

전문가 시스템을 적용한 열차 경합 검지 및 해소 시스템 개발 및 한국철도에 적용

Development of Railway Conflict Detection and Resolution Systems using Expert Systems and Its Application to KNR

이상인*, 김택룡*, 박진배*, 주영훈**, 홍효식***

Sang In Lee, Taek Ryoung Kim, Jin Bae Park, Young Hoon Joo, Hyo Sik Hong

* 연세대학교 전기전자공학부

* 군산대학교 전자정보공학부

* 철도대학 경영정보학과

요 약

본 논문은 철도청 사령실 통합 신호설비 구축사업에 적용할 열차 경합의 해소를 위한 시스템에 관하여 논의한다. 열차경합의 검지 및 해소는 열차운행의 정시성을 유지하기 위하여 매우 중요한 기능이지만 현재까지 자동화되지 못하고 지역본부별로 하나의 이벤트에 대하여 해당열차만을 고려하는 수작업의 형태로 경합해소를 수행해오고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하고 철도 시스템을 전역적으로 고려할 수 있는 기법이 요구된다. 본 논문에서는 이를 위하여 열차 경합 해소 시스템의 국내외 기술현황을 바탕으로 우리 실정에 맞는 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 전문가 시스템에 기반한 것으로 고도의 전문성이 요구되는 열차 경합의 검지 및 해소분야에 효과적으로 적용될 수 있다.

1. 서론

모든 열차는 사전에 계획된 스케줄에 따라 운행하도록 되어있기 때문에 도로 교통수단에 비해서 높은 정시성을 보장할 수 있다. 따라서 철도 시스템에 있어서 그 정시성(punctuality)의 유지는 주행속도, 서비스 빈도, 주행 안락성, 고객 정보와 함께 철도의 품질과 경쟁력에 관한 표준 판단기준이 되기 때문에 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다 [8]. 이러한 정시성을 유지하기 위해서 가장 중요한 것 중 하나가 바로 열차 경합(conflict)에 대한 대응이다. 열차경합은 열차와 열차간의 충돌 또는 충돌위험으로 정의된다. 즉 두 대 이상의 열차가 미래의 같은 시각에 같은 선로를 점유하는 것이 열차경합이다. 열차 경합은 열차 지연에 의해서 발생한다. 매일 많은 열차가 운행되고 있고, 운행 중 신호기 고장, 엔진

고장, 산사태, 선로 유실, 기관사 실수, 승객과다로 인한 정차시간의 증가 등 다양한 원인들에 의하여 열차 지연은 필연적으로 발생하게 된다 [5]. 이런 원인들로 발생한 열차의 지연으로 인해서 후속열차들은 계획된 스케줄에 따른 정상적인 운행이 불가능하게 된다. 따라서 열차 경합 예측 및 해소 문제는 열차 운행과 높은 정시성 확보에 있어서 매우 중요한 이슈가 되고 있다.

국내에서는 현재 다섯 곳의 지역본부별로 사령(Train Dispatcher)들이 직접 수작업으로 경합을 검지하여 해소하고 있다. 그러나 사령들의 판단이 항상 정확한 것이 아니며, 잘못된 판단을 내렸을 경우 열차 시스템의 많은 혼란을 발생시킬 수 있다. 따라서 경합을 정확하게 예측하며 일관된 기준에 따라 항상 정확한 해소 안을 제시하는 자동화 시스템이 요구된다. 이러한 요구에 의하여 경합 검지 및 해소 시스템에 대한 국내외적으

로 다양한 연구가 이루어지고 있다. 해외에서는 수십년전부터 꾸준한 연구가 이루어졌고, 현재 상용 판매품 수준까지 개발되어 있다. 또한 그 규모에 맞게 대규모 프로젝트 위주로 진행되어 왔다. 오석문은 시스템의 기술현황을 정리하였다 [5]. 국내에서는 경합 검지 및 해소 시스템 (Conflict Detection and Resolution System, CDRS)에 대한 연구가 거의 진행되지 못하였다. 오석문은 CDRS에 대한 정의와 함께 유전자 알고리즘을 도입하여 이 문제를 해결하고자 하였다 [6-7].

본 논문에서는 우리나라의 열차 운행 실적에 맞는 경합 해소 최적화 알고리즘을 제시한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 기존 CTC 현황에 대하여 살펴보고 기본적인 사항을 설명하고, 3장에서 전문가 시스템으로 경합 해소 시스템을 구축하는 방법에 있어서 적용할 규칙들을 살펴볼 것이다. 마지막으로 4장에서 결론을 내린다.

