

열차 운행 관리 시스템에서의 경합 검지 시스템 구축

The Conflict Detection System Design for Railway Traffic Management System(RTMS)

이주왕*, 김범식*, 문영연**, 홍효식***, 유광균***
Lee Ju-Wang*, Kim Bum-Sik*, Moon Young-Hyun**,
Hong Hyo-Sik***, Yoo Kwang-Kyun***

ABSTRACT

열차 철도청이 운용중인 열차운행관리 시스템(Railway Traffic Management System, RTMS)은 서울, 대전, 부산, 순천 그리고 영주 등으로 총 5개 지역본부로 분산되어 있어 업무의 중복을 줄이고, 자동화(Automation)된 열차집중제어장치(Central Traffic Control, CTC)를 구축하기 위해 지역본부들 대진으로 통합하는 프로젝트를 진행 중이다.

본 논문은 철도청 사령실 통합 신호선비 구축 프로젝트에 의거하여 열차 경합을 검지 또는 예측하고 운영자에게 최소의 시간 내에 최적의 해소 대책을 제시함을 목적으로 하는 열차 경합 검지 시스템을 구현하는 과정에서 작성되었다. 여기에서는 열차 경합 검지에 대한 개요와 검지 가능한 경합 종류에 대해 기술하고, 실제 구현된 알고리즘의 기본적인 내용, 프로세스의 구성도 및 시뮬레이션 결과를 설명하려고 한다.

1. 서론

열차 철도청에서는 기존의 열차운행관리 시스템(Central Traffic Control, CTC)을 한 곳으로 통합하고, 해당 소프트웨어를 개선하는 프로젝트를 추진하고 있다. 이 프로젝트에는 열차경합 검지 및 해소 시스템(Railway Conflict Detection and Resolution System, RCDRS)을 포함하고 있으며 이 시스템은 열차의 운행 중 발생하는 각종 이례상황과 지연 등에 의해 발생하는 경합에 대응하여 통합 CTC 시스템의 트래픽 관리능력을 한 단계 상승시키는 중요한 기능이다. 본 논문에서는 열차 경합 검지에 대한 개요와 검지 가능한 경합 종류에 대해 기술하고, 실제 구현된 알고리즘의 기본적인 내용, 프로세스의 구성도 및 시뮬레이션 결과를 설명하려고 하도록 하였다.

* :연세대학교, 전기전자공학부 석사과정, 학생회원

** :연세대학교, 전기전자공학부 교수, 정회원

*** :한국전력대학, 교수, 정회원

2. 열차 경합 검지시스템의 운영환경 및 개발환경

시스템의 운영환경은 크게 열차 제어용 서버, 통신용 서버, 프로그램 컴퓨터 그리고 스케줄링 서버 등으로 나뉘게 되고 경합 검지는 스케줄링 서버에서 담당하게 된다. 스케줄링 서버는 연시가 이후 열차 운행에 대해 열차간 경합을 사전에 예측하여 최적의 경합 해소안이 도출될 수 있도록 경합 해소 프로세스에 경합 발생 정보 데이터를 최대한 빠른 시간 내에 전달하는 것을 그 목적으로 한다. 열차운행에 따라 자동으로 CTC에 제공되는 열차 발차 정보를 이용하여 각각 열차가 사전 계획에 따라 운행하지 않게 되는 경우 명령을 받아 검지 시스템이 적당하게 되며 그 때 당시의 실적과 각종 데이터를 기반으로 발생 예상되는 경합을 검지한다.

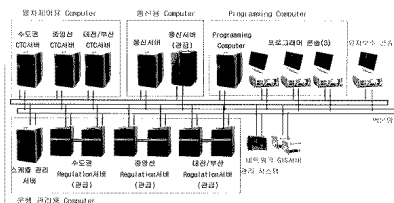


그림 1. 운영환경

이러한 기능들을 하는 운영환경의 전체적인 구성도는 그림 1. 운영환경과 같다. 이를 바탕으로 개발환경의 조건들은 다음과 같다.

