

컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 열차운행제어 분석에 대한 기초검토

Computer Simulation Approach to Analysis of Train Operation and Control

이동승*
Lee, Dong-Sung

최규형**
Choi, Kyu-Hyoung

김왕곤***
Kim, Wang-Kon

ABSTRACT

Train operation simulation program models the railway facilities such as railway network configuration, railway parameters and signalling equipments, as well as the train performances such as traction performance, schedules, timetable. As the program can emulate exactly the train movements on the railway network by using computer simulation techniques, it can be applied to the optimization of the train operation plan and the reform of railway facilities. This paper provides a simulation case study which shows that we can simulate exactly the unusual situations of train traffic operation when train movements are disturbed by accidents, and also provide the effective countermeasure to minimize the train delays.

1. 서론

철도선로시설 및 신호설비를 데이터베이스화하여 컴퓨터 상에서 수리적으로 모델링하고 주어진 계획 및 열차성능에 따라 선로 상을 주행하는 다수의 열차가 실제로 어떻게 운용될 것인지 컴퓨터상에서 시뮬레이션하는 프로그램을 이용함으로써, 철도시설의 개량 및 신규시설투자, 또는 열차운영계획의 변경에 들어가기에 앞서 사전에 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 검토하여 열차운영계획을 최적화하고 열차지연을 최소화하며 수송서비스를 향상시키며, 합리적인 시설투자를 유도하여 철도의 생산성을 향상시킬 수 있다.

본 연구에서는 특히, 선로 및 열차의 고장이나 열차지연 등의 이상상태 발생시, 열차운행이 어떻게 전개될 것인지 시뮬레이션 하기 위한 기법을 제안하였다. 이를 위해, 역에서의 정차지연 발생시의 열차운행 패턴의 변화 및 이를 해소하기 위한 운전경리에 대하여 시뮬레이션을 수행하도록 시뮬레이션 프로그램을 보완/개발하였고, 실제 선로에서의 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

* 서울산업대학교 석사과정

** 한국철도기술연구원 수석연구원, 정회원

*** 서울산업대학교 교수

2. 컴퓨터에 의한 열차운행제어 시뮬레이션

열차운행 시뮬레이션은 신호체계를 준수하면서 열차의 주행성능 및 선로조건에 따라 철도망에서 주행하는 다수의 열차들의 운용상태를 컴퓨터 시뮬레이션하는 것으로서, 선로의 구성과 열차운행 시격간의 적절한 관계를 찾아내어 고품질의 철도 서비스를 창출하기 위한 측면, 즉, 주어진 선로조건하에서 최적의 운송효율을 얻기 위한 열차매치 또는 열차성능 조건을 결정하거나, 미리 정해지거나 예측 가능한 운송수요, 열차성능에 대해서 선로조건에 적합 여부를 검토하는 측면에서 활용하는 것을 주목적으로 한다. 따라서 각 열차가 일정 선로 구간을 주행하는데 따른 시각별 위치, 속도, 전력 소비 등 열차의 제반 주행성능에 대한 시뮬레이션을 행하고, 각각을 신호시스템과 연계하여 열차상호간의 영향까지도 고려한 시뮬레이션을 행할 수 있어야 하므로, 열차주행성능에 대한 모델링과 더불어 선로 시설에 대한 구체적인 모델링이 필요로 하게 된다.

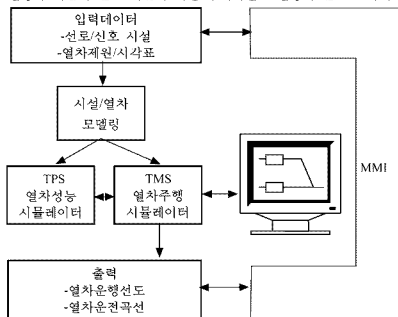


그림 1. 열차운행 시뮬레이터 기본 구성도

표 1 열차운행 시뮬레이터의 입·출력 사양

입 력	출 력
1. 선로 시설 데이터 - 선로망 구조 - 플랫폼 위치/장차지점 - 신호기, 폐색구간의 위치 및 길이, 신호기 제어 로직 - 전철기 위치 및 기능 - 선로의 구배, 곡선, 제한속도, 궤도등급 2. 열차 데이터 - 열차 가감속성능 제동성능 - 열차중량, 길이, 최대속도, 하중요소 3. 열차운영계획 - 열차 운행 시간표 - 열차진행 경로	1. 열차 다이어마 2. 시각표 3. 운전곡선 4. 주행 경로 5. 신호기 동작 이력 6. 전철기 동작 이력 7. 시뮬레이션 진행중 열차주행상황 표시 그래픽화면

