

로컬트래픽을 고려한 역시스템 설계에 관한 연구

A study on the station traffic control system design concerning local traffic

김영훈*	홍순흠*	박범환*	김유호**	이영수**	안진**	김은희**
Young-Hoon	Soon-Heum	Bum-Hwan	You-ho	Young-Soo	Jin	Eun-Hee
Kim,	Hong,	Park,	Kim,	Lee	Ahn	Kim

Abstract

Traffic control is the center of the railway traffic control system. The main objective of railway traffic control system is to minimize delays, providing the customers with on-time train operating service according to the given train schedule. Particularly, within the station control area, the departure & arrival of train, the decision on the train priority and the shunting of train are decided by the authority of the local traffic controller. Therefore, it is necessary to have a lot of information and communications between each departments. And for such decision making of the local traffic controller, not only the communication between each stations are needed, but also the communication between other stations are needed too.

In this paper, we have analyzed the main work of the local traffic controller in large scale stations and have designed the station traffic control system needed to be built within the station considering the local traffic. And we have proposed not only the communication with other system within station, but also the communication methods for communications with the neighboring stations.

1. 서론

트래픽제어는 열차트래픽 제어시스템의 핵심이다. 트래픽 제어시스템의 주요목적은 열차 지연을 최소화함으로써 주어진 스케줄을 준수하여 고객에게 정시성 운행에 대한 서비스를 제공하는데 있다. 특히 역내에서는 열차의 출도착, 우선순위의 결정, 열차의 입환 작업 등이 로컬트래픽제어자의 권한에 따라 결정되고 이러한 결정을 위해 많은 정보와 부서간의 통신이 필요하게 된다. 이러한 로컬트래픽제어자의 의사결정을 위해서는 역내의 의사소통뿐만 아니라 타 역의 로컬트래픽 제어자와 의사소통이 필요하다.

본 논문에서는 대형역에서의 로컬트래픽 제어자의 주요업무를 분석하고 역내의 로컬트래픽을 고려하여 역내에 갖추어야 할 역시스템을 설계하였다. 또한, 이러한 역내 시스템간 통신뿐만 아니라 인접 역시스템과의 통신을 위한 통신방법을 제안한다.

2. 해외 사례

일본 동경권의 철도운행을 담당하는 동일본 철도(JR East)는 1992년 이래로 지금도 계속 단계적으로 구축되어 현재 동경권 300여개의 역을 대상으로 한 세계 최대의 수송관리 시스템 ATOS(Autonomous

* 한국철도기술연구원

** 경봉기술(주)

Decentralized Transport Operation System)를 개발하였다. 종래 동일본 철도의 시스템에서는 각 역마다 사람의 손에 의하여 운영을 제어하고 있었고, 큰 역의 경우는 10여명이 담당하였으나, ATOS의 도입으로 각 역의 운영관리를 폐지하고 각각에 전산시스템을 배치하여 역 장치에 의한 자동 제어가 이루어지고 있다. 아래 그림 1은 역시스템의 구조로 열차번호 검지기를 통한 열차번호에 기초하여 역에 설치된 경로제어컴퓨터가 역에 진입하는 열차의 진로에 따른 신호기 및 선로전환기를 제어하는 구조로 되어있다.

ATOS뿐만 아니라, 사람에 의해 관리되는 열차 운행 제어 시스템을 자동화 하거나 혹은 사람의 의사 결정을 지원해줌으로써, 다양한 외란 상황 하에서도 역자원을 보다 안전하고 효과적으로 활용하고자 하는 연구들도 많이 진행되고 있다. 대표적인 연구로는 이탈리아의 제약논리 프로그래밍(Constraint Logic Programming)에 기초한 전문가 지원 시스템이다.

그림 2는 전체 시스템의 아키텍처를 표현한 것인데, 각 역에는 열차의 물리적 충돌을 방지하는 ATP(automatic train protection system)와 경로(route)의 가능성(feasibility)을 체크하는 SMA(station master assistant), 실제 스케줄러 기능을 하는 모듈(SM/TM), 그리고 각 역간 통신을 담당하는 부분(communication manager)등 모두 4가지 레벨로 구성되어 있다.

