

현장조립이 가능한 광커넥터용 융착접속기 제작과 특성 분석

박 병 철*, 서 석 현^o

Development and Analysis of a Field-Assemblable Optic Fusion Splicer for Fiber Splicing

Byung-chul Park*, Suk-hyun Seo^o

요 약

FTTD(Fiber to the desk)는 융착접속 방식의 현장조립 광커넥터를 사용하고 있다. 융착접속방식의 현장조립형 광커넥터는 일반 광섬유 융착접속기를 이용하여 접속하고 조립을 수행하게 된다. 하지만 일반 융착접속기는 크기와 무게 문제 그리고 접속점 보호과정의 복잡함 등이 결합되어 광커넥터 조립과정에서 광섬유 접속점이 끊어지는 현상이 빈번히 발생하고 있고 이로 인해 FTTD 현장에 융착방식의 현장조립광커넥터 적용을 어렵게 하고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 날개형 슬리브 방식의 현장조립 광커넥터를 융착접속할 수 있는 FTTD 전용 융착접속기를 제작하였다. 제작된 융착접속기는 날개형 슬리브 방식의 현장조립 광커넥터를 보호하면서 접속할 수 있도록 접속모듈 승/하강 기능을 구현하였다. 또한 기존 융착접속기에서 접속점 보호 방식으로 사용되던 튜브히터를 제거하고 전력모듈을 최소화 하여 별도의 거치대 없이 현장사용이 가능하도록 하드웨어를 설계하였다. 제작된 융착접속기의 접속손실 측정과 기존 융착접속기와의 비교 실험을 통해 제안된 시스템의 성능을 분석하였다.

Key Words : FTTD(Fiber to the desk), Field assembly optical connector, Fusion splicer

ABSTRACT

FTTD (Fiber to the desk) is used for field-assembled optical connectors of the fusion splicing method. The field-assembled optical connector of the fusion splicing method is connected and assembled using a general optical fiber fusion splicer. However, in general fusion splicers, the size and weight problems are combined with the complexity of the connection point protection process, which causes the optical fiber connection point to break frequently during the optical connector assembly process. This problem makes it difficult to apply the fusion-type field-assembled optical connector to the FTTD field. In this paper, a fusion splicer for FTTD that can fusion splice the wing-type sleeve type on-site assembly optical connector proposed to solve this problem was fabricated. The manufactured fusion splicer implements the connection module elevating/lowering function

※ This work was supported by project for Industry-Academic Cooperation Based Platform R&D funded Korea Ministry of SMEs and Startups in 2022.(Project No. S3010943). This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government, MSIT (No.2020R1F1A1071819). In addition, this research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2022-2018-01426) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion.

• First Author : Soltech Infonet Co., Ltd., pbc@soltech.co.kr, 정희원

^o Corresponding Author : Tech University of Korea, Department of Electronics Engineering, shseo@tukorea.ac.kr, 정희원
 논문번호 : 202206-123-B-RN, Received June 29, 2022; Revised August 25, 2022; Accepted September 4, 2022

to connect and protect the wing-type sleeve-type field-assembled optical connector. In addition, the tube heater used as a junction protection method in the existing fusion splicer was removed and the power module was minimized to enable field use without a separate cradle. The manufactured fusion splicer was analyzed for the improvement of assembly reliability through splice loss measurement and comparison test with the existing fusion splicer.

I. 서 론

초고속 인터넷 서비스는 100Mbps의 속도와 보급률 100%로 2020년을 기점으로 보편적 서비스가 되었다¹⁾. 현재는 10Gbps 속도 서비스가 대중화 되고 있고 각종 온라인 콘텐츠 발전의 밑거름이 되고 있다. 인터넷 서비스 사업자들은 이를 위해 서비스 품질향상 정도가 높고 원가절감 효과가 우수한 FTTD(Fiber to the desk) 서비스를 이용하여 초고속 인터넷 서비스를 하고 있다²⁾.

FTTD 서비스는 광섬유를 이용하여 OLT(Optical line terminal)와 ONT(Optical network terminal)를 연결하는 서비스로 OLT는 인터넷 서비스 사업자의 국사에 위치하여 가입자를 집선하고 ONT는 가입자 댁내에 TV 하단이나 책상에 위치해 있는 인터넷 단말이다³⁾. FTTD 서비스의 품질은 선로를 구성하는 광섬유 케이블의 품질이 좌우하게 되는데 여기에는 광섬유 케이블의 분기/결합 품질과 가입자 댁내 인입 광케이블의 중단처리 커넥팅 품질이 좌우하게 된다. 인터넷 사업자들은 인입 광케이블의 중단처리의 편리함을 위해 메칭젤 방식의 현장조립 광커넥터를 사용하다가 선로 품질향상을 위해 용착방식의 현장조립 광커넥터의 사용을 확대하고 있다⁴⁾.

용착방식의 현장조립 광커넥터는 FTTD 댁내 인입 광케이블의 중단 커넥팅 처리를 위해 현장에서 광커넥터를 인입광케이블과 용착접속하여 조립하는 영구 접속방식의 현장조립 광커넥터이다. 현재는 품질이 우선시 되는 가입자 또는 사이트를 중심으로 많이 사용되고 있고 일본과 유럽을 중심으로 사용영역을 확장하고 있다.

