

고밀도 열차운행을 위한 트래픽관리 방안 연구

홍순흠, 김영훈
한국철도기술연구원

A study on the train traffic management method for high density trains operation

soon-heum. Hong, young-hoon. Kim, burn-hwan. Park
Korea Railroad Research Institute

Abstract - 대형역이나 교차역의 경우 스케줄 혼란이나 역구내운행열차의 본선진로 방해유발작업으로 인한 선로나 홈의 점유계획 변경이 빈번하게 일어나며 이를 최단 시간에 최적으로 조정함으로써 열차 및 관련인원의 안전을 확보하고 운행시간을 단축하며 역의 자원을 낭비 없이 사용할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 현재의 집중제어체계와 병용이 가능한 자율분산형 열차트래픽제어 체계와 향후 개발방향을 제시한다.

LDTS(Local Data Transmission System)과 접속한다. 예를 들면 서울사령실은 3개의 시스템으로 구성되어 있고 시스템 A의 경우 8개의 CDTS를 가지고 하나의 CDTS는 약 4~5개의 역을 지역(Zone)별로 관리한다.

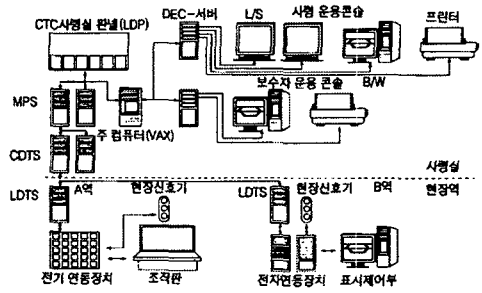


그림 1 열차집중제어장치 시스템 구성도

1. 서론

국내 철도수요 특성과 철도네트워크의 구조는 수도권 지역에 특히 열차트래픽이 집중되는 현상을 보이고 있다. 현재 서울과 대전구간의 수송밀도가 높기 때문에 수도권 지역에서 발생하는 열차운행지연 영향이 전국적으로 미치게 되는 특성을 가진다. 그렇기 때문에 수도권 지역과 같은 고밀도 운행지역에서의 열차트래픽 제어능력은 철도운영효율화에 있어 중요한 위치를 차지한다.

현재 사용되고 있는 열차집중제어장치는 필드에 설치된 신호보안 시설물의 제어권한이 어느 곳에 귀속되어 있는가에 따라 현장역에 제어권한이 부여된 로컬모드와 중앙에서 원격제어 할 수 있는 사령모드로 구분된다. 그러나 대부분의 4급 이상의 대형역은 현장역에서의 입환상황이라든가 빈번하게 발생하는 선로나 홈의 점유계획 변경으로 인하여 중앙에서 제어할 수 없기 때문에 지속적인 로컬상태인 상시로컬 역으로 운영되고 있다. 이러한 상시로컬의 운영은 역직원에 의한 수작업 처리로 과도한 업무량에 의한 효율저하와 도착·출발 열차시의 열차경합 발생시 역직원에 의한 판단에 의존한 해결방법 사용으로 인한 운영 등의 문제들을 가지고 있다. 또한 역내의 입환상황등을 중앙에서 직접 제어할 수 없기 때문에 열차가 진행하는 주선로에 영향을 미치는 입환 작업 업무 등의 문제가 발생된다.

본 논문에서는 고밀도 대형역에서의 이러한 문제점을 해결하고자 기존의 열차집중제어장치와 병용 가능한 자율분산형 열차트래픽 제어 체계와 향후 개발방향을 제시하고자 한다.

2. 국내 운영 상황 분석

2.1 열차집중제어장치 운영상황

국내의 열차운행제어시스템은 열차집중제어장치(CTC; Centralized Traffic Control)를 사용하고 있다. 현재 5개 지역사령실로 나뉘어져 있으며 241개역, 1,321km에 걸쳐 설치되어 있고 전체 영업거리 3,123km 대비 약42%의 설치율을 보이고 있다.

아래의 그림 1은 열차집중제어장치의 시스템 구성도를 나타내고 있다. 중앙사령실에 있는 MPS(Micro Processing System)는 열차운행 감시 및 제어기능을 수행하고 있고, CDTS(Central Data Transmission System)는 각 권역별로 설치되어 해당권역의

2.2 상시로컬역 운영상황 및 문제점 분석

현장역에 제어권한이 부여된 로컬모드로 계속적으로 운영되는 상시로컬역은 경부선의 경우 3급역인 서울역, 4급역인 영등포, 수원, 천안, 대전, 동대구, 부산진, 부산 등 90%이상이 상시로컬역으로 운영되고 있다. 이러한 상시로컬역으로 운영되고 있는 이유는 다음과 같다.

