabel Closure, Fiber Line Monitoirng System, Signal block, Connector or Tray, OTDR

ABSTRACT

The purpose of this study is to optical cable closure and fiber line monitoring system. The current optical cable closure cases have not had any systems that help the central control station recognize opening as well as closing the cases in real-time when opening B2B and B2C lines. to solve this problem, it is considered to create systems that go off alarms, real-time fault location immediately, set alarms for open and close monitoring optical cable closure, and inspect regularly whether optical cables are deficient when monitoring the optical line in real-time and cutting them, in this paper, the monitoring system whose the central control station finds an optical signal block immediately and goes off the alarms when line workers separate components like a connector or a tray from the optical cable closure through OTDR. this study can contribute to stabilize the network quality through the quick and effective operation of the cables.

I. 서 론

광통신은 광케이블의 유리 섬유에 빛(laser)을 이용해 대용량 정보를 전송하는 매체이다. 2000년대 초 초고속 인터넷 서비스가 도입되면서 초고속 인터넷 가입자 수요 증가로 인해 국가적 차원에서 정보통신망의 중요성이 강조되기 시작했으며, 정부와 기간통신

사업자들이 이 분야의 집중적 투자와 연구개발을 이루면서 국내 광통신의 급격한 발전이 이루어지기 시작했다. 매년 광케이블을 사용한 매체들이 급격히 늘어나고 있으며⁸⁾, 특히 최근에는 국내 인터넷 보급률이 폭발적인 증가로 광선로 하나의 회선에 수백 Gbps 까지 전송하고 있다. 이러한 현상들로 인해 광선로 고장 발생과 그 파급효과가 문제되고 있는데⁸⁾, 이런 고

° 주저자 겸 교신저자 : 서울과학기술대학교 경영학과 박사과정, mkgg0107@naver.com, 정희원

* SKTelecom Network 기술원, Broadband Technology Lab, c04791@sk.com

논문번호 : KICS2013-04-164, 접수일자 : 2013년 4월 7일, 최종논문접수일자 : 2013년 6월 19일

장은 불특정 다수의 망 구축 구성원들의 작업 중 광심선 단선, 밴딩과 도로 공사, 상수도 공사, 전주 이설 등 많은 외부 위험 요인들에 노출로 인한 고장이 대부분이어서 효율적인 유지보수가 더욱더 어려워지고 있다. 더욱이 광케이블과 접속함체의 고장이 발생하면서 서비스를 제공하는 기업 차원에서는 고장 보수비용 측면과 고객들의 주식, 은행 업무 등 많은 경제적인 손실을 주고 있다⁵⁾. 이 때문에 대부분 통신사들이 이러한 광케이블의 고장을 최소화하기 위해 효율적인 유지보수, 품질측정, 고장 최소화를 위해 광선로 고장 감시 시스템 등을 개발하고 있는 실정이다⁷⁾. 최근 통신 사업자들은 기업과 기업(B2B), 기업과 소비자간(B2C) 서비스 확장으로 광케이블 신규 구축 시 기존 케이블의 접속함체를 이용한 접속작업들이 증가되고 있으며, 광케이블 접속자들의 부주의에 의한 작업으로 인해 접속함체 내부에 기존의 서비스되고 있는 광심선의 밴딩, 코아 단선 등 고장이 증가하고 있다. 하지만, 현장에서 이루어지는 광케이블 접속함체 내부에는 전기적인 신호가 없이 실시간으로 감시 할 수 있는 기능이 존재하지 않았다. 이러한 이유 때문에 불특정 다수의 사람들이 임의적으로 광케이블 접속함체를 개방할 수 있다. 다시 말해서 광케이블 접속함체 내부를 제어 할 수 있는 Tray나 Adapter 소자 등의 잠금장치가 광코어를 통해 통신회사들의 중앙제어국하고 연동이 되어 있지 않아서 언제든지 개방 할 수 있었던 것이다. 또한 실시간으로 GIS¹⁾, NMS²⁾, OTDR(Optical Time Domain Reflectometry)³⁾ 등과 연계되어 광케이블 접속함체 위치까지도 중앙제어국에서 감시 할 수 있는 기능은 기존에 없었다. 예를 들면 광케이블 접속함체의 파손을 목적으로 개방했을 경우, 분기함 내부의 광케이블이 단선될 때까지 알지 못해 사고 발생 후 사후 처리까지 상당한 시간이 소요되고 있다. 또한, 광케이블 접속함체를 개방하고 분기함 내부의 케이블 분기, 접속 등의 작업을 완료한 후 커넥터의 접속을 하지 않고 접속함체를 밀폐할 경우 작업자를 바로 통제할 수 있는 수단이 전무한 실정이다¹⁴⁾.

본 연구는 광케이블 접속함체(Optical Fiber Closure)⁴⁾의 개·폐 작업을 NMS에 경보 발생,

OTDR, GIS시스템, 행정도면 등과 연동을 시켜 광선로 손실 변화와 위치를 실시간 감지하도록 구성했으며, 주기적으로 광선로의 상태를 측정, 분석함으로써 신속하고 효율적인 광선로 운용을 할 수 있는 방법을 제공한다. 그리고 이전 측정결과를 광선로 구간별 손실 특성 등 자료가 전산서버 DB에 저장되어 통계적인 분석 데이터를 제공하여 신뢰도 확보와 서비스 품질 향상을 할 수 있도록 했다^{1,2,9,10-13,17,18)}. 광 접속함체 감시 시스템은 S통신사에 감시시스템 장비 1식, 기존 광케이블 접속함체 11개에 감시 장치와 예비 코어를 구성해서 현장 적용을 수행하였으며, 모든 실험의 기준은 국제 ITU-T 권고안과 저자들의 발명품 자료에 근거로 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 광케이블 접속함체 및 감시 시스템 정의와 구성 요소의 작동원리에 대해 설명한다. III장에서는 광케이블 접속함체 개·폐시 감시 시스템이 동작해서 기존 중앙관제의 NMS와 호환 된 것을 실험하였으며 그리고 마지막으로 IV장에서는 논문의 결론과 향후 미래 연구 방향을 제시하였다.

