

# 열차운행관리시스템 비교 연구

## A comparative study on the traffic management system

김영훈\*                      홍순흠\*\*  
Kim, Young-Hoon      Hong, Soon-Heum

---

### Abstract

Traffic management means the management of streams of people, vehicle and cargo. Its aim is to help creating an efficient, safe and environmentally friendly transport system. Traffic management can roughly be divided in traffic control and monitoring, traffic information and demand management.

The main purpose of this thesis is providing the basis for developing the next generation train traffic management system by comparing domestic and abroad train traffic management system.

The composition of this thesis has been discussed in the following order of the comparison of train traffic management system's function, the introduction of Autonomous Decentralized system, the comparison between CTC and ATOS, the comparison between the hierarchy system and Autonomous Decentralized system, the study of introduction plan of Autonomous Decentralized-type train traffic management system and conclusion.

---

### 1. 서론

열차운행관리 시스템은 열차의 재선상황을 실시간으로 파악하고 열차다이아그램을 통한 자동진로제어를 행하는 시스템이다. 여러 사례를 살펴보면 초기에 운영되던 시스템은 비교적 단순한 선로형태를 가진 중·소규모 역의 본선열차를 대상으로 열차추적과 모니터링, 자동진로제어를 행하는 기본적인 기능을 가지고 있었다. 하지만 고객의 수요 증가에 따른 운전시각 단축, 노선의 복잡화, 대형 역의 열차 제어문제, 구내입환 문제 등으로 열차운행관리 시스템에 대한 요구사항도 점차 다양화되었고 이런 요구조건을 만족하기 위한 시스템 구축에 많은 비용과 시간, 연구개발이 진행되었다.

본 논문의 목적은 각국에서 운영되어지는 열차운행관리시스템 특징을 비교 분석함으로써 다양한 고객 요구를 만족하고 차세대 열차운행관리시스템을 개발할 수 있는 기반구축을 위한 관점에서 접근하였다. 특히 대형 구조의 열차운행관리 시스템을 제어하는 방식에 따라 집중형 제어방식과 자율분산형 제어방식을 비교 분석하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 국·내외에서 개발되어 운영중인 열차운행관리시스템을 기능중심으로

---

\* 한국철도기술연구원, 운영·정보 시스템 연구그룹, 주임연구원, yhkim@krri.re.kr 정회원

\*\* 한국철도기술연구원, 운영·정보 시스템 연구그룹, 책임연구원, shong@krri.re.kr 정회원

소개한다. 3장에서는 대부분의 열차운행관리시스템이 계층형 네트워크 구조 방식을 사용하고 있는데 이와는 다르게 일본의 고밀도 운행구간에서 운영중인 ATOS(Autonomous Decentralized Transport Operation System)의 자율분산시스템 개념, 아키텍처, 세부기술에 대해 조사하였다. 이러한 자율분산형 시스템의 개념을 도입한 ATOS 시스템과 이산형 중앙집중제어 방식으로 운영되는 국내의 열차집중제어장치(CTC)의 시스템을 4장에서 비교 분석하였다. 5장에서는 국내에서 자율분산형 열차운행관리 시스템의 도입 방안에 대해 언급하였다.

## 2. 국내의 열차운행관리시스템 주요 기능

이 장에서는 국내에서 운영중인 열차집중제어장치, 유럽에서 운영중인 EBICOS TMS, 일본에서 운영중인 ATOS 시스템의 기능적 중심에서 비교하였다. 비교된 3가지 시스템은 열차 모니터링과 제어 기능은 유사하였으나 유럽시스템에서는 경합검지 및 해소기능이 일본시스템에서는 스케줄관리시스템과의 연계성 및 자동진로제어 기능이 우위를 보이고 있다.