- 본선을 진행하는 열차에 지장을 주는 입환업무를 중앙에서 제어할 수 없다.
- 스케줄의 변경시 플랫폼에서의 경합상황을 중앙에서 해결할 수 없다.
- 중앙사령실에 표시되지 않는 선로가 로컬역에 상당수 존재한다.

이러한 상시로컬 상태로 운영되는 역에서의 문제점 중에서 열차운행을 제어하는 역직원의 관점에서 문제점은 다음과 같은 것이 있다.

- 중앙과 역에서의 2가지 제어권한에 따른 업무 비효율로 상시로컬 역직원 전체 운행상황 파악을 위해 빈번하게 중앙사령과 협의의 하야야 한다.
- 열차의 출·도착업무 승인을 위해 역직원은 과도한 업무량을 가진다.
- 역직원은 외란 상황 발생시 외란 해결을 위해 필요한 정보를 즉시 획득할 수 없고 또한 역 업무와 관련된 불필요한 많은 정보를 관리하고 있다.
- 본선 열차 운행에 지장을 주는 입환업무를 위해 수송원에게 승인을 주어야 하며 타 부서와의 협력 업무가 빈번하게 발생하나 시스템적 지원은 미비하다.

2.3 대응책

앞에서 언급한 문제점을 해결하기 위해서 주선로와 구내선로운영을 통합관리 할 수 있는 역 시스템을 구축을 제안한다. 특히 열차운행 시스템과 같이 광범위한 지역을 커버하는 시스템은 개발비용이 높고 개발기간이 길다는 단점을 가지고 있다. 때문에 이러한 단점을 극복하기

위해서 역시스템 구축후 시스템 도입을 단계적으로 확장할 수 있는 자율분산형 열차트래픽 제어체계를 구축한다.

3. 자율분산형 열차트래픽 제어 체계

3.1 자율분산형 열차트래픽 제어 체계의 개념

자율분산형 열차트래픽 제어 체계의 개념이 기존 열차집중제어장치와의 중요 차이점은 다음과 같다.

첫째, 시스템 구조적인 측면에서의 차이점이다. 기존의 시스템이 상하의 구조를 가진 계층형 시스템인 반면에 자율분산형 제어 구조에서는 상하 구조가 아닌 서비스시스템(역 시스템)만으로 이루어진 시스템의 구조를 가진다.

둘째, 역시스템의 기능적인 측면에서의 차이점이다. 자율분산형 제어 구조에서는 모든 역시스템의 기능은 평등한 구조를 가지고 있으며 각각의 역시스템은 스스로의 판단으로 제어한다. 또한 다른 역시스템에게 지령을 내거나 다른 역시스템에서 지령을 받아 움직이지 않는다.

셋째, 정보적인 측면에서의 차이점이다. 자율분산형 제어 구조에서의 역시스템은 국소적인 정보(역내에서 필요한 정보)만을 가지고 타 역시스템과 제어 협조를 수행한다. 또한 열차제어를 위한 실시간 데이터와 열차스케줄과 같은 비실시간 데이터를 분리하여 역시스템은 실시간 데이터만을 관리하고 스케줄 데이터는 중앙시스템에서 관리하도록 한다.

3.2 자율분산형 열차트래픽 제어 체계의 구조

자율분산형 열차트래픽 제어체계의 구조를 시스템의 물리적인 측면과 기능적인 측면을 제시한 그림이 그림 2와 3이다.

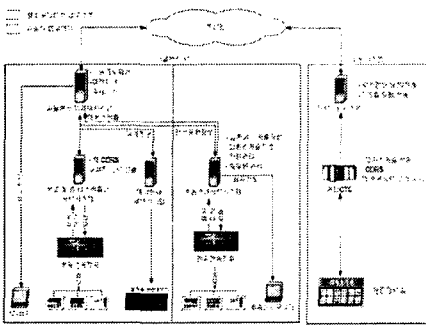


그림 2 자율분산형 열차트래픽 제어체계의 물리적 구성도

위의 그림 2는 역에 설치하게 될 자율분산역시스템과 중앙에 설치하게 될 지원시스템으로 구성된다. 자율분산역 시스템의 자율분산 역제어시스템이 핵심적인 역할을 수행하는 시스템이다. 이 시스템은 선로 및 홈 리스케줄링 시스템, 여객안내 서비스시스템, 수송관리 서비스시스템과 연결되며 이러한 서비스시스템은 전자연동장치와 연결되어 운행상황을 제어하게 된다. 중앙에 위치한 CTC와 병용하여 운영할 수 있도록 정보지원시스템을 구축하려 한다. 이 정보지원시스템의 주요 역할은 자율분산역 시스템에서 사용되는 프로토콜이 브로드캐스팅 및 멀티캐스팅 방식을 사용하기 때문에 기존 CTC와 인터페이스를 위함이다.