II. 광케이블 접속함체 감시 장치와 감시 시스템 작동 원리

광케이블 접속함체(Optical Fiber Closure)는 광케이블 중단 광심선 접속부를 저장 및 보호하는 장치를 말한다¹⁷⁾. 통신서비스 제공자들의 광케이블 설치는 통신 국사내의 성단 케이블, 주요 간선망, 지선망으로 구분되어 설치한다. 일반적으로 1km 간격으로 접속함체를 설치해서 B2B, B2C 회선 개통을 하게 되며, 시내 밀집 지역 같은 경우는 그 보다 더 짧은 거리에 설치해서 다수의 회선들을 개통하게 된다. 이런 광케이블 구성은 간선망에서 지선망으로 구축된다¹⁷⁾. 광케이블의 연결 구조는 통신국사 내부의 대용량 라우터와 스위치에서 빛(Laser)에 파장을 통해 분배함(FDF)를 거쳐 성단용 광케이블을 통해 간선, 지선 광케이블의 분기함체를 거쳐 연결된다. 국내 광케이블 접속함체는 미국의 Raychem사 제품이 LGU+, SK브로드밴드에 독점형태로 공급되었다¹⁷⁾. Raychem함체는 In-Out, Butt-Type중에서 돔형의 Butt-Type만 공급되고 있으며, 현장에 설치 운용시 광케이블 여장방식이 매우 용의하며, 외부의 연결방식은 클램프 방식을 취

1) GIS(Geographic Information System) : 지리공간 데이터를 분석 가공하여 교통·통신 등과 같은 지형분야에 활용하는 시스템³⁾
 2) NMS(Network Management System) : 통신 기업들의 네트워크 망 고장관리를 하는 시스템¹⁸⁾
 3) OTDR(Optical Time Domain Reflectometry) : 광선로의 후면산란파를 측정해서 손실값 및 단선거리를 알아내는데 사용³⁾

4) 광케이블 접속함체(Optical Fiber Closure) : 광섬유로 생산된 광케이블 중단 코어 접속 부를 저장 및 보호하는 장치를 말한다¹⁷⁾

하여 개·폐 작업 시 다른 공구가 필요 없이 사용에 편리하다는 특징을 가진다. 광케이블의 접속방식은 열수축 방식을 사용하고, 광섬선의 접속방식은 용착, 기계식 모두 이용가능하며, 외부의 재질은 고무도 폴리에틸렌을 사용하여, 외부의 열악한 환경조건에도 저항할 수 있다¹⁷⁾.

그림1에 의하면 광선로 감시 시스템은 국사 구간, 간선망 링 구간 및 중앙제어부, 가입자망 장비를 포함할 수 있다. 구체적으로, 가입자망 장비는 아파트 등 광사용자 망으로 광통신 시스템의 사용자측이다. 간선망 링 구간은 환형의 광통신 케이블로 구성되며, 통신사에서 가입자망 쪽으로 구성된 간선망을 통칭할 수 있다. 이 구간에서는 광통신 케이블 중간에 적어도 하나의 광케이블 접속합체가 설치될 수 있다. 광케이블 접속합체는 광케이블의 직선, 분기, 접속용 단자 기능을 수행하며, 통신망의 가공에 설치되거나, 지하에 매설될 수 있다¹⁷⁾. 또한 내부에 복수의 여장판이 마련될 수 있으며, 각 여장판 각각에는 광섬선이 고정될 수 있다. 그리고 광케이블의 접속 등의 작업 수행 시 개방되어 상기의 작업이 수행되도록 할 수 있다. 이때, 밀폐용 덮개 분리시 광섬선이 밴딩 되어 밴딩 로스(loss)를 중앙제어부에서 감지 가능 하도록 구성될 수 있다¹⁵⁾. 광선로 감시 시스템은 광선로의 실시간 상태 감시, 광선로 절단 시 경고 발생 및 즉각적인 절단 위치를 탐색, 감시형 접속합체의 개·폐 경고 발생, 광선로의 손실 변화 상태를 주기적으로 측정, 분석함으로써 신속하고 효율적인 광선로 운용을 할 수 있도록 구성 되었다. 그림1에서 통신국 내 중앙제어부(CCS)는 코어망 또는 메트로망과 연결되어 광신호를 분배하여 해당 광가입자망에 전송한다. 이로써 간선망의 고장을 감지 할 수 있다. 또한, 밀폐용 덮개가 개방

됨에 따라 커넥터 분리에 의한 광손실 또는 광신호 끊김도 감지한다. 이때, 중앙제어부는 간선망의 고장 또는 광케이블 접속합체의 개방상태 등을 감지하여 경보를 발생시킬 수 있다. 이를 위해 중앙제어부(CCS), FDF, OTDR 및 스위치를 구비할 수 있다. 구체적으로, Central Control System⁵⁾내부 AR(Access Router)⁶⁾ 라우터는 접속 라우터로서, 광 네트워크 서비스 제공자 관점에서 최소 트래픽 발생지점에 설치되는 라우터다. FDF(Fiber Distribution Frame)는 광분배망으로 코어망 또는 메트로망으로부터 분기된 광케이블 선로가 인입되고 분배되는 단자함이다¹⁴⁾. OTDR은 신호 광들과 다른 파장을 갖는 펄스를 간선망의 광선로에 입사시켜 광섬유 길이 방향의 각 지점에서 반사되어 되돌아오는 광량의 거리 분포를 해석해 광섬유의 손실, 접속 지점까지의 거리와 접속 손실 및 접속 지점으로부터의 반사량을 측정하여 고장지점을 검출할 수 있다. 또한, OTDR은 광케이블 접속합체의 개방 시 광케이블 접속합체의 위치를 추적할 수 있다³⁾. 그림2, 3에 동형 광케이블 접속합체 내부의 부품 구성 요소에 대해 설명하면 표1과 같다.

표 1. 광케이블 접속합체 커넥터형 부품부호^[14]
Table 1. The component mark of Optical fiber closure connector.

No	Contents	No	Contents	No	Contents
200	Optical closure	250	Space board fixture	810	Inside optical cable
210	Optical cable Directories	260,270 770,780	The third/fourth connector	820	Outside optical cable
212 214	Optical cable inside	280,720	Sealing cover		
220	Main holder	290, 760	The second Connector fixture		
230	Splice	310,320 730,740	The first/second connector		
240	Inside optical fiber	330,730	The first fixture		

동형 광케이블 접속합체는 광케이블 안내부, 메인홀

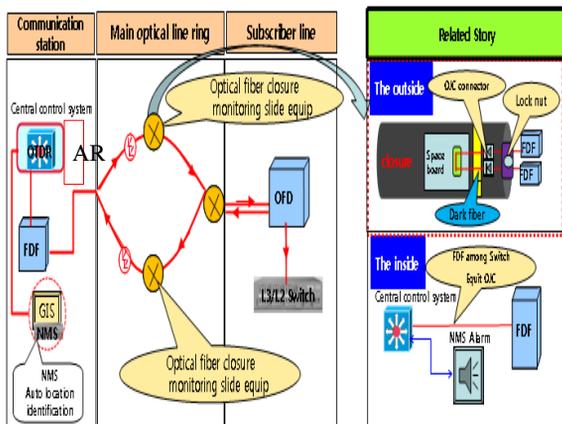


그림 1. 접속합체 감시 시스템 개황도
Fig. 1. Optical cable monitoring system functional block diagram