표 1 국내의 열차운행관리시스템의 기능 비교

시스템명 (국가)	지원시스템 및 모듈	기능 및 설명
열차집중 제어장치 (한국)	서버	연동데이터관리, 시스템감시 및 관리, 운영모드 관리, 각종이벤트 관리, 열차자동제어, 열차추적처리, 운영자 수작업 지원, 운영관리기능, 본청사령실 컴퓨터연계, 고속철도사령실 연계
	운영자콘솔	메뉴화면 입출력 처리, Line station 화면 입출력 처리, 다이아관리화면 입출력 처리
	중앙정보 전송처리 장치	현장 상태 정보송수신 처리, 현장제어 정보의 송수신 처리, 연동데이터 관리, 전력사령실 컴퓨터시스템 상태정보 및 제어정보 송수신 처리, 열차번호 정보 송수신처리, 서버 장에서 열차추적 처리
	인터페이스 컨트롤러	LDP(Line dispatcher panel) 인터페이스 컨트롤러, 열차표시 장치 인터페이스 컨트롤러, 전력사령실 인터페이스 컨트롤러
	역 정보 전송처리 장치	현장 상태정보 및 제어정보의 송수신 처리, 전력사령실 컴퓨터시스템 상태정보 및 제어정보 송수신 처리, 행선 안내 정보 송수신 처리
	역간 통신장치	특정 역과 인접역 사이의 열차 출발정보 및 궤도정보 교환
EBICOS TMS (유럽)	기본 모듈	플랫폼, 표준사용자 인터페이스, CTC(Centralized Traffic Control), 로깅기능 및 알람기능, 열차표시기능
	운영자 기능 모듈	자동진로설정기능, 시각표 작성기능, 열차다이아그램 표시기능, 경합검지 및 해결기능, Pre-test 기능, 자동열차운영기능
	기술모듈	시뮬레이션기능, 시각표 작성기능, 데이터구축 기능
	관리모듈	통계처리기능
	인터페이스 모듈	전송시스템기능, 전력관제시스템(SCADA) 기능 통합
	통신 모듈	교역정보시스템 기능, 음성통신시스템 기능

ATOS	열차스케줄 관리	ATOS에서 사용되는 열차 다이어그램은 IROS(Integrated Railway Operation System)에서 데이터를 받아서 만들어지며 차량입환이나 고객정보서비스를 위한 데이터가 추가된다.
	열차스케줄 수정	지속적으로 변경되는 열차운영상태를 표시하고 계획대비 운영결과를 그래픽 상에 출력되며 그 결과들은 역으로 전송된다.
	역에서의 경로제어	센터에서 전송되어진 다이어그램 정보에 기반하여 역에 도착되는 열차와 출발하는 열차의 경로가 자동적으로 제어된다.
	고객정보 서비스 제공	센터에서 전송되어진 다이어그램에서 열차타입과 스케줄시간에 기초한 열차위치, 접근, 출발시간등을 자동안내장치 및 표시장치들을 통해 고객에게 제공한다.
	유지보수 작업관리	선로 유지보수원의 작업계획을 정보터미널에 입력하는 유지보수 작업계획 기능과 유지보수 작업이 시작될 때 휴대용 라디오 터미널을 사용해 계획을 실행하는 유지보수 작업 실행기능을 가진다.

### 3. 자율분산시스템

이 장에서는 계층형 시스템과 비교되는 자율분산시스템의 개념과 아키텍처, 세부기술들에 대해 언급한다.

#### 3.1 자율분산시스템의 개념

자율분산은 신체 중 어느 한 부분이 다친다 하더라도 다친 신체부위 외에는 큰 문제가 발생하지 않는다는 것의 분자생물학에서 그 아이디어를 얻었다. 이러한 개념을 바탕으로 자율분산시스템은 두 가지의 가정과 관점에서 목표를 성취하기 위해서 제안되었다. 가정된 항목으로는 '시스템은 대부분 결점 있는 부분을 가지고 있다', '시스템은 운영 중에 교체, 유지보수, 수정 등을 위해 지속적으로 변경된다'라는 가정을 가지고, '시스템이 가진 결점은 정상이다'라는 관점이다. 이러한 가정과 관점을 바탕으로 자율분산시스템은 상하관계의 계층적 구조를 가지고 있지 않고 자율적이며 상호 협조적으로 행동하는 시스템이다. 특히 대형구조의 시스템 구축 시에 표2와 같은 요구사항들이 있으며 이러한 요구사항을 만족하기 위한 기술적 방법들이 제시되고 연구되고 있다.

표 3 자율분산시스템의 요구사항

종류 요구사항	시스템의 종류	
	동일 서브시스템간	이종 시스템간
시스템 요구사항	온라인 확장	보증
	고장방지능력	민첩성(유연성)
	온라인 유지보수	이동성

자율분산시스템이 만족하여야 할 2가지 주요속성은 다음과 같다.

- 자율제어능력(Autonomous Controllability) : 만일 하나의 시스템이 고장이나 수리, 추가될 경우 다른 서브시스템은 지속적으로 자기 시스템을 관리하며 자신의 기능을 수행할 수 있다.
- 자율상호운영능력(Autonomous Coordinability) : 만일 하나의 시스템일 고장이나 수리, 추가될 경우 다른 서브시스템은 다른 서브시스템들간에 협력할 수 있다.

