도시철도 열차운영관리시스템의 통합구축 방안에 관한 연구

A Study on Plan for Integrating Train Operation System of the Subway

홍용식[1] 김왕곤[2] 홍순흠[3]

Hong, Yong-Sik Kim, Wang-Kon Hong, Soon-Heum

Abstract

Subway is working in the construction of station and wayside equipment which was controlled by central and local control operating system for more efficient management. Traffic controlled by functional integration to be interlocked but each part is constructed and operated individually that is not efficient.

Therefore, this paper offer to plan of integrating central and local system in one place of each feild. Functional integration plan will help central and local system to link strengthening. This is also offering to integrating central of an officer in command and integrating local of control station and office.

1. 서 론

각 도시철도 운영기관은 호선별로 열차운행과 관련된 각종 설비를 역사 기능실과 선로변에 설치하고, 효과적으로 운영관리하기 위하여 본사 및 현업기관에 시스템을 구축하고 있다. 열차운행은 각 분야별 시스템의 상호연동적인 기능통합에 의하여 운영관리 됨에도 기능분야별로 독립적으로 구축하였으며, 특히 최근에는 ATC/ATO시스템 및 무인원격제어시스템의 도입에 따라 각 분야간 기능통합 및 현장감시 기능이 더욱 강화되어야 함에도 열차운행상황 및 설비상태 감시시스템 구축이 미비할 뿐 아니라 설비 운영관리 및 유지보수관리를 각 분야별로 시행하고 있다. 또한 지금까지는 사령시스템에만 연구가 집중됨으로서 현장시스템에 대한 언급이 부족하여 사회일반에 널리 알려지지 않아 현장시스템의 운영관리에 대한 연구가 미진하였다.

이미 세계 각국에서는 열차운행관리의 효율화·안전성 확보·승객서비스 향상과 타 교통수단과의 경쟁력 제고 등을 위하여 노후화된 시스템을 개량하면서 기존 노선과 개별시스템을 통합하였으며, 일부 도시에서는 지하철뿐 만 아니라 통근열차·버스·여객선등 도시내의 모든 교통수단을 통합운영관리 하는 추세에 있다. 특히 금년초 대구지하철 화재사고를 계기로 도시철도의 운영관리 문제가 사회적인 이슈로 부각되었고 최근 심화되는 교통수요 및 서비스향상 요구에 대처하기 위하여 수도권 및 지방도시에서는 지하철뿐 만 아니라 경량전철 등 신교통시스템의 도입을 추진중에 있으므로, 우리나라에서도 도시교통의 통합운영관리에 대한 집중적인 연구검토가 필요하다고 하겠다.

이에 본 논문에서는 대구지하철 화재사고를 계기로 각 도시철도 운영기관의 시스템 현황과 운영실태를 분석하여 효과적인 개선방향을 제시하고자 본사 및 현업기관의 열차운영관련 제반 시스템의 통합구축 방안에 대하여 연구하였다.

* 1. 서울산업대학교 철도전문대학원, 단체회원
* 2. 서울산업대학교 전기공학과 교수
* 3. 한국철도기술연구원 운영정보시스템연구그룹, 책임연구원, 정회원

2. 열차운영관리 시스템의 운영현황

2.1 열차운영관리 시스템의 개요

열차운연관리시스템은 기능분야별로 본사의 사령시스템과 현업의 역제어시스템 및 분소감시시스템으로 구성되어 있으며, 사령시스템과 현장시스템은 통신분야의 주전송설비와 전용통신망으로 네트워크를 구축하여 상호연쇄적으로 동작하며 해당분야의 고유기능을 발휘하면서 각 분야별 시스템의 기능통합에 의하여 열차운행을 관리하고 있다.

영업열차 운행중에는 사령시스템에서 현장시스템을 통하여 현장설비를 원격감시제어하며, 사령시스템 고장과 운전사고·장애 및 화재 등 비상시에는 현장시스템에서 직접 감시제어하고 사령실에서는 열차운행 및 보수작업을 통제하는 체계를 갖추고 있다.