2. 열차 경합해소 시스템

열차 경합 검지 및 해소 시스템은 열차운행관리 시스템(Railway Traffic Management System, RTMS)의 의사결정 지원 모듈이다. 현재는 그림

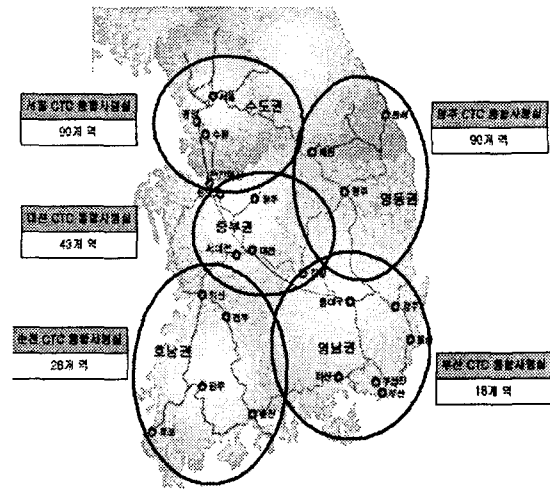
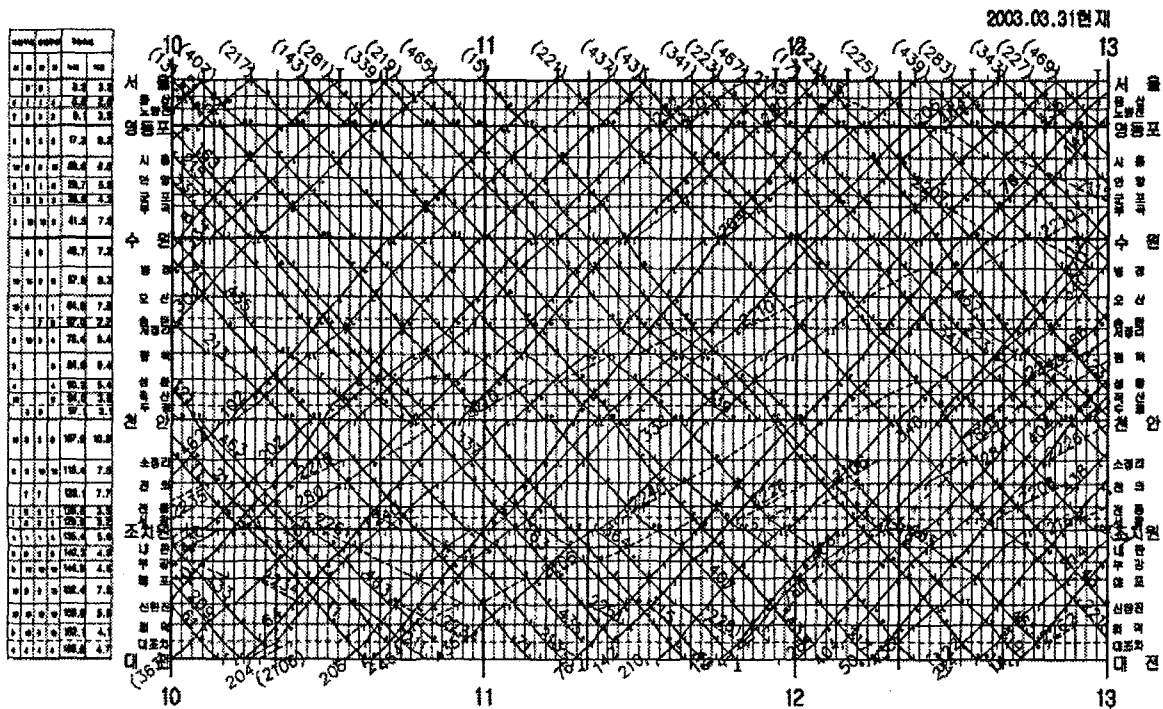


그림 1 기존 CTC 현황

1에서 볼 수 있는바와 같이 전체 철도망을 5개 권역으로 분리하여 수도권 지역을 운행하는 열차들은 서울 CTC (Centeralized Traffic Control) 통합사령실에서, 충청권을 운행하는 열차들은 대전 CTC 통합사령실에서 통제하는 등 지역본부별로 나누어서 통제를 했다. 또한 지역별로 수작업으로 경합의 검지 및 해소를 했기 때문에 둘 이상의 권역을 지나는 열차의 경우 지연 등으로 인한 경합이 발생할 경우 전역적인 고려를 할 수 없었