하지만 현재 적용되는 용착방식의 현장조립 광커넥터는 용착접속의 신뢰성과 영구적 사용에 대한 장점이 있음에도 불구하고 고가의 용착접속기에 대한 가격 부담과 열악한 FTTD 작업현장에 크고 무거운 용착접속기를 사용해야 하는 불편함 그리고 열수축 튜브를 이용한 접속점 보호 과정의 불편함으로 그 사용이 제한되고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 열수축 튜브를 사용

하지 않는 용착방식의 현장조립 광커넥터가 제안되고 있지만 일반 용착접속기가 기능을 제공하지 않아 대중화가 되지 못하고 있다⁵⁾. 문제해결을 위해 제안되고 있는 열수축 튜브를 사용하지 않는 용착방식 현장조립 광커넥터는 접속점 보호를 위한 슬리브를 광커넥터 헤드에 날개형태로 부착하여 접속을 완료한 후 이동 과정 없이 부착된 슬리브를 접어서 접속점을 보호하도록 하는 방식이다.

본 연구에서는 날개형 슬리브를 장착한 용착방식의 현장조립 광커넥터를 용착접속할 수 있도록 접속모듈 승하강 기능이 있는 용착접속기를 제작하였다. 또한 기존 용착접속기에서 사용되는 튜브 히터를 제거하고 전력모듈을 최소화하여 장비의 크기를 최소화할 수 있도록 하드웨어를 설계하였다. 제작된 용착접속기의 성능과 특성을 분석하기 위해 광커넥터 접속 손실도와 조립시간을 측정하여 기존 용착접속기와의 비교 시험을 통해 성능을 확인하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 기존 용착방식 현장조립 광커넥터의 문제와 용착접속기 문제를 확인하고 문제해결을 위해 새로운 방식의 용착접속기를 제시한다. III장에서는 새로운 방식의 용착접속기를 제작하여 성능측정을 통해 개선결과를 분석하였다.

II. 본 론

2.1 용착방식 현장조립 광커넥터의 문제

용착방식 현장조립 광커넥터는 접속을 위해 용착접속기를 이용한다. 하지만 기존 용착접속기는 일반 광섬유 케이블을 접속하기 위해 만들어졌기 때문에 현장조립 광커넥터를 접속하는데 몇 가지 문제를 가지고 있다.

첫 번째로 장비의 부피가 크고 무거운 현장 사용을 위해서는 그림 1과 같이 별도의 작업공간을 마련해야 하거나 작업테이블등의 부대시설이 필요하다⁶⁾. 하지만 가입자 댁내, 옥상, 외벽등 협소하고 불안정한 FTTD 작업환경에서 별도의 작업환경을 구성하여 사용하기에는 어려움이 있다. 특히 진주 위 작업의 경우

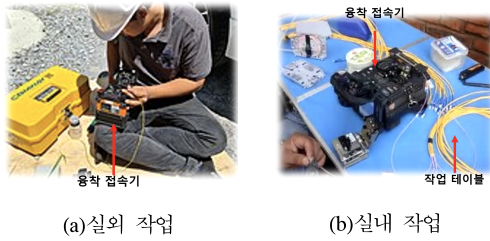


그림 1. 기존 광섬유 용착접속기 작업환경
Fig. 1. Existing fiber optic fusion splicer work environment

일반 용착접속기 사용이 불가능하여 고소작업차를 활용하거나 조건이 맞지 않을 경우 바닥에서 작업해서 전주 위로 올려야 하는 경우가 많이 발생하고 있다. 이러한 과정은 주택밀집지역에서 신속하게 인터넷을 개통하거나 유지보수해야 하는 사업자들을 매우 불편하게 한다.

두 번째로 기존 용착접속기는 광섬유를 용착접속한 후 접속점 보호를 위해 튜브를 열수축 시키는 방법을 적용하고 있다. 이 방식은 그림 2(a)와 같은 얇은 광섬유케이블을 접속할 때는 문제가 없지만 그림 2(b)와 같이 광커넥터를 용착접속할 때에는 접속점보호 과정에서 문제가 발생할 수 있다.



그림 2. 열수축 튜브를 이용한 용착접속기의 현장조립광커넥터
Fig. 2. Field assembly optical connector of fusion splicing method using heat shrink tube

2.1.1 일반 용착접속기의 광섬유 용착접속 과정

일반 광섬유 용착접속기는 그림 3에 보이는 것처럼 외부적으로는 수평축 이동모듈과 접속모듈 그리고 별도로 장착된 히터로 구성되며 내부적으로는 광섬유 이미지를 촬영하는 비전시스템이 2개의 lens와 2개의 camera 로 구성되어 있고, 고압 방전을 일으키기 위한 방전모듈과 메인 컨트롤 보드로 구성되어 있다. 수평축 이동모듈은 광섬유를 좌/우 이동시켜 광섬유 단면을 가까이 붙이는 역할을 하며 접속 모듈은 비전시스템과 진구봉 그리고 좌우 광섬유의 편차를 조절하는 V블록으로 구성되어 광섬유를 정렬하고 고압방전을 통해 용착하는 역할을 한다.

