

시물레이션을 기반으로 한 지하철 혼잡도 개선에 관한 연구

김상필¹ · 유재곤² · 김종배^{3*}

^{1,2,3*} 숭실대학교 SW특성화대학원

E-mail : kjb123@ssu.ac.kr

요 약

2009년 7월 개화에서 신논현까지 서울 지하철 9호선이 개통했다. 2010년 9호선 일평균 통행량은 예측 통행량 대비 97%수준이었으나, 2013년은 110%를 달성했다. 2015년 3월 2단계구간이 개통되어 평일 평균 이용객이 15만명 정도가 더 늘어났다.

국회 자료에 따르면, 출근시간 염창역에서 당산역까지의 혼잡도가 237%로 나타났다. 이는 다른 지하철 혼잡도 2배 뛰어넘는 수치이다. 당산역에서 여의도역(234%), 여의도역에서 노량진역(212%), 노량진역에서 동작역(216%)으로 기록이 될 만큼 특정 구간의 혼잡도가 높게 나타났고 급행노선을 선호하는 인원이 많아 시간이 지날수록 정체현상이 가중되고 있다.

따라서 본 연구는 혼잡도의 주 원인인 정체현상을 감소시키고 여객 수송율을 증가시키기 위해 기존의 급행 프로세스를 변경하는 방안을 제시한다. 여기에 적용된 연구방법은 혼잡도 수준을 낮추기 위해 필요한 프로세스 설정하고 아레나 시물레이션 프로그램 분석을 통해 본 연구에서 제시한 방안에 대해 검증한다.

본 연구에서 제안한 방식을 통해 지하철의 혼잡도 해소에 도움을 줄 수 있을 것이다.

키워드

아레나 시물레이션, 9호선, 혼잡도

I. 서 론

2009년 7월 24일 개화에서 신논현까지 27.0 km에 이르는 서울 지하철 9호선이 개통했다. 맥쿼리 인프라 자료에 따르면, 2010년 9호선 일평균 통행량은 예측 통행량 대비 97%수준이었으나, 2012년 103.8%를 기록하고 2013년은 110%를 달성했다. 2015년 3월 28일, 신논현역에서 시작해 종합운동장 등 5개역으로 이어진 2단계구간이 개통했다. 평일 평균 이용객이 15만명 정도가 더 늘어나 혼잡이 더욱 가중된 상황이다.

국회 국토교통위원회의 자료에 따르면, 출근시간 염창역에서 당산역까지의 혼잡도가 237%로 나타났다. 이는 다른 서울 지하철 혼잡도 2배 뛰어넘는 수치이다. 또한 당산역에서 여의도역(234%), 여의도역에서 노량진역(212%), 노량진역에서 동작역(216%)으로 기록이 될 만큼 집중 구간의 혼잡도가 심하게 나타났다.

9호선 도시철도를 운영하는 서울시 메트로 9호선에서는 고객의 안전수송과 서비스 제고를 위하여 혼잡 구간을 반복운행 하는 셔틀 버스를 운영하고 있으며, 출근시간 추가 열차편성 등 다양한 방법을 동원하여 혼잡을 개선하기 위해 노력해

왔다.

따라서 본 연구는 혼잡도의 주 원인인 정체현상을 제거하고 순환을 높이기 위해 출근시간동안 급행열차와 완행열차의 편성수를 조절하여 운행하는 방법과 현재 편성되어 운영 중인 9호선 지하철의 4량에 량을 유동적으로 추가 편성해 혼잡도를 낮추는 방안을 제시한다. 여기에 적용된 연구방법은 혼잡도 수준을 낮추기 위해 필요한 프로세스를 설정하고 아레나 시물레이션 프로그램 분석을 통해 본 연구에서 제시한 방안에 대해 검증한다.

II. 관련 연구

2.1 서울시 지하철 개요 및 현황

서울시의 여러 교통 수단 중에서 지하철의 수송 부담율은 1996년 약 29.4%이던 것이 2010년에 약 36.2%으로 증가했고, 2012년의 수송인원은 3,757백만명에 달하고 있다.[1]

그림 1과 같이 2011년의 9호선의 여객 수송 실적은 약 407만 명 정도 수준이지만, 서

을시에서 발표한 제 2 차 대중교통계획에 따르면 9호선 도시철도 운송 인원이 점점 큰 폭의 증가세로 증가하고 있다.