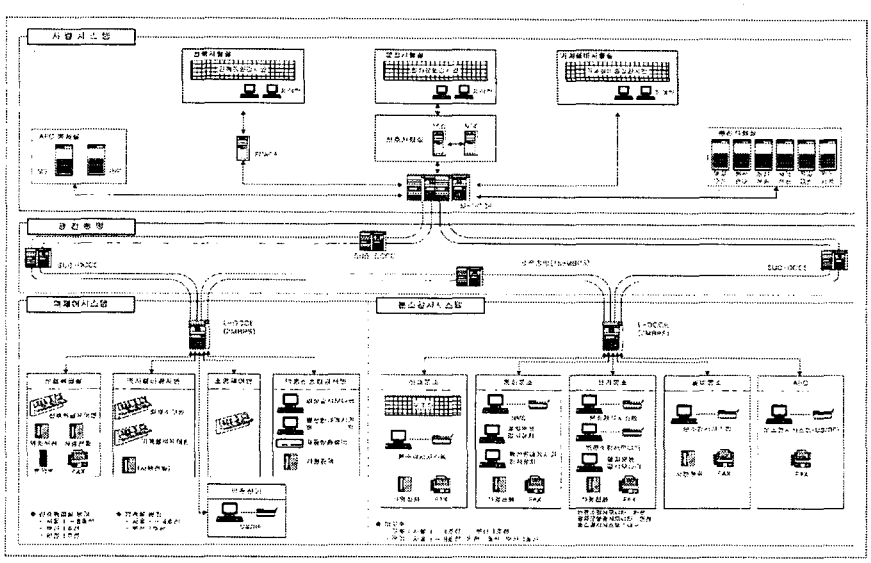

그림 1. 도시철도 열차운영관리시스템 구성도

2.2 운영실태 분석

1) 사령시스템

사령시스템은 신호·전력·기계설비·통신·AFC시스템으로 구성되어 있으며, 운영실태를 요약하면 다음과 같다.

(1) 시스템 관련

기존에는 각 기능분야별로 사령실을 구축하였으나, 최근에는 열차운전과 직접 관련된 운전사령실과 전력사령실을 통합하는 추세에 있다. 서울지하철 1~4호선과 부산지하철 1·2호선은 기계설비사령실을 구축하지 않았으며, 타 호선은 구축하였지만 기계설비사령실을 포함한 전 분야를 완전히 통합한 사례는 없다.

컴퓨터시스템 및 정보통신기술 발전에 따라 원격제어시스템을 도입하여 사령실에서 현장설비를 제어감시함에도 설비상태를 감시하는 시스템 구축이 미비하고, 최근 컴퓨터시스템의 CPU 성능향상에 따라 주전송장비(최대155M BPS)와 전송속도 차이에 의한 실시간 정보처리기능이 미약하다.

(2) 운영 관련

타 분야와 달리 신호분야는 사령과 현장시스템의 운영관리와 유지보수관리를 분리하고 있으며, 영업종료후 야간 선로작업 통제 및 모터카 운행관리는 전 구간을 한 눈에 파악할 수 있는 사령실에서 수행함이 효율적이나 현장신호취급실에서 담당하고 있다.

또한 사령조직이 너무 세분화(운전,검수,여객,전력,기계설비,신호,통신,보선 등)되어 있으며, 열차운

행관리는 전 분야의 기능통합에 의하여 이루어짐에도 운전사령요원에 대한 전문교육훈련과정이 없고, 기타 사령요원들도 현업소속에서 기능우수자 위주로 선발·배치하여 업무를 숙달함으로써 사령요원의 전문성이 부족하다.

(3) 대내외 정보처리 관련

AFC분야의 중앙전산기는 승객량정보를 통계분석함에도 운전사령실과 정보전송기능이 없어 승객량에 대응하는 열차운용이 미흡하여 이상기후 및 타 호선 운행지장시 승객혼잡도가 상승되고, 호선별 관리에 따른 원활한 환승안내와 마지막 열차의 연계수송관리가 미약하다. 또한 TTC시스템의 열차운행실적, SCADA시스템의 전력사용량, AFC시스템의 운임정보 및 승객량정보 등은 핵심경영정보임에도 사내전산망(MIS)와 Off-Line으로 처리되고 있다.

2) 역제어시스템

역제어시스템은 전력분야의 조명제어반·기계설비분야의 화재수신반과 역사설비제어반· 신호분야의 신호취급제어반·통신분야의 통신종합감시반·AFC분야의 역전산기시스템으로 구성되며, 운영실태을 요약하면 다음과 같다.

