

# 자율분산 이론을 적용한 철도시스템 개발에 관한 연구

## A study of the railway system development using Autonomous decentralized theory

정태운\*      안진\*\*      박성규\*\*\*      김유호\*\*\*\*      홍순흠\*\*\*\*\*      김영훈\*\*\*\*\*  
Jung, Tae-Un    Ahn, Jin Pack, Sung-Kyu Kim, Yoo-Ho Hong, Sun-Hum Kim, Young-Hun

---

### ABSTRACT

In this paper, We elicit the necessity of the Autonomous Decentralized Traffic Control System by analyzing problems of the Centralized Traffic Control System and present operation system. The automatic traffic control system using in large and high-density railway stations is designed and implemented on the basis of the elicited necessity in this paper. It is proposed to use broadcasting protocol for interface of stations in order to ensure autonomy.

The result is that advantages of the Autonomous Decentralized Traffic Control System makes on-line expansion and maintenance available, step-by-step construction available, and reduce the area of the influences of system fault when any system fault happens.

---

### 1. 서론

현재 열차운행제어기술은 모든 철도네트워크를 운행주체별, 노선별로 분리하여 각 제어 지역을 중앙에서 제어하는 이산형 중앙집중식이다. 이 방식은 운행밀도가 낮거나 운행패턴이 간단한 경우에 효과적이거나 다양한 운영주체가 여러 형태의 철도를 연계하여 운행하는 경우에는 비효율적인 운행제어방식이다. 그러나, 대형 고밀도 철도역의 대부분은 운행 밀도가 높고 운행패턴이 복잡하여 중앙집중식 제어방식으로 열차운행관리에 어려움이 있어 상시 로컬제어 방식으로 역에서 열차운행관리를 주관하고 있다. 특히 수도권 역 및 대형 분기역에서는 역 자원을 열차트래픽에 연동된 실시간 최적 활용이 불가능하므로 선로용량이 제한될 수밖에 없으며 전체 철도 네트워크의 트래픽을 효과적으로 처리하기 어렵고 역 용량 및 선로용량을 줄이는 원인이 된다.

본 논문의 2장은 현재의 열차운행제어 현황을 분석하고, 자율분산시스템의 필요성을 도출한다. 3장에서는 자율분산형 열차운행제어 시스템을 분석하며, 4장에서 자율분산이론을 적용한 대형·고밀도 철도역에서의 자율분산형 역제어시스템 아키텍처를 설계하고, 5장에서 결론을 맺는다.

---

- \* 경봉기술(주) 신호 및 시스템연구소 주임 연구원, 비회원
- \*\* 경봉기술(주) 신호 및 시스템연구소 책임 연구원, 회원
- \*\*\*경봉기술(주) 신호 및 시스템연구소 수석 연구원, 비회원
- \*\*\*\*경봉기술(주) 신호 및 시스템연구소 연구소장, 회원
- \*\*\*\*\* 철도기술연구소 책임연구원, 회원
- \*\*\*\*\*철도기술연구소 주임연구원, 회원

## 2. 현재의 열차운행제어 현황

우리나라의 열차운행제어는 현재 5개 지역 사령실로 나뉘어 구축되어 있는 중앙집중식 열차운행제어(CTC:Centralized Traffic Control) 시스템에 의하여 이루어지고 있다.

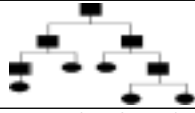
### 2.1 중앙집중식 열차운행제어 시스템

도표 1 중앙집중식 열차운행제어 시스템 특징

구 분	내 용
기능	- 표시·제어, 데이터관리 - 이벤트 로깅, 프로세스 감시 - 외부인터페이스
구축방식	- 일괄 구축 방식
통신방식	- 중앙시스템을 목적지(Destination)로 한 마스터-슬레이브 방식
확장성	- 역시스템의 상황에 따라 중앙시스템의 변경이 필요 - 온라인 확장이 용이치 않음 - 새 S/W버전 출시시 모든 시스템의 교체가 요구됨

중앙집중식 열차운행제어 시스템은 표1과 같이 열차운행 상황의 위치추적 및 표시가 주요 기능이고 일괄적인 구축방식을 따른다. 이러한 시스템의 장단점을 분석하면 표2와 같다.

도표 2 중앙집중식 열차운행제어 시스템의 장단점

구 분	내 용	
시스템 구조	 <p>상·하위의 구조를 가지므로 각 서브시스템간은 지배관계가 있다</p>	
장·단점	고장시	상위의 서브시스템이 고장이면, 그 하위의 서브시스템전체의 기능저하를 유발시킨다.
	제어성	중앙시스템에 정보가 집중되어 있으며 제어정도가 양호하다.
	통신부하	중앙시스템의 통신 부하가 가중될 경우가 있다.
	시스템확장성	시스템 확장을 위한 작업량이 많아진다.
비용측면	전체시스템을 고려하므로 비용이 많이 소요된다.	

