

철도 광케이블을 이용한 화상전송방안에 관한 연구
A study on the moving picture transmission method by
railway fiber optics cable

조봉관 장석각** 류상환**
B. K. Cho S. G. Chang S. H. Ryu

Abstract

CCTV network has been implemented to transmit the image information of platform and transfer section to local headquarters in the KNR(Korean National Railroad). But, communication system for transferring image information around accident field has not been established yet.

thus, at present implementation of communication equipment is necessary for dynamic of unspecified accident to be transmitted to headquarters.

Copper cable communication network is run by KNR, but it is processing installation of optics cable in connection with the implemental plan for high-speed network from next

And, the capacity of communication channel will be guaranteed much more than between station and station, station and central headquarters when fiber optics cable is

This study analyzes the image equipment of field for transmission and estimated method to transmit image information of accident field to headquarters with using communication network. And, the study considers implemental method of communication network for dynamic image transmission from dozens to hundreds kilometers.

1. 서론

철도는 대량의 승객과 화물을 수송하는 중요한 역할을 담당하며 철도에서 발생하는 사고는 인명과 관련되며 긴급한 복구가 요구된다. 따라서, 사고상황의 정확한 동영상 정보를 사령실로 전송하는 화상전송시스템이 필요하며, 이에 따른 통신선로의 확보가 요구된다.

기존 철도통신선로는 지역사무소간에 철도전화, 팩스, 열차운행정보서비스를 위해 사용되었으며 통신선로로는 동케이블을 이용하는 것이 일반적이었다. 그러나, 지역사무소간의 대용량 파일전송, 철도종사자의 전자메일, internet 등의 서비스가 요구되고있어 기존 통신인프라의 개량을 필요로 하게 되었다.

철도 초고속망 구축계획에 따라 통신선로의 광케이블화 작업이 진행되고 있으며 철도사고 동영상 전송으로 통신선로 2core를 계획하고 있다. 본 연구는 화상전송용 철도 광통신 인프라를 조사하고 사고현장의 동영상을 전송하기 위해 검토해야할 사항과 전송시스템 구축방안에 대해 연구한다.

* 한국철도기술연구원, 철도신호통신연구팀, 주임연구원

** 한국철도기술연구원, 철도신호통신연구팀, 책임연구원

2. 철도 통신설비

화상전송용 통신선로로 적합한 광케이블은 철도선로를 따라 포설되어 있으며 구축현황은 2001년 기준으로 908km(한국철도 선로연장 : 3,125km 구간 대비 29.1%)구간에 포설되어 있으며 철도 초고속 정보통신망 구축 계획에 따라 단계적으로 포설계획이 수립되어 있으며 2005년에는 2,294km구간이 광케이블로 포설되어 철도선로연장의 73.4%를 차지할 것이다. 그리고, 광단국 설비도 442대 추가로 도입될 예정이며 STM1(155Mbps급), STM16(2.5Gbps급) 광단국장치가 이용되고 있다.

또한, 철도에서는 철도연변에 긴급재난 발생시 사고현장의 상황을 사령실(지휘본부)에 실시간으로 동영상 전송하기 위한 광통신선로의 기반조성을 위해 광전송로의 일부분인 2core를 약 1km 간격으로 분기 접속하고 이용하기 편리하게 지하맨홀에서 입상하여 광단자함을 구축하기 위한 방안을 계획하고 있다.

2.1 광케이블

광섬유(optical fiber)는 직경이 100 μ m 정도로 굉장히 가늘고 투명도가 높은 유리섬유이며 주원료는 실리콘(규소)이며, 구조는 굴절율이 큰 코어(core)가 중심부분에 위치하며 굴절율이 작은 클래드(clad)가 코어를 덮은 부분으로 구성되어 있다. 또한, 광신호는 빛의 전달하는 원리를 이용하여 코어와 클래드의 경계면에서 전반사를 반복하면서 전송된다. 전송손실이 낮아 전송대역폭에 관계없이 많은 양의 정보를 먼거리까지 전송할 수 있으며 또한, 유리자체가 부도체이므로 절연이나 유도장해를 받지 않아 기존의 전력선과 같이 포설하여도 무방하며 보안성이 우수하다. 그리고, 동케이블에 비해 부피가 작고 가벼우며 기존의 관로증설없이도 많은 전송로를 구성할 수 있다.

표 1 광케이블의 특징

장 점	단 점	비 고
<ul style="list-style-type: none"> - 전송손실이 적다.(0.4~30 dB/km) - 정보전송용량이 크다. - 부피가 적고 경량이다. - 외부 전기신호(유도잡음)의 영향이 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 케이블 접속이 어렵다. - 광전변환기가 필요하다. 	