경부선



다. 또한 기존의 경합해소는 해당 권역에서도 눈앞에 보이는 경합을 해소하는 기능에 국한되어 있었다. 따라서 기존의 시스템에서는 지연이 발생할 경우 효과적인 해소안을 찾는 것이 불가능하다. 현재 진행중인 철도청 사령실 통합 신호설비를 구축사업은 이러한 지역별로 분리되어 있는 기능을 한 곳으로 모으는 것이다. 따라서 본 논문은 이를 위한 경합 검지 및 해소 알고리즘을 제시하고자 한다. 그림 2는 열차 DIA이다. 열차 DIA란 Train Diagram의 약칭으로 열차의 시간적 이동의 궤적을 나타내는 도표로서 시각을 횡축에 거리를 종축에 도시하여 도표에서 열차가 운행되어 가는 궤적을 기입한 것이다. DIA는 열차가 한 정거장을 발차하여 다음 정거장에 도착하기까지 열차의 속도를 역의 출발 및 도착시각을 기준으로 직선화해서 표현한 것이다 [10,11]. 이러한 열차 DIA를 통하여 각 열차의 운행계획을 쉽게 알 수 있고, 열차 경합의 발생도 열차 DIA를 통해 예측할 수 있게 된다. 그림 3은 열차 경합 해소 시스템의 개요도이다. 제안하는 시스템은 기본적으로 열차 운행에 관련된 동적 데이터와 역 및 선로 정보 등의 정적 데이터를 입력으로 받아서 경합의 발생을 예측한다. 경합이 검지되었을 경우 경합 검지 시스템은 사령에게 경합의 발생을 통보함과 동시에 경합 해소 시스템에 통보를 하게 되며, 이것을 바탕으로 경합 해소 시스템은 여러 해소안을 탐색하여 최적화된 안을 사령에게 제시한다. 사령은 이렇게 제시된 해소안 중 하나를 선택하거나, 다른 방안을 제시할 수 있다. 그리고 사령이 승인한 해소안은 온라인 스케줄로써 업데이트 된다.

3. 열차 경합해소 시스템의 규칙

전문가 시스템은 특정 문제를 해결하기 위하여 특정의 전문적인 지식을 기반으로 실행되는 컴퓨터 시스템을 말한다. 다시 말해서 특정 문제 영역에서 그 영역의 인간 전문가가 의사 결정을 내리는 것과 유사하게 동작하는 컴퓨터 시스템으로, 인공지능 분야에서 성공적으로 현실에 적용한 대표적인 분야이다. 이러한 전문가 시스템은 열차 경합 검지 및 해소 시스템에 성공적으로 적용될 수 있다. 열차경합의 검지 및 해소는 고도의 전문적인 일이다. 따라서 본 장에서는 전문가 시스템을 통합 열차경합의 해소에 대한 규칙을 제시한다. 이러한 규칙은 그림 3의 경합해소 기법속에 지식베이스형태로 들어가게 된다.

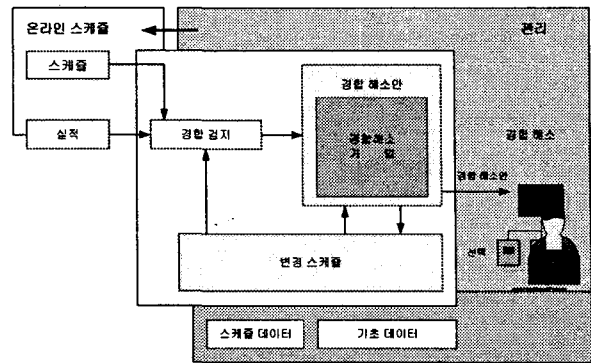


그림 3 열차 경합 해소 시스템의 개요도

경합해소 시스템은 다음과 같은 규칙들을 고려하여 해결방안을 제시해야 한다.

