

## 대형·고밀도 철도역 자동운행제어시스템을 위한 시뮬레이터 개발

홍순호\*, 김영훈, 안진<sup>†</sup>, 김은희<sup>\*</sup>  
한국철도기술연구원, 경봉기술(주)\*

### Development of simulator for Autonomous Decentralized Railway Traffic Management System

Soon-Heum Hong, Young-Hoon Kim, Jin Ahn<sup>†</sup>, Eun-Hee Kim<sup>\*</sup>  
Korea Railroad Research Institute, Kyong Bong Technology Co., Ltd.<sup>\*</sup>

**Abstract** - 대형·고밀도역의 상시로컬 상태의 자동운행 제어와 온라인 확장 및 유지보수기능을 가진 새로운 열차운행제어체계를 구축하기 위하여 자율분산시스템 개념을 적용한 열차운행제어시스템을 개발 중에 있다. 본 논문에서는 이 연구의 일환으로 개발 중인 데이터 필드를 이용한 열차운행제어시뮬레이터에 대하여 기술한다.

## 1. 서 론

열차 운행의 정시성 확보를 위한 여러 가지 방법 중에서 열차지연 최소화를 위해 대형·고밀도 역내의 트래픽 제어는 중요한 요소 중의 하나이다. 특히 노선에서의 트래픽 제어보다는 역내에서의 트래픽 제어가 열차지연을 최소화 할 수 있다.

국내에서의 상시로컬 역에서의 트래픽 제어는 역직원에 의한 수동 제어방식을 취하고 있으며 이는 역직원의 업무 부담을 가중시킨다. 이러한 문제의 해결을 위해 자율분산시스템 개념을 적용한 역 중심의 열차운행제어시스템을 개발하고 있다. 이러한 자율분산개념의 열차운행제어시스템은 역모양 변경이나 빈번한 시스템 수정에 대한 요구사항을 수용할 수 있을 뿐만 아니라 빠르게 발전하고 있는 최신기술 및 열차운행제어시스템의 사용자의 지속적인 요구사항을 적시에 수용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 고밀도 대형역에서 사용할 수 있는 자율분산형 열차운행제어시스템 개발 및 도입을 검증 할 수 있는 시뮬레이터의 개발에 대하여 기술하였다.

## 2. 자율분산형 열차운행제어 체계

### 2.1 자율분산시스템 개념

자율분산시스템에서의 관점은 서브시스템을 통합한 것이 시스템으로 정의하며 시스템에는 기능상의 오류를 포함하고 있다고 전제한다.

이러한 자율분산시스템은 온라인 확장성, 온라인 보수성, 결합허용성의 요구사항을 만족하기 위하여 이러한 실현을 위해서 자율제어성과 자율협조성을 가지고도록 설계되어야 한다. 즉, 자율제어성과 자율협조성의 조건을 만족하기 위해서 구조적으로 시스템의 입출력 관계가 동일한 구조를 가져야한다. 또한 서브시스템의 기능은 평등하게 설계되어야 하고 서브시스템들은 국소적 정보를 제어 협조할 수 있어야 한다.

### 2.2 자율분산형 열차운행제어 체계의 구성

자율분산형 열차운행제어 체계는 하나의 연동역에 적용되는 자율분산형 시스템인 자율분산 역 제어시스템(ASCS: Autonomous Station Control System), 자율분산 역 제어시스템이 구축된 전체 노선에 대한 관리 및 통합 관제설비와의 인터페이스를 담당하는 자율분산 노선관리 시스템(ALMS: Autonomous Line Management System)으로 구분된다[그림1참조].

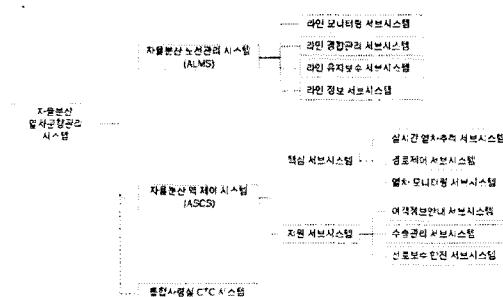


그림 1 자율분산열차운행제어 시스템 분류

자율분산 역 제어시스템과 자율분산 노선관리 시스템의 주요 기능은 다음 표1과 같으며 자율분산형 열차운행제어시스템 구성도는 그림2와 같다.