광섬유 용착을 위해서는 용착접속기의 수평축 이동

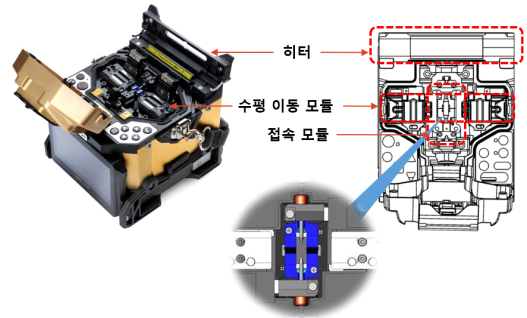


그림 3. 일반 광섬유 용착접속기 구조
Fig. 3. Structure of general optical fiber fusion splicer

모듈 좌우에 광섬유를 배치하고 접속모듈을 이용하여 용착접속한다. 그리고 나서 접속점 보호를 위해 미리 삽입시켜 놓은 튜브를 접속점에 위치시킨 후 접속기 상측의 히터로 옮겨 열수축 시킨다.

일반 광섬유 용착 과정을 구체적으로 그림과 함께 설명하면 표 1과 같다.

표 1. 광섬유 용착접속 과정
Table 1. Fiber fusion splicing process

절차	이미지	설명
1) 슬리브 튜브준비		광섬유에 슬리브 튜브를 삽입한다.
2) 광섬유 접속준비		<ol style="list-style-type: none"> ① 광섬유의 코팅을 제거하고 ② 광섬유를 알코올 세척 ③ 광섬유 절단기 이용, 광섬유 절단
3) 용착 접속		<ol style="list-style-type: none"> ① 준비가 완료된 광섬유를 용착접속기의 수평축 이동 모듈에 장착한다. ② 자동 용착접속 실행 ③ 광섬유 자동정렬, 용착접속 된다.
4) 접속점 보호		<ol style="list-style-type: none"> ① 용착접속된 광섬유를 수평축 이동모듈에서 탈거하여 미리 삽입하여 놓은 슬리브 튜브를 접속점에 위치시킨다. ② 접속된 광섬유와 슬리브 튜브를 히터로 옮겨 놓은 후 열수축 시킨다.

2.1.2 일반 용착접속기의 현장조립 광커넥터 용착접속 과정

현장조립 광커넥터의 용착접속 과정도 일반 광섬유 용착접속방법과 동일한 과정을 거친다.

그림 4에 보이는 것처럼 먼저 미리 준비된 광커넥터 헤드와 드롭광케이블을 용착접속기의 수평축 이동 모듈에 장착하고, 정렬시켜 고전압의 방전을 이용, 정렬된 광섬유를 용착접속하게 된다. 그리고 접속점을 보호하기 위해 광섬유 접속점에 튜브를 씌우고 히터로 옮겨 튜브를 열수축시켜 접속점을 보호하게 된다. 이 과정 즉 접속점을 보호하기 위해 용착된 광섬유를 히터로 옮기는 과정에서 광섬유에 작은 휨이나 뒤틀림이 발생하게 되면 그 충격이 접속점에 집중되어 접속점이 끊어지는 현상이 자주 발생하게 된다. 그림 5는 접속된 광커넥터헤드와 케이블을 접속기에서 탈거하여 히터로 옮기는 과정을 나타낸다⁷⁾.

그림 5와 같이 접속점을 옮기는 과정에서 작은 휨이나 뒤틀림이 발생되면 모든 에너지가 광섬유의 가장 약한 지점인 접속점에 전달되어 접속점이 끊어지

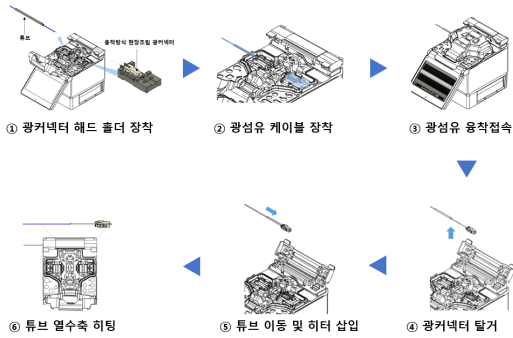


그림 4. 일반 용착접속기의 광커넥터 용착접속 과정
Fig. 4. Field assembly optical connector fusion splicing process of general fusion splicer

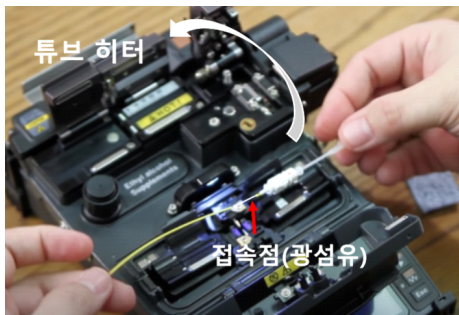


그림 5. 용착접속된 광커넥터의 접속점 보호를 위한 이동
Fig. 5. Movement to protect the splice point of the fusion spliced optical connector

는 현상이 발생하게 된다. 두 가지 문제, 즉 일반 용착 접속기를 사용하기에 불안정한 작업환경과 접속점 보호 과정의 불편한 구조가 더해 졌을 경우 접속점 끊어짐으로 인한 광커넥터 조립에러율이 증가하게 된다.

2.1.3 관련 연구

기존 용착방식의 현장조립광커넥터와 용착접속기는 이러한 문제를 해결하기 위해 몇 가지 방법들을 제시하고 있다.