5) CCS(Central Control System) : 통신망을 감시하는 중앙제어부로 광케이블 및 장비 장애를 감시하는 통신국^[14]

6) AR(Access Router) : 접속라우터로서, 광 네트워크 서비스 제공자 관점에서 트래픽이 얼마나 발생하는지 등에 따라 설치되는 대용량 장비^[14]

다, 광심선 여장판, 밀폐용 덮개, 커넥터로 만들었다. 그리고 광케이블 안내부는 인입 광케이블 각각을 안정적으로 메인홀더와 결합될 수 있도록 하였으며, 광케이블 접속함체의 내부로 각종 이물질 침투를 방지하도록 연구되었다. 또한 2개의 커넥터를 고정하는 첫 번째 제1 고정부를 더 포함하도록 만들었다. 첫 번째 고정부는 2개의 커넥터가 원터치 형식으로 삽입되어 형성되고, 볼트, 사각형 2개의 홀더 소자 등을 통해 고정 되도록 광케이블 안내부에 부착시킨다. 이때, 첫 번째 고정부는 2개의 커넥터를 고정함과 동시에 메인홀더가 결합되는 형태로 구성된다. 메인홀더(고정 지지하는 중앙 소자)는 광케이블 안내부에 부착 고정되며, 다수의 광심선 여장판이 고정 될 수 있도록 만들어진다. 이를 위하여, 메인홀더는 연결부와 여장판 고정부를 만들 수 있도록 했다. 연결부는 광케이블 안내부에 고정되도록 돌출되게 만들어진다^[14]. 여장판 고정부(광케이블 심선 정리하는 판)는 연결부의 반대편에 형성되며, 광심선 여장판이 고정될 수 있도록 복구의 통공이 형성되어 있다. 광심선 여장판은 사용·미사용 광심선이 광심선 여장판이 고정될 수 있도록 복구의 통공이 형성되어 있다. 광심선 여장판은 사용·미사용 광심선이 내장되며, 광케이블 여장과 접속후 슬리브를 고정하는 기능한다. 광케이블 접속함체 밀폐용 덮개 내부에는 또 다른 2개의 제3,4 커넥터가 고정될 수 있도록 두 번째 고정부를 구성한다. 이 고정부는 광케이블 접속함체 밀폐용 덮개 내부면에 추가된 2개의 커넥터를 탈착 가능하도록 형성하고, 상부에서 삽입되는 타입이 아닌 측면 또는 후면에서 추가된 제3, 4 커넥터가 삽입 고정되도록 관통 형태로 만들어진다. 예를 들면 첫 번째 2개의 제1, 2 고정부는 일직

선상에 위치하도록 고정되며 광케이블 접속함체의 밀폐용 덮개가 광케이블 안내부와 결합될 때, 4개의 제1, 2, 3,4 커넥터가 체결되도록 구성한다. 그림2에서 첫 번째 고정부는 광케이블 안내부에 설치된 것을 예를 들어 설명하였으나, 이에 한정되지 않고, 메인홀더에 형성되도록 한다. 즉, 첫 번째 고정부는 메인홀더의 연결부와 여장판 고정부 사이에 첫 번째 고정부가 설치 가능한 공간 및 동일선상에 형성되도록 한다^[14]. 그림3의 사각 광케이블 접속함체는 밀폐용 덮개, 광심선 여장판, 광케이블 안내부, 제1, 4 커넥터, 제1, 2 고정부를 포함한다. 광케이블 안내부와 밀폐용 덮개는 힌지(hinge) 결합한다. 힌지 결합은 상자와 뚜껑의 결합부분이 붙어서 뚜껑이 자유로이 회전하는 개념이다. 그리고 광케이블 안내부와 밀폐용 덮개는 고정 장치를 통해 밀폐 고정한다. 광케이블 안내부는 양쪽으로 인입·출 광케이블을 안내하는 인·출입부가 형성되도록 한다. 광케이블 안내부의 내측에는 광케이블 여장판이 안전하게 고정 되는 공간이 있으며, 광케이블 여장판을 고정할 수 있는 별도의 고정 장치도 있다. 광심선 여장판은 사용 광심선과 미사용 광심선이 내장되며, 광케이블 여장 처리 및 정리하는 기능을 담당한다. 그림 3의 “A” 광심선 여장판은 광케이블 안내부에 안착 고정된다. 이 사각 광케이블 접속함체는 2개의 커넥터를 인입·인출 광케이블 중 어느 한쪽의 광심선 일단에 연결하도록 한다.

그림 3 “A”의 제3 커넥터는 광케이블 여장판에 구비된 광파이버의 일단에 연결되며, 제4 커넥터는 타단에 연결된다. 첫 번째 제1,2 고정부는 광케이블 안내부나 밀폐용 덮개에 형성되고, 제1, 2, 3, 4 커넥터를 삽입 고정된다. 첫 번째 제1, 2 고정부는 광케이블 안내부와 밀폐용 덮개가 닫힐 때, 동일선상에 위치하므

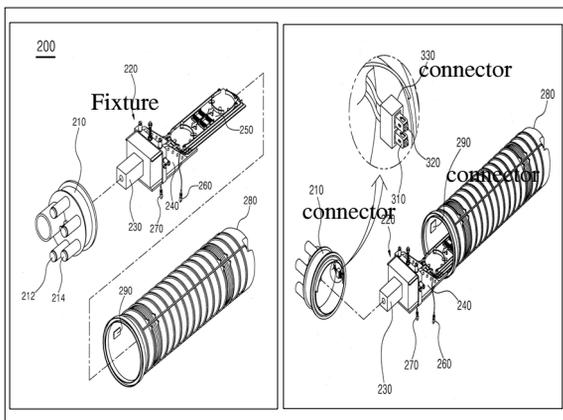


그림 2. 돔형 광케이블 접속함체 커넥터의 부품 평면도형 구성 요소
Fig. 2. The component mark a plane figure of Dome Optical fiber closure connector^[14]