위의 두 가지 속성은 시스템의 온라인 확장, 고장방지능력, 온라인 유지보수를 보증한다. 또한 자율제어능력과 자율상호운영능력을 가진 자율분산시스템을 실현하기 위해서는 각각의 서브시스템은 다음과 같은 3가지 조건을 만족하여야 한다.

- 대등성(Equality) : 각각의 서브시스템은 대등성을 가져야 한다. 그러므로 모든 서브시스템은 다른 시스템의 지시 없이 자기 시스템을 관리 할 수 있다.
- 지역성(Locality) : 각각의 서브시스템은 자신의 시스템을 관리 할 수 있어야 하며 단지 로컬 정보에 기초하여 다른 시스템과 협력할 수 있어야 한다.
- 일률성(Uniformity) : 모든 시스템은 자기 시스템과 다른 시스템과의 협력을 위한 한결같은 기능을 가져야 한다.

### 3.2 자율분산시스템 아키텍처

그림 1은 자율분산시스템 아키텍처 구성도이다. 각각의 서브시스템은 자기 자신의 관리시스템을 가지고 있고 자율제어 프로세서(ACP : Application Control Processor)는 다른 시스템의 조정이나 자기 자신의 관리를 할 수 있다. 자율분산시스템에서는 모든 서브시스템들은 단지 데이터 필드를 통해 연결되어 있고 모든 메시지들은 콘텐츠코드(CC)에 부과된다. 또한 하나의 서브시스템에서 응용소프트웨어 모듈에서 필요한 데이터를 데이터필드에 포함된 콘텐츠코드에 부과된 내용을 참조하여 자율제어 프로세서(ACP)에서 받아들여 사용하는데 이러한 절차를 데이터 작동 절차(Data driven mechanism)라 한다.

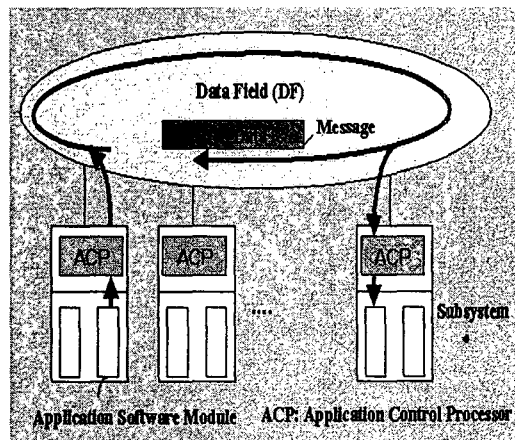


그림 1 자율분산시스템 아키텍처

### 3.3 자율분산시스템 세부기술

자율분산시스템을 성공적으로 구축하기 위해 제안된 대표적인 세부기술은 고장방지능력기술, 온

라인 확장기술, 온라인 유지보수 기술을 들 수 있다. 간략한 설명을 부연하면 고장방지능력기술은 응용소프트웨어 모듈에서 고장방지능력(fault-tolerance)이 요청되면 응용소프트웨어 모듈이 복사되고 복사된 응용소프트웨어 모듈은 독립적으로 수행되며 단지 데이터필드에 가지고 있는 uni-interface를 통한 결과데이터를 처리하는 방법이다. 온라인 확장기술은 서브시스템 내부의 확장방법과 전체시스템에서의 확장방법이 있다. 온라인 유지보수기술은 서브시스템의 설치나 오류 수정 이후에 하나의 모듈을 테스트하는 “모듈 테스트(module test)”방법과 테스트된 모듈 간의 테스트를 실시하는 “연합 모듈 테스트(associative module test)”의 두 가지 방법이 있다.

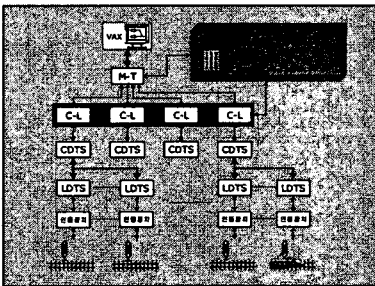
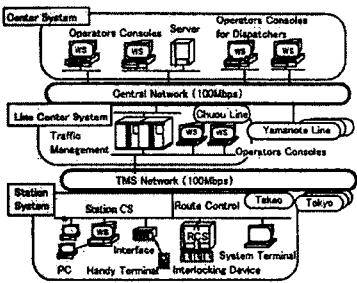
#### 4. 열차운행관리 시스템의 비교

이 장에서는 국내의 CTC와 일본의 ATOS 시스템을 비교 분석한다. 이 두 가지 시스템을 비교하는 이유는 두 시스템 모두 제어하는 지역적 대상이 광범위하고 시스템의 규모가 크며 고밀도 운행구간을 제어하고 있는 공통점이 있으나 운행관리 시스템 자체를 제어하고 운영하는 방식이 집중형 제어방식과 분산형 제어방식의 다른 구조를 가지고 있기 때문이다.