### 2.2 대형·고밀도 철도역 열차 운행

도표 3 경부선 상시 로컬역 현황

역등급	역수	로컬운영역수	역 명
3급역	1	1	서울역
4급역	8	7	영등포, 수원, 천안, 대전, 김천, 동대구, 부산진, 부산
5급역	16	7	용산, 노량진, 구로, 안양, 부곡, 평택, 조치원, 신탄진, 대전조차장, 영동, 구미, 왜관, 대구, 밀양, 삼량진, 구포

대형·고밀도 철도역의 운영 환경은 열차 시격이 짧고 열차 입환작업등으로 중앙시스템의 제어는 현실적으로 불가능한 상태이다. 경부선만 살펴보더라도 4급 역은 8개역이며 이중 7개 역이 상시 로컬상태로 운영되고 있다. 때문에 상시로컬로 운영되고 있는 역담당자는 과중한 업무 부담을 안게 된다.

표4는 대형·고밀도 철도역에서의 열차운행관리 현황을 분석한 결과이다.

도표 4 대형·고밀도 철도역 열차운행관리 현황 분석

현황	개선 방향
제어권의 상시 로컬(수동제어)	대형·고밀도 역을위한 시스템 구축
빈번한 입환 작업	입환 관리를 위한 시스템 구축
부서간 협력업무 빈번	부서간 업무 협조를 위한 시스템 구축
부서간 인터페이스 다양	
열차 출·도착위한 부분선 부족	부분선을 효율적으로 활용하기 위한 시스템 구축

### 3. 자율분산형 열차 운행제어 시스템

#### 3.1 자율분산형 시스템 도입이유

2장의 현재 열차운행제어 현황분석을 통한 자율분산형 시스템 도입 이유는 크게 다섯가지로 볼 수 있다.

도표 5 자율분산형 시스템 도입 이유

자율분산 도입 이유	자율분산형 시스템 도입시 효과
비용	일괄 구축 방식으로 인한 비용문제를 들 수 있다. 열차운행제어를 위한 소프트웨어 기능 개발을 위해서는 많은 개발 시간과 많은 비용이 소모된다. 특히 열차집중제어장치 같이 전국을 커버하는 대형시스템 구축의 경우에는 더욱 그러하다.
온라인 확장/ 온라인 유지보수	철도 시스템은 항상 온라인 상태에서 운영되어야한다. 하지만 중앙집중형 열차운영시스템은 일괄 구축 방식으로 인하여 시스템 확장/유지보수시 모든 시스템을 오프라인으로 해야한다. 그러나 자율분산 시스템을 도입할 경우 온라인 확장/ 온라인 유지보수가 가능하여 지속적인 고개의 요구 사항을 반영 가능하다.
Fault-tolerance	중앙집중형 열차운영방식은 모든 정보가 중앙시스템에 집중됨으로서 중앙시스템의 역할이 매우 커진다. 중앙집중장치가 고장날 경우 모든 시스템의 운영이 불가하다. 하지만 자율분산 시스템을 도입할 경우 사고의 범위를 역 혹은 역 하부 시스템으로 한정 가능하다.
로컬 제어권	대형·고밀도 철도역은 항상 로컬 모드로 운영됨에 따라 운용자에 의한 수동 조작으로 인한 효율의 저하를 막을 수 있고, 운영환경이 복잡해짐에 따라 더욱 유연하고 적응력 있는 열차운행제어 시스템이 가능하다.
안전성/업무효율	자율분산 역 시스템 도입으로 인하여 사용자가 수작업으로 처리하고 있던 과도한 업무를 줄일 수 있고, 타 부서와의 업무 협조 및 제어에 할당되던 시간을 안전업무 및 고객서비스에 집중 가능하다.

### 4. 시스템 아키텍처

본 절에서는 현재의 열차운행관리 현황분석을 통해 도출된 개선방향의 시스템을 구축하기 위해 자율분산 이론을 적용한 대형·고밀도 철도역에서의 자율분산형 역제어시스템을 개발한다. 자율분산형 열차운행제어 체계 구축은 기존의 시스템을 최대한 활용할 수 있는 단계적 구축방안을 적용 한다.