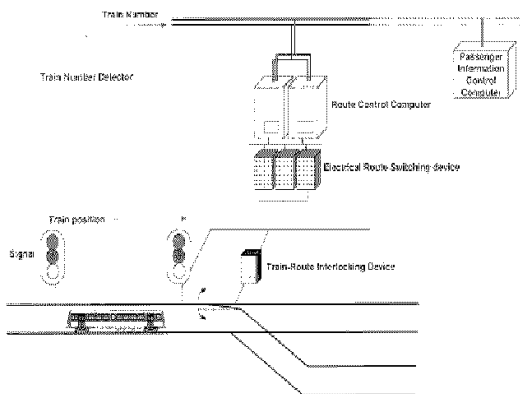


그림1. ATOS의 역시스템 구조

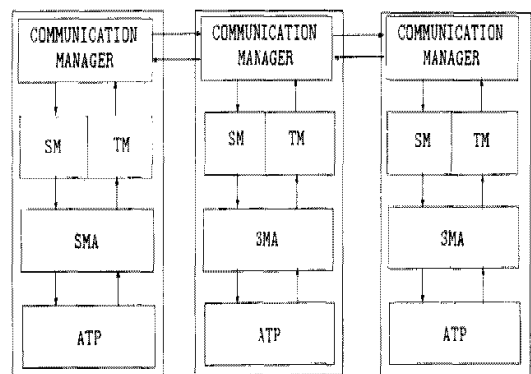


그림2. 분산형 제약 만족 스케줄러 아키텍처

3. 로컬트래픽 제어자 업무분석

3.1 국내 로컬트래픽 제어자 업무 분석

철도의 트래픽 관리를 위한 방법은 크게 노선 관리와 역 관리로 구분할 수 있고 중복 제어를 피하기 위해 제어의 권한을 한 곳에서만 할 수 있도록 하고 있다. 전체 운영효율 측면에서는 중앙에서 트래픽 제어 관리가 유리하고 역의 복잡한 운영상황을 고려하면 역자체에서의 트래픽 제어 관리가 유리하다. 하지만 역의 세부적인 운영 상황을 중앙에서 관리할 수 없기 때문에 역의 운영제어권을 역 자체에서 가지고 역의 트래픽을 제어하고 있다.

국내 경부선을 기준으로 5급역 이상의 역은 25개역으로 그 중 15개역이 중앙제어 방식의 운영이 곤란하여 로컬트래픽 제어자에 의한 상시로컬 상태로 운영되고 있으며 4급역 기준으로 8개역중 7개역이 상시로컬 상태로 88%의 높은 상시로컬 운영비율을 나타내고 있다. 이와 같이 상시로컬 운영역의 열차 트래픽 제어 업무를 분석해 보면 일반적인 업무 처리는 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. 현재 국내 로컬트래픽 제어자의 핵심 업무는 열차의 착발관련 업무 처리가 중요 업무로 다음과 같은 업무를 수행한다.

- 실시간 열차위치의 확인(CRT 및 열차체류표시반 활용)

- 열차운행 사항 파악(운영정보시스템 활용)
- 출발열차 출발선 도착열차 도착선 지정
- 열차별 차입선 조성 독려
- 역내 입환 열차 등의 열차운행 상황 파악
- 이례 상황 발생시 보고 및 관계처 통보