우선 용착접속기는 크기와 무게를 줄이는 방법으로 소형 용착접속기가 제작되어 출시되고 있다⁸⁾. 하지만 광커넥터 접속 방법과 접속점 보호 방식은 기존의 광섬유 접속 절차를 수용하고 있기 때문에 소형화의 한계가 있으며 현장적용시 이전의 장비와 동일하게 별도의 작업공간을 확보해야 한다.

용착방식 현장조립광커넥터의 경우에도 몇 가지 방법들이 제시되고 있다. 첫 번째로는 광커넥터 헤드의 두께와 무게를 최소화하여 휨에 대한 안전성을 부가하려 하고 있으며, 휨이 발생하지 않도록 하는 보조장치를 이용하여 접속완료된 광커넥터를 히터로 옮길 수 있도록 하고 있다. 두 번째로는 광커넥터 헤드의 광섬유를 길게 하여 휨에 대해 안전성을 확보하고자 하지만 광커넥터가 길어지는 문제가 있어 거의 사용하고 있지 않다⁹⁾.

가장 좋은 방법은 광커넥터 용착접속 후 접속점을 보호하기 위해 광섬유를 이동시키지 않고 바로 접속점을 보호 할 수 있도록 하여 이동 중 발생하는 휨이나 충격을 방지하는 방법이다. 이것을 위해 열수축 튜브를 사용하지 않고 양면테이프 방식의 슬리브를 광커넥터 헤드에 부착시켜 접속 후 바로 접속점을 보호할 수 있도록 하는 방법이 제시되고 있다. 그림 6은 양면 테이플 방식의 슬리브가 날개 형태로 부착된 용착형 광커넥터 헤드의 모습이다.

하지만 일반 용착접속기에서는 보호 슬리브가 날개 형태로 부착되어 있는 용착형 광커넥터를 용착접속할



그림 6. 날개형 슬리브 방식의 용착접속 광커넥터
Fig. 6. Winged sleeve type fusion splicing optical connector

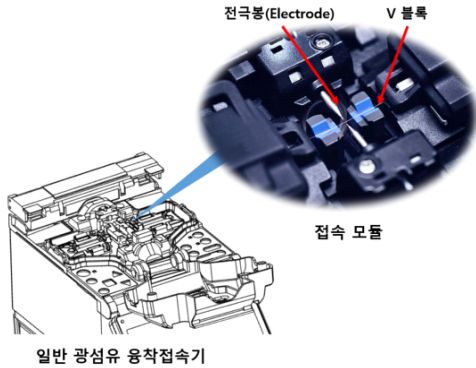


그림 7. 일반 광섬유 용착접속기의 접속모듈 구조
Fig. 7. Structure of splicing module of general optical fiber fusion splicer

수 있는 기능을 제공하지 않아 현장적용이 되지 못하고 있다. 기존 용착접속기의 경우 광섬유와 광섬유를 접속하기 위한 장비로 개발되어 열수축 튜브 히팅 방식만 제공하고 있으며 용착지점에서는 그림 7과 같이 전극봉과 V블록으로 인해 날개형 슬리브를 접을 수 있는 공간확보가 어렵다.

본 연구에서는 위의 문제를 해결하기 위해 접속 모듈 승/하강 기능이 있는 용착접속기를 제작 하였다. 제작된 용착접속기는 광커넥터를 용착접속하고 히터로 이동하는 과정 없이 그 자리에서 슬리브를 접어 접속점을 보호할 수 있도록 접속모듈 승/하강을 통한 공간확보기능을 구현하였고 열수축 히터를 없애 전원장치를 간소화 하여 크기와 무게를 최소화 하였다.

2.2 현장조립 광커넥터 전용 용착접속기 설계

용착접속된 광커넥터 헤드가 히터로 이동되지 않고 접속점이 보호되기 위해서는 그림 6과 같은 보호 슬리브가 광커넥터 헤드에 장착된 용착형 광커넥터를 이용할 수 있어야 한다. 그림 6의 용착방식 광커넥터는 양면테이프가 접착된 슬리브를 광커넥터 측면에 날개형태로 부착하여 출시되고 있고, 용착접속 후 공간만 확보 된다면 날개형태의 슬리브를 접어 이동 과정 없이 접속점을 보호 할 수 있도록 되어 있다.

이를 위해 본 연구에서는 용착접속기능과 용착접속 후 날개형 슬리브를 접을 수 있도록 접속모듈 승/하강 기능이 내장된 용착접속기를 제작하였다. 제작된 용착접속기는 튜브히터를 제거하고 히터 발열에 필요한 전력모듈을 제거하여 전원설계를 최적화 하였으며, 1 lens, 1 camera 시스템의 광학 모듈을 적용하여 소형화 하여 주상작업의 편리성을 확보하였다.

제작된 용착접속기는 그림 8과 같이 고전압 전극

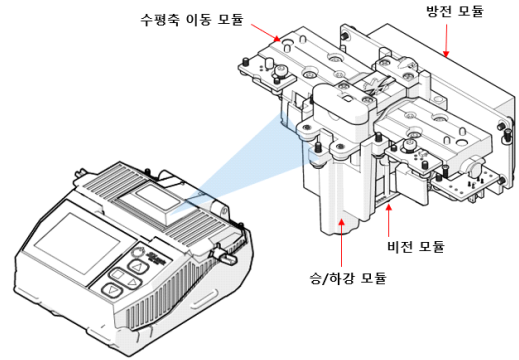


그림 8. 현장조립 광커넥터 전용 용착접속기 구조
Fig. 8. Structure of field assembly optical connector exclusive fusion splicer

방전을 통해 열을 발생시키는 방전모듈, 광커넥터 헤드와 광섬유 케이블을 이송하기위한 수평축 이동 모듈, 수평축 이동모듈과 연동되어 용착시 정렬에 사용되는 비전 시스템으로 구성하였다.