#### 4.1 물리적 시스템 구성

자율분산 시스템의 물리적 구조는 그림1과 같으며, 자율분산 역 제어시스템이 열차운행관리의 핵심주체가 된다. 자율분산역은 자율분산역 제어시스템, 유지보수 서브시스템, 선로 및 홈 리스케줄링 서브시스템, 여객안내 서브시스템과 수송관리 서브시스템으로 구성되어 기존의 장치에 변형을 주지 않고 연결되는 구조이고, 지원시스템은 정보지원시스템의 기능을 수행하는 서버를 두어 서브시스템인 기존의 통합 CTC와 인터페이스를 갖는 구조이다.

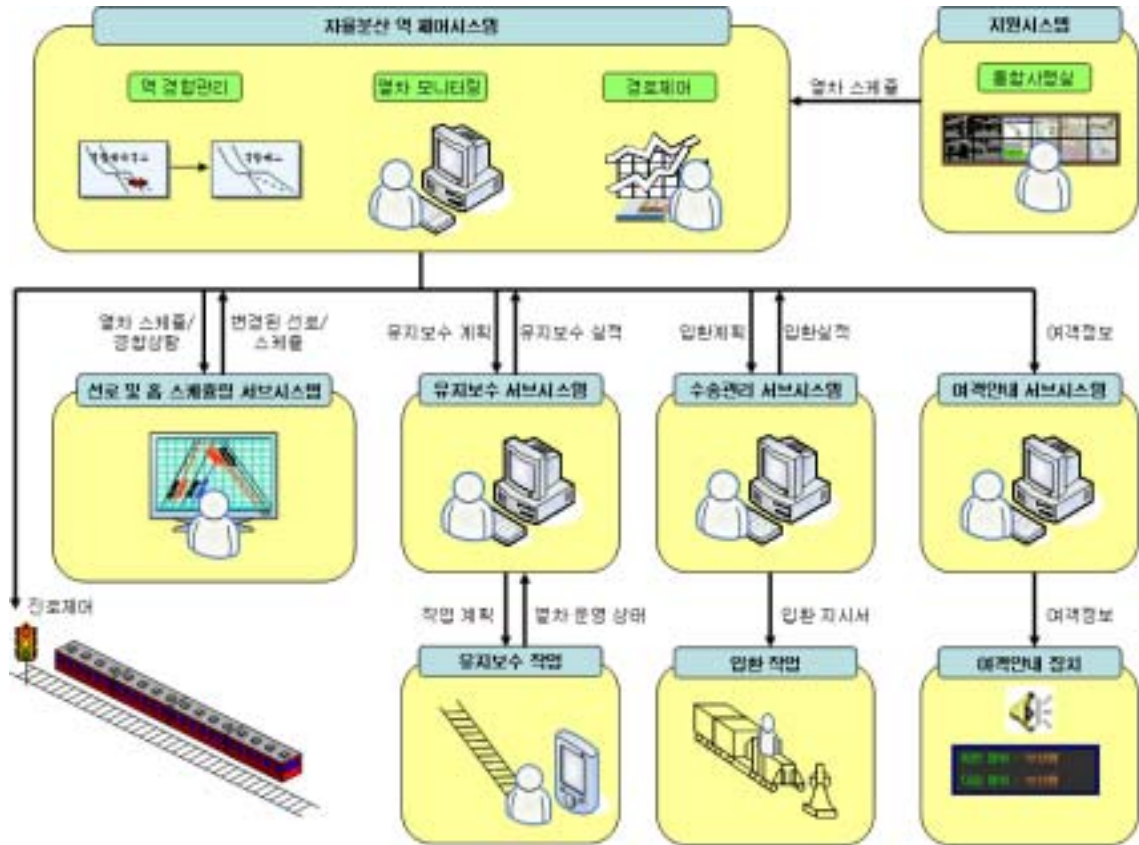


그림 2 물리적 시스템 구성

#### 4.2 논리적 시스템 구성

전체 시스템은 그림 2와 같이 크게 네트워크, 자율분산역, 지원시스템 세 가지로 분류된다. 네트워크는 자율분산역과 지원시스템을 연결하여 상호 필요한 데이터를 전송하고 수신하기 위한 물리적인 통신망이다. 자율분산역과 지원시스템은 모두 3단계로 구분되어 진다.

##### (1) Level 1

하드웨어적인 장치를 나타내는 단계로써 모니터, 연동장치, 신호기, 선로전환기, 여객 안내 장치등이 있다.

##### (2) Level 2

입환관리 서브시스템과 선로 및 홈 리스케줄링 서브시스템, 통합 CTC와 같이 특정화된 기능을 위한 시스템으로 Level 2는 기존의 시스템을 변경하지 않고, 자율분산 시스템을 구축하기 위한 연결 시스템이다.

