

시뮬레이터를 이용한 지하철 혼잡도 분석에 관한 연구 -A Study on the Subway Crowdedness using Simulator-

이 두 용* · 이 중 석* · 김 동 회** · 홍 순 흠** · 이 창 호***

Lee DooYong* · Li ZhongShi* · Kim DongHee**

Hong SoonHeum** · Lee ChangHo***

Abstract

Many people transfer from the automobile to the subway because of increasing in oil price and improvement of mass transit system of Seoul Metropolitan City.

But Seoul Metropolitan Subway have brought out passengers discomfort because it is more crowded over the appropriateness because of very high utilization though it is highly technically facilitated.

This study deals with the development and simulation study of subway train simulator. We analyzed the simulation results considering crowdedness after we defined the concept of crowdedness.

Keywords: m-TMS, Subway, Crowdedness, Simulation

1. 서 론

세계적인 수준인 우리나라의 도시철도 혼잡도의 경우 국토해양부가 2008년 4월에 발표한 '혼잡역사 안전대책 합동점검 결과'에서 2호선 사당~방배 구간은 출퇴근 시간대(아침 7~9시, 저녁 6~8시) 평균혼잡도 221%를 기록했다. 지하철 한 칸의 승차 정원은 160명, 좌석은 54개다. 혼잡도 221%면 한 칸에 350여 명이 타고 있다는 뜻이다. 혼잡도가 250%를 넘어가면 출입문이 열려도 더 이상 탈 수 없다. 4호선 한성대~길음 구간이 189%, 1~4호선의 평균 혼잡도가 171%였다. '치이지 않고 서 있을 수 있는' 적정혼잡도 150%를 훌쩍 넘어섰다.[1]

* 인하대학교 산업공학과

**한국철도기술연구원 철도교통물류연구실

***인하대학교 아태물류학부

본 논문의 목적은 지하철 혼잡도 분석을 위해 기존 철도 시뮬레이터의 지하철 적합화를 수행하여 시뮬레이션 결과 분석 및 혼잡도 해소방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 혼잡도 분석 연구

Takagi[5]는 환승역에 도착하는 열차 시간이 늦어질 때 앞 열차를 언제 출발시킬 것인지에 대한 연구를 수행하였다. 다른 열차들과의 관계가 종합적으로 고려되지는 못하였다. 오석문과 김형진[2]은 서울시 혼잡 지하철역에서의 승객들의 승하차 시간을 실증 분석하였으며 승하차 시간에 대한 회귀모형 분석을 행하였다. Qi[7]은 중국 북경 지하철을 대상으로 승하차에 따른 승객들의 행태학적인 관점이 열차 정차 시간에 어떤 영향을 미치는가를 분석하였다. Pead[8]은 열차 정차 시간에 대한 회귀식을 구하였으며 이러한 정차 시간에 영향을 주는 다양한 요인들에 대한 분석과 이를 완화시킬 수 있는 방법들을 제시하였다.

2.2 국외 시뮬레이션 사례

2.2.1 영국 (VISION)

영국의 BRR (British Rail Research)은 경쟁력 있는 가격으로 신뢰성 있는 서비스를 제공하기 위해 철도운용에 대한 많은 연구를 하고 있다. 1970년 최초의 철도운용 시뮬레이터인 GATTS (General Area Timebased Train Simulation)를 개발하여 운용계획 작업에 사용한 바 있고, 이후 1987년부터는 제반성능향상과 사용자측면에서의 용이성을 향상시킨 VISION (Visualisation and Interactive Simulation of Infrastructure and Operations on rail Networks)을 개발하였다.[3]

2.2.2 홍콩 (MTS)

홍콩의 MTR (Mass Transit Railway Corporation)과 영국의 LUL (London Underground Limited)는 철도시스템의 설계과정을 지원하기 위하여 다수 열차 시뮬레이터 (Multi-Train Simulators)를 공동으로 개발하였다. 두 기관은 기존의 열차운용 시뮬레이터 기본 패키지를 소스코드까지 구입한 뒤, 기관의 특정 목적에 적합하도록 수정, 보완하는 방식을 취했으며 기본 소프트웨어를 표준화하여 공동으로 사용하고 회사의 필요에 의해 개발된 새로운 모듈들을 추가할 수 있도록 하였다.[3]

2.3 다중열차운용시뮬레이터

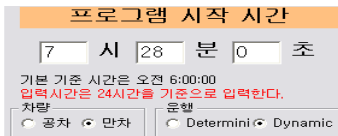
다중열차운용 시뮬레이션 프로그램의 각 부분별 프로그램 모듈은 크게 입력모듈, 배