위의 그림 2에서는 역과 중앙과의 연결이 통신망을 통해 연결되어 있으며 역과 역시스템과의 연결도 통신망을 통해 연결되며 역내의 서비스시스템도 통신망을 통해 연결될 수 있다.

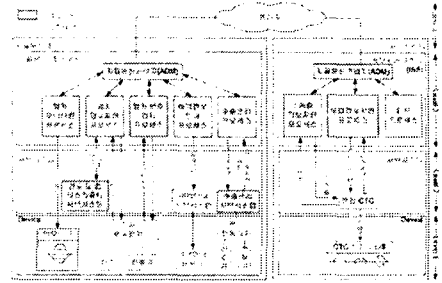


그림 3 자율분산형 열차트래픽 제어 체계의 논리적 구성도

위의 그림 3은 자율분산형 열차트래픽 제어 체계의 논리적 구성도이다. 시스템의 구성은 통신망, 역에 설치될 자율분산역 제어시스템과 중앙에 설치될 정보지원시스템, 서비스시스템과 장치들로 구성된다. 자율분산역 제어 시스템의 핵심시스템은 그림 3에서의 레벨 3에 해당되며 앞의 자율분산형 열차트래픽 제어 체계의 개념에서 언급한 평등한 역시스템의 기능과 자율성을 수행할 수 있는 부분이다.

자율분산관리자(ADM; Autonomous Decentralized Manager)의 역할은 역 레벨3에 표시된 각각의 프로세스에서 필요로 하는 입력데이터를 자율적인 판단에 의해 통신망으로부터 받아들여서 각각의 프로세스를 구동할 수 있는 형태이며, 반대로 타 역시스템으로 전송하려는 데이터는 출력데이터 포맷에 맞추어 통신망으로 브로드캐스팅한다. 이 때 각각의 역시스템으로 브로드캐스팅되는 정보는 수신자를 지정하지 않고 내용코드 방식을 사용하므로 선택적 수신이 가능하다.

3.3 열차집중제어장치와 병용한 단계적 구축 방안

자율분산형 구조를 가진 열차트래픽 제어 체계의 장점이 각각의 역시스템이 평등한 구조를 가지고 있고 역시스템만으로 구성되어질 수 있기 때문에 하드웨어적으로나 소프트웨어적인 확장성을 가진 성장형 시스템으로 구현할 수 있다. 이러한 성장형 시스템은 단 한번의 개발을 통해 구축되는 시스템 보다 경제적인 장점뿐만 아니라 지속적인 사용자의 요구를 반영함과 동시에 개발에 단계적 개발에 따른 위험을 낮출 수 있다. 따라서, 앞에서 제시한 자율분산형 열차트래픽 제어 체계를 실현하기 위해서 아래 그림4와 같은 단계적 구축방안을 제안한다.

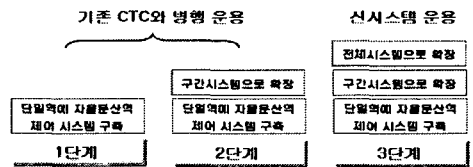


그림 4 자율분산형 열차트래픽 제어체계의 단계적 구축방안

위의 그림 4는 역시스템의 확장할 수 있는 단계적 구축을 위한 구축방안으로서 크게 3가지 단계를 거칠 수 있다. 1단계는 단일 대형역에 자율분산 역제어 시스템을 구축하여 운영하는 방식으로 이러한 운영방식의 이미지는 그림 5에 나타내었다.

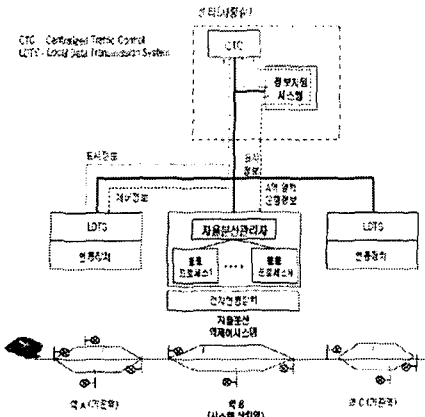


그림 5 1단계-단일역 구축운영 방안에 대한 이미지

그림 5는 단일역에 자율분산 역제어 시스템이 설치되어 운영될 때의 이미지이다. 이 그림에서 역A에 진입하는 열차의 표시정보를 LCTS에서 센터의 CTC로 전송된 정보를 자율분산 역제어시스템이 설치된 역 B로 전송하기 위해 센터에 구축된 정보지원시스템을 통해 역 B로 전송되며 역 B의 자율분산 관리자는 하부의 응용프로세스(예, 열차경로제어 프로세스)로 그 정보를 분배하며 그 하부 프로세스가 열차경로제어 업무를 수행하게 된다.