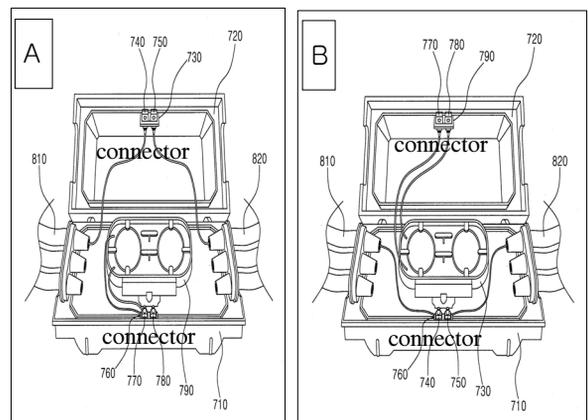


그림 3. 사각 광케이블 접속함체 커넥터의 부품 평면 도면
Fig. 3. The component mark a plane figure of Square Optical fiber closure connector^[14]

로, 밀폐형 덮개가 덮일 경우 제1,2 고정부에 고정된 4개의 커넥터가 체결된다. 이후, 광케이블 안내부와 밀폐용 덮개가 개방되면, 커넥터들이 분리되어 광신호가 차단되며, 중앙제어부(CCS)에서 광케이블 접속함체의 개방을 알리는 경보가 발생한다¹⁴⁾. 이상에서 광케이블 접속함체 내부에 커넥터를 설치해서 개·폐할때 경보 발생하는 구조와 작동원리에 대해서 설명하였다. 다음은 광케이블 접속함체 내부에 슬라이드 부품 구조와 작동원리에 대한 연구이다. 그림4의 광케이블 접속함체 감시 시스템 부품 구성 요소를 부호로 설명하면 표2와 같다. 광케이블 접속함체는 광케이블 안내부, 광심선 여장판, 메인홀더, 밀폐용 덮개, 커넥터 연결부, 스톱퍼, 슬라이드 부재, 너트, 돌출부 등이 고정 될 수 있도록 구성하도록 한다. 스톱퍼는 일단이 밀폐용 덮개의 내면에 고정되고 타단은 탈착가능하도록 한다. 그리고 슬라이딩 가이드를 따라 이동하는 슬라이드 부재와 슬라이드 부재의 타단을 고정하며, 필요시 탈착하도록 하는 구성된 탈착부를 포함 한다.

표 2. 광케이블 접속함체 슬라이드 부품부호⁽¹⁵⁾
Table 2. The component mark of Optical fiber closure Slide.

No	Contents	No	Contents	No	Contents	No	Contents
200	Optical Closure	235	Splice	255 260	1,2 connector	321	Protrusion
210	Optical Directories	238	Space board fixture	290	Connector fixture	323	Through hole
220	Sealing cover	240 241	Inside/outside optical fiber	300	Stopper	325	A nut
230	Main holder	250	Optical fiber	310	Slide member		

2번 슬라이드 가이드는 밀폐용 덮개 내부에 장착하며 슬라이드 부재를 길이방향으로 제한하는 레일 등이다. 슬라이딩 가이드의 끝단에는 슬라이드 부재가 제한 길이까지 이동될 경우 이를 고정시키는 고정 고리 등으로 만들어졌다. 슬라이드 부재는 일단이 슬라이딩 가이드를 따라 이동하며, 타단은 탈착부에 탈부착 된다. 이를 위해 슬라이드 부재의 타단은 관통홀이 마련하도록 한다. 탈착부는 슬라이드 부재의 관통홀로 삽입되는 돌출부를 포함한다. 또한, 탈착부는 관통홀에 돌출부가 삽입된 후 돌출부에서 슬라이드 부재가 빠지지 않도록 너트를 구비한다. 그림 4에서 4번의 돌출부에 나사산이 마련되고, 너트는 나사산에 따라 고정시키는 고정수단, 너트와 같은 부재이다. 메인홀더, 광케이블 안내부 측에 슬라이드 부재를 양측에서 고정

하도록 하는 수단이 형성되며, 반대의 경우도 가능하다. 3번 스톱퍼는 슬라이드 부재의 양단을 고정과 탈착이 가능하도록 고리 형태의 고정부재를 구비할 수도 있다. 그리고 이 스톱퍼의 길이는 광심선 여장판에서 인출되는 광심선과 밀폐용 덮개의 분리시 과도하게 당겨지는 것을 방지하여 광심선의 단선을 방지한다. 탈착부는 돌출부가 썬기 형태로 형성되어 너트가 없이도 고정되도록 하였다. 또한, 탈착부는 돌출부의 돌출되는 정도가 그림4에 도시된 것과 다르게 낮게 형성되고, 양측에서 슬라이드 부재의 이탈을 막을 수 있도록 형성되는 이탈 방지 수단이 구비될 수 있다. 슬라이드 부재는 광심선 여장판으로 부터 제3, 4 커넥터 사이의 광파이버의 길이보다 길게 형성 될 수 있다. 따라서, 슬라이드 부재가 최대 변위로 이동할 경우에 광심선은 광심선 여장판의 인출부측이 구부러진다. 이때, 작업자는 1,3번 커넥터 연결부에서 커넥터들을 탈착하고 작업을 진행해야 한다¹⁵⁾. 이러한 커넥터가 분리되면 중앙 제어부에서 광케이블 접속함체의 개방 여부를 즉시 감지할 수 있다.

다음 표3과 그림5는 슬라이드 세부 설계도면에 대한

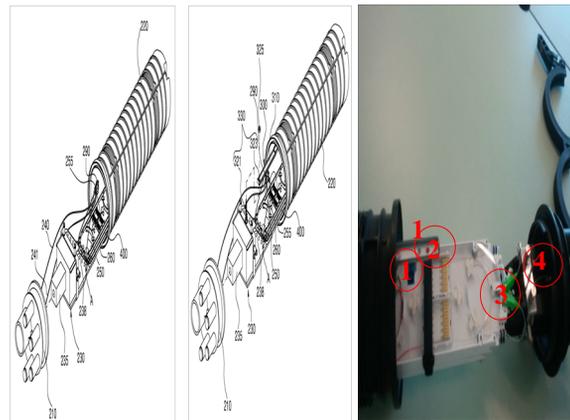


그림 4. 돔형 광케이블 접속함체 슬라이드 부품 부호⁽¹⁵⁾
Fig. 4. The component mark a plane figure of Dome Optical fiber closure Slide

연구이다. 그림5 슬라이드는 고정부와 커넥터 취부, 덮개 고정 Bracket 등으로 구성되었다. 그리고 이러한 부품들을 이용해서 광케이블 접속함체 덮개에 부착하면 감시 접속함체로 변형시키는 역할을 한다. 광케이블 접속함체의 개·폐시 잠금장치 역할 및 중앙제어국에서 감지 할 수 있는 커넥터를 부착 하는 기능을 제공 하며, 광케이블 접속함체 뚜껑의 크기에 따라 슬라이드 자체도 변형 할 수가 있고, 뚜껑 내부에 고정하는 톱니 형태의 소자를 포함한다. 이상에서 광케이블 접속함체 구조와 작동원리를 설명하였다.

