

도시철도시스템의 운용 및 관리를 위한 디지털 전송시스템 분석

황종규*, 조현정*, 양도철*, 안태기*

* 열차제어·통신연구실 한국철도기술연구원, ° 도시철도 표준화연구단 한국철도기술연구원

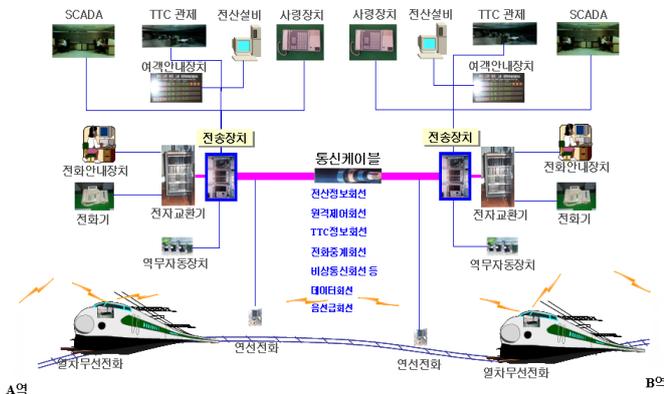
Analysis of Digital Transmission System for Urban Transit

Jong-gyu Hwang, Hyun-jeong Jo, Do-cheol Yang and Tae-ki An
Korea Railroad Research Institute

Abstract - 도시철도시스템은 각 역간, 또는 역과 관제실간 많은 양의 데이터 전송을 통해 운용 및 관리되어진다. 역간 또는 관제실과의 인터페이스 정보는 도시철도 시스템의 효율적인 운용을 위한 정보들 뿐만 아니라 열차의 안전운행에 필수적인 열차제어 정보들도 포함되어진다. 이러한 도시철도시스템의 운용에 필수적인 디지털 전송시스템의 운용 현황과 전송기술의 발전방향을 분석하고, 이를 통해 도시철도 전송시스템의 발전방향을 분석한다.

1. 서 론

디지털 전송시스템이란 도시철도의 운전 및 운영에 필요한 데이터, 음성, 멀티미디어 서비스 등 각종 정보들을 관련부서에 신속하고 정확하게 전송하기 위한 시스템이며, 전송설비와 전송망으로 구분할 수 있다. 즉, 그림 1의 철도 정보통신 시설 전체의 구성과 같이 신호제어, 역무, AFC, SCADA 등 열차운행이나 역무에 필요한 각종 시스템들의 다양한 정보를 관제실, 역, 필요한 장치 등으로 신속하고 정확하게 전송하기 위한 디지털 전송 장치와 전송 장치간의 여러 가지 정보 회선을 포함하는 통신케이블로 구성되는 시스템이다.



〈그림 1〉 철도 정보통신 시설 전체의 구성 현황

전송설비는 열차 운영의 안전성, 신뢰성 및 효율적 시설관리에 적합한 정보통신망을 구축할 수 있어야 하고, 전화, 음성 및 데이터의 고속디지털 전송이 가능해야 한다. 또한, 전송시스템을 위한 통신선로는 기존의 동축케이블에서 광케이블로 대체되어가고 있으며, 최근의 시스템들은 대부분 광케이블에 의한 전송시스템을 구성하고 있다. 본 논문에서는 국내의 도시철도 전송시스템의 운용현황을 조사분석하였으며, 또한 전송기술의 발전방향에 따른 도시철도 전송시스템의 발전방향에 대한 검토하였다.

2. 디지털 전송설비의 운용 현황

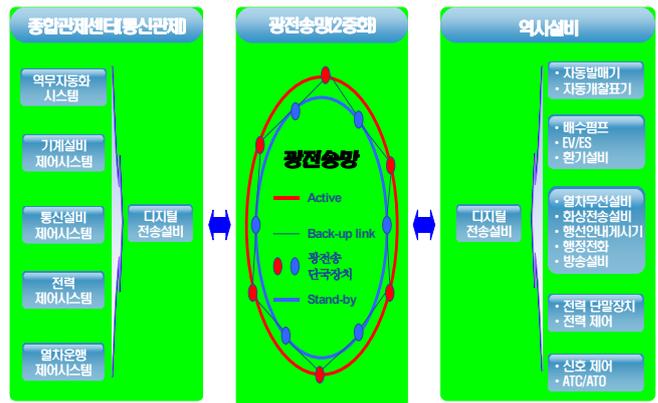
2.1 전송시스템의 구성

도시철도의 디지털 전송설비는 도시철도시스템의 운영관리에서 발생하는 음성, 영상, 데이터 등 각종 정보를 일반역 및 관리역 등 부서간 전송하기 위한 설비로서 타 노선과의 연계성, 구간 개통 및 향후 증설 등을 고려하여 다음과 같은 전송망들에 필요한 정보전송을 위한 것이다.