##### (3) Level 3

자율분산시스템의 핵심적인 역할을 하는 시스템으로 자율분산역에는 자율분산역 제어 시스템이 존재하고, 지원시스템에는 정보지원 시스템이 존재한다. 네트워크에서 데이터를 가져와서 분배하는 자율분산 관리자와 시스템 운용에 필요한 몇 개의 프로세스로 구성되며 각 프로세스는 필요시에만 사용하는 모듈 형식으로 구성된다.

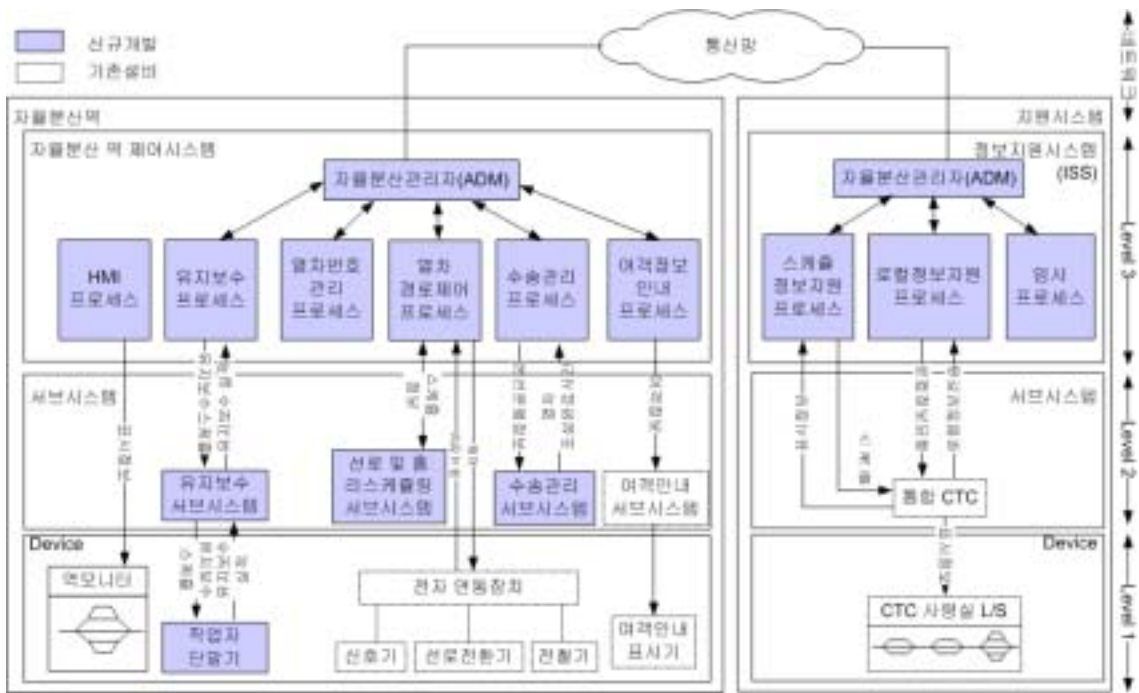


그림 3 논리적 시스템 구성

- 자율분산관리자(ADM)

자율분산관리자는 시스템이 자율적인 판단에 의하여 데이터를 송신 혹은 수신할지 결정하여 다른 프로세스에게 전달하는 자율분산 시스템의 핵심적인 프로세스로 어플리케이션 레벨의 프로세스들을 자율적으로 관리하며 프로세스로부터 데이터 전송 요청시 네트워크에 데이터를 브로드캐스팅 한다.

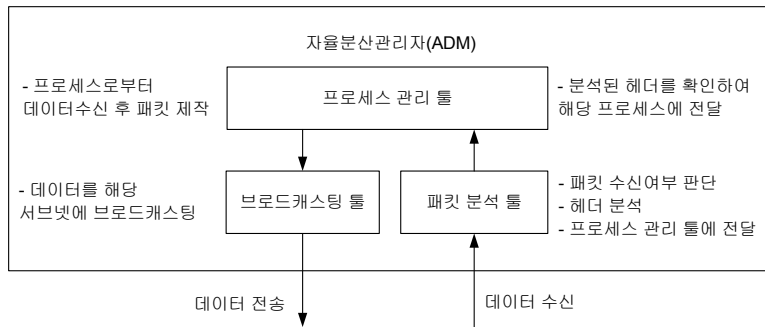


그림 4 ADM의 논리적 구조

ADM은 패킷분석 툴, 프로세스 관리 툴, 브로드캐스팅 툴로 구성되고 기능으로 패킷분석 툴은 네트워크 계층으로부터 올라온 패킷을 파싱하여 수신여부를 판단하여 필요한 데이터이면 프로세스 관리툴에 패킷을 전달하고 프로세스 관리 툴은 패킷 분석 툴로부터 올라온 분석된 헤더를 확인하여 해당 프로세스에 전달하고, 프로세스로부터 전송할 메시지가 있으면 패킷을 제작하여 브로드캐스팅 툴에 전달하며 브로드캐스팅 툴은 해당되는 서브넷에 패킷을 브로드캐스팅 한다.