2.2.1 승/하강 모듈

날개형 보호 슬리브를 접는데 필요한 공간 확보를 위해 용착접속 후, 접속모듈이 하강 될 수 있도록 접속 모듈 승/하강 시스템을 구현하였다. 용착접속이 완료된 후 승/하강 버튼을 손가락으로 누르게 되면 접속 모듈이 하강되어 멈춤기에 걸려 멈추게 된다. 이때 접속 모듈의 상부에는 공간이 형성되기 때문에 날개형 슬리브를 접을 수 있게 되고 날개형 슬리브를 접고 광커넥터와 광섬유를 홀더에서 탈거하면 광커넥터 조립이 완료되게 된다.

그림 9의 첫 번째 이미지는 접속모듈이 승강 되어 있을 때의 모습이며 두 번째 이미지는 하강되었을 때의 이미지, 세 번째 이미지는 하강 상태에서 날개형 슬리브를 접었을 때의 이미지를 나타낸다. 승/하강 버튼을 강하게 누르면, 누르는 압력에 의해 하강되어 멈춤기에 의해 멈추게 되고 또 한 번 강하게 누르면 멈

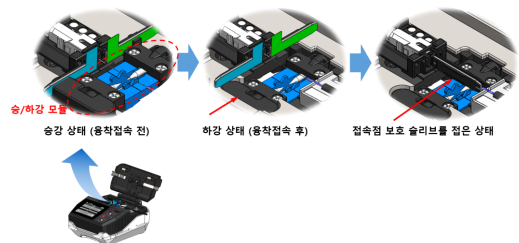


그림 9. 용착접속기의 승/하강 모듈 동작
Fig. 9. Elevating/lowering module operation of fusion splicer

축키가 풀려 스프링 탄성에 의해 승강되는 원리이다. 핵심원리는 그림 9와 같이 볼펜에 사용되는 클릭키 (clicky) 원리를 적용하였다.

그림 10은 클릭키 구조와 적용모습을 나타낸다. 클릭키 원리는 캠과 캠바디 그리고 캠바디의 하우징 역할을 하는 캠 실린더로 구성되며 누를 때 마다 캠이 일정각도로 회전하여 멈춤키에 캠바디가 걸려 하강상태에서 멈추고, 한번더 누르면 일정각도 다시 회전하여 캠바디가 풀려 승강하는 구조이다.

승/하강 모듈은 그림 11과 같이 접속모듈, 클릭키 모듈, 비전시스템으로 구성되어 있다. 3개의 모듈은 광섬유의 접속에 필요한 고압방전과 정렬, 이미지 프로세싱 정보를 획득하는데 가장 중요한 요소로 기구적 흔들림이 있거나 틀어지면 안되는 핵심요소이다. 이를 위해 승/하강 모듈은 접속 모듈과 비전 시스템이 같은 프레임에 고정되도록 일체화 시켜 접속 모듈이 승/하강될 때 비전시스템도 같이 승/하강 동작되어 광섬유 이미지의 초점 흔들림 현상이 일어나지 않도록 하였다. 비전시스템은 광학렌즈와 카메라 센서로 구성되어 광섬유를 촬영하며 메인 컨트롤 보드에 이미지를 전송하여 이미지 프로세싱을 통한 모션 컨트롤이

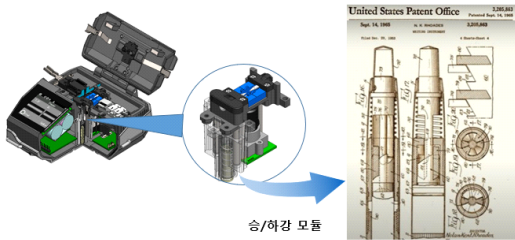


그림 10. 클릭키 원리를 활용한 승/하강 모듈 구조
Fig. 10. Elevating/lowering module structure using the click key principle

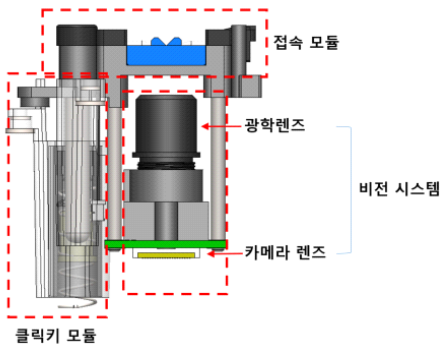


그림 11. 승/하강 모듈 구조
Fig. 11. Elevating/lowering module structure

가능하도록 한다.

2.2.2 비전 시스템

비전 시스템은 그림 12와 같이 렌즈와 이미지 센서, 이미지 처리 보드로 구성하였다. 8배 렌즈와 1/4" CMOS camera sensor 를 적용하여 광섬유를 50 배 확대 하여 LCD 에 출력할 수 있도록 하였고 렌즈 배율과 카메라 센서의 크기를 계산하여 광섬유 분해능을 2 um 까지 확인 할 수 있도록 하였다.