(1) 시스템 관련

역제어기능이 신호취급실·방송실·역무실 등에 분산되어 있으며, 또한 역제어시스템은 역사기능실 및 현장설비를 제어감시하여 열차운행관리 및 승객안내관리 기능을 수행함에도 설비상태 감시시스템이 미비한 상태이다.

(2) 운영 관련

역무실에서는 각 분야별 역제어시스템을 구축하여 운영관리 함에도 사령실과 달리 사무직으로만 조직을 구성함으로서 시스템 고장 및 비상시 응급대처 기능의 보완이 필요하다. 또한 AFC시스템 및 RF카드 도입에 따라 역무요원의 주된 업무가 자동화됨으로써 업무기능 재설정이 필요하다고 하겠다.

(3) 신호취급 관련

역신호취급실에서는 열차운행 감시·통제 및 신호취급업무를 수행하며 특히 현장신호취급시스템 고장시에는 신호요원이 선로에 출동하여 수신호업무를 수행하고 있으나 노선 전구간의 열차운행상황을 파악할 수 없어 열차운행 통제가 미흡하고 항상 사고위험에 노출되어 있다. 수신호취급시에는 매 열차마다 현장상황 확인 및 사령실과 운전협의 등으로 운행지연이 불가피하며, 기관사와는 열차무선설비고장발생시 열차통제가 원활하지 못하며 또한 일반역에는 열차통제시스템을 갖추지 않으므로써 사고발생시 응급대처가 용이하지 않다.

차량기지에서는 영업열차 및 입환차량 운전을 관리하고 전동차를 점검·정비 함에도 열차운행상황을 파악할 수 있는 시스템이 미구축되어 기관사·전동차 운용관리 및 비상시 상황파악이 원활하지 못하며, 전동차 점검·정비 및 전차선로 작업관계로 수시로 전차선 단전작업을 시행하고 있으나 유선에 의한 업무협의 및 신호취급 오류 등에 의한 사고발생 우려가 있다.

3) 분소감시시스템

유지보수분소에는 분소감시시스템, 사령전화 및 열차무선라디오 등을 구축하고 있으며, 운영실태를 요약하면 다음과 같다.

(1) 시스템 관련

서울지하철 1~4호선 및 부산지하철 1호선은 분소감시시스템을 구축하지 않았으며 최근에 개통된 서울지하철 5~8호선과 인천지하철 1호선의 경우에는 전기분야를 제외한 타 분야에서는 구축하였고 대구지하철 1호선에서는 전기분야도 구축하였지만 각 분야별로 분산되어 있다.

역 대합실 및 승강장에는 CCTV카메라를 설치하여 승강장 진입열차 및 대합실 승객을 관리함에도, 열차운전에 직접 영향을 미치는 설비상태에 대한 감시시스템 구축이 미비하여 설비운영관리가 비효율적이고, 설비고장시 비상출동 및 점검·보수작업에 많은 어려움을 겪고 있다.

(2) 유지보수 관련

ATC/ATO장치·분기부장치·전원공급장치·DATA전송장치 등의 점검·정비작업은 설비 운영 및 유지보수관리상 밀접한 관련성이 있음에도 각 분야별로 관리하고 있다. 또한 각 분야별로 관할 구역이 서로 달라 작업구간 중복 등으로 인하여 모터카 운행관리를 비롯한 작업협조가 원활하게 이루

어지기 어려운 실정이다. 특히 지하철이 개통된지 30년이 지났음에도 유지보수관리시스템의 미구축으로 수작업에 의하여 DATA를 관리하고 있는 실정으로 통계분석 등 업무관리가 비효율적이다.

3. 열차운영관리시스템의 통합구축 방안

3.1 통합의 개요

사령실 및 현업의 각 기능실에 분산된 시스템의 이설 또는 칸막이 제거 등으로 장소적인 통합 및 통합서버를 구축하여 각 시스템간 인터페이스에 의한 기능적인 통합으로 사령기능 일원화 및 운영요원의 집중근무에 따른 인력운영의 효율화로 경영합리화를 도모하고 열차운행관리 및 설비운영관리의 효율성 향상과 각종 정보공유로 비상시 신속하고 종합적인 대처로 안전성 확보와 정시운전에 기여하고 개별호선의 열차운행정보 통합관리로 승객서비스 수준 향상에 기여한다.