표 2 일반적인 광케이블 손실

고유의 손실	흡수손실	유리섬유에 포함된 불순물(Fe, Cu, 수분)에 의한 흡수
	산란손실	빛이 파장에 비해 크지 않는 물질에 닿았을 때 그 빛이 광섬유속에서 산란하며 진행을 방해하고 빛이 클래드층 밖으로 빠져나옴
외력 손실	마이크로 밴딩 손실	광섬유의 축이 수 mm 이하의 주기를 가지고 구불구불하게되어 발생하는 손실, 외피/코딩/비굴절율차로 극복
인위적 손실	접속손실	두 개의 광섬유 접속시 서로 축이 어긋나서 생김

광섬유의 광손실은 본질적으로 존재하는 고유손실로서 흡수손실과 코어와 굴절율의 불균일성에

의한 산란손실(레이리 산란), 외부로부터 힘이 가해져 생기는 마이크로 밴딩 손실, 광섬유의 구조 불안전에 의한 손실, 굽힘손실, 입출력부의 결합손실 등이 있다.

2.2 광단국 설비

광전송장치는 1.544Mbps신호(NAS, DS1 또는 T1로 표기), 2.048Mbps(CEPT DS1 또는 E1로 표기) 및 44.736Mbps신호(이하 DS3로 표기)를 분기/결합 및 다중화 하여 155.520Mbps속도로 광전송하고 이의 역기능을 수행한다. 즉, 비동기식 DS1(T1/E1) 및 DS3급신호를 STM-1급 동기식신호로 다중화하여 광전송하고 이를 광수신하여 역다중화하며, 역간 통신실, 교환소간 등에 적용한다.

2.2.1 광 송수신 거리

철도에서 사용하는 광전송장치는 광 송수신 거리별로 다음의 4가지 종류로 구분하며 용도에 맞게 사용하고 있다.

- A형 : 장거리 국간용(전송거리 : 약 40km)
- B형 : 단거리 국간용(전송거리 : 약 15km)
- C형 : 국내용(전송거리 : 약 2km)
- D형 : 장거리 국간용(전송거리 : 약 60km)

2.2.2 광단국 네트워크

철도에서 사용하는 광단국설비간의 네트워크는 다음 그림과 같이 역의 통신실에 설치된 동기식 155Mbps, 2.5Gbps 광전송장치로 구성되며 일반적으로 통신용량과 전송거리를 계산하여 2.5Gbps 단국설비 하부에 몇 개의 155Mbps단국설비가 연결되어 있다.

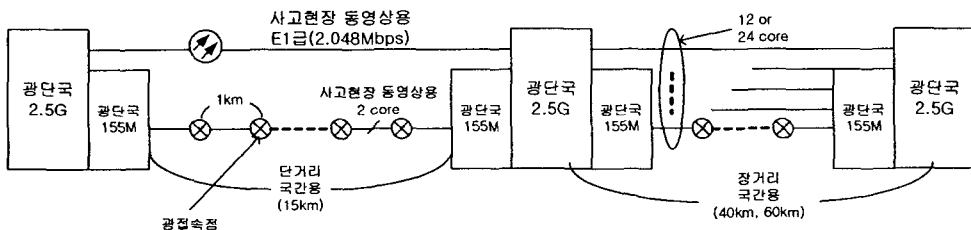


그림 1 광전송망 구성

광전송망을 설계할 때 고려해야할 광전송장치의 설치위치는 다음과 같이 최대 중계거리를 고려하여야 한다.

(1) 최대 중계거리 산출방식

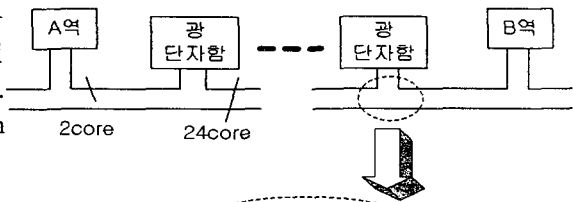
$$L(km) = \frac{Gs - Me - (nLc + Mc)}{Li + Ls}$$