- ▶ Regulation Server : Alpha Server DS20, Alpha Server ES40
- ▶ OS : Tru64.
- ▶ 언어 :ANSI C
- ▶ 구조적 프로그래밍 기법
- ▶ CTC Server간 통신 : TCP/IP
- ▶ Regulation Server간 : 통신 TCP/IP

3. 열차 경합 검지시스템의 개발 범위

(1) 잠재적인 경합의 기본적인 정의

선로 점유, 계획이탈, 물리적인 제약 조건 등으로 현재 상황으로 인하여 앞으로 진행될 상황에서 경합이 예상되는 상황에 대하여 정의한다.

1. 선로점유

- 선행열차의 이산
- 사고에 의한 선로의 일시 사용중지

- 현시각 열차의 열차 점유(구원열차, 모터카 등)

2. 계획이탈

- 교행변경, 대피, 확발전 변경 연쇄지연에 따른 열차 지연
- 승하차지연, 환산초과, 소화물 적하, 조성입환 지연
- 임시열차 투입에 따른 선로 트래픽 증가

3. 물리적 제한 조건

- 동력차, 발전차, 객화차 이상에 따른 지연
- 선로장애 또는 전차선 송전장애에 따른 지연
- 신호 장치 고장

(2) 경합의 종류

열차경합(Train Conflict)이라는 것은 열차와 열차간의 충돌 또는 충돌위험으로 정의할 수 있다. 즉 두 대 이상의 열차가 미래의 같은 시각에 같은 선로를 점유하고자 하는 것을 열차경합이라고 할 수 있다. 이러한 열차 경합은 열차들이 사전에 계획된 스케줄에 따라 운행하도록 되어있으나 전국에 걸친 철도 네트워크에서는 열차 스케줄 작성 당시에 고려하지 못하는 이례적인 상황이 발생하게 된다. 본 논문에서는 열차의 경합을 아래 기술된 9가지로 분류하고 각각의 경우에 대해 경합을 검지하는 프로세스를 구현함을 목표로 하였다.

표1. 경합의 종류

경합의 종류	설 명
운전 시적 경합	열차와 열차의 운행간격이 x분 이내로 운행되고 있을 때 운전시적경합이라 한다. 이때 기준은 역의 출발, 도착시간을 기준으로 하여 두 열차의 시간간격이 x분 이내 일 때를 운전 시적경합이라 한다.
열차 교행 경합	단선에서 지연으로 인해 서로 다른 방향으로 운행하는 열차가 같은 궤도를 같은 시간대에 점유하는 상황
경로 경합	두 대의 열차가 동시에 같은 도착선을 요구하는 상황
역내 구간 폐쇄	열차가 계획된 플랫폼에 들어올 수 없는 상황
열차 수렴 경합	한 노선에서의 지연이 다른 노선에서의 열차 경합을 발생시키는 상황
열차 추월 경합	단복선에서 지연으로 인해 같은 방향으로 가는 열차 간의 추월이 발생하는 상황
추가 투입 차량 경합	열차의 추가차량 투입으로 인해 시발역부터 종착역까지 임시열차와 발생하는 다른 열차들과의 경합 발생 여부 판단
선로에서의 국부적 최대 부하경합	한 열차의 지연으로 인해 한 궤도에서 여러 대의 열차가 경합을 발생시킬 때
플랫폼 할당 경합	두 대의 열차가 동시에 같은 궤도를 요구하는 상황

4. 열차 경합 검지의 프로세스 구성도

운행열차의 경합 상황을 예측하기 위하여 경합의 범위와 잠재적인 경합을 정의하고, 시스템은 이를 기반으로 경합을 예측하도록 구축한다. 사례는 열차그래프의 지속적인 감시를 통하여 운전상황을 감시하며 지연상황 및 이례상황 시에 현재 데이터를 중심으로 경합 검지 프로세스를

그림 2. A1203열차의 스케줄

그림2는 A1203열차 스케줄을 보여주고 있다. 여기에 임의로 열차의 지연을 발생시켰을 경우 현시각으로 알람이 발생되게 되고 이윤 열차 경합 감지 프로세스에 알림과 동시에 현시각부터 지연열차와의 경합을 감지하게 된다. 그림3은 경합 감지 결과를 화면에 출력한 것이며, 이 결과는 경합 해소 프로세스로 전송된다.