3.2 개별시스템의 연동방안

개별시스템 상호간 및 개별시스템과 통합서버간 기능적인 연계를 연동이라 한다. 연동은 개별시스템과 통합서버와의 인터페이스 방법과 데이터의 흐름에 따라 정의되며, 기능분야별 연동방안은 표 1과 같다.

3.3 통합관리시스템의 구축

1) 통합사령실

각 기능분야별로 분산된 운전사령실·전력사령실·기계설비사령실을 하나의 장소로 통합하여 그림 2와 같이 통합사령실을 구축하고, 기타 시스템(통신·AFC·MIS)과는 통합서버와 인터페이스에 의한 기능적 통합을 도모한다.

(1) 구성 및 기능

① **통합서버** : 사령실에 통합서버를 구축하여 사령시스템 상호간 및 현장시스템과인터페이스하여 열차운행 및 현장설비관련 정보를 실시간으로 수집·처리하여 종합감시반에 표출하고 통합역제어시스템과 통합분소시스템에 전송한다. 또한 사내전산망과 연계하여 사내통합정보체계 구축에 기여한다

표 1 개별시스템의 연동방안

구분	연동내용	연동방안		비고
		인터페이스방법	데이터의 흐름	
신호	사령제어정보	TCP/IP (통신 및 정보전송)	제어탁 - 통합서버 - TCC - 현장	
	설비상태정보		현장 - TCC - 통합서버(감시반)	
	열차상태정보		현장 - TCC - 통합서버(감시반)	
	경보/EVENT정보	DB ACCESS (DATA 저장,갱신)	통합서버 - 운영자	
	열차운행실적		통합서버 - 운영자 / MIS	승객/타기관
전력	사령제어정보	TCP/IP (통신 및 정보전송)	제어탁 - 통합서버 - SCADA - 현장	
	설비상태정보		현장 - SCADA - 통합서버(감시반)	
	경보/EVENT정보	DB ACCESS (DATA 저장,갱신)	통합서버 - 운영자	
	전력량정보		통합서버 - 운영자 / MIS	
기계설비	사령제어정보	TCP/IP (통신 및 정보전송)	통합서버 - 운영자	
	설비상태정보		현장 - FCS - 통합서버(감시반)	
	경보/EVENT정보	DB ACCESS (DATA 저장,갱신)	통합서버 - 운영자	
통신	CCTV제어정보	TCP/IP (통신 및 정보전송)	제어탁 - 통합서버 - 화상서버 - 현장	
	경보/EVENT정보	DB ACCESS (DATA 저장,갱신)	통합서버 - 운영자	
AFC	경보/EVENT정보	DB ACCESS (DATA 저장,갱신)	통합서버 - 운영자	
	운임/승객정보		통합서버 - 운영자 / MIS	타기관

② **통합감시반** : 각 사령실 감시반을 통합하여 하나의 통합감시반을 구축하고, 기존의 모자이크방식을 최근의 프로젝트방식으로 개량하여 다양한 표출 및 운전사고·설비고장등 필요시 원활히 조정할 수 있도록 하여 감시기능을 강화한다. 또한 최근 무인원격감시제어시스템 도입에 따른 현장설비감

시 강화를 위하여 각 역의 주요 기능실과 현장분기부에 CCTV카메라를 설치하여 현장상황을 실시간 동영상으로 감시하여 열차운행에 따른 현장설비 감시기능을 강화한다.

③ **개별사령 시스템**

- **신호시스템** : 열차제어 및 신호설비 제어감시
- **전력시스템** : 전차선 및 역사 전력계통 제어감시
- **기계설비시스템** : 역사 및 본선 기계설비와 방재설비 제어감시
- **통신시스템** : 주전송망 및 각종 통신설비 제어감시
- **AFC시스템** : AFC설비 제어감시