- n은 광커넥터접속 개소수(광케이블접속은 매 km로 추정)
- 기존케이블 포설구간은 케이블의 손실을 실측하여 케이블 손실에 반영

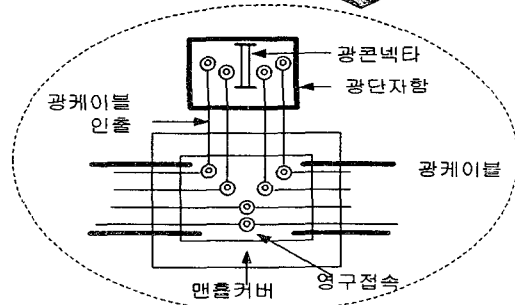
- (2) 최대 중계거리 예측 : 광케이블손실은 A등급의 90% 적용, Error Free기준시 약 40km적용
- (3) 광 손실 및 배분기준 : 해당구간의 중계거리를 감안, 허용 광손실을 만족하는 등급으로 설계
 - (가) 시스템이득(Gs) : error free 기준시, 34.0dBm (SM LD)
 - (나) 장치 마진(Me) : 2dB
 - (다) 커넥터 손실(Lc) : 1dB 이하/개소당
 - (라) 케이블 운용마진(Mc) : 2dB
 - (마) 접속손실(Ls) : 0.15dB/개소
 - (바) 광케이블 손실(Li) : 0.5dB/km
- (4) 서비스 전송대역 : 155.520Mbps 광전송장치가 서비스하는 대역은 DS1(T1/E1), DS3
- (5) 최대 허용거리(155.520Mbps 광전송장치)
 - (가) 광파장 1310nm일 경우에는 40km
 - (나) 광파장 1550nm일 경우에는 60km이내

2.3 광케이블 접속합

철도 초고속 정보통신망 구축 계획에 따라 광케이블 구간을 2005년까지 1,386km 증설하고 광단국 설비도 442대 도입될 예정이다. 특히, 광케이블은 24core를 사용하며 약 1km 간격으로 접속되어 있다.



따라서, 사고현장의 동영상을 원활히 전송하기 위해 24core중에 2core를 1km 간격으로 입상하고 광단자함을 설치하여 철도 현장의 동영상정보전송에 활용하고자 한다. 이때 검토해야할 사항은 광케이블의 접속손실을 고려해야한다.



3. 전송시스템 구축방안

3.1 광전송로의 손실 검토

그림 2 광케이블 인출 및 광단자함 내부결선

광단국이 설치된 역의 통신실과 인접역의 광단국이 설치된 통신실간에 2core를 화상전송용으로 사용하기 위해서는 1km 마다 광커넥터로 접속된 광전송로에 대한 접속손실을 산출하여 광전송장비의 수신특성이 광전송로에서 발생하는 손실치의 범위를 만족하는지 검토하여야 한다.

표 3 광케이블 시공시 고려해야할 손실

구 분		특 정	접속손실
접속손실	융착접속	- 전기방전으로 융착결합	약 0.15dB/개소
	커넥터 접속	- 분배함내 케이블 접속	약 1.0dB/개소
전송손실	거리손실	- 거리에 따른 손실	약 0.5dB/km

역간 최대거리를 20km로 두고, 각각의 손실을 고려하면 광케이블의 최장거리는 역의 가장 중간

지점에서 전송할 경우이다. 따라서, 각각의 손실은 다음과 같다.

- 광케이블 전송손실 : $0.5\text{dB} \times 10\text{km} = 5.0\text{dB}$
- 용착 접속손실 : $0.15\text{dB} \times 20\text{개소} = 3.0\text{dB}$
- 콘넥터 접속손실 : $1.0\text{dB} \times 11\text{개소} = 11.0\text{dB}$

따라서, 전체 광전송로의 손실을 산출하면 19.0dB이다. 그리고, 여기에 적용하는 광전송장비의 수신특성은 19.0dB의 손실을 보상할 수 있어야 한다.

3.2 광케이블 접속손실시험

이론상으로 산출된 광전송로의 손실을 검증하기 위해 실내에서 1km 더미 광케이블 10개를 사용하여 광케이블 10km구간을 만들고 각 지점에서의 커넥터 접속손실을 측정하고 기준치를 만족하는지 시험하였다. 시험에서 사용한 커넥터는 SC타입의 커넥터를 사용하였으며 OTDR (E6000C)로 손실률을 측정하였다.

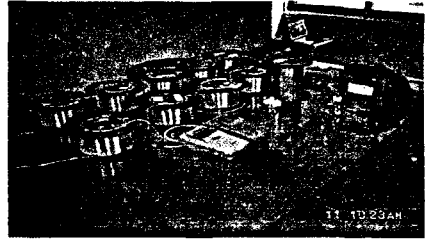


표 4 광케이블 접속손실 시험결과

손실 \ Point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
개소당 커넥터 손실		0.279	0.378	0.26	0.068	0.366	0.699	0.204	0.077	0.247
누적 손실	0.367	1.017	1.723	2.351	2.875	3.717	4.896	5.494	6.046	6.586
누적 거리	1.122	2.225	3.337	4.44	5.543	6.658	7.763	8.873	9.977	11.078
Km당 손실	0.338	0.336	0.399	0.401	0.37	0.354	0.349	0.529	0.383	0.389
이론상 총손실	총손실 : 17.0dB (용착접속 손실 : $0.15\text{dB} \times 20\text{개소} = 3\text{dB}$) (콘넥터 손실 : $1.0\text{dB} \times 9\text{개소} = 9.0\text{dB}$, 케이블 손실 $0.5\text{dB} \times 10\text{Km} = 5\text{dB}$)									
OTDR 총손실	6.586dB									

시험결과, 위의 표와 같이 실제 측정한 총손실이 6.586dB로 이론상 허용치(17.0dB)의 범위를 충분히 만족하며 Km당 거리에 따른 손실은 0.336~0.529dB로 기준치(0.5dB)를 초과하는 부분도 발생하였다. 그리고, 각 지점별 커넥터 손실은 0.068~0.699로 편차는 있지만 모두 허용기준치를 만족하였다.

