

고속전철 시스템 성능해석을 위한 열차 주행시뮬레이션 S/W 개발(2)

이태형, 현승호, 정흥채, 황희수
한국철도기술연구원

Development of a Train Performance Simulation S/W for The Performance Analysis of High Speed Railway System(2)

Tae-Hyung Lee, Seung-Ho Hyun, Heung-Chai Chung, Hee-Soo Hwang
Korea Railroad Research Institute

Abstract - A multi-train operation simulation software is under development, in this G7 Project for a High Speed Train System, to simulate the running performance, power consumption, signalling and operation. In the first stage, a Train Performance Simulation(TPS) software is introduced in this paper. This is a core module of whole system and gives some parameters of a train, e.g., its position, speed, traction and braking power and electric power system state, etc. In this paper, calculation technique was used for voltage drop at the train's positions and major posts along the catenary line. The final program will be used as an evaluation tool for system performance in constructing a new line or introducing a new train system.

1. 서 론

철도에 관한 기술이 많이 발달한 선진국에서는 20년 전부터 고속철도 시스템을 새로이 건설하거나 기존 시스템의 용량을 증설하는 경우 사전에 그 시스템이 운전되는 상황을 모의해서 성능을 평가할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 개발해왔으나 우리는 이제 시작하는 단계이다.

이에 선도기술개발사업의 일환으로 수행되고 있는 고속전철기술개발사업 중 고속전철 시스템엔지니어링 기술개발 과제에서는 6년간에 걸쳐 다중열차 운행 시뮬레이션 S/W를 개발하고 있는데 본 논문에서는 3차년도까지 수행된 연구내용을 정리하였다. 1차년도에서는 열차주행 시뮬레이션 기법과 고속철도 급전계통 해석기법을 연구하였고 2차년도에는 열차주행 시뮬레이션 프로그램을 분석·설계하고 1차년도에 개발된 급전계통 해석기법을 보완하여 상하선 병렬운전 상황도 계산 가능한 해석 알고리즘을 개발하였다. 3차년도에는 1, 2차년도에 개발한 기법과 객체지향적으로 분석·설계된 열차주행 시뮬레이션 프로그램을 Visual C++로 구현하고 있고 다중열차 운행 시뮬레이션 기법을 개발하고 있다.

본 논문에서는 급전계통 해석기법 알고리즘을 고려한 열차주행 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 고속철도 시스템 성능해석을 위해 사용되는 여러 파라미터, 열차 위치, 속도, 견인력과 제동력, 전력소비를 제시했다.

2. 본 론

2.1 열차 주행시뮬레이션 프로그램

개발된 프로그램의 초기화면은 그림 1과 같으며 사용자의 데이터 입력작업을 최소화할 수 있도록 구성하였다. 전체 시뮬레이션을 제어할 수 있는 시나리오 다이어그램을 사용하였고 열차주행곡선을 여러 가지 형태로 볼 수 있도록 구성하였다. 주메뉴로는 시나리오, 데이터, 실행, 출력결과 등이 있다.

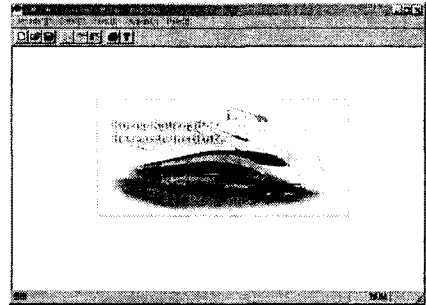
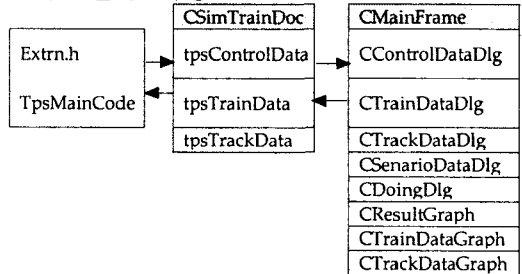


그림 1 열차주행시뮬레이션 프로그램의 초기화면

2.1.1 클래스 구성

개발된 열차주행시뮬레이션 프로그램의 주요 클래스 구성은 다음 표 1과 같이 구성하였다.

표 1 주요 클래스 구성



MFC에서 기본적으로 작성하여 주는 CMainFrame 하부에 8개의 클래스가 있으며 이 클래스들은 메뉴 처리, 다이어그램을 통한 파일입출력 및 시뮬레이션 결과 그래프 표시 등을 담당하는 멤버함수와 멤버변수를 가지고 있다.