이와 같이 단일 대형역에 운영이 완료된 이후에 아래 그림 6과 같이 2단계 구간시스템으로 확장하여 운영할 수 있다.

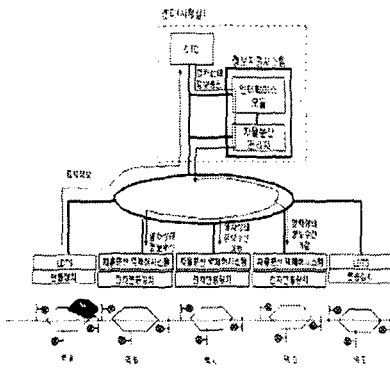


그림 6 2단계-구간시스템으로 운영시의 이미지

위의 그림 6은 역시스템 구축 구간을 열차가 운영하고 있을 때의 상황을 묘사한 것이다. 만일 열차가 역시스템 구축 구간인 역B를 운행하고 있을 때의 열차표시 정보는 네트워크로 브로드캐스팅된다. 만일 역C가 역B에서 브로드캐스팅한 데이터를 수신하고자 할 때는 역시스템 내의 자율분산관리자(ADM)의 판단에 의해서 열차상태 정보를 수신할 수 있고, 역D와 같이 역B에서 브로드캐스팅한 데이터가 필요치 않을 경우 데이터를 받지 않는다. 또한 구간시스템 이외의 역E로는 정보지원시스템을 통해 CTC로 전송된 열차상태 데이터를 다시 역 E로 전송할 수 있다.

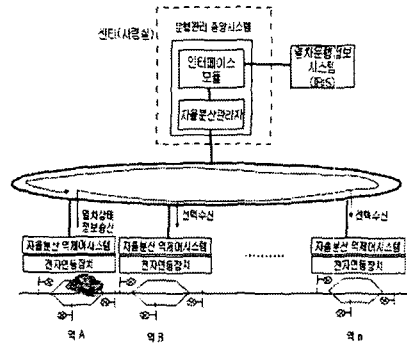


그림 7 3단계-전체 시스템 구축시 운영 이미지

위의 그림 7은 전체시스템으로 구축시 운영체제로 CTC와 병용운용을 하지 않는다. 이때 센터에는 운영관리 중앙시스템이 설치되어 스케줄 관련 정보를 관리하며 열차운행상의 외란상황과 같은 스케줄 변경관리를 수행한다. 또한 열차운행정보시스템과 같은 초기스케줄과의 인터페이스를 위해 인터페이스 모듈을 구축하여 운영할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 현재 열차집중제어장치의 운영상을 문제점을 파악하고 해결하기 위해서 새로운 개념인 자율분산형 구조의 열차트래픽 제어 체계를 구축하였다. 특히 이러한 제어체계의 핵심인 자율분산 역제어 시스템은 대형역에서 열차운행제어 상황을 자동화 처리로 운영효율을 개선할 수 있으며, 역구내에서 빈번히 발생하는 입환업무를 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 5년 간의 계획으로 연구가 수행 중에 있으며 현재 1차년도 연구인 개념설계 및 시스템 아키텍처설계가 완료된 상황이다. 이에 따라 차후 연구계획은 자율분산형 트래픽제어 체계와 단계적 시스템 구축이 가능하기 위해 자율분산 관리자와 역 프로세스, CTC와의 인터페이스를 정보지원시스템의 상세설계를 수행할 계획이다. 또한 본 논문에서 제시한 자율분산형 열차트래픽 제어체계의 효율검증과 분석을 위해 자율분산 역 시뮬레이터 구축을 계획하고 있다.

(참고 문헌)

- [1] 김영훈, 홍순흠, "열차운행관리시스템 비교 연구", 한국철도학회, 추계철도학회논문집(II), 311P, 2003
- [2] 김영훈, 홍순흠, 정태운, 안진, 김유호, 박성규, "자율분산형 열차운행제어체계에 관한 연구", 한국철도학회, 춘계철도학회논문집, 222P, 2004
- [3] Kinji Mori, "Autonomous Decentralized Systems: Concept, Data Field Architecture and Future Trends", Proc. Of ISADS93, 1993
- [4] Kitahara F, "Phased-In Construction Method of ATOS", Proc. Of ISADS, 1999
- [5] KERA K(2001), Assurance Technology for Growing System and Its Application to Tokyo Metropolitan Railway Network, IEICE TRANS. INF. & SYST.