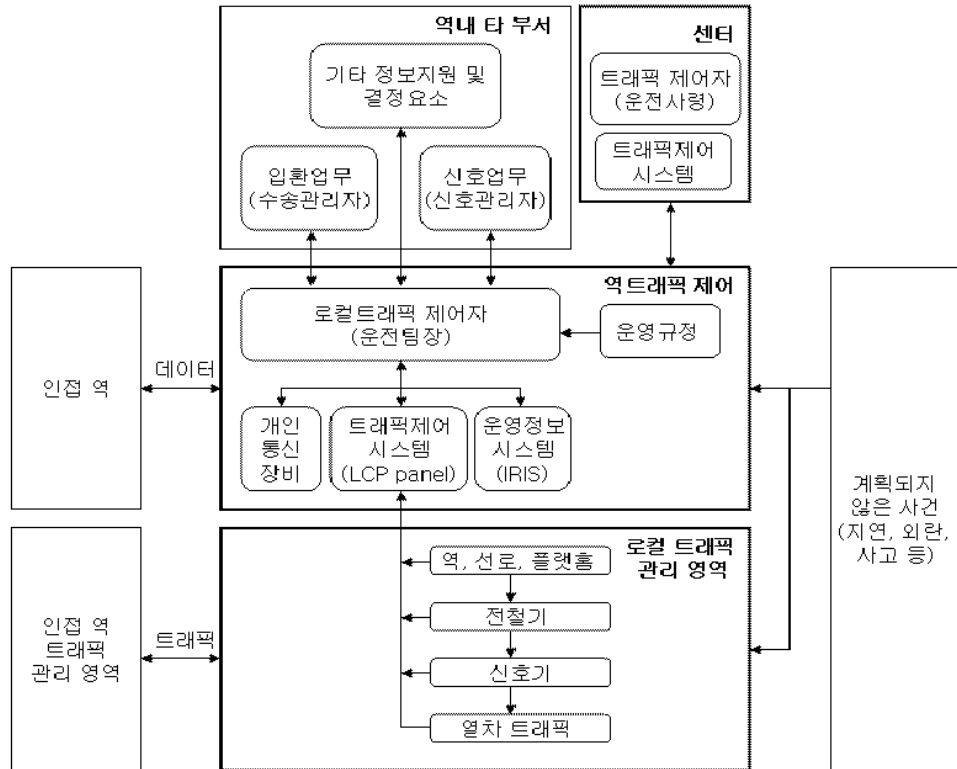


그림 3 국내 로컬 트래픽 제어자의 기본 업무흐름

3.2 로컬트래픽 제어자의 업무 복잡도

철도역 관리는 철도노선관리보다 더욱 복잡하다. 역내에 도착하고 출발하는 열차는 진입과 진출지점이 열차의 출발 시에 결정되고 이러한 결정은 열차의 지정된 시간에 역내의 선로기나 신호기 등의 자원 등이 할당되어야 하기 때문이다. 만일 계획된 시간에 열차운행이 불가능 하거나 열차나 자원 등의 시스템 고장이 발생하면 역에서는 열차 시각표 정보를 바꿔야 하는 여러 가지 사건들이 발생한다.

역에서의 트래픽 관리자가 열차 트래픽 제어 측면에서 고려하여야 할 사항은 계획되어진 시간에 고객에게 열차에 대한 서비스를 보증하여야 하고, 열차지연을 최소화 시켜서 열차의 정시성 준수를 위해 노력하여야 한다. 이러한 목적들을 준수 하면서 역 트래픽 관리자는 경로의 실행가능성을 열차의 경합을 방지할 고려하면서 빠른 시간 내에 판단한다. 이러한 판단을 위해서 트래픽 제어 시스템에서의 열차 실시간 운영상황과 운영 중인 열차의 초기 운영계획을 비교하고 역내의 타 부서와 긴밀한 협조를 하고 필요시에 타역과 열차운전자와도 통신하여야 한다.

본 논문에서는 위에서 언급한 로컬트래픽에 따른 복잡한 열차 운행제어 업무를 자동화 할 수 있도록 자율성과 협조성을 가진 역시스템을 설계하였다.