2.1.2 시나리오 메뉴

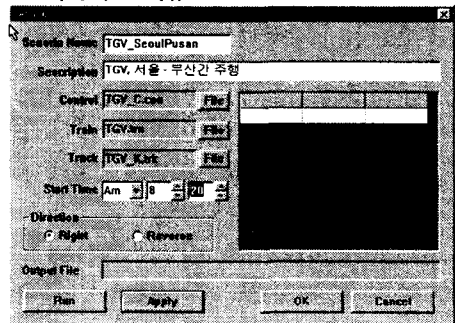


그림 2 시나리오 대화상자

시나리오 이름(Scenario Name), 시나리오 설명(Description), 제어데이터(Control), 열차데이터(Train), 선로데이터(Track), 출발시간(Start Time), 주행방향(Direction), 시뮬레이션 출력파일명(Output File), 정차역 및 정차시간변경 등을 이 메뉴에서 할 수 있으며 하나의 시나리오에 대한 간략한 시뮬레이션 상황을 한눈에 볼 수 있도록 그림 2와 같이 구성하였다.

2.1.3 데이터 입력 메뉴

이 메뉴는 각각 그림 3과 같이 제어데이터(Control), 열차데이터(Train), 선로데이터(Track) 세 개의 하부메뉴로 구성되었으며 데이터를 새로이 작성할 수도 있으며 파일로부터 읽어 들여 수정할 수 있도록 하였다.

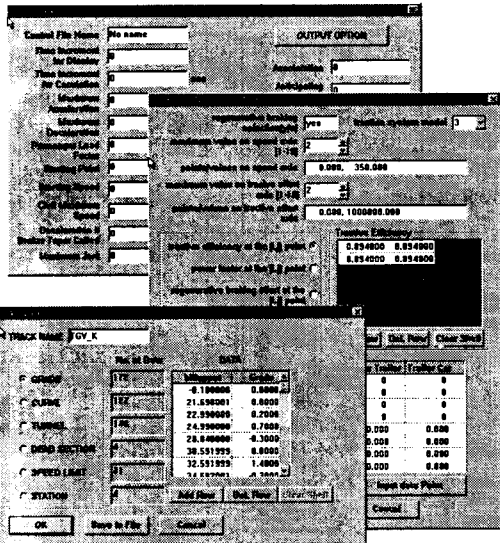


그림 3 데이터 입력 다이아로그

2.1.4 실행

그림 4와 같이 Run 메뉴를 클릭하거나 시나리오 메뉴의 Run 버튼을 클릭하면 수행된다. 프로그램이 실행되면 현재 시뮬레이션되는 시나리오의 이름, 열차의 이름, 선로의 이름 및 시뮬레이션 시간이 표시되고 정차역을 따라 현재 시뮬레이션되는 상황을 화면에 표시하여 사용자가 프로그램의 진행정도를 파악할 수 있도록 하였다.

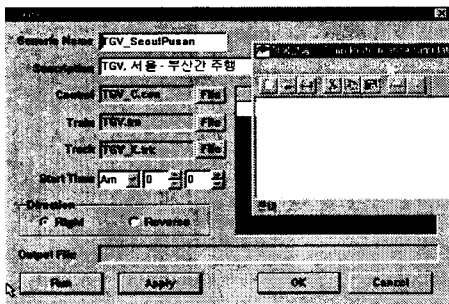


그림 4 Run 다이아로그

2.1.5 결과 그래프

Output메뉴의 하부메뉴인 Graph를 클릭하여 시뮬레이션 결과를 그래프로 볼 수 있도록 하였다.

Graph는 그림 5와 같이 시뮬레이션 결과를 시간에 대

한 속도, 거리, 에너지, 가속도/감속도, 전인력/제동력, 거리에 대한 속도, 거리, 에너지, 가속도/감속도, 전인력/제동력을 표시하여 준다. 이들 그래프는 상호 비교할 수 있도록 한 화면에 여러 그래프를 그릴 수 있도록 하였다.