표 3. 광케이블 접속함체 내부에 설치된 슬라이드 도면 부품 부호

Table 3. The component mark of Optical fiber closure inside of equip Slide

NO	Contents	Quantity	NO	Contents	Quantity
1	Slide Rail	1	4	A Connector holder	1
2	Slide fixed Bracket(A)	2	4-1	A Connector holder assembly a bolt	2
2-1	Slide fixed Bracket(A) assembly a bolt	4	4-2	A Connector holder assembly a nut	2
2-2	Slide fixed Bracket(A) assembly a nut	4	5	Connector	1
3	Slide fixed Bracket(B)	1	5-1	Connector assembly a bolt	2
3-1	Slide fixed Bracket(B) assembly a bolt	3	6	Optical Jumper Cord	2
3-2	Slide fixed Bracket(B) assembly a nut	3			

다음은 감시 시스템 구조와 작동원리에 대한 연구이다. 광선로 감시 시스템의 유지보수 기능은 경제성과 효율성을 가진 용이한 형태 및 기능을 가져야 하며, 현장 설치가 용이하여야 한다. 그리고 타 시스템과 연동 시 광선로에 영향을 주지 않아야 하며, 각 모듈의 외부에 LED 등을 표시하여 육안으로도 쉽게 운용 상태를 확인 점검 할 수 있어야 한다. 또한 통신용 케이블, 전원 케이블은 연결 및 분해가 용이한 구조여야 한다^[7,9,10-14]. 다음의 표4는 광선로 감시 시스템의 구성에 대한 연구이다.

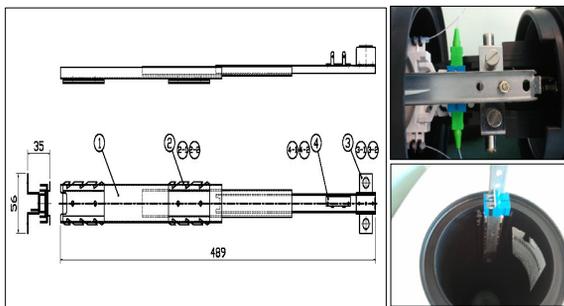


그림 5. 광케이블 접속함체 내부에 설치된 슬라이드 도면
Fig. 5. Optical fiber closure inside of equip Slide a plane figure

표 4. 광선로 감시 시스템 모듈별 작동 구성^[18]

Table 4. The module operation composition of Optical fiber cable monitoring system

Common Part	Main control unit	Each module monitoring or control
	Power supply	Power supply Duplex configuration in monitoring system
	OTDR Measurement	Abnormal state monitoring of periodic loss change, Optical fiber cable of cut location exploration
	Optical fiber Select	The majority optical core wire among measured optical core wire select it
Optical monitoring Channel	Real time with optical fiber cable measure of length, delay measure	
Optical cable Space equip	Space equip component arrange of optical cable	

광선로 감시 시스템 용량은 채널 단위로 증설이 가능하며 최대 64회선을 수용할 수 있다^[6,9,10,12,13,18]. 각 모듈은 플러그인 실장 방식으로 실·탈장 시 유니트 간 접촉 및 단락 방지를 위해 모듈 후면의 절연처리 혹은 모듈의 슬롯(Slot) 이탈 방지가 가능한 구조이다. 광 감시 채널부는 공통, 확장 Shelf로 채널카드 8EA 수용하고, 채널카드는 감시회선 4회선을 수용한다. 광 심선 선택부는 Main Switch 모듈 1:8 기본 장착이고, Extension Switch 모듈 1:8 초과 확장시 장착한다. 시스템 성능에서 OTDR 측정부, 광 심선 선택부, 광 감시 채널부는 아래 표5 이다. 광심선 접속손실, 고장위치 파악, 구간 및 총 손실 등은 OTDR 측정부에서 처리하도록 되어 있다^[18].

표 5. 광선로 감시 시스템 성능^[18]

Table 5. Optical fiber cable monitoring system Performance.

OTDR Measure	
Optical Connector	FC/PC
Fiber Type	Single-mode
Insertion Loss	0.5dB below
Dynamic Method	Back scattering
Dynamic Wave	1310 nm, 1550 nm
Dynamic Range	35dB@1310/1550nm
Light Source	Pulsed FP LD output 40mW over
Event Dead Zone	3meter@Event 10meter@Atten
Sampling Resolution	0.25/0.5/1/2 meter
Distance Accuracy	±5meter below Per 100Km
Pulse	10ns, 30ns, 100ns, 300ns,

	1us, 3us, 10us, 20us, Auto
Max Display Range	240km(optical cable measure distance 80~100km)
Average Time	6~600sec

Optical Supervisory Channel	
Optical Connector	Switch, Line: LC/PC
Insertion Loss	4.5dB below (In<->Out)
line length measure	1meter
Measure error	±1meter below Per 1Km
Delay Measure unit	nsec
Measure cycle	TBD

Optical fiber select		
Main Switch	Optical Connector	OTDR, Extension Switch ; LC/PC
	Switching Capacity	1:8
	Insertion Loss	2dB below (In<->Out)
	Return Loss	50dB over
	Crosstalk	50dB over
	Switching Time	25ms below
	Reliability Switching number	10million over
Extention Switch	Optical Connector	OTDR, optical monitoring channel : LC/PC
	Switching Capacity	1:8
	Insertion Loss	2dB below (In<->Out)
	Return Loss	50dB over
	Crosstalk	50dB over
	Switching Time	25ms below
	Reliability Switching number	10million over

광선로 감시 시스템은 광케이블 접속함체나 광케이블 실시간 고장 발생즉시 OTDR이 해당 지점까지 GIS와 연동해서 지리적 위치 정보를 제공하며, 광케이블 접속함체 개·폐 여부를 실시간으로 감지하고 경보를 발생 시켜준다. 감시 시스템에 내장된 OTDR에 의한 측정 원리는 고장점, 파단점의 거리, 광섬유의 손실, 접속손실, 커넥터의 반사 손실 등을 측정할 수 있다. L은 광섬유의 거리, c를 광속도 3x10⁸[m/s],

t를 광펄스 전파 시간 t[s], n은 광섬유의 굴절률로 표시하며 상위국과 하위국의 측정 장치를 바꾸어 측정하여 평균치를 계산하며 (1)식으로 나타낼 수 있다¹⁶⁾.