카메라에 입력된 영상은 캐니 알고리즘을 적용하여 광섬유의 엣지만 추출하는 방식으로 이미지 프로세싱을 처리하였다. 이렇게 만들어진 이미지 프로세싱 결과는 실시간으로 광섬유의 위치를 정렬하는데 사용되고 방전량을 처리하고 방전량을 조절하는 기초데이터로 사용하였다.

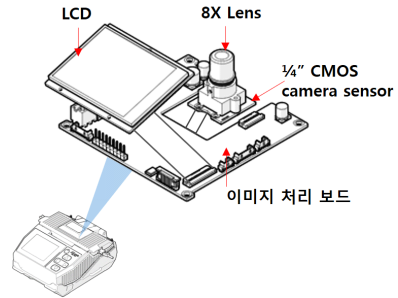


그림 12. 비전 시스템 구조
Fig. 12. Structure of the vision system

2.2.3 수평축 이동 모듈

광섬유 이송을 위한 수평축 이동체는 그림 13과 같이 중심축이 이동되는 리니어 모터를 적용하여 별도의 마이크로미터 부품 없이 수평축 이동이 가능하도록 하였다. 광섬유 이송을 위한 플레이트 밑에 리니어 웨이를 추가하여 수평축 이동의 정밀도를 향상 시켰

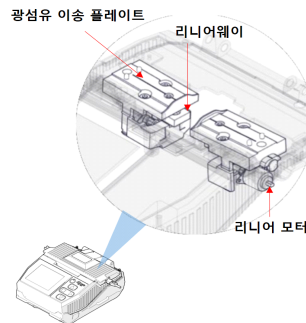


그림 13. 수평축 이동 모듈 구조
Fig. 13. Structure of horizontal axis movement module

고, 좌우 이동체의 수평 이동 가능 거리는 각각 7 mm 이고 정밀도는 1 μm 이다. 수평이동 모듈은 비전 모듈과 연동되어 광섬유 이미지 프로세싱 결과를 이용해 자동으로 광섬유 이동이 제어되도록 펌웨어를 설계 하였다.

2.2.4 방전 모듈

방전 모듈은 그림 14와 같이 직류 승압 위한 승압 회로를 1차 2차 단계로 설계하여 5V전압을 12-48V로 승압할 수 있도록 하였고 트랜스를 2단계로 구성하여 1500V 까지 순간 전압이 상승될 수 있도록 하였다. 상승된 전압이 트랜스 종단에 연결된 전극봉에 인가되고 접지측에 연결된 접지봉에 공기중 방전될 수 있도록 하였다. 고압과 접지의 전극봉은 2 mm 간격으로 떨어뜨려 대기중 방전이 일어나도록 하고 방전 중 열 분포가 내부에서 1200℃ 상승할 수 있도록 하였다. 1200℃ 상승시 유리 광섬유의 단면이 용융될 수 있는 온도이다.

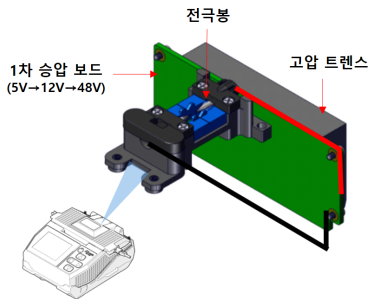
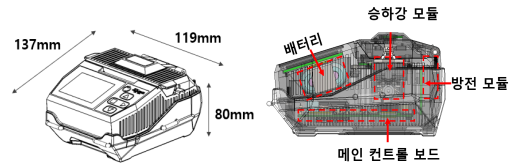


그림 14. 방전 모듈 구조
Fig. 14. Structure of the Arc discharger module

2.2.5 전체 크기와 무게

본 연구를 통해 제작된 용착접속 장치의 무게는 680g 이고 크기는 119(W)×137(D)×80(H) 이다. 한 손으로 들고 다른 한 손으로 접속 작업이 가능한 크기로 제작하였다. 접속 모듈에서 슬리브를 접어 접속점을 보호하기 때문에 일반 용착접속기에 사용되는 히터를 제거할 수 있었고, 그와 관련된 AC전원 모듈을 제거하여 전체 크기를 대폭 줄일 수 있었다.

그림 15는 제작된 용착접속기의 외형 특징과 내부 구조를 나타낸다. 내부는 크게 승/하강 모듈(접속 모듈, 비전 모듈 포함), 방전모듈 그리고 메인컨트롤 보드와 전력부에 해당하는 배터리로 구성되어 있으며 전력 모듈은 메인 컨트롤 보드에 통합하여 Micro 5 pin 휴대폰 충전기로 충전할 수 있도록 구성하였다. 전반적



(a) 용착접속기 크기 (b) 용착접속기 구조

그림 15. 용착접속기의 크기와 구조
Fig. 15. Size and structure of fusion splicer

으로 히터 제거, AC 전원부 제거, 1 Lens 비전시스템 구현으로 크기와 부피를 획기적으로 줄일 수 있게 되었다.