열차운행 시뮬레이션 프로그램이 기본적으로 갖춰야 할 기능들을 구현하기 위해서는, 일반적으로 그림1 및 표1에 나타난 프로그램 구성 및 입출력 사양을 가져야 한다. 여기서 열차성능 시뮬레이터는 일반적으로 TPS(Train Performance Simulator)라고 불리어 지는 것으로서, 선로의 곡선, 구배, 제한최고속도등의 주어진 선로조건과 열차성능 데이터로부터 운전곡선으로 표시되는 열차주행특성을 계산하는 프로그램이고, 열차주행 시뮬레이터(Train Movement Simulator)는 다수의 열차가 운용되고 있는 선로상에서 열차 상호간 간섭에 의하여 신호현시상태가 바뀌고 열차진행경로가 변화되는 상황에서 열차의 주행상황을 시뮬레이션 하는 프로그램으로써 열차운용 시뮬레이션의 핵심을 이루고 있는 부분들이다. MMI(Man-Machine Interface)는 시뮬레이션 진행 상황의 용이한 파악 및 효과적인 사용자와의 인터페이스를 위하여 동영상을 사용한 VIS(Visual Interactive Simulation) 기법이 보편화되고 있다. 방대한 량의 데이터 만을 출력하는 종래의 시뮬레이션에서는 특정상황이 발생하였음에도 불구하고 막대한 출력데이터에 묻혀 의사결정자가 이를 간파할 가능성이 있는 반면, VIS에서는 실시간 화상출력에 의해 이상 상황의 발생을 용이하게 검지할 수 있고 시뮬레이션 진행중 여러 가지 파라미터를 변경시켜 봄으로써 모델의 유효성을 검증할 수 있다는 장점이 있다.

3. 시뮬레이션 적용 사례

개발된 프로그램은 이용하여, 서울-수원간의 하행선 구간에 대하여 00:00부터 12:00 까지 열차 운행상황을 열차시각표에 따라 시뮬레이션 하였다. 그림 2는 시뮬레이션 진행중의 열차운행상태를 나타낸 화면(Mimic Display)으로써, 그래픽 동영상 출력 화면에 의해 열차들의 운행상황 및 신호기 동작상황을 나타낸다. 선로 중에서 붉은 선으로 표시되는 구간은 열차가 점유하고 있는 폐색구간을 나타내며, 흰색으로 표시되는 구간은 열차가 진행할 루트를 나타낸다. 열차점유구간 속에 표시되는 글자는 열차식별번호를 나타낸다.

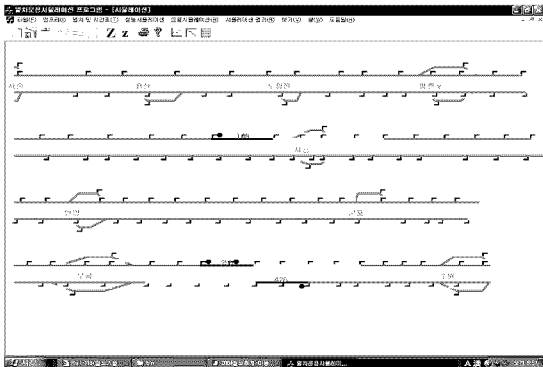


그림 2. Mimic 화면출력

시뮬레이션이 종료된 후에는, 시뮬레이션 결과를 분석하기 위한 자료로써, 열차주행결과를 정리한 열차다이어와, 각 열차별 운전곡선 및 운전기록을 정리한 주행파일들이 출력될 수 있다.

(Case #1)

그림 3은 정상적인 열차운행스케줄에 따라 운행된 상태를 시뮬레이션하여 출력된 열차다이어로써, 열차들이 운영계획에 따라 원활하게 운행되었다는 것을 보이고 있다. 그림 4는 열차 주행곡선의 일례로써, 하행 무궁화열차(109)에 대한 거리별 주행속도곡선(Run Curve) 및 누적 운행시간(시간-거리 곡선)을 그래프로 나타내고 있다.