- 요금정산 및 승객관리를 위한 역무자동화 교환망
- 업무연락을 위한 자동전화 교환망

- 운행 및 승객보호를 위한 화상 감시망
- 각설비의 제어를 위한 제어용 전송망
- 영업운전시 효율적 관리를 위한 데이터 전송망
- 연선 및 열차운행과 관련한 이동체 통신망

이러한 디지털 전송설비를 이용하여 구축하는 도시철도시스템의 전형적인 형태를 표현한 것이다. 다음 그림은 도시철도 디지털 전송시스템의 개요를 나타낸 것으로, 디지털 전송시스템은 중앙의 관제센터와 역설비들 사이에 역무자동화 정보, 열차제어 정보, SCADA 정보 등을 열차의 운행이나 역무 정보 교환을 위해 전송하는 철도정보시스템의 가장 근간이 되는 시스템으로 볼 수 있다.



〈그림 2〉 도시철도 디지털 전송시스템 개요

일반적으로 이러한 전송시스템은 중앙의 종합관제실을 중심으로 주 디지털 회선분배장치를 중심으로 부 디지털 회선 분배장치를 링방식으로 구성하여 장애발생시 종합제어실의 NMS(전송망 관리장치)에 의해서 정보의 손실없이 우회 전송이 가능하도록 2중 Loop 형상으로 구성하여 사용하고 있다. 하지만 오래전에 구축된 일부 노선의 경우 링형 구조가 아닌 버스형 구조도 일부 운용되고 있으며, 또한 전송선로도 최근의 시스템은 대부분 광케이블이지만 일부는 메탈케이블이 사용되는 경우도 있다. 이러한 디지털 전송시스템은 크게 디지털 회선분배장치, 망관리를 위한 NMS(Network Management System), 클럭 동기화를 위한 DOTS(Digital Office Timing Supplier) 장치 등으로 구성되어진다. 디지털 전송시스템은 일반적으로 종합관제센터에 위치하고 있는 주전송장치와 하부 전송장치나 역 전송장치로 구성되어 버스구조나 링구조의 전송시스템의 가장 중요한 부분을 담당하고 있으며, 그 외 NMS나 DOTS 장치는 전송시스템의 보조적인 역할을 담당하고 있다.

2.2 운용현황

국내 도시철도의 현황을 구체적으로 조사 분석한 결과 각각의 호선들이 다양한 전송방식이 적용되고 있었으나, 대부분 오늘날 SDH 표준인 STM-1급으로 구축 및 운용되고 있었다. 이는 최근의 디지털 전송 다중화 계위가 SDH를 적용하는 것이 국내 일반 정보통신뿐 아니라 국제적인 기술 추세에 따른 것으로 보인다. 하지만 일부 노선 서울 도시철도의 5·7·8호선의 경우 PDH 방식이 적용되고 있었다. 그리고 전송용량은 대부분 STM-1급인

155Mbps 급의 전송용량이 운용되고 있었고, 신설 구간과 현재 공사 중인 구간은 전송기술 동향에 맞추어 STM-4급인 622Mbps 이상의 전송속도를 보이고 있었다. 또한, 전송용량이 도시철도보다 크고 전국적인 망을 가지고 있는 철도공사의 경우는 역간망, 구간망 및 기간망의 계층적인 구조로 운용되고 있었다. 각 망별 전송용량도 철도공사의 경우 역간망은 STM-1급이 운용되고 있었지만, 전국망인 기간망의 경우 STM-16인 2.5Gbps 급의 전송용량이 운용되고 있었다. 전송망의 형태는 대부분 링 구조로 되어 있어, 하나의 단국이나 선로에 장애가 발생할 경우 우회경로 설정이 가능한 구조로 되어 있다. 조사 결과 보통의 경우가 2링 구조로 되어 있었으며, 경우에 따라서 1링이나 3링의 전송망 구조도 존재하였다. 이 외에도 전송용량과 전송망 형태의 국내의 현황을 조사한 사례 몇 가지를 열거해보면 다음과 같다. 먼저 부산 교통공사의 3호선 2단계(반송선)의 전송설비는 MSPP STM-16급인 2.5Gbps의 전송속도를 지니며, 무인운전·운영되는 경량전철로 14개역을 하나의 링으로 구성하였다.