3.3 전송방안

철도에서의 광통신인프라를 이용하여 사고현장의 동영상을 사령실까지 전송하기 위한 전송방안과 광통신망 구축방안 및 각 방안에 대한 비교검토를 한다.

3.3.1 화상전송을 위한 광전송로 구성

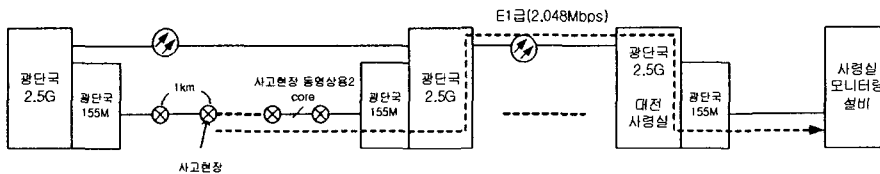


그림 3 광단국의 E1채널을 이용한 전송로 구성(1안)

광단국사이에 위치하는 여러 개의 임의의 광단자함에서 중앙사령실까지의 전송로 구성으로 그림 3의 경우는 임의의 광단자함에서 인접한 광단국장치까지만 화상전송용 2core를 사용하며 광단국에서 중앙사령실까지는 단국의 E1급 채널을 이용하여 중앙사령실까지 전송하는 전송로 구성이다.(이하, 1안) 그림 4의 경우는 광단국을 이용하지 않고 중앙사령실까지 전송하는 전송로 구성을 나타내고 있다.(이하, 2안)

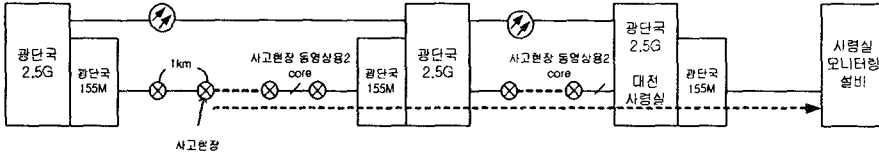


그림 4 광단국을 이용하지 않은 전송로 구성(2안)

3.3.2 화상전송설비

1안과 2안에 대해 각각의 화상전송에 필요한 설비를 검토하면 공통설비로는 영상전송CODEC, 광변환기, SW HUB가 요구되며, 여기에서 1안에 적용할 경우 추가적으로 광단국 인터페이스를 위한 CSU, Router가 필요하다. 그리고, 2안에 적용할 경우 광단국이 설치된 위치에 광변환기가 추가적으로 설치되어야 한다.

1안과 2안에 대한 장단점을 비교하면 1안의 경우는 기존의 광단국설비를 활용할 수 있으며, 화상전송을 하지 않는 회선을 다른 용도를 활용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나, 광단국설비에 할당된 2.048Mbps 이상의 전송속도를 가질 수 없다는 단점이 있다.

2안의 경우는 간선철도 전구간의 2core를 광변환기(미디어 컨버터)와 SW HUB로 연결하는 100Mbps의 네트워크를 구현할 수 있어 추가적인 수요에 능동적으로 대처할 수 있으며 광단국설비를 이용하지 않기 때문에 광단국설비의 전송부하에 영향을 주지 않는다는 장점을 가지고 있다. 그러나, 별도의 네트워크를 구축하기 위해 전구간에서 광케이블 2core를 상시 사용하여야 하기 때문에 화상전송이 없을 경우에도 다른 용도로 사용할 수 없는 단점이 있다.

4. 결론

사고현장이나 긴급한 상황파악을 요구하는 철도현장의 동영상정보를 중앙사령실로 전송하는 화상전송방안에 대해 검토하였다. 적용할 시스템을 선정할 때 우선적으로 경제성과 유지보수성이 고려되어야 하며 이러한 측면에서 2안의 경우에는 IP를 기반으로 100Mbps 전송속도의 네트워크를 독자적으로 구축할 수 있으며 광전송로의 이상상태를 실시간으로 감시할 수 있는 장점이 있다.

향후에는 현장시험을 통하여 각각의 방안에 대한 적용가능성을 확인하여야 하며 단계적으로 철도에 적용하기 위한 방안을 제시할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 조봉관, "사고현장과 사령실간 화상전송기술에 관한 연구", 한국철도학회 추계학술대회, No.1, 2002. 10
- [2] 철도청 정보통신과, "정보통신설비 공사설계표준", 2000.6.