$$L[\text{km}] = \frac{ct}{2n} \tag{1}$$

L은 광섬유의 손실, P1를 입력측의 광전력 P1[W]이고, P2를 출력측의 광전력 P2[W]이며 (2)식은 다음과 같다¹⁶⁾.

$$L[\text{dB}] = 5 \log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \tag{2}$$

그리고 광섬유의 접속손실은 광섬유에 광을 입사시키면 굴절률이서로 다른 후방 산란광이 발생하며, 커넥터, 광섬유의 파단점, 접속점 등의 불완전한 점에서 반사광이 발생한다. Lc는 커넥터 손실, n은 의사광섬유와 피측정 광섬유간의 커넥터 접속수, Pin은 2개의 광 커넥터 단면을 입사단의 광원측에 연결된 커넥터를 통과한 광 전력, Pout은 피측정 광섬유의 커넥터를 통한 광전력, 광섬유의 손실은 ai이며 이걸 이용해 광의 세기 (3)식은 다음과 같다¹⁶⁾.

$$a_i = -10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in} - nLc} \tag{3}$$

이상에서 광케이블 접속함체와 감시시스템에 구조와 작동원리에 대해서 설명하였다. 다음은 광케이블 접속함체 시제품을 현장에 실험한 내용에 관한 연구이다.

III. 실험 내용

그림6은 실제 S기업의 시제품 제작 후 현장에 실험한 내용이다. 이 그림에서 광케이블 접속함체 내부의 커넥터를 분리할 경우에 기존에 설치이용중인 NMS와 OTDR 선로 단선 위치 추적에 대한 검증 실험이다. OTDR로 측정 전 5.94143km이지만 외부에서 광케이블 접속함체 작업으로 인한 커넥터 분리할 경우 4.14987km 지점에서 광심선 단선이 발생한다는 사실을 보여주고 있다.

OTDR을 통해 광 펄스 신호를 내 보내고 광 링크로부터 돌아오는 반향 신호를 감지하는 원리이다. Pulsed laser를 통해 매우 짧은 순간에 스위칭하며 변환 시간은 1ns~10µs이다. 그리고 OTDR 이벤트는

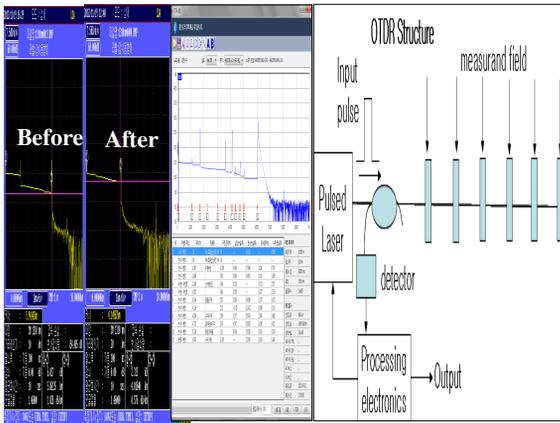


그림 6. OTDR 측정시 전·후 손실 측정
Fig. 6. Before and After OTDR loss measurement an end result^[18]

산란되는 빛의 변화가 나타나거나 감쇄가 발생하는 지점을 의미하며 여기에서는 광케이블의 굴절, 연결, 파열 등과 같은 종류의 손실이 포함된다^[18]. 그림7은 광케이블 접속함체에서 커넥터 분리하였을 경우 중앙 제어부에서 NMS를 통한 경보와 화면이 출력된 내용이다. 이 실험은 실제 현장에서 작업자들에 의해 광케이블 접속함체 개·폐시 NMS 화면에 광신호 손실(loss)와 가청경보 출력 가능 유무에 대해서 보여주고 있다. EMS⁷⁾ 서버는 상위 NMS 연동을 위해 TL1(Transaction Language 1), SNMP⁸⁾을 지원하도록 설계했고, 최소 한개 이상의 이더넷(10/100 Base-T) 접속 포트를 제공 하였으며 실시간 고장 정보, 구성 정보, 성능 정보를 NMS로 전달하기 위한 DB Schema를 제작 할 수 있도록 실험 했다. 그리고 EMS서버는 최소 100개 이상 노드(NE)를 관리하도록 했으며, 이중화 구성이 가능하고 CPU, 메모리 등 H/W Resource의 상태 및 부하 정보를 제공하도록 했다^[18]. 표6은 광케이블 접속함체에 대해 세계최고 수준 보유국인 미국 Raychem사와 Bellcore사에 기계적 특성, 환경적 특성, 조건적 특성 등의 시스템 평가 기준으로 실험을 한 내용이다. 광케이블 접속함체 내부에 슬라이드를 설치 후 기계적 특성 실험방법인 충격 시험(Impact Test), 압축시험(Compression Resistance), 낙하시험(Drop Test) 등의 평가 방법에 기준으로 했다^[17]. 외부 환경에 적용 될 수 있는 일반적이고 열악한 환경조건에 기초한 광케이블 접속함체는 최소한의

성능기준을 위한 시험으로 극도의 온도와 습도에의 노출 후 급속한 열팽창과 수축이 함체의 기계적 완결성에 미치는 영향을 확인하고, 홍수나 폭우시의 물 침투 저항성 또는 내부 화학, 내부 부식성의 조건을 충족시켜야 한다^[17]. 광케이블 접속함체와 기존 NMS와의 현장 실험 결과 호환에 문제없이 정상적으로 화면 출력 및 OTDR 거리까지 추적할 수 있었다.