〈표 1〉 노선별 디지털 전송시스템 비교

노선	전송방식	전송속도	전송망 구성
서울메트로 1~4호선	SDH	호선별 : 2.5Gbps 역간망 : 155Mbps	호선별 링구성
도시철도 5/7/8호선	PDH	144Mbps	3링, 2링
도시철도 6호선	SDH	155Mbps	2링
도시철도 9호선	SDH	622Mbps	2링
부산 1호선	SDH	155Mbps	2링
부산 2호선	SDH	622Mbps	2링
부산 3호선	SDH	622Mbps, MSPP	2링
부산 3호선 2단계	SDH	2.5Gbps, MSPP	2링
대구 1~2호선	SDH	155Mbps	호선별 2링
대전 1호선	SDH	155Mbps	2링
광주 1호선	SDH	155Mbps	2링
인천 1호선	SDH	상위 : 2.5Gbps 하위 : 622Mbps	3링
인천 공항철도	SDH	155Mbps	1링

국내의 디지털 전송시스템의 비교 분석 결과가 표 1과 같이 정리될 수 있다. 표에서와 같이 현재 다양한 형태의 전송방식, 전송속도 및 망 형태가 운용되고 있었으며, 이 중 디지털 전송체위가 예전의 국제 표준인 PDH 방식을 운용하고 있는 호선의 경우 관련된 장치들의 단종 또는 예비품 부족으로 유지보수에 어려움이 있었다. 전송용량의 경우 현재의 도시철도 대부분은 STM-1 급인 155Mbps 급이 운용되고 있지만, 최근 들어 영상정보나 역사의 각종 센서설비들의 정보들의 전송에 대한 필요성이 증대되면서 일부 용량 증가가 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

3. 전송망 유형 및 기술발전 방향 분석

3.1 전송망 기술 개요

정보통신망의 핵심 구성요소 중의 하나인 데이터 전송기술은 최근 눈부신 발전을 거듭하고 있으며, 특히 최근 들어 광통신에 의한 WDM(Wavelength Division Multiplexer) 등의 전송기술의 급진전은 본격적인 정보화 사회를 보다 앞당길 것으로 예상된다. 데이터 전송이란 일반적으로 정보를 포함하고 있는 신호를 어느 한 지점에서 다른 하나 이상의 지점으로 전달하는 것을 의미한다. 초기에는 주파수를 매개체로 하여 신호를 보냈으나, 이 후 사용자의 증가에 따라 하나의 회선에 동시에 여러 음성 신호를 보낼 수 있는 다중화 기술을 사용하게 되었다. 1970년대 통신기술의 발달에 의한 PCM(Pulse Code Modulation) 기술의 실용화는 디지털 전송 시대를 이끌고 있으며, 1990년대 광통신 기술과 디지털 전송이 접목된 동기식 광전송 시스템이 전송망의 고속 광대화를 가능하게 함에 따라서 전송기술은 괄목할만한 성장을 계속하고 있다.

현재의 초고속 광전송시스템은 1988년에 국제표준으로 된 동기식 디지털 계위(SDH : Synchronous Digital Hierarchy)와 초광대역 광통신 기술의 결합으로 가능하게 되었다. SDH 기술은 기존의 비동기식 디지털 계위(PDH : Plesiochronous Digital Hierarchy)의 비동기식 전송 방식의 문제점들을 해결하기 위한 것으로 전송속도의 고속화 및 신뢰성을 보장하고 있으며, 이를 바탕으로 보다 값싼 서비스 제공과 유연한 망 구축 및 표준화에 따른 이종 장치간 호환성은 물론 대량생산도 가능하게 되었다. 한편 640Gbps 급 이상의 초대용량 광전송시스템의 경우에는 채

널당 전송속도를 증가시키는 초고속 전송기술에 대한 연구와 다중 채널 수를 증가시키는 초광대역 전송기술에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 최근 2000년대에 들어서면서 인터넷 데이터와 같은 버스트형 데이터를 효과적으로 전달하기 위해 IP 데이터양에 따라 유연하게 가상 컨테이너(VC : Virtual Container)를 할당할 수 있는 NG-SDH(Next Generation SDH) 기술이 등장하여 동기식 전송기술의 효율성 및 경제성을 높이고 있다. 이와 더불어 SDH 기술을 배제한 IP Network으로 전송망을 구성하여 망관리 기술을 PC 방식으로 구현하고 있는 실정이다.