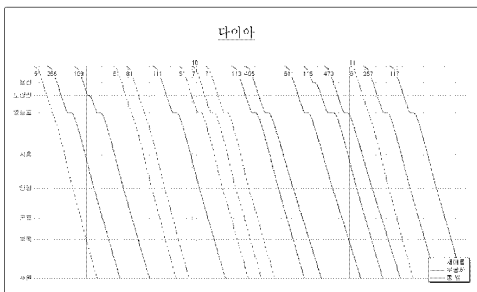


그림 3. 다이어 출력

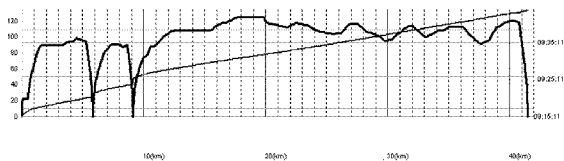


그림 4. 주행곡선/시간곡선(하행 109열차)

(Case #2)

역에서의 고장이나 사고로 인하여 열차들의 운행에 소요가 발생한 경우로써, 무궁화 109 열차가 용산역에서 30분 정차지연이 발생한 경우를 상정한다. 그림 5는 이 경우의 시뮬레이션 결과로 출력된 열차다이어아를 나타낸다. 그림에서 보는 것처럼, 109 열차의 지연발생과 함께, 후속하는 특급열차(새마을 61, 81호 열차)들에도 지연이 파급되는 것을 보이고 있다.

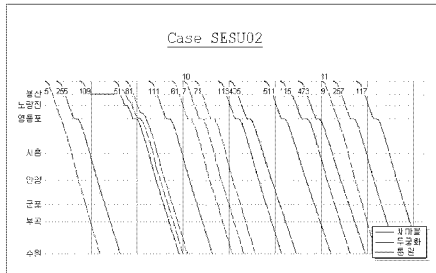


그림 5. Case #2 다이어 출력

(Case #3)

열차나 설비의 사고나 고장으로 인하여 열차운행에 차질이 발생한 경우에 운전정리를 통하여 열차들의 운행을 최적화한 사례를 상정하였다. 그림 6은, 전술한 Case #2의 상황에서, 선행열차의 열차지연으로 인하여 후속하는 특급열차가 지연되는 것을 최소화하는 것을 시뮬레이션 하고 있다. 즉, 정차지연이 발생한 역(용산역)으로부터 가장 가까운 대피역(영등포역)에서 열차들의 출발순서를 변경함으로써 일반열차가 특급열차의 주행을 방해하는 것을 최소화하고 특급열차의 지연시간을 단축하는 것을 나타내고 있다.

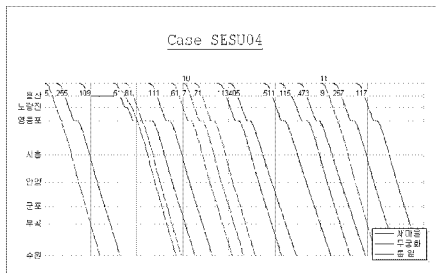


그림 6. Case #3 다이어 출력

4. 결 론

컴퓨터 시뮬레이션 기법을 이용함으로써, 철도네트워크상에서의 열차들의 운행상황을 컴퓨터 상에서 동적으로 모의할 수 있고, 이를 활용하여 열차운행계획이 수립되어 현장에 실제로 적용되기 이전에 그 계획에 대한 타당성 여부를 사전에 검증해 볼 수 있다는 것을 제시하였다. 또한, 이러한 시뮬레이션이 컴퓨터상에서 가상적으로 수행되기 때문에, 열차들의 사고나 고장으로 인한 열차운행장애의 영향을 용이하게 모의해 볼 수 있고 그에 대한 대책까지 검토할 수 있다는 것을 보였다. 향후 제안한 기법에 대한 적용범위 및 분야를 확충하고, 시뮬레이션 정도 및 시뮬레이션 결과에 대한 분석기법을 개선함으로써, 철도분야에서 유용하게 활용할 수 있는 도구가 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. M. Asuka, "A Simulation Model for Rail Traffic using Microscopic and Macroscopic Models", Computers in Railway : Railway Technology and Environment, 1996, pp.287-
2. P. Giger, "A Data Concept for Simulation of Railway Networks", Computers in Railway Management, 1987, pp.67-
3. T. Liden, "The new train traffic simulation program developed for banverket and its design", Computers in Railway Management, 1992
4. 平尾裕司, "列車制御シミュレーション", 鐵道と電氣技術, 1996.6
5. Gannon. M.J, "The role and application of computer simulation models to assist with planning the Piccadilly Line extension to Heathrow terminal 5", Computers in Railway System and Management, 1996, pp.193-
6. Liu. Y, "The analysis of train transportation simulation system", Computers in Railway Operation, 1994, pp.297-
7. van Bokhoven. L.A, "High speed line(HSL) simulator", Computers in Railway Operation, 1994, pp.429-