4. 로컬 트래픽제어를 고려한 역시스템 설계

4.1 자율분산시스템 기술 적용

자율분산시스템에서 하나의 시스템은 각각의 서브시스템이 모여서 하나의 시스템으로 구성되고 다른 서브시스템과 협력하는 동안 다른 서브시스템의 확장이나 결함에도 불구하고 자기 자신의 책임(자율제어성)하에 독립적으로 제어할 수 있다. 일반적으로 계층형 구조에서는 서브시스템(subsystem)을 관리하는 서버시스템(server system)이 있지만 자율분산형 구조에서는 각각의 서브시스템이 독립적으로 운영되기 때문에 다른 서브시스템에서 명령하거나 제어를 받지 않는 구조이기 때문에 각각의 서브시스템을 관리제어하는 서버시스템은 없다.

4.2 열차 운행 제어를 위한 시스템 구성도

자율분산형 열차운행제어 체계는 하나의 연동역에 적용되는 자율분산형 시스템인 자율분산 역 제어 시스템(ASCS : Autonomous Station Control System), 자율분산 역 제어 시스템이 구축된 전체 노선에 대한 관리 및 통합 관제설비와의 인터페이스를 담당하는 자율분산 노선관리 시스템(ALMS : Autonomous Line Management System)으로 구분된다[그림4 참조].