인모듈, 출력모듈 3가지로 구성되어 있다.[4] 입력모듈들은 시뮬레이션을 위하여 필요한 선로망 데이터, 신호기 데이터, 구배, 커브, 제한속도와 같은 철도망 데이터와 열차제원, 열차 시각표, 운행루트와 같은 데이터를 사용자로부터 입력받아 저장하게 되며, 또한 이미 구성된 데이터를 편집하는 부분이다. 메인모듈은 입력모듈에서 구성 혹은 편집한 인프라 및 열차관련 데이터를 이용하여 혼합열차 시뮬레이션을 수행하는 부분이다. 출력모듈들은 다중 열차운용 시뮬레이션 수행 결과로서 열차주행결과 파일과 신호기상태 파일이 생성하는 부분이다. 시뮬레이션 종료 후 열차별 주행곡선, 열차 다이어, 열차 시발착 정보 등을 출력할 수 있다.

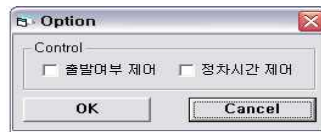
3. 지하철 적합화 시뮬레이터

3.1 지하철 시뮬레이터

본 연구에서는 경부선용으로 개발된 다중열차운용시뮬레이터를 지하철의 상황에 맞게 시뮬레이터를 개량하였다. 수정된 사항을 살펴보면 첫째, 철도망 데이터 중 선로, 구배, 곡선, 제한속도에 대한 부분과 열차제원, 열차 시각표, 운행루트 등을 지하철 2호선에 맞게 개량하였다. 둘째, 시뮬레이션 수행 중 사용자가 개입하여 다양한 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 제어모듈을 추가하였다. 셋째, 보다 현실적인 시뮬레이션이 가능하도록 역별 정차시간을 설정하여 정차시간을 이용해 다양한 시뮬레이션이 가능하도록 구성하였다. 시뮬레이션은 [그림 1]과 같이 기본적으로 두 가지 모드로 수행할 수 있다. 기존 시각표의 정차시분을 준수하는 모드와 새롭게 계산된 정차시분을 준수하는 모드가 있다.



[그림 1] 시뮬레이션 모드



[그림 2] Control 모드

기존 시각표 정차시분 준수 모드는 현재 구성된 시뮬레이션이 현실 상황과 얼마나 적합한지 확인할 수 있고, 시각표의 시각을 바꾸어 다양한 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 구성하였다. 새로운 정차시분 반영 모드의 경우 시뮬레이터 상의 열차 간격을 계산하여 간격에 비례하는 역별/시간대별 정차시분을 준수하도록 구성되어 있다. [그림 2]에서는 특히 관제소에서 열차별로 제어하는 방식과 같이 사용자가 임의로 중간에 출발하는 열차의 순서를 제어할 수 있고, 각 열차별로 각 역에서 열차의 정차시분을 제어할 수 있는 Control모드를 만들어 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 하였다.

4. 시뮬레이션 결과 분석

4.1 시나리오 설정

- 1) 신도림~삼성 구간에서 시각표 기준 시뮬레이션 수행 및 결과 분석
- 2) 신도림~삼성 구간에서 실제운행 기준 시뮬레이션 수행 및 결과 분석
- 3) 신도림~삼성 구간에서 혼잡도가 극혼잡일 경우 시뮬레이션 수행 및 결과 분석

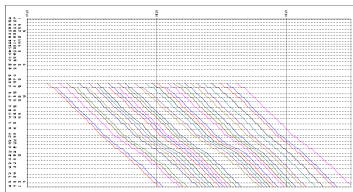
4.2 시뮬레이션 결과 분석 및 제안

출근시간대 (07:00~09:00) 지하철 2호선 신도림~삼성구간에 대해 운행 중인 33대의 열차를 바탕으로 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과를 보면 극혼잡일 경우 신도림~삼성 구간에서 시각표와의 차이가 많이 발생하는 것을 볼 수 있다. 특히 최대로 많이 걸린 열차의 경우 지연시분이 거의 5분 가까이 되고 이는 승객들의 열차 대기시간이 길어짐을 의미한다.