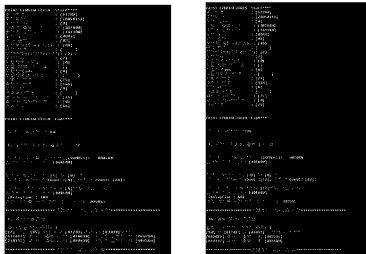


그림3. 경합 발생

6. 향후 보완사항

아직 본 프로세스가 고려하지 못하는 사항들이 있다. 이는 다음과 같다.

가. 환승 열차에 대한 대기 시간 고려

현재 운행중인 열차의 환승 규정에 의해 환승열차의 대기 시간이 고려되지 않았기 때문에 환승 열차 경합을 감지할 수 없는 상태이다.

나. 유효장과 열차장의 상관관계

기존의 DB에 의해 열차는 진로가 있는 모든 플랫폼으로 대피가 가능하다는 가정 하에 검지를 할 수 밖에 없다. 하지만 현실적으로 열차가 안전하게 대피하기 위해서는 열차장과 유효장의 정보를 구축해야 한다.

다. 실제 운행 속도와의 오차

현재의 검지 방법은 모든 열차가 열차 다이어에 의거하여 역간 등속 운행한다고 가정했기 때문에 경합을 검지하는 기준이 되는 열차 시격을 어떻게 결정할 것인가에 대한 고찰이 필요하다.

라. CTC 통합 열차 스케줄이 적용되지 않는 구간

CTC 통합 스케줄이 적용되지 않는 역구간의 경우 현재 열차 스케줄은 출발역, 도착역 혹은 일부 경유역만 존재하여 열차의 현재 진행 상황을 알 수 없기 때문에 이 문제를 어떻게 해결할 것인가가 요구된다.

7. 결 론

현재 진행되고 있는 철도청 사령실통합 신호설비 구축 프로젝트에서 열차 경합 검지 및 해소 시스템은 자체 테스트와 현실적인 제약을 해결할 수 있는 방안 연구를 동시에 진행 중이며 여기에서 발견된 문제점을 보완하여 Regulation Server에 탑재하여 정상적인 작동이 되는지 확인하는 절차를 거칠 예정이다. 경합 검지 프로세스는 독립적으로 동작하는 것이 아니라 경합 해소 모듈 및 다른 서버와 연동하여 동작하기 때문에 시간적, 공간적 범위를 어느 정도로 제한하는가 하는 문제가 전체 시스템의 성능을 결정지을 수 있는 중요한 문제로 대두된다. 차후 논문에서는 조금 더 구체적인 예제를 가지고 이에 대한 결과를 발표할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Rok Susic and Jun Gu, (1994) "Efficient Local Search with Conflict Minimization: A Case Study of the n-Queens Problem", IEEE TRANSACTION ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING, vol 6. no 5, October 1994
2. V. Salim and X. Cai, (1995), "Scheduling Cargo Trains using Genetic Algorithms", IEEE, p224-227
3. Te-Wei Chiang and Hai-Yen Hau, (1995), "Railway Scheduling System Using Repair-based Approach", IEEE, p71-78
4. 오석문, (2003), "최적화 해법을 이용한 열차경합 해소와 한국철도 적용방안", 한국철도학회 학술대회논문집
5. 오석문, 김재희, 홍순흠, 박범화, "열차경합 검지 및 해소 문제를 위한 현실제약의 고찰: 한국철도의 사례를 중심으로",
6. 노학래, "열차 모니터링 시스템에서 열차경합 자동검지 개요",
7. 유영훈, 황종규, 조근식, "열차 운용 스케줄링 전문가시스템의 설계 및 구현"
8. ROBERT SEDGEWICK 著, 민용식, 오삼권 共譯, (1997), "C++ 알고리즘", 대영사
9. 이재규 著, (2001), "C로 배우는 알고리즘", 세화출판사