3.2 전송망 유형 및 기술동향 분석

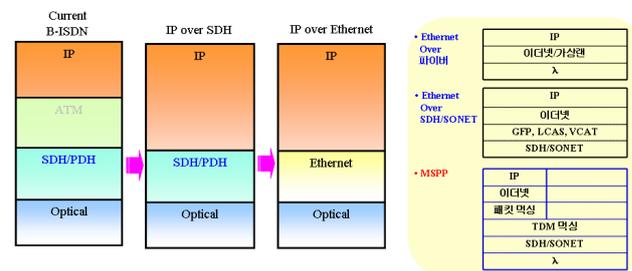
SDH는 PDH에서 다중화 및 역다중화 할 때의 불편함을 극복하기 위한 전송표준이고, ATM은 STM에 대응해 등장한 광대역 종합정보통신망의 핵심기술이다. 따라서 이 두 방식을 동일 조건 하에서 비교하는 것이 무의미하다 볼 수 있지만, 전송시스템의 통신망 구조에 있어서 기존 사례들을 검토한 결과의 선택차원에서 표2와 같이 ATM, SDH, Gigabit Ethernet으로 비교해 볼 수 있다. 앞 절의 운용현황에서 확인할 수 있듯이 조사된 대부분의 국내 사례들이 SDH 방식이긴 하지만 해외 사례 중에 ATM 방식이 있으며, 앞으로의 개발 방향 추세가 Ethernet 망으로 진화하고 있기 때문에 ATM, SDH, Gigabit Ethernet의 방식을 비교 분석할 필요가 있다고 본다.

〈표 2〉 전송망 형태 비교

구분	ATM	SDH	Gigabit Ethernet
명칭	비동기식 전송방식	동기식 전송방식	이더넷 (802.3)
노드 장비	ATM 교환기	TDM, ADM, DCS	Ethernet Switch
전달서비스 제공단위	VC 단위	TP 단위	Packet 단위
노드기능	교환	다중화/역다중화, add/drop, 분기결합	패킷의 해당 서브네트워킹 노드전송
다중화 방식	ATDM	TDM	Ethernet Frame 패킷 전송
전송구조	IP over ATM everything over ATM	PDH over SDH ATM over SDH	TCP/IP
등장배경	STM 비효율성 개선	PDH 비동기 개선	효율적 데이터전송

Gigabit Ethernet은 인터넷의 발전과 더불어 산업 전반에 걸쳐 대표적인 통신 방식으로 자리를 굳혀가고 있는데, 특히 인터넷의 오랜 역사와 표준화, 호환성, 범용성, 미래성 및 저렴한 비용 등으로 전송망에 있어서 백본 네트워크 방식으로 점점 그 활용성을 높여 가고 있다. 현재까지는 패킷 통신방식을 근간으로 하여 망 절체시간 등에 그리 중점을 두지 않았으나, 최근 VoIP와 같은 Real Time Service를 망에 통합 수용하면서 기간망 구축방안으로 검토되거나 적용하는 사례가 늘고 있다.

도시철도의 전송망은 현재까지 음성위주였다고 볼 수 있으나, 향후에는 영상과 데이터 위주의 전송망으로 변모가 예상된다. 이는 경영효율 개선과 서비스 향상을 위해 영상감시 설비가 보다 강화될 것이기 때문인데, 전송용량 중 가장 많은 전송 대역폭을 필요로 하는 것이 바로 영상 정보이다. 이처럼 최근 통신 분야에서 실시간 멀티미디어 트래픽의 증가에 따라 현재의 백본망을 DWDM 망으로 변경 중에 있으며, 도시철도 전송시스템에서도 이와 같은 전송기술 동향에 맞추어 신설 구간을 구축 또는 보완하게 될 전망이다.



〈그림 3〉 전송기술 발전방향

[참고 문헌]

- [1] '서울특별시 지하철건설본부 도시철도기술자료집 - 통신', 이엔지북, 2004.
- [2] '통신 설계편람', 한국철도시설공단, 2004.
- [3] '철도통신-신입사원 교육자료', 한국철도공사, 2007.
- [4] 김성운, 박지향, 손승원, 한종욱, '차세대 광인터넷 기술 및 보안', 도서출판 그린, 2003.