표 1 역/노선관리 시스템의 주요 기능

구분	자율분산 역 제어 시스템	자율분산 노선관리 시스템
기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>열차경로제어</li> <li>열차추적/열차번호관리</li> <li>현장표시정보 처리</li> <li>홈 리스케줄링 및 경합 관리</li> <li>여객정보안내 및 인터페이스</li> <li>수송관리 업무지원</li> <li>선로보수 안전작업지원</li> <li>열차운행 모니터링</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>노선 열차운행 모니터링</li> <li>노선 경합관리, 리스케줄링 및 역별 조정</li> <li>통합 관제설비로부터 스케줄 정보 다운로드</li> <li>라인 유지보수 작업관리</li> </ul>

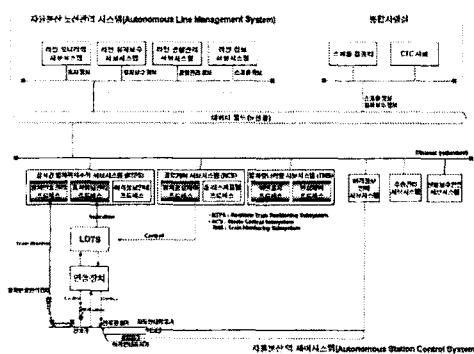


그림 2 자율분산열차운행제어 시스템 구성도

### 3. 자율분산형 열차운행제어 시뮬레이터

#### 3.1 시뮬레이터의 구성

자율분산형 열차운행제어 시뮬레이터의 구성은 크게 자율분산 역제어시스템(ASCS; Autonomous Station Control System), 이벤트 시뮬레이터, 역 애뮬레이터, CTC 애뮬레이터로 구성된다[그림3 참조].

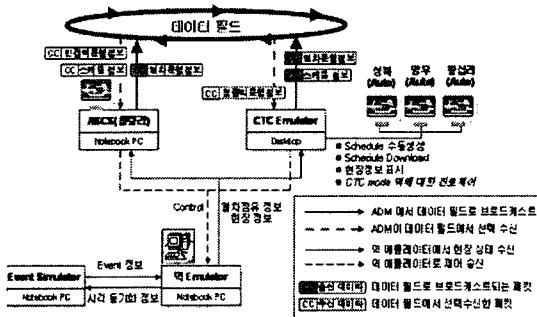


그림 3 시뮬레이션 시스템 구성도

각각의 시뮬레이터 및 애뮬레이터의 역할은 다음과 같다.

- 자율분산 역제어 시스템 : 자율분산 데이터필드를 갖는 역단위 운행제어시스템이다.
- 이벤트 시뮬레이터 : 운행시나리오를 통한 이벤트의 발생한다.
- 역 애뮬레이터 : 현장신호 설비 상태와 제어처리를 하는 동작을 모사한다.
- CTC(Centralized Traffic Control) 애뮬레이터 : 자율분산 역제어 시스템이 인터페이스 할 CTC의 동작을 모사한다.

#### 3.1 시험 대상역 및 스케줄

시뮬레이션을 위한 대상역 및 노선은 4개역(청량리, 망우, 왕십리, 성북)을 지나는 노선들로 경원선, 경춘선, 중앙선이다[그림4참조]. 사용되는 스케줄은 오전7시부터 9시까지의 2시간간의 스케줄을 사용하였으며 화물열차는 입환의 복잡성 때문에 우선 제외하였다[표2참조].

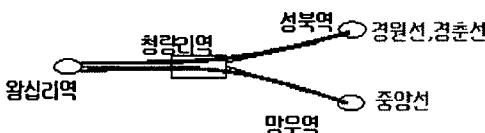


그림 4 시뮬레이션 대상역 및 노선

아래 표2는 시나리오에 사용된 스케줄의 샘플이다.