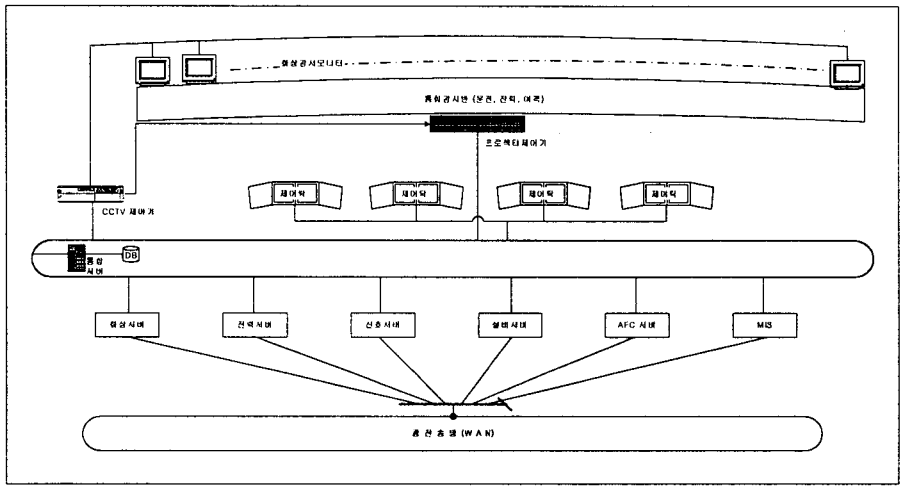

그림 2. 통합사령실시스템 구성도

(2) **인터페이스**

- 통합서버 Network에 개별사령시스템 및 MIS의 LAN Port를 연결하여 인터페이스 한다.
- 통합서버는 각 개별시스템과 인터페이스하여 데이터를 수집하여 DB에 저장하며, 통합역제어시스템·통합분소시스템·MIS등에서 필요한 정보를 Access 하도록 한다.
- 통합서버는 신뢰성확보를 위하여 2대(On Line/Stand By)로 구성하며, 통합역제어시스템과 통합분소시스템의 Server역할을 한다.
- 사내 경영정보시스템과 On Line을 구성한다.

2) **통합역제어실**

역사 기능실에 분산된 신호취급실과 방송실을 기존의 역무실로 통합하고, 열차운행상황 및 설비상태 감시시스템을 보완하여 그림 3과 같이 통합역제어실을 구축한다.

(1) **구성 및 기능**

① **역사설비관리시스템** : 기존에는 분리되었던 기계식의 기계설비제어반과 조명제어반을 하나의 컴퓨터시스템으로 통합하여 역사설비 운영관리의 효율성을 향상한다.

② **열차감시시스템** : 기존의 열차무선전화기에서 전 구간의 운행상황을 청취할 수 있도록 하고 열차감시모니터를 구축하여 열차운행관리 및 승객관리의 효율성을 향상한다.

③ **화상감시시스템** : 기존의 대합실 및 승강장뿐 만 아니라 역사 및 본선의 주요 기능실(변전소·전기실·신호기계실·통신기계실 및 본선집수정)과 운전 사고·장애가 빈발하는 주요 분기부에도 CCTV카메라를 설치하여 현장상황을 직접 확인하여 안전운행을 확보한다.

④ **신호취급시스템** : 기존에는 연동역마다 신호취급실을 구축하는 지역분산제어방식으로 운영하였으나, 향후에는 호선별로 종단역 또는 신호분소(또는 관리역)별로 1개소로 통합하는 선구분산제어방식으로 개선하여 관할내의 다른 연동역에는 단말장치를 설치하고 광LAN을 통하여 원격감시제어하여 현장신호취급기능 통합 및 운영인력 절감으로 경영개선을 도모한다.

⑤ **전차선급전감시시스템** : 차량기지신호취급실에 전차선급전감시모니터를 구축하여 신호취급 및 열차운행통제의 원활한 수행으로 안전운행 및 사고예방관리에 기여한다