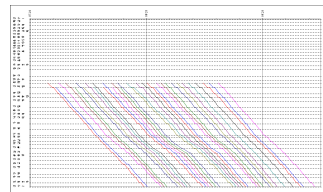
<표 2> 시뮬레이션 결과 분석

	시각표	실제운행	극혼잡
Min	0:31:30	0:30:59	0:31:28
Max	0:34:00	0:36:45	0:38:43
Average	0:32:35	0:34:37	0:33:58

역사 혼잡도를 개선하기 위해서 제시하는 방법은 환승통로, 환승계단, 환승에스컬레이터 등 특정지점에 혼잡이 집중되는 것을 최소화하기 위해 RFID를 이용하여 승객들을 분산시키는 방법이다. 승객들을 분산하게 되면 역사 혼잡도를 혼잡까지 낮출 경우 시뮬레이션을 수행하면 [그림 4]와 같다.



[그림 3] 극혼잡 다이어



[그림 4] 혼잡 다이어

5. 결 론

본 연구는 기존 다중열차운용시물레이터를 프로그램 구조 및 인프라, 열차제원, 시각표, 운행루트 등을 수정하여 지하철 혼잡도 분석을 위해 적합화 하였고 이를 바탕으로 실제 시각표 및 운행기록과 비교를 통해 시물레이션이 현실 상황에 맞는지 판단하고, 혼잡한 상황을 선택하여 시물레이션을 수행하고 결과를 분석하였다.

하지만 환승계단의 혼잡구간이나 연결통로의 혼잡 등 승강장 혼잡 이외에 다른 혼잡구간의 데이터가 반영되어 있지 않고, 운영자 관점에서의 데이터만 제시하여 승객들의 불편 정도와 같은 승객관점에서 비교 지표들이 제시되어 있지 못한 점은 다음 연구에서 개선되어야 할 부분이다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 항공철도국, “혼잡역사 안전대책 합동점검 결과”, 보도자료, 2008.
- [2] 오석문, 김형진, “서울시 혼잡 지하철역의 승하차 시간 분석”, 한국철도학회 2005년도 춘계학술
- [3] 이동승, “컴퓨터 시물레이션을 이용한 열차운행제어 분석에 대한 기초검토”, 석사논문, 2005.
- [4] 한국철도기술연구원, “수송계획 및 제어관리 최적화”, 연구보고서, 2001.대회논문집, 2005.
- [5] R. Takagi, C. J. Goodman and C. Roberts, “Optimization of train departure times at an interchange considering passenger flows”, Proc. of IMechE, Vol. 220, Part F: J. of Rail and Rapid Transit, 2006.
- [6] N. G. Harris and R. J. Anderson, “An international comparison of urban rail boarding and alighting rates”, Proc. of IMechE, Vol. 221, Part F: J. of Rail and Rapid Transit, 2007.
- [7] Z. Qi, H. Baoming and L. Dewei, “Modeling and simulation of passenger alighting and boarding movement in Beijing metro stations”, Transportation Research Part C, 2008.
- [8] M. Pead, “The impact of boarding and alighting passengers on the dwell time at railway stations”, Working paper, Aston University, 2007.

저 자 소 개

이 두 용

현재 인하대학교 대학원 산업공학과 석사 과정 중. 인하대학교 산업공학과 공학사 취득.
관심분야 : RFID 관련 물류 관리 시스템 개발, 항공물류 RFID 시스템 개발, 시뮬레이션, SCM
주 소 : 인천광역시 남구 용현동 253

이 종 석

현재 인하대학교 대학원 산업공학과 박사과정 중. 인하대학교 산업공학과에서 공학석사 취득. 주요 연구 관심분야는 열차운행 시뮬레이터, 항공물류 정보시스템의 운영 방안, RFID를 활용한 응용시스템, SCM, ERP 등.

주 소 : 인천광역시 남구 용현동 253

김 동 희

인하대학교에서 학사, 석사, 박사학위를 취득하였다. 관심분야는 철도운영최적화 및 시뮬레이션, DSS, 물류시스템 등이며, 현재는 한국철도기술연구원 철도교통물류연구실에 재직 중이다.

주 소 : 경기도 의왕시 월암동 360-1

홍 순 흠

서울대학교에서 학사, 석사, 박사학위를 취득하였다. 관심분야는 철도운영최적화 및 시뮬레이션, 열차운행관리체계, 수익관리 시스템 등이며, 현재는 한국철도기술연구원 철도교통물류연구실에 재직 중이다.

주 소 : 경기도 의왕시 월암동 360-1

이 창 호

인하대학교 산업공학과에서 학사 취득. 한국과학기술원에서 산업공학과 석사, 경영과학과 공학박사 취득. 현재 인하대학교 교수로 재직 중.

관심분야 : 물류, RFID, SCM

주 소 : 인천광역시 남구 용현동 253