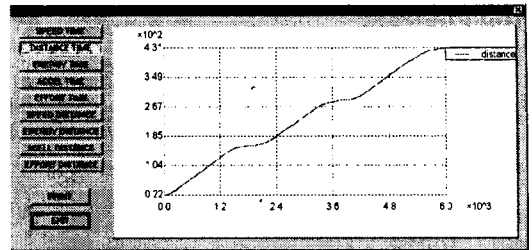


그림 5 시뮬레이션 결과 그래프

2.2 급전계통 해석

본 논문에서는 그림 6과 같은 2×25 (kV) AT 급전방식을 해석하기 위해 AT 2차측으로 등가화하고 상호임피던스를 소거하여 자기임피던스만 가진 계통으로 간략화한 식을 사용하였다.

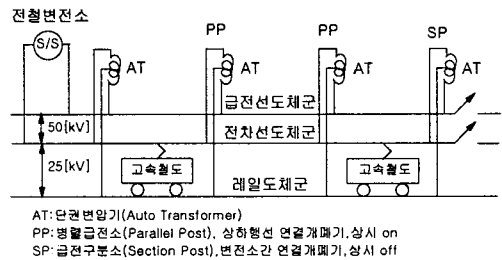


그림 6 2×25 (kV) AT 급전방식

2.2.1 클래스 구성

급전계통 시스템에 대한 시뮬레이션을 수행하기 위해 그림 7과 같은 객체지향적 계층구조를 사용하였다. class ZNode는 좌표로 표현되는 모든 객체의 상위 class이다.

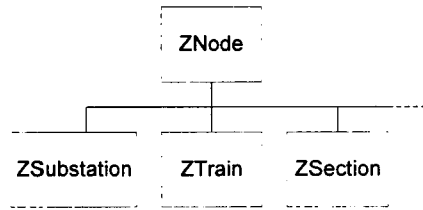


그림 7 급전계통 모델의 계층구조

2.2.2 데이터 입력 및 출력

급전계통을 해석하는데 필요한 데이터는 크게 두 부분으로 구성하였다. 다중열차 운행 시뮬레이션 기법이 개발 중에 있으므로 이를 모델링하는 부분과 시뮬레이션 시작과 종료시간, 시뮬레이션 결과를 보고자 하는 변전소 ID, 열차 ID 등이 입력되는 제어데이터와 변전소 공급거리 데이터, 병렬급전소와 급전구분소의 데이터로 구성하였으며 MMI가 개발 중인 관계로 파일입출력으로 시뮬레이션이 수행되도록 하였다.

2.3 해석결과

남서울-부산간을 열차가 운행하는 상황을 모의하였고 열차의 운행패턴은 상행과 하행 각각 2가지로 정하여 급전계통이 고려된 열차주행시뮬레이션을 수행하였다. 즉,

남서울-대전-대구-부산역에 정차하는 패턴과 남서울-천안-대전-대구-경주-부산역의 모든 역에 정차하는 패턴을 상·하행에 적용하였다.

그림 8 ~ 11은 KHST11 모델에 대해서 기존 프로그램과 개발된 프로그램을 사용하여 주행곡선과 시물레이션 결과를 비교한 것인데 유사한 값을 보여주고 있다.

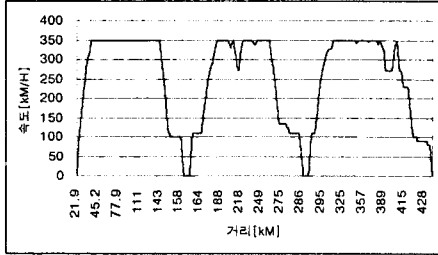


그림 8 기존 프로그램의 KHST11 모델에 대한 주행곡선

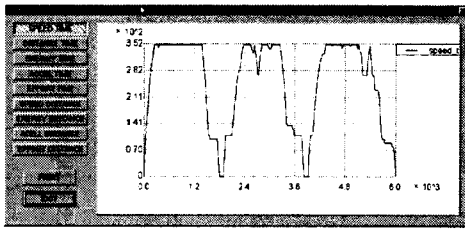


그림 9 개발된 프로그램의 KHST11 모델에 대한 주행곡선

	Distance [Km]	Time [Min.]	Speed [Km/h]	Input Energy [Kwh]
NAMSEOUL-DAEJEON	137.29	29.11	282.94	1202.83
DAEJEON-DAEGU	127.04	30.99	245.94	3307.85
DAEGU-PUSAN	144.62	33.45	259.39	3710.18
SUMMARY	408.96	96.56	254.12	8220.85

그림 10 기존 프로그램의 KHST11 시물레이션 결과

Station	Distance [km]	Time [min]	Velocity [km/h]	Consumption Energy [kWh]
NAMSEOUL-DAEJEON	137.29	29.12	282.90	1192.64
DAEJEON-DAEGU	127.04	30.99	245.94	3307.85
DAEGU-PUSAN	144.62	33.45	259.39	3710.18
SUMMARY	408.96	96.56	254.11	8210.66

그림 11 개발된 프로그램의 KHST11 시물레이션 결과

그림 12는 특정열차(9034호)의 팬터그래프 전압 순시치이며 그림 13은 경산변전소의 부하이다.