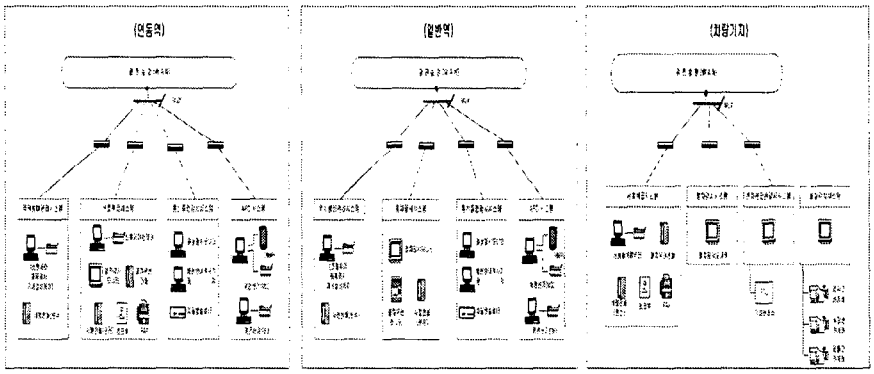

그림 3. 통합역제어시스템

(2) 인터페이스

- 통신설비(MUX)에 통합역제어실의 인터페이스장치(Router)를 연결하여, 통합서버 및 개별사령시스템으로부터 DATA를 수신받아 다양한 화면구성과 각종 정보를 제공한다.
- 차량기지의 화상정보는 차량기지에 국한되므로 Off Line으로 구성한다.

3) 통합분소

각 기능분야별로 분산된 분소감시시스템을 하나의 장소로 통합하고, 현장설비 및 열차운행상황을 감시할 수 있는 감시시스템을 보완하여 그림4와 같이 통합분소를 구축한다.

(1) 구성 및 기능

① **설비감시시스템** : 각 분야별 현장설비의 기능상태 및 운용현황를 감시할 수 있는 시스템을 구축하여 설비운영관리를 효율화 한다.

② **열차감시시스템** : 열차감시모니터 및 열차무선라디오 시스템을 구축하여 열차운행에 대응하는 설비운영관리로 안전운행 확보 및 정시운전에 기여한다.

③ **화상감시시스템** : 역제어실의 화상정보를 수신하여 관할구간 설비상태를 실시간 동영상으로 감시하여 설비운영관리의 효율성 향상으로 안전운행 확보 및 정시운전에 기여하고, 불필요한 현장출동 최소화로 최근의 구조조정에 의한 인력감축에 따른 업무부담을 경감한다.

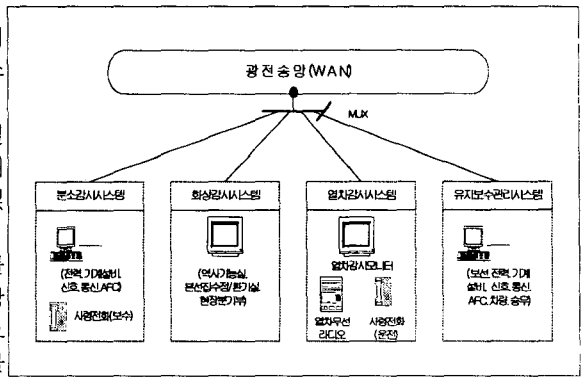

그림 4. 통합분소시스템구성도

④ **유지보수관리시스템** : 각 기능분야별 유지보수업무 프로세스의 체계화와 각종 자료의 통합관리를 위한 시스템을 구축하여 유지보수업무관리의 효율성을 향상시키고, 각 분야별 개별업무관리시스템을 통합하여 사내통합정보체계 구축에 기여한다.

(2) 인터페이스

- 통신설비(MUX)에 통합분소의 인터페이스장치(Router)를 연결하여, 통합서버와 개별사령시스템 및 MIS서버로 부터 DATA를 수신받아 다양한 화면구성과 각종 정보를 제공한다.

4) 대외 정보네트워크 구축

타 도시철도 운영기관·타 교통기관·이용승객 및 유관기관과 인터넷 또는 전용회선을 구성하여 통합서버와 인터페이스 하는 대외정보네트워크를 구축하여 승객서비스 향상 및 비상시 안전관리기능을 향상시킨다.

(1) 열차운행정보망

도시내의 타 도시철도 운영기관과는 열차운행정보를 실시간으로 송수신하여 열차운행에 대응하는 승객관리 및 개별호선의 운행지장시 타 호선의 열차운용 변경등으로 도시내 교통흐름을 원활화 하고, 타 공공교통기간 및 이용승객에게 열차운행정보를 전송하여 환승객 및 여행객의 연계교통수단 선택에 도움을 주어 승객서비스 수준을 향상시킨다.