III. 실험

3.1 실험 구성

제작된 장비의 용착접속 성능과 광커넥터 조립 편리성을 확인하기 위한 실험을 각각 진행하였다. 첫 번째 실험은 제작된 용착접속기의 성능을 확인하기 위한 실험으로 용착접속에 나타나는 손실과 소요되는 시간을 측정하였다. 광섬유 접속지점에는 삽입손실(IL)과 반사손실(RL)이 발생되며 식(1)과 (2)로 표현할 수 있다.

$$IL(dB) = -10 \log \frac{P_{out}(w)}{P_{in}(w)} \quad (1)$$

$$RL(dB) = -10 \log \frac{P_{br}(w)}{P_{in}(w)} \quad (2)$$

여기서 (IL)은 삽입손실, (P_{in})는 기준 광전력, (P_{out})는 시료를 통과한 출력 광전력을 나타내고, (RL)은 반사손실, (P_{br})은 접속점에서 반사된 광전력을 나타낸다.

두 번째 실험은 제작된 용착접속기의 광커넥터 조립 편리성을 확인하기 위한 실험으로 날개형 슬리브가 내장된 광커넥터를 용착접속하고 조립하여 접속손실과 조립에 소모되는 시간을 측정하였다. 비교를 위해 일반 용착방식 현장조립 광커넥터를 용착접속하고 튜브와 히터를 이용하여 접속점을 보호하고 결과물의 접속손실과 조립에 소모되는 시간을 측정하였다.

그림 16와 같이 실험을 구분하였다. 첫 번째 실험을 그림 16(a)와 같이 광섬유와 광섬유 접속하여 결과를 분석하였고 두 번째 실험을 그림 16(b)와 (c)로 구

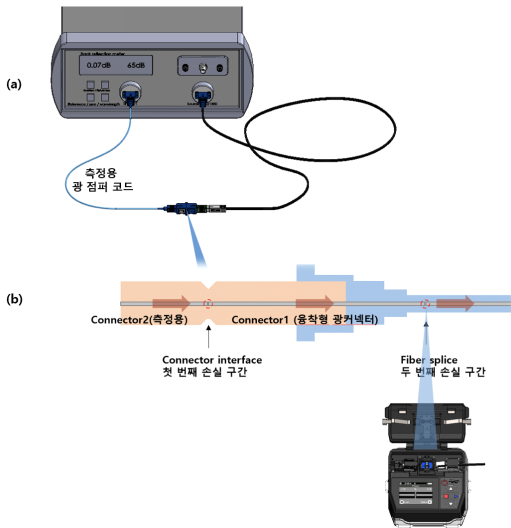


그림 18. 현장조립 광커넥터 손실측정(두 번째 실험)
Fig. 18. Measurement of field-assembled optical connectors loss

3.3 실험 결과

그림 19는 첫 번째 실험인 본 연구를 통해 제작된 융착접속기의 접속손실 성능과 분포를 나타낸다. 융착 접속으로 인해 발생된 삽입손실은 대부분 -0.07 dB 주변에 분포되어 있으며, 반사손실은 -60 dB 이내임을 알 수 있다. 표준편차도 0.012로 모든 시료의 접속 손실이 안정적이라는 것을 확인할 수 있다.

국내 기간통신사업자들로 구성된 한국통신공사협회는 사업자간 통신규격과 품질을 유지하기 위해 인터넷 FTTH 설비기준^[11] 규정하여 적용하고 있다. 설비기준은 광섬유 가입자망을 포괄하는 내용으로 FTTH 및 홈네트워크를 포함한다. 설비기준에서 융착 접속 개소당 요구하는 손실은 -0.1 dB 이내로서 실험결과치는 협회 요구 규격을 충족하고 있다.

그림 20은 두 번째 실험인 본 연구를 통해 제작된 융착접속기의 편리성을 측정하기 위해 보호 튜브를 사용하는 현장조립 광커넥터와 날개형 슬리브를 사용하는 현장조립 광커넥터를 비교 실험한 결과이다. 접속손실은 두 시료 모두 비슷한 결과를 보이지만 접속 후 접속점을 보호하는 시간을 포함한 광커넥터 접속 및 조립 시간을 측정하면 20초 이상의 시간 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있고 그림 20(a)와 같이 실험자가 시간을 줄이기 위해 가능한 빨리 조립을 진행하면 접속점을 히터로 이동하면서 힘이나 뒤틀림이 발생해 광섬유 부러짐 예러가 발생됨을 알 수 있다. 아래 그림 20은 최대한 시간을 빠르게 하는 조건으로 실험을 진행한 결과이다.

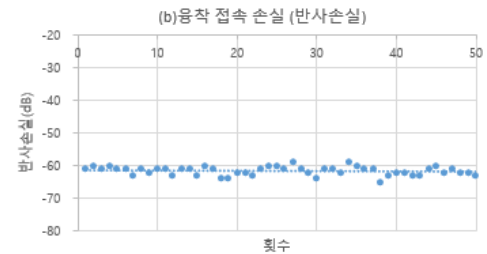
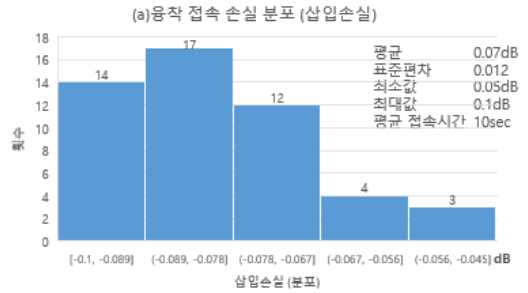