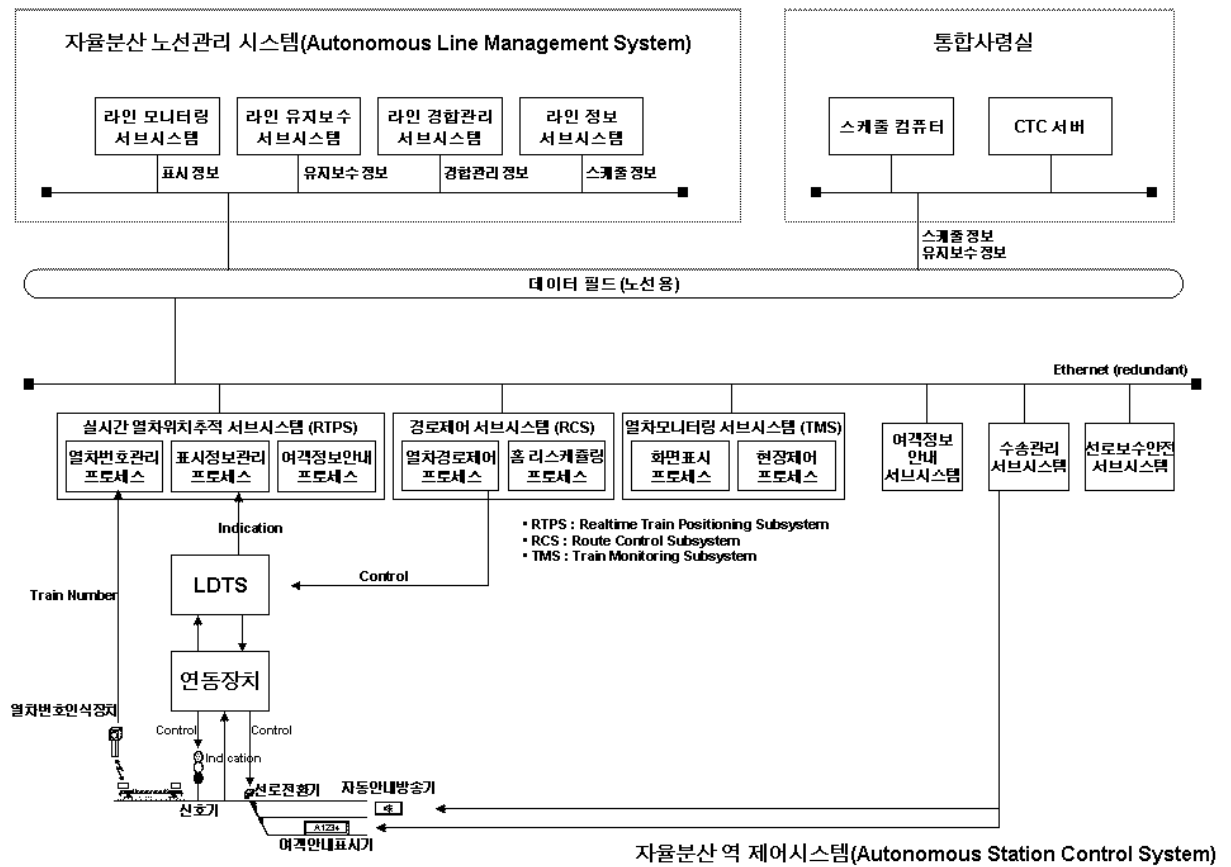


그림 4 역 시스템 구성도

4.3 열차 운행 제어를 위한 역 시스템 구성

앞의 2.1의 국내 로컬트래픽 제어자 업무 분석에 따라 도출한 역시스템의 구성은 그림 4에서와 같은 역시스템을 설계하였으며 자율분산형 역 서브시스템의 구성은 다음과 같이 구분된다. 역 시스템은 표 1과 같이 핵심 서브시스템과 지원 서브시스템으로 구분하였다.

표 1 역 서비스시스템의 구분

시스템 구분	핵심 서비스시스템	지원 서비스시스템
시스템 종류	실시간 열차위치 추적 서비스시스템	여객정보안내 서비스시스템
	경로제어 서비스시스템	수송관리 서비스시스템
	열차모니터링 서비스시스템	선로보수 안전 서비스시스템

핵심 서비스시스템은 로컬 트래픽 제어자의 주요업무인 역내의 진로설정을 위한 자동화 시스템을 구현하기 위한 시스템들로 구성되었으며 구내 입환 작업과 선로보수 요원의 안전 확보, 승객에 대한 열차운행정보 안내를 위한 시스템들은 지원 서비스시스템으로 분류하였다. 이와 같은 역 서비스시스템들은 다음과 같은 주요 기능을 가진다.

- 열차경로제어 기능(자동 및 수동)
- 열차추적 및 열차번호관리 기능
- 현장표시정보 처리 기능
- 홈 리스케줄링 및 경합관리 기능
- 여객정보안내 생성 및 인터페이스 기능
- 수송관리 업무지원 기능
- 선로보수 안전작업 지원 기능
- 열차운행 모니터링 기능

5. 통신방법 및 프로토콜의 종류

5.1 서비스시스템간의 통신

특정 지역에 설치된 역 서비스시스템들은 자율성을 가지고 있기 때문에 자기 자신을 관리하는 소프트웨어를 가지고 있으며 이를 자율분산관리자라고 한다. 모든 서비스시스템들은 데이터필드를 통해서만 통신을 하며 내용코드를 가지고 있는 자율분산 프로토콜을 사용하여 통신한다. 이러한 방식은 내용코드를 가진 프로토콜을 브로드캐스트하며 내용코드에 기초하여 데이터필드에서 데이터를 받을지 말지를 판단하게 된다.

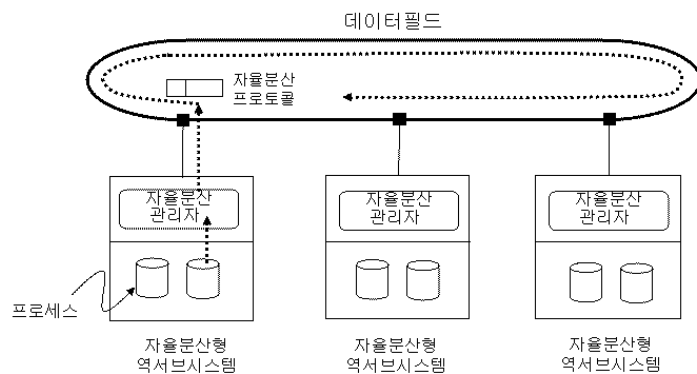


그림 5 데이터필드를 통한 서비스시스템간 통신

각 역서비스시스템에서의 선택적 수신을 가능하게 하는 것은 자율분산관리자이며 이 소프트웨어를 통해 서비스시스템내의 프로세스들을 구동하게 한다. 자율분산관리자의 핵심기능은 데이터의 송수신을 관리하는 기능과 프로세스의 구동과 종료를 관리하는 데이터구동관리 등이 있다.