- 자율분산역 제어시스템(ASCS)

자율분산역 제어시스템은 네트워크에 연결되어 다른 역과 동등한 입장에서 정보를 교환하고, 자기 도메인의 시스템을 자율적으로 운영하는 기능을 하고 네트워크로부터 필요한 정보를 수신하여 적절한 프로세스를 실행하여 처리된 정보를 이용 하부시스템을 제어하고,

다른 시스템에 필요하다고 판단되는 정보는 네트워크에 전송한다.

- 정보지원시스템(ISS)

정보지원시스템은 네트워크와 자율분산 역제어 시스템을 연결하여 프로세스를 실행하고 하부 시스템을 제어하고 지원하는 시스템으로 스케줄 정보지원 기능과 로컬 정보지원 기능을 한다. 스케줄 정보지원 기능은 서브시스템인 통합 CTC에서 스케줄을 받아 자율분산 역제어시스템으로 전송하는 기능이고 로컬 정보지원 기능은 현재 구축된 시스템을 활용한 단계적 구축을 위하여 모든 역이 자율 분산 역이 아닌 일부 역이 자율분산일 경우 자율분산 역에 필요한 인접역 정보를 인접역을 대신하여 보내주는 기능으로써 모든 역이 자율 분산 역으로 변환될 때에는 삭제 되는 기능이다.

(4) 네트워크

자율분산역들과 지원시스템을 연결하여 상호 필요한 데이터를 전송하고 수신하기위한 물리적인 통신망으로 자율분산 역으로부터 브로드캐스팅된 데이터를 전달하는 기능을 한다.

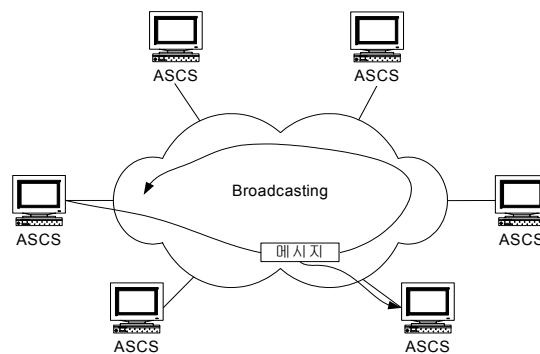


그림 5 선구에서의 통신 방법

자율분산 역 제어시스템은 단일망(LAN)을 통하여 연결되며 자율분산 역 제어시스템은 다른 자율분산 역 제어시스템에 데이터를 전송하기위하여 브로드캐스팅을 이용한다.

5. 결론

열차운행관리 시스템은 기본기능인 열차표시 및 제어기능, 데이터관리기능에서부터 복잡한 트래픽 상황이나 외란 상황 극복을 위한 기능까지 그 역할은 점차 세분화되고 정밀화되어 가고 있다. 하지만 본문에서 살펴본 바와 같이 중앙집중형 제어방식은 이러한 기능과 역할 수행을 따라가지못하고 있다. 따라서 중앙집중형 제어방식의 단점을 보완하고자 자율분산 이론을 적용한 대형·고밀도 운행 역에서의 자동운행제어시스템을 개발한다. 자율분산 이론을 적용한 대형·고밀도 운행 철도시스템은 사용자 요구사항 및 기존 시스템의 문제점 개선을 만족한다.

또한 개발된 아키텍처를 바탕으로 단계적 구축방식을 적용할 수 있도록 자율분산형 열차운행제어 체계를 구축하였다. 이러한 단계적 구축방식의 적용에 따라 하나의 역시스템으로 구축한 후 그 제어범위를 점차 확대시킬 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. Kinji Mori(1993), "Autonomous Decentralized Systems: Concept, Data Field Architecture and Future Trends" , Proc. Of ISADS93
2. F. Kitahara et al(1999), "Phased-In Construction Method of ATOS", Proc. Of ISADS99
3. F. Kitahara(1999), "Autonomous Decentralized Traffic Management System", J.IEE Japan
4. F.Kitahara et al(1995), "Widely-Distributed Train-Traffic computer Control System and Its

Step-by-Step Construction”, Proc. Of ISADS95,