##### 4.1 CTC와 ATOS가 가진 주요 차이점 분석

주요 차이점 분석의 대상은 기능적 측면의 비교, 네트워크 구조 및 제어방식의 비교, 구축방식의 비교를 할 수 있으며 위의 표4에 나타내었다.

표 4 CTC와 ATOS의 주요 차이점 비교

시스템 항목	CTC	ATOS
기능	표시·제어, 데이터관리 이벤트 로깅, 프로세스 감시 외부인터페이스	열차스케줄 관리·수정 역의 경로제어, 유지보수 작업관리 역에서 고객정보
네트워크 구조 및 제어방식	 <p>중앙집중형 제어방식 (지역별 제어방식)</p>	 <p>자율분산형 제어방식 (노선별, 역별 제어방식)</p>

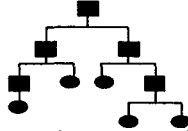
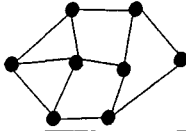
(계속)

구축방식	일괄 구축 방식	단계적 구축방식 (Assurance technology 적용)
확장성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 역시스템의 상황에 따라 중앙시스템의 변경이 필요</li> <li>- 온라인 확장이 용이치 않음</li> <li>- 새 S/W버전 출시시 모든 시스템의 교체가 요구됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중앙시스템과 역시스템은 단계적 구축을 할 수 있음</li> <li>- 기능과 성능의 온라인 확장 가능</li> <li>- S/W 버전 관리</li> </ul>
데이터 전송방식	- 중앙시스템을 목적지(Destination)로 한 마스터-슬레이브 방식	- CC(Content Code)를 가진 브로드캐스팅 통신 방식

#### 4.2 계층형 분산시스템과 자율분산시스템의 네트워크 비교

아래 표4는 자율분산시스템과 계층형 분산 시스템의 네트워크 구조상의 특징과 장단점을 비교하였다.

표 4 자율분산시스템과 계층형 분산시스템과의 비교

		계층형 분산시스템	자율분산 시스템
시스템구조			
		상·하위의 구조를 가지므로 각 서브시스템간은 지배관계가 있다	마스터-슬레이브 관계가 아닌 각자의 서브시스템끼리 상호 협조적으로 행동한다.
장단점	고장시	상위의 서브시스템이 고장이면, 그 하위의 서브시스템전체의 기능저하를 유발시킨다.	하나의 서브시스템이 고장일지라도 타 서브시스템은 각각의 담당영역을 임의로 제어가 가능하기 때문에 시스템 전체에는 지장이 없다.
	제어성	중앙시스템에 정보가 집중되어 있으며 제어정도가 양호하다.	필요시 각각의 서브시스템의 상태를 추정할 필요가 있다.
	통신부하	중앙시스템의 통신 부하가 가중될 경우가 있다.	이기종 시스템간의 정보데이터 교환시 통신 부하가 가중될 경우가 있다.
	시스템 확장성	시스템 확장을 위한 작업량이 많아진다.	서브시스템만을 고려하므로 확장이 용이하다.
	비용측면	전체시스템을 고려하므로 비용이 많이 소요된다.	서브시스템 구축후 단계적으로 추가하기 때문에 적은 비용이 소요된다.

## 5. 자율분산형 열차운행관리시스템 도입 방안 검토

일본에서 운영중인 ATOS시스템은 구축이전의 문제점들로 다음과 같은 사항들이 조사되어졌다.

첫째, 고밀도 대형 역에서의 사령·역직원에 의한 신호제어 수작업 처리 문제와 주선로 제어와 입환과의 제어권에 대한 이중화된 제어구조 문제가 있다. 둘째, 고밀도 운행구간에서 외란이 발생하였을 경우 새로운 다이어그램 결정을 위한 도움이나 해결이 어렵다는 문제가 있다. 셋째, 역에서의 내외부 고객에게 제공되는 정보가 너무 적거나 없다는 문제가 있다. 넷째, 유지보수 시스템과의 인터페이스 부족으로 선로유지 보수자에 대한 안전이 확보되어 있지 않다는 문제가 있다.