표 2 시나리오 사용스케줄 샘플

스케줄 구분	열차 번호	종별	방향	순번	역명	도착 시각	출발 시각	정차 구분
국철	K0053	전동열차	상	1	성북	7:01:30	7:02:00	정차
국철	K0014	전동열차	하	1	청량리	7:03:00	7:03:00	통과
국철	K5009	전동열차	하	1	왕십리	7:04:00	7:04:30	정차
경춘선	A1805	무궁화	하	1	청량리	7:05:00	7:05:00	출발
국철	S0055	전동열차	상	1	성북	7:08:00	7:08:30	정차
:								

### 4. 시뮬레이터를 위한 효과분석

#### 4.1 시뮬레이션 시나리오

자율분산형 열차운행제어 도입 효과 및 성능 시뮬레이션을 위해 다음과 같은 두 가지 시나리오를 설정하였다. 첫 번째 시나리오는 단일역 도입 시나리오이다. 이 시나리오는 자율분산 역제어시스템과의 협력운영 및 시스템 자동화에 따른 효과를 위해 시나리오를 선정하였다. 두 번째 시나리오는 단계적 구축 시나리오이다. 이 시나리오는 시스템 레벨의 온라인 확장과 응용 소프트웨어에 대한 온라인 확장을 위해 시나리오를 정하였다.

#### 4.2 단일역 도입 시뮬레이션

단일역 도입 시나리오에서는 스케줄에 의한 자동진로제어와 열차순서변경에 따른 시나리오를 선정하여 시뮬레이션 하였다.

아래 그림5는 스케줄에 의한 자동진로제어의 명령 흐름을 나타내고 있다. 이는 기존의 수동조작에 의한 진로제어를 스케줄을 통한 자동진로제어 방식으로 변경된다.

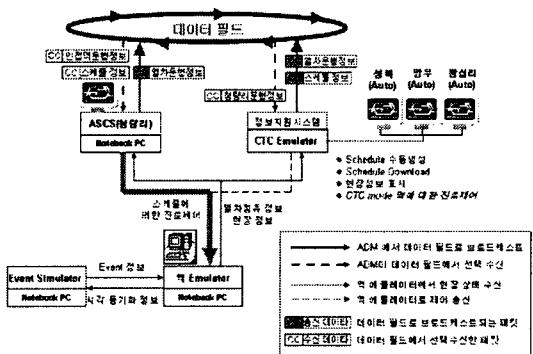


그림 5 스케줄에 의한 자동진로제어

또 다른 시나리오는 외란 상황 발생시의 회복에 관한 시나리오이다. 아래 그림6은 청량리역에서 출발하는 열차가 타 열차의 지연에 따라 출발진로를 내지 못한 상황에서 다른 열차에 대한 진로를 먼저 설정해 주는 순서변경 시나리오를 구현하였다.

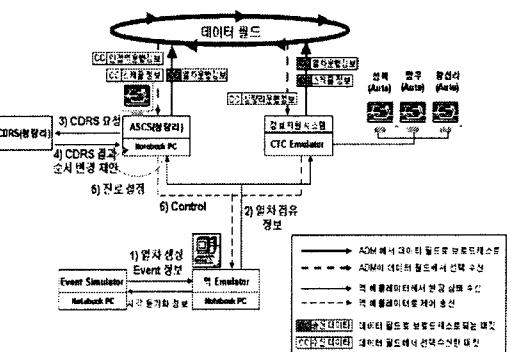


그림 6 열차순서변경 작업 흐름

단일역에 자율분산 역제어시스템 도입 효과는 수동 운영에 따른 역직원의 업무 부담을 경감시켜 줄 수 있으며 타 역정보에 의지하지 않고 자율적으로 로컬역 정보에 기초하여 운영할 수 있었다. 또한 기존시스템과의 연계 운영의 가능성을 파악할 수 있었으며, 차후 개발될 역

CDRS(Collision Detection and Resolution System)를 통한 열차 순서 및 진로변경 시스템의 필요성을 검증하였다.

#### 4.3 단계적 구축 시뮬레이션

단계적 구축이란 단일역에 서브시스템 도입이후에 역 확장 개념으로서의 시스템 레벨 확장과 서브시스템내의 응용소프트웨어 확장을 들 수 있다.

이를 위해 온라인 확장은 테스트 데이터와 온라인 데이터에 의한 두 가지 실험을 수행하였다[그림 7참조]. 이를 위해 운영모드를 테스트모드와 온라인모드로 구별하였고 각 모드에 따른 테스트 데이터를 사용하여 테스트 하였다[표3참조].