경산S/공급구간에서의 전차선전압

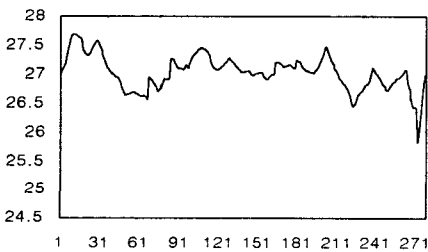


그림 12 팬터그래프 전압

경산S/S

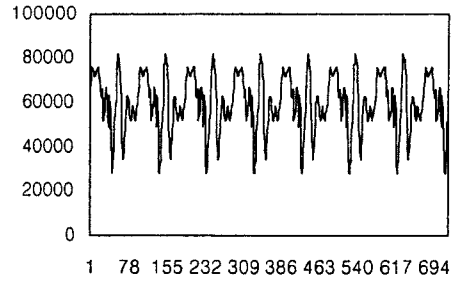


그림 13 경산변전소의 부하

3. 결 론

본 논문에서는 현재 개발중인 다중열차 운행 시물레이션 프로그램의 핵심모듈인 열차주행 시물레이션 모듈을 급전계통 해석 모듈을 포함시켜 소개하였다. KHST11 모델에 대하여 기존 프로그램의 결과와 비교하여 결과값의 유사성을 확인하였으며 급전계통을 구성하고 있는 전차선로를 간략화하고 변전소, 병렬급전소, 급전구분소를 고려하여 열차 주행 시 특정 열차의 팬터그래프 전압과 특정 변전소의 부하전력을 산출하는 급전계통 해석 기법을 열차주행 시물레이션 프로그램에 포함시켰다. 급전계통 해석을 통해 도출된 급전상태가 열차 성능에 미치는 영향을 모델링하여 열차주행 시물레이션 프로그램에 포함시키고 다중열차 운행 시물레이션 기법을 향후 추가시킬 예정이다.

이 소프트웨어를 통하여 한 편성의 열차에 대하여 주행 성능과 전력소모, 급전시스템 상태 추정 등이 이루어질 수 있다. 궁극적으로 개발될 프로그램을 이용한 고속전철 및 일반 전철차량의 주행성능과 운행 특성, 급전 시스템의 계획과 운용 및 노선 전 구간에 대한 주행성능을 예측·평가에 이용되어 새로운 노선 건설이나 차량 도입 시에 성능 평가자료로 활용할 수 있을 것이다.

본 논문의 연구는 건설교통부, 산업자원부, 과학기술부 공동주관 아래 선도기술개발사업으로 시행되는 고속전철 기술개발사업에 의해 지원을 받아 수행되었으며, 이에 관계자에게 감사드립니다.

(참 고 문 헌)

- [1] 이태형 외, "고속전철 시스템 성능해석을 위한 열차 주행 시물레이션 S/W 개발", 대한전기학회 하계학술대회 산학연 협동 특별 Session 논문집, p82-p84, 1999
- [2] 신형섭 외, "고속전철 시스템엔지니어링 기술개발" 2차년도 연차보고서, 1998. 10
- [3] 신형섭 외, "고속전철 시스템엔지니어링 기술개발" 1차년도 연차보고서, 1997. 11
- [4] 한국고속철도건설공단, "고속철도 연구보고서", 1995.
- [5] 한국고속철도건설공단, "고속철도 연구보고서", 1996. 2
- [6] 한국고속철도건설공단, "고속철도 연구보고서", 1996. 12
- [7] 한국고속철도건설공단, "차량 및 운전성능 프로그램 개발 연구", 1994. 12
- [8] J.D.Glover, A.Kusko, S.M.Peeran, "Train Voltage Analysis for AC Railroad Electrification", IEEE ISAA2:ISA, 1982
- [9] Train Performance Simulation 교육자료, GEC Alstom, 1996
- [10] Object-Oriented Analysis & Design With C++, Rational, ver 3.5