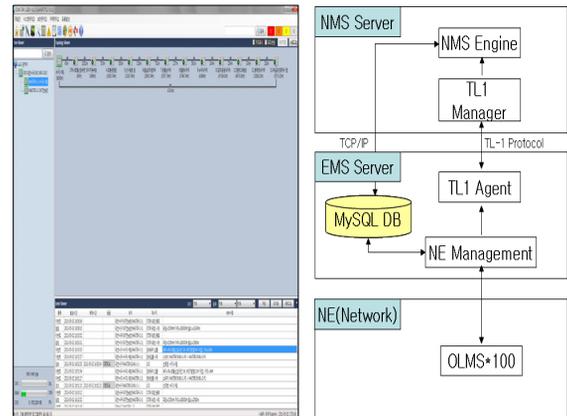


그림 7. 광케이블 접속함체 감시 NMS 화면 경보 내용
Fig. 7. Optical fiber closure monitoring NMS Screen contents of alarm^[18]

광선로감시시스템 전원 조건 시험은 표준 전압(DC -48V), 동작 전압 범위(DC -42~-60V)을 만족하며, 전원부 전해 콘덴서 수명은 입력, 출력 콘덴서 설계 조건에 맞게 설계된다. 즉, 입력, 출력 콘덴서는 상온(25℃)에서 추정 수명이 7년 이상이고, 입력 콘덴서는 3,000 시간 이상 출력 콘덴서는 5,000시간 이상 사용한다. 직류(DC) 500V 인가 시 절연저항은 100MΩ 이상 없어야 하며, 전원부는 견고한 기구에 설치되어 온도 변화 및 환경 변화에 견딜 수 있어야한다. 환경 조건은 온도(0℃~± 50℃), 습도(20%R.H.~85%R.H.) 범위에서 정상적인 동작에 어떠한 영향도 없어야한다. 시스템의 온도, 습도 환경시험은 아래 Cycle로 2회 연속으로 실시한다^[6,9,10,12,13,18]. 내진 및 진동 조건은 전기통신 설비의 안정성 및 신뢰성에 대해 전파 연구소 고시 제46호 기술기준에 따른 전기통신 설비의 내진 시험 방법인 전파 연구소 공고 제2009-3호를 만족해야하며, 시스템은 GR-63-Core의 진동 조건을 만족해야 한다. 또한 소음은 셀프, 팬(FAN) 등의 냉각장치 및 기타 소음 발생원이 동작하는 경우 이격 거리 1.5m, 높이 1m의 조건에서 GR-487-Core의 60dBA 이하를 만족하여야 한다. 시스템 성능 실험 결과 이러한 조건에 맞춰 문제 발생이 없이 정상적으로 처리가 되어야한다^[6,9,10,12,13,18].

7) EMS(Element Management System) : Network 운용국사에서 중앙서버에 클라이언트로 접속하여 원격 감시 및 제어^[18]
8) SNMP(Simple Network Management Protocol) : Network 관리 및 동작을 감시, 통합하는 프로토콜^[18]

표 6. 광케이블 접속함체 주요 평가 항목^[17]
 Table 6. The important evaluation item from Optical fiber closure.

Evaluation item (Spec)	Unit	Article ration (%)	Performance level		Evaluation method
			The world Best corporation (Raychem & Bellcore)	The present product level	
Impact test	Nm	30%	1.4kg-m(120inch pound)	-20~40℃ in temperature 2.4kg pendulum 1m drop test	Damage, 5%over permanent strain, Don't 4air gas leak
Compression test	psi	5%	140km pascal	300 lbf 15minute maintain	10%within outward don't damage, flooding don't begins to blister
Drop test	cm	20%	75cm high 1/2 inches thick drop test repeat theses 40℃	76cm in high closure drop test(-20~40℃)	Closure inner don't part or fissure, flooding don't begins to blister
Tension test	kg	5%	Cable at 45kg 90minute Optical loss measure	45kg 90minute tension D/45×100kg 8time maintain	Pyscal loss don't damage Optical loss 0.05db below
Temperature test	℃	10%	70km Pascal of Pressure test and 8 time temperature cycle	8time one or ten week loss ±0.1db below	flooding test don't air loss it, loss change±0.1db below
Water proof test	m/day	20%	A depth of 60cm 30 day after waterproof check whether or not sth is true	water pressure 275kpa/water amount 3.8L/m 30minute(1.5m 20day)	Closure inner vapor roll down don't contain it
Physicochemical test	Quality	10%	38 degrees centigrade A physicochemical test 24time	Polyethylene glycol 10%	antirust/incorrodible flooding don't begins to blister

그림 8의 MCU(Main Control Processor Unit)는 시스템 감시 및 제어 역할을 한다. Freescale XPC 862 프로세서 탑재를 하고 셀프 내의 경보 및 장애 상태의 집중 제어 및 LED 표시를 한다. 그리고

100BaseT 이더넷 접속 포트 제공으로 내부IPC, 외부 EMS, RS-232 기반의 MMI⁹⁾ 포트 등을 통해 데이터 통신을 하도록 구성 하였다. OLMU¹⁰⁾(Optical Line Monitoring Unit)는 delay값, 거리(1회/1초), 신호 감쇄, 광 파워 입출력 손실 값 등을 실시간으로 unit당 4회선 선로 감시를 하도록 했다. 또한 선로 고장 추적을 위해 OTDR(Optical Time Domain Reflectometer) 측정을 통해 광선 길이 및 접속 구간 측정을 하도록 했다. 이러한 Unit 들은 광선로 간선링을 8개 수용 할 수 있도록 SW8U(Optical Switch 1x8 Unit) 셀프를 실장하여 Switching Time을 10ms이하, 삽입손실을 1dB이하로 운용되도록 실험하였다^[18].

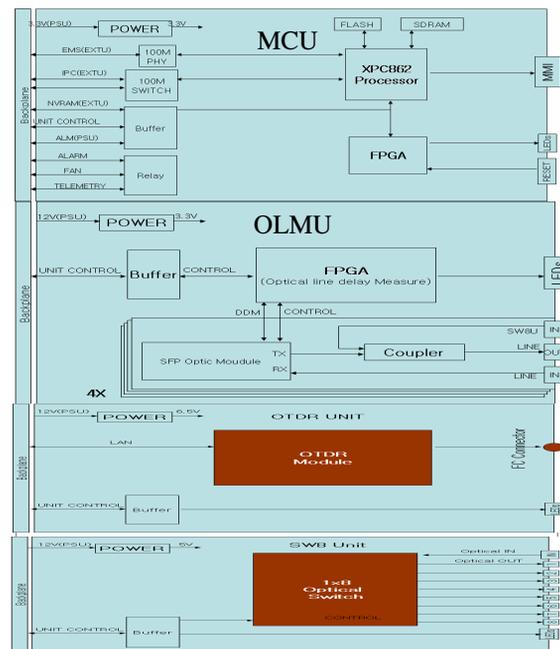


그림 8. 광선로 OLMS UNIT 구성도
 Fig. 8. Optical Line Monitoring Unit block diagram^[18]