5.2 통신 프로토콜의 종류

열차의 운행 제어를 위해 역내 서브시스템간, 역과 역에 설치된 서브시스템간, 역과 센터에 설치된 서브시스템간의 통신이 필요하다. 이때 사용되는 정보의 종류는 열차운행상황정보, 스케줄정보 등이 핵심내용이다. 이러한 데이터는 데이터의 크기에 따라 여러 가지 통신방법을 적용하였다[표2참조].

표 2 통신방식 및 데이터의 내용

	통신방식	데이터 내용
데이터필드 1	브로드캐스트(자율분산형)	열차추적, 진로정보
데이터필드 2	멀티캐스트(분산형)	열차스케줄정보
데이터필드 3	유니캐스트(집중형)	보수계획 및 여객안내정보

데이터필드 1은 브로드캐스트 전송을 수행하며 손실데이터에 대해서는 주기적 갱신을 통해 전송하므로 손실데이터에 대해서는 다음 브로드캐스트 전송에 의해서 대체된다. 데이터필드 2의 특징은 스케줄 정보가 변경되었을 경우와 같이 어떠한 특정 이벤트가 발생하였을 경우에 갱신제어에 사용된다. 데이터필드 3은 일대일 전송을 사용하므로 데이터 손실 없이 사용할 수 있다.

6. 결론

열차운행제어 시스템은 계획된 시간표에 따라 운행되는 열차의 정시성 제공을 위한 철도시스템의 핵심부분으로 운행노선과 역들을 관리한다. 특히 역구내에서는 실시간으로 열차운행상황 파악과 신호기와 선로전환기의 취급 구내 입환 열차의 취급등 업무 복잡도가 매우 높다.

이러한 역구내에서의 열차의 자동 운행 제어를 위해 역시스템을 자율분산시스템 개념을 적용하여 열차운행 제어 업무를 위한 핵심서브시스템과 입환 및 안내 등을 위한 지원 서브시스템으로 구분하여 설계하였다. 또한 역 구내뿐만 아니라 타 역의 서브시스템끼리의 통신을 위해 3가지 데이터필드로 구분하여 효율적으로 통신할 수 있도록 설계하였다. 이러한 자율분산형 설계방식은 역운영의 자율성과 함께 상향식 설계방식으로 단계적 구축이 가능하여 기능적으로나 설치비용 측면에서의 장점을 가지고 있다. 향후 연구방향은 이러한 자율성을 가진 서브시스템이 하드웨어적으로나 소프트웨어적인 기능 향상을 위해 시스템의 운영중에 확장할 수 있는 온라인 확장기술과 온라인 유지보수 등이 가능하도록 할 것이다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원, '대형·고밀도운행 철도역 자동운행제어시스템 개발' 2003.
2. 김영훈, '자율분산형 철도수송관리 시스템 도입에 관한 연구' 2003. 9, 대한산업공학회
3. 김영훈, '자율분산형 열차운행제어체계에 관한 연구', 2004. 6, 한국철도학회
4. ELLO A.(1998), 'Simulation of Railway Traffic control', IFORS
5. E.Lamma(1997), 'A distributed constraint-based scheduler', Artificial Intelligence in Engineering
6. Ihara, H(1998), More dependable systems in computing - ADS, DCIA.
7. Kitahara F(1999), Phased-In Construction Method of ATOS, Proc. Of ISADS.
8. KERA K(2001), Assurance Technology for Growing System and Its Application to Tokyo Metropolitan Railway Network, IEICE TRANS. INF. & SYST.
9. Mori, K.(1993), Autonomous Decentralized System : Concept, Data Field Architecture and Future Trends, IEEE.