이러한 분석 내용을 중심으로 중앙사령원의 업무경감 및 업무효율화, 역업무 효율화, 안정성 확보 및 여객에 대한 상세한 정보서비스 제공을 목표로 시스템이 개발되어 졌다. 특히 기술적 개념이 바탕이 되는 자율분산시스템 적용기술을 활용하여 단계적 시스템 구축 및 범용컴퓨터의 활용을 증대하여 고밀도 운행구간을 효율적으로 운영하고 있다.

한국철도기술연구원에서도 2003년 7월부터 국가교통핵심기술개발사업의 교통운영효율화 부분 중 철도운영효율화기술분야에서 자율분산시스템 기술을 바탕으로 한 대형·고밀도 철도역 자동운행제어시스템 개발을 목표로 연구를 시작하였다. 현재 시스템 아키텍처 설계를 위한 요구사항 분석단계를 진행 중에 있으며 자율분산시스템을 철도시스템에 적용하기 위한 기술적 검토가 이루어지고 있다. 또한 일본에서 ATOS 구축이전에 검토된 문제점들이 국내에서도 큰 예외는 아니기 때문에 이러한 문제점들을 중심으로 분석중에 있다.

## 6. 결론

열차운행관리 시스템의 운영사례에서 볼 수 있듯이 기본기능인 열차표시 및 제어기능, 데이터관리기능에서부터 복잡한 트래픽 상황이나 외란 상황 극복을 위한 기능까지 그 역할은 점차 세분화되고 정밀화되어 가고 있다. 이러한 기능 분석을 위해 2장에서는 한국, 유럽, 일본에서 운영중인 열차운행관리 시스템의 기능 중심으로 정리하였다. 특히 일본의 고밀도 운행구간에서 운영되는 ATOS는 자율분산시스템 기술을 적용하여 운영하고 있었으며 이러한 자율분산시스템의 내용분석을 위해 3장에서는 자율분산시스템의 개념과 아키텍처, 적용기술을 간략히 소개하였다. 4장에서는 CTC시스템과 ATOS 시스템을 기능적인 측면의 차이, 네트워크 구조 및 제어방식의 차이, 구축방식의 차이점을 분석하였고, 계층형 시스템과 자율분산시스템의 장단점 및 특징을 분석하였다. 5장에서는 국내에서 자율분산시스템 기술을 철도에 적용하려고 하는 연구진행상황을 언급하였다.

본 논문의 목적은 각국에서 운영되어지는 열차운행관리시스템을 비교 분석함으로써 다양한 고객 요구를 만족하고 차세대형 열차운행관리시스템을 개발할 수 있는 기반구축을 위한 관점에서 접근하였다.

자율분산시스템의 개념으로 열차운행관리시스템의 도입을 검토하는 주된 이유는 역업무의 효율을 극대화하기 위함이다. 또한 온라인 확장성을 확보하여 단계적으로 역시스템을 구축하고 확장하여 나간다면 경제적인 측면에서 비용을 절감하고 사용자의 요구사항을 만족하는 시스템 구축을 할 수 있기 때문이다.

#### 참고문헌

1. 김영훈, 홍순흠(2003년), '자율분산형 철도수송관리시스템 도입에 관한 연구', 대한산업공학회 추계 학술대회
2. 홍순흠, 'CTC 통합을 위한 Traffic management 실시설계 자문', 2001.12. 한국철도기술연구원
3. 최규형, '철도청 CTC사령실 통합을 위한 타당성조사', 1999. 10, 한국철도기술연구원
4. 김재언(1997), 차세대 배전계통 운영체제와 자율분산제어기술, 대한전기학회
5. Masaki K. 'Recent Train Traffic Control systems', 1999. Vol81, No.3 日立評論
6. Shunichiro Y. 'Railways and Information systems', 2000. May, Vol E83-B, No5, IEICE/IEEE
7. Mori. K 'Autonomous Decentralized Systems : Concept, Data Field Architecture and Future Trends' 1993. IEEE
8. ADtranz, 'System Introduction Traffic Management System', 2000
9. Kera. K. 'Assurance System Technologies Based on ADS for Large scale transport operation control system', 2000. May, Vol.E83-B, IEICE/IEEE