- R01: 계획 스케줄의 변경을 최소화하라
- R02: 여객열차와 화물열차간의 경합시 여객열차를 우선으로 하라
- R03: 여객열차간 경합시 등급이 높은 열차를 우선으로 하라.
- R04: 환불을 최소화하라.
- R05: 노선간 경합이 발생할 경우 운행량이 많은 노선을 우선적으로 고려하라.
- R06: 열차간 교행 및 대피는 기존에 정차가 이루어지는 역에서 발생하는 것을 우선으로 한다.
- R07: 열차의 지연은 기존에 정차하는 역에서 발생하는 것을 우선으로 한다.
- R08: 특정열차의 정시성을 최우선적으로 고려할 수 있어야 한다.
- R09: 경합해소안 발생시 후속열차에 미치는 영향을 최소로 하는 안을 제시한다.
- R10: 연계수송 열차의 동적일정을 동기화 할 수 있는 방안을 제시한다.
- R11: 여객취급이 있는 역에서는 진로의 변경을 최소로 해야하고, 변경이 불가피할 경우 충분한 시간적 여유를 두고 진로를 변경하고, 사전에 승객이 안내받을 수 있도록 해야한다.
- R12: 경합해소안은 사령이 해소안을 선택하여 적용할 수 있을만한 충분한 시간내에 해소안을 제시한다.
- R13: 연쇄 경합의 해소를 통하여 열차가 종착역에 도착할 때까지의 해소방안을 제시한다.
- R14: 복수의 해소안을 사령에게 제시하며, 복수의 안은 그 적합도를 계산할 수 있어야 한다.
- R15: 교행경합이 발생할 경우 경합지점

- 전후에서 교행을 시켜 경합을 해소한다.
- R16: 추월경합이 발생할 경우 경합지점 전후에서 선행열차 대피를 시켜 경합을 해소한다.
- R17: 플랫폼할당경합이 발생한 경우 도착 및 출발진로를 변경하여 경합을 해소한다.
- R18: 도착운전시격경합이 발생할 경우 경합이 전역에서 후속열차의 출발시간을 지연시켜 경합을 해소한다.
- R19: 출발운전시격경합이 발생할 경우 경합역에서 후속열차의 출발시간을 지연시켜 경합을 해소한다.
- R20: 운전취급시분경합이 발생할 경우 경합역에서 출발시간을 지연시켜 경합을 해소한다.

4. 결론

본 논문은 철도청 사령실 통합 신호설비 구축 사업에 적용할 열차 경합의 효과적인 해소 기법을 제시하고자 하였다. 열차경합의 검지 및 해소는 열차운행의 정시성을 유지하기 위하여 매우 중요한 기능이다. 따라서 열차 경합의 검지 및 해소 문제에 있어서 철도 시스템을 전역적으로 고려할 수 있는 기법이 요구된다. 본 논문에서는 이를 위하여 열차 경합 해소 시스템의 국내외 기술현황을 바탕으로 우리 실정에 맞는 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 전문가 시스템에 기반한 것으로 고도의 전문성이 요구되는 열차 경합의 검지 및 해소분야에 효과적으로 적용될 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] E. R. Petersen, A. J. Taylor and C. D. Martland (1986), "An Introduction to Computer-Assisted Train Dispatch", *Journal of Advanced Transportation*, pp. 63-72.
- [2] Y. Larroche, R. Moulin and D. Gauyacq (1996), "SEPIA: A Real-Time Expert System that Automates Train Route Management", *Control Engineering Practice*, Vol. 4, No. 1, pp. 27-34.
- [3] Michele Missikoff (1998), "An Object-Oriented Approach to an Information and Decision Support System for Railway Traffic Control", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol.

- 11, pp. 25-40
- [4] Ismail Sahin (1999), "Railway Traffic Control and Train Scheduling Based on Inter-Train Conflict Management", *Transportation Research Part B*, Vol. 33, pp. 511-534.
- [5] 오석문, "최적화 해법을 이용한 열차경합 해소와 한국철도 적용방안",
- [6] 오석문, 김영훈, 김성호, 김동희, 홍순흠 (2002), "유전자 알고리즘을 이용한 열차경합 해소문제에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집
- [7] 오석문, 홍순흠 (2002), "열차경합 해소에서 유전자 알고리즘의 적용에 관한 연구", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
- [8] 노학래, 철도역에서 도착지체의 결정 및 분석
- [9] 유영훈, 황종규, 조근식 (1999), "열차 발착 시간에 대한 열차 운용 스케줄링 시스템", 한국지능정보시스템학회논문지, 5권 1호, pp. 81-93.
- [10] 이종득 (2004), "철도공학개론", 노해출판사.
- [11] 김의일 (1999), "운전이론", 한국철도운전기술협회.