표 3 온라인 확장의 테스트 방법

S/W모드	테스트 데이터	온라인 데이터
테스트 모드	오프라인 테스트	온라인 테스트
온라인 모드	온라인 테스트	온라인

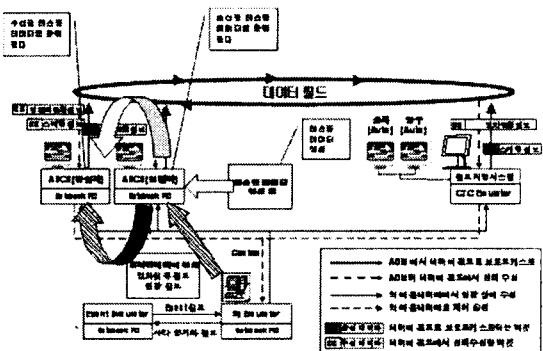


그림 7 온라인 확장의 테스트/온라인 데이터 시험

시스템 레벨의 확장에서 온라인 확장 테스트를 통해 분리된 데이터 필드(온라인데이터필드, 테스트 데이터필드)에 의한 시험은 운영중인 다른 역에 영향을 주지 않고 시험할 수 있는 것이 검증되었다. 또한 응용 소프트웨어의 온라인 확장에서는 온라인 중에 새로운 버전의 업데이트 방법을 시험을 통해 검증하였다[그림 8참조]. 즉, 운영 중에도 사용자의 새로운 요구사항을 시스템에 반영 할 수 있다.

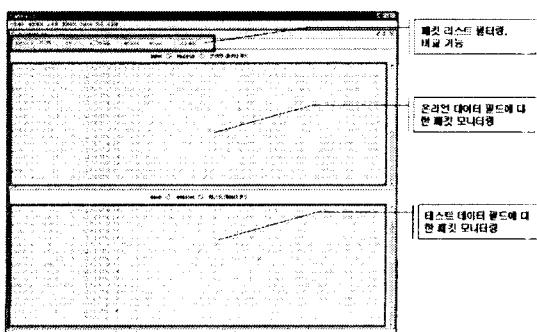


그림 8 응용소프트웨어 온라인 확장 검증 화면

#### 5. 결 론

본 논문에서는 대형·고밀도 철도역 자동운행 제어시스템을 위한 시뮬레이터 개발에 대한 내용을 소개하였다. 시뮬레이터를 통하여 자율분산 열차운행제어 체계를 가지는 자율분산 역제어시스템이 단일역에 도입하는 경우와 시스템의 단계적 확장 시나리오를 통해서 어떤 효과를 얻을 수 있으며 앞으로 역제어시스템을 어떻게 구축할 수 있는가에 대한 것을 확인할 수 있었다.

자율분산형 열차운행제어 체계에서의 자율분산 역제어 시스템은 열차운행제어시스템의 기능을 중단하지 않고 비자율분산 제어역과 역내의 서브시스템들을 단계적으로 확장할 수 있다. 또한 역 모양·변경이나 사용자의 요구사항이 지속적으로 발생할 때 이를 효율적으로 수용하여 시스템에 반영할 수 있음을 확인할 수 있었다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 홍순홍, 김영훈, 박범환, “고밀도 열차운행을 위한 트래픽 관리 방안 연구”, 2004, 대한전기학회 하계학술 대회
- [2] 김영훈, 홍순홍 “로컬트래픽을 고려한 역시스템 설계에 관한 연구” 2005 춘계철도학회
- [3] 김영훈, 홍순홍, “열차운행관리시스템 비교 연구”, 한국철도학회, 추계철도학회논문집(Ⅱ), 311P, 2003
- [4] 김영훈, 홍순홍, 정태운, 안진, 김유호, 박성규, “자율분산형 열차운행제어체계에 관한 연구”, 한국철도학회, 춘계철도학회논문집, 222P, 2004
- [5] Kinji Mori, “Autonomous Decentralized Systems: Concept, Data Field Architecture and Future Trends”, Proc. Of ISADS93, 1993
- [6] Kitahara F, “Phased-In Construction Method of ATOS”, Proc. Of ISADS. 1999
- [7] KERA K(2001), Assurance Technology for Growing System and Its Application to Tokyo Metropolitan Railway Network, IEICE TRANS. INF. & SYST.
- [8] F. Kitahara et al. "Wide-Distributed Train-Traffic computer Control system and Its Step-by-step Construction", Proc. Of ISADS95, 1995