- 대상기관 : 철도청, 타 운영기관, 시경 교통상황실, 시외버스·공항·항만 터미널. 여행사 등

(2) 긴급경보지원망

외부의 유관기관에 열차운행정보를 제공하여 운전사고·범죄·화재등 비상시 신속한 상황파악과 대책수립이 가능하도록 하여 안전관리기능을 강화하고 및 피해 최소화에 기여한다.

- 대상기관 : 시 방재관리본부, 지하철수사대, 병원, 소방서, 군부대 등

(3) 기타 정보

기상정보 및 도시내 하천의 수위감시정보 등을 수신 받아 현업기관에 통보하여 열차운행 및 설비 유지보수 관리업무를 지원한다.

4. 결 론

급변하는 경영환경에 적응하고, ATC/ATO시스템 및 무인원격제어시스템 도입에 따른 각 기능분야간 기능통합이 더욱 강화되어야 하므로 관련 시스템의 통합뿐 만 아니라 운영관리조직도 업무기능별로 통합하여 열차운행관리 및 유지보수관리의 통합을 도모하여야 할 것이다. 이를 효과적으로 추진하기 위하여서는 운영요원들의 원활한 업무수행을 위한 열차 및 설비 감시시스템의 확충과 현장시스템 개량, 유지보수관리시스템 구축과 각 분야별 개별업무관리 시스템의 통합에 의한 유지보수관리업무의 효율성 향상, 열차운영관리시스템과 사내전산망(MIS)의 On-Line 구성에 의한 사내통합정보체계 구축, 전자장비 및 DATA통신 시스템 도입에 따른 전송손실과 노이즈 최소화를 위한 광통신망 구축과 접지방식 개선, 노후화된 시스템의 개량과 미 구축된 시스템의 신설 통합이 필요하다. 또한 시스템 통합만으로 모든 것을 해결 할 수 없으므로 철도에만 고유한 전문분야 (기관사·사령요원·신호원·역무원 등)에 대하여는 자격요건 강화 및 유관분야간 통합교육훈련과 1인 다기능교육 등을 통하여 운영관리 효율화에 대한 합리적인 방법을 모색하여야 한다고 하겠다.

통합에 따라 단기적으로는 열차운행관리 및 설비운영관리의 효율화·사고발생시 현장에서 신속한 대처로 안전운행 확보 및 피해 최소화·각종 정보제공에 의한 승객서비스 수준 향상과 장기적으로는 타 교통수단과의 경쟁력 제고 및 운영인력 절감 등에 의한 경영합리화 등을 기대할 수 있으며, 이제 우리나라의 각 운영기관도 전 호선의 열차운행관리 및 설비운영관리 통합에 의한 경영개선을 도모하고 나아가 선진국처럼 도시내의 지하철·버스 및 새롭게 등장 할 신교통수단 등 모든 교통수단을 종합적으로 관리 할 도시교통종합관리시스템을 도입하여야 할 것이다.

참고문헌

[1] 동남아 외국 지하철 출장보고. 19945. 서울시 도시철도공사
[2] 서울지하철 5호선 종합요약보고서. 1996. 서울시 지하철건설본부
[3] 미주지역 해외연수 결과보고. 1996. 서울시 도시철도공사
[4] 서울시 제3기 지하철 기본설계 보고서(시스템). 1996.서울시 지하철건설본부
[5] 도시 도로시설물 유지관리 전산시스템 기본계획 수립에 관한 연구. 1996. 한재철
[6] 광주도시철도 종합사령실 건설공사 설계설명서. 1997.1 광주시 지하철건설본부
[7] 철도청 통합사령실 설계보고서(전기분야). 2001. 철도청
[8] 신교통 시스템소개. 2001.8. 주) 삼보기술단
[9] 철도청 사령실통합 설계보고서(신호분야). 2002. 철도청 전기본부
[10] 지하철통합사령실 구축 타당성 조사. 2001.11. (주) 대우엔지니어링
[11] 도시철도 통합사령시스템 구축 방안에 관한 연구. 2001. 하관용
[12] CTC사령실 제작 및 운영기술. 2002. 철도청
[13] 경부고속철도 서울~대구간 CTC설비공사 설계보고서. 2002. 한국고속철도공단
[14] 도시철도 신호취급실 통합방안에 대한 연구. 2003. 정연범