IV. 결론

본 논문은 광케이블 접속함체를 개·폐시 중앙제어 부에서 광심선 절단 및 손실에 대해 감지할 수 있는 시스템 기술을 제안하였다. 제안 기술은 기존

- 9) MMI(Mixed Mode Communication Interface) : 여러 개의 트랜스 듀서들이 버스 형태로 연결하여 Plug-and Play 기능 지원
- 10) OLMS(Optical Line Management System) : 광선로 원격 감시 시스템으로 광케이블 접속함체 개·폐 경보, 손실 변화 주기적 측정^[18]

Raychem 접속함체를 통해 9km 정도 구간에 시제품 제작과 실험을 통해 경보와 Level 손실에 대해서 실험했다. 기존 광선로 원격 관리 시스템은 신호(Signal)를 실시간 감시, OTDR 기능 적용하여 고장위치 측정, 손실특성 감시 및 분석 등의 기능과 연동해서 제공한다. 광케이블 접속함체 감시 시스템 측정부의 기존 커넥터 손실은 0.1dB였고, 광케이블 km당 0.03dB, 융착 접속 손실 등을 고려해서 평균 -22dB 이내 규격에 측정이 되는지에 대해서 확인하였다. 국내 통신사들은 광케이블을 이용해서 B2B, B2C 회선들이 장비측에 -23dB 이내 광 손실이 보장 되어야 인터넷 서비스 장비가 동작할 수 있다. 통신사 마다 감시함체를 구성하기 위해서는 광케이블 예비코어(dark fiber)와 커넥터를 수 많은 접속함체에 설치되어야 하며, 이 경우 손실이 발생하기 때문에 거리상 제한이 발생할 수 있다. 하지만 본 연구에서 제안한 새로운 시스템은 장거리보다는 시내 구간에 사용하기 때문에 크게 광 손실에는 문제가 없다. 더욱이 광케이블 접속함체 감시 시스템은 단순하면서도 누구나 쉽게 감시를 할 수 있다는 차별성을 두어서 신규 시장 창출을 할 수 있는 효과가 있다. 기존 함체의 부피와 크기 등 변형 없이 덮개에 커넥터, 슬라이딩 가이드, 스톱퍼 등을 부착해서 감시할 수 있다는 장점이 있으며, 광선로 유지보수를 하는 권역은 넓고 시설수량은 갈수록 많아지고 있어 적은 인원으로 많은 광케이블과 광케이블 접속함체 까지도 실시간 감시를 해줘서 광선로 유지보수 비용절감 측면에서 훨씬 긍정적이다. 그리고 광선로 원격 관리 시스템은 기존 통신사들이 보유하고 있는 NMS, GIS 시스템 등과 어느 시스템과도 광케이블 접속함체 감시 시스템을 연동할 수 있는 플랫폼(platform) 역할을 할 수 있다. 향후 예비 코어(dark fiber)가 아닌 실제 사용 코어에 파장만 다르게 해서 중앙제어부 라우터나 스위치 내부에 일체형으로 개발이 이루어져서 장비의 소형화까지 연구가 진행되어야 할 것으로 기대된다.

References

[1] Telecordia Technologies “Generic requirement for remote fiber testing systems (RFMSs),” *TA-NWT-001295 issue2*, Jan. 2000.

[2] Bellcore “TSC/RTO and OTAU generic requirement for remote optical fiber testing,” *issue1*, June 1995.

[3] D.-Y. Jeon, S.-H. Seok, and B.-D. Jung, “A study on monitoring system of the optical

cable failure with OTDR and GIS technology,” in *Proc. KICS Fall Conf.*, pp. 189-191, Seoul, Korea, Nov. 2008.

[4] E.-G. Neumann, *Single-Mode Fibers: Fundamentals*, vol. 57, Spinger, 1988.

[5] E.-S. Jang, K.-S. Park, S.-I. Kim, S.-H. Choi, and B.-W. Lee, “A study on effective maintenance and operation system of fiber optic lines,” *J. Inst. Electron. Eng. Korea*, vol. 21, no. 1, pp. 54-57, July 1998.

[6] ITU-T, “Characteristics of a single-mode optical fiber and cable,” *ITU-T Recommendation G.652*, Aug. 2001.

[7] KT “A study on development of optical fiber operation management system,” *Korea Telecom Research*, Dec. 1996.

[8] K.-W. O, D.-H. Hyun, B.-S. Lee, K.-Y. Gwak, and H.-Y. Choi, “A study on development of optical fiber monitoring system using optical coupler,” in *Proc. KICS Summer Conf.*, pp. 713-716, Jeju Island, Korea, July 2006.

[9] ITU-T, “Transmission characteristics of optical components and subsystems,” *ITU-T Recommendation G.671*, Apr. 2002.

[10] ITU-T, “Spectral grids for WDM application : CWDM frequency grid,” *ITU-T Recommendation G.694.2*, Feb. 2004.

[11] ITU-T, “Optical Interface for coares wavelength division multiplexing application,” *ITU-T Recommendation G.695*, Apr. 2004.

[12] ITU-T, “Optical fiber cable maintenance criteria for access networks,” *ITU-T Recommendation L.53*, May 2003.

[13] ITU-T, “Optical fiber cable maintenance criteria for in service fiber testing in the access networks,” *ITU-T Recommendation L.66*, May 2007.

[14] ROZE Inc., “Optical cable connection divergence box and optical cable monitoring system,” *Patent application no. 10-2012-0049932*, May 2012.

[15] ROZE Inc., “Optical cable connection divergence box and optical cable monitoring system,” *Patent application no.*

10-2012-0062320, June 2012.

- [16] SKbroadband, "The basic curriculum of fiber line operation," *SKB Operations Support Team*, pp.77-83, July 2012.
- [17] Sunil Inc., "A study on enterprise for international exchanges and cooperation : a study market trends enterprise of optical fiber closures," *Korea Assoc. Photonics Ind. Develop.*, pp. 1-106, June 2001.
- [18] W. S. Chae, "Optical fiber control management system technical specification," *SKTelecom Network Inst. Broadband Tech. Lab.*, ver. 1.1, pp. 5-25, Nov 2012.

정 소 기 (So-ki Jung)



1992년 2월 목포대학교 전자
공학과 졸업
1994년 2월 한국기숙교육대학
교 기술경영 석사
2012년 3월~현재 서울과학중
합대학원 경영학과 박사과정
<관심분야> 광통신 공학, 기술

경영, 기술사업화

채 응 식 (Woong-sik Chae)



1998년 2월 강원대학교 전기
공학과 졸업
1998년 1월~현재 SK텔레콤
Network기술원
<관심분야> PTN Backhaul,
CPRI/OBSAI Fronthaul