그림 19. 제작된 융착접속기의 접속손실 특성 (실험1의 결과)
Fig. 19. Splicing loss characteristics of the developed fusion splicer

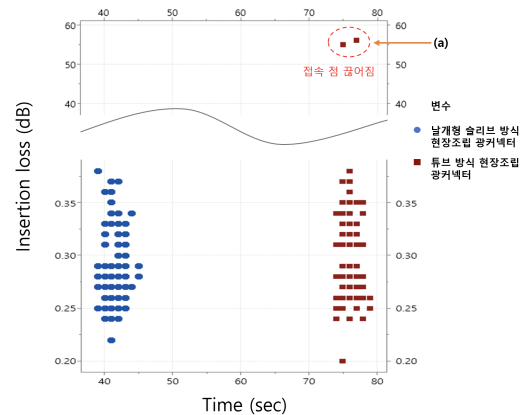


그림 20. 두 가지 시료의 접속손실과 조립시간 비교(실험 2,3의 결과)
Fig. 20. Comparison of splice loss and assembly time of two types of samples

IV. 결론

FTTH 개통을 위해 외부현장과 가입자 댁내에서 조립되어지는 현장조립광커넥터는 메칭젤 타입에서 융착방식의 광커넥터로 발전되며 변화하고 있다. 하지만 융착접속기를 사용해야 하는 융착방식의 광커넥터

는 융착접속기의 가격 부담과 FTTH 작업현장에 맞지 않는 크기와 무게, 사용방식의 문제로 대중화 보급에 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 문제해결을 위해 제안되고 있는 열수축 튜브를 사용하지 않는 날개형 슬리브 방식의 광커넥터를 접속시킬 수 있는 융착접속기를 제시하여 융착접속방식의 편리성과 광커넥터의 조립 신뢰성을 높일 수 있도록 하였다. 실험을 통해 융착접속 손실은 -0.1 dB 이하로 인터넷 FTTH 설비기준을 만족시켰으며 접속 작업시간을 비교해 본 결과 약 75초 정도 소요되던 작업시간을 약 40 초까지 단축할 수 있음을 확인하였다. 이 과정에서 불필요한 튜브 히터와 AC전력 모듈을 제거하여 융착접속기를 소형화하여 협소한 공간에서도 작업이 가능하도록 하였으며 제품 제작 단가 절감 효과를 기대할 수 있다.

References

[1] J. Byun, "Reform trend of funding system after designating broadband as a universal service," in *Proc. Symp. KICS Conf.*, pp. 632-633, Yongpyong, Korea, 2020.

[2] O. Takaki, et al., "Development of network system based on fiber-to-the-desktop (FTTD) in a national university hospital," *ICSEA* p. 214, Rome, Italy, 2016.

[3] J. Jeong, W. Yang, and Y. Kim, "Network structure for offshore wind farms based on EPON," *J. KICS*, vol. 38, no. 2, pp. 130-139, 2013.

[4] H. Takai and O. Yamauchi, "Optical fiber cable and wiring techniques for fiber to the home (FTTH)," *Optical Fiber Technol.*, vol. 15, no. 4, pp. 380-387, 2009. (<https://doi.org/10.1016/j.yofte.2009.04.002>)

[5] H. J. Lee and B. C. Park, "Field assembly optical connector configured to prevent optical fiber bending," US 2022/0019026 A1, Jan. 20, 2022. (<https://doi.org/10.8080/1020180157520>)

[6] Noriyuki Kawanishi, Sakura-shi, "Optical fiber fusion splice system," US 2014/0157830 A1, Jun. 12, 2014. (<https://doi.org/10.8080/1020137026731>)

[7] Y. Iwashita, et al., "Field-Installable fusion splice connector," *National Fiber Optic Eng. Conf.*, Optical Society of America, 2008. (<https://doi.org/10.1109/ofc.2008.4528156>)

[8] Y. Iwashita, S. Saito, and T. Takashima, "Development of a sophisticated sub-micro fusion splicer for FTTH applications," *Optical Fiber Commun. Conf. and National Fiber Optic Eng. Conf. IEEE, CA, USA*, 2006. (<https://doi.org/10.1109/ofc.2006.215867>)

[9] M. de Jong, D. Leyva, and C. A. Yow, "Fusion-splice fiber optic connectors and related tools," US 8,408,811 B2. Apr. 2, 2013. from <https://patents.google.com/>

[10] JDS Uniphase, *RM3 SERIES BACK REFLECTION METER User's Manual Rev 002*, 08, 2020, from http://denethor.wlu.ca/pc481/manuals/JDS_RM3_Manual.pdf

[11] Korea Information & Communication Industry Institute, *Information and Communication Construction Design Criteria*(16-KICI-09). 08, 2020, from <https://www.kica.or.kr/>

박 병 철 (Byung-chul Park)



2018년~현재 : 주식회사 솔텍 광
기술연구소 소장
<관심분야> 광소자, 통신공학,
광통신 공학

[ORCID:0000-0001-6367-1926]

서 석 현 (Suk-hyun Seo, 0000-0003-1800-3130)



2011년~2016년 : 현대자동차 책
임연구원
2016년~현재 : 한국공학대 학교
전자공학부 교수
<관심분야> 차량통신, 차량용임
베디드시스템, 자율시스템

[ORCID:0000-0003-1800-3130]