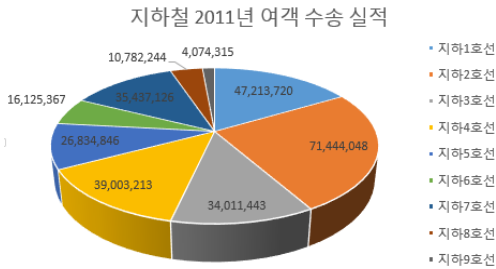


그림 1. 지하철 노선별 여객 수송 실적, 2011

2.2 혼잡도

혼잡도와 관련하여 여러 분야의 선행연구가 진행되었다. 혼잡도는 그림 2와 같이 열차 내 승객이 점유할 수 있는 최대 객체 수 대비 해당영역의 위치하고 있는 객체수의 비율로써 정의할 수 있다.[2]

$$\text{혼잡도}(\%) = \frac{\text{영역에 위치하고 있는 객체수}}{\text{영역에 위치할 수 있는 최대 객체수}}$$

그림 2. 혼잡도 공식

국내 도시철도 운영사의 도시철도 혼잡도 측정방식은 그림 3과 같이 1제곱미터 당 3명을 기준으로 해서 측정하며, 1량에 160여명 정도가 탑승하였을 때 100%라고 말하고 도시철도 서비스 구간별 혼잡도 통계자료를 보고하고 있다.

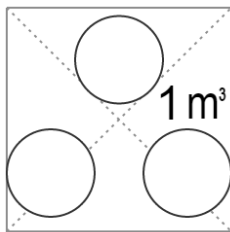


그림 3. 지하철 혼잡도 측정 기준

Ⅲ. 출근시간 혼잡도 완화 제안 프로세스

3.1 출근시간 급행열차 편성 변경

현재 9호선은 설계상 급행열차가 통과할 때, 일반열차는 대기라인에서 기다려야 한다. 이런 이유로 일반 열차는 수송 속도가 현저하게 느려졌고, 승객들은 빠른 급행을 타려고 몰리는 경향이 있다.[3]

시종점	운행방향	지하철 노선	출근시간대별 승객현황
201502	우행선	신북행	1 2 4713 697 12882 17381 25339 34412 33511 89360 20314 73638
201502	우행선	신남행	0 0 425 111 2278 988 1234 2542 7235 4894 4775 2988
201502	우행선	구덕리행	1 0 2235 1564 4111 10386 15950 14789 16189 25512 13165 25213
201502	우행선	신안방	0 0 355 653 1775 3919 5325 4061 6640 7123 4778 5352
201502	우행선	구덕리	0 0 285 251 1368 1234 898 898 4138 6862 3529 3120
201502	우행선	불타	2 0 482 256 1328 780 4380 1101 5026 2755 2836 2781
201502	우행선	북이랑	3 0 2965 465 1459 3896 18172 8902 22713 14886 14641 15619
201502	우행선	노들	1 0 2065 175 4262 1369 14384 2103 18180 3914 10443 4422
201502	우행선	남영	14 1 7285 3995 10771 10766 54603 42356 82677 65771 46838 46260
201502	우행선	신영	4 0 935 373 1799 895 3733 12548 5027 22398 4489 11795
201502	우행선	여의도	1 0 1309 1421 1157 12847 6593 76657 7804 88302 8315 30608
201502	우행선	강남구청	1 1 1100 1000 1854 978 2062 24539 5180 120795 8784 18183
201502	우행선	방산	0 0 4221 1084 11348 4415 37788 11214 18938 27384 29330 15156
201502	우행선	압구정	0 0 1454 436 4688 2487 11310 8135 12946 34144 7333 12860
201502	우행선	신북	0 0 1462 287 4128 1252 14147 2908 12776 5134 7820 2980
201502	우행선	불타	0 0 658 438 10389 3601 33055 6941 49111 10123 20380 10268
201502	우행선	불타	0 0 4071 795 10888 1112 33048 5011 13701 15558 10752 11291
201502	우행선	송파	1 0 1787 381 8051 2051 17914 6618 15202 12489 8944 12713
201502	우행선	강남	15 0 10076 916 21975 1196 68944 12468 60951 78401 93306 37531
201502	우행선	영남행고	1 0 2852 645 7362 5017 19598 6309 18811 18047 11261 8517
201502	우행선	여의나루	0 0 881 128 2871 1002 4570 2050 6182 1240 3714 1200
201502	우행선	신방	0 0 5587 584 9570 4057 25154 5078 24717 8896 14535 5395
201502	우행선	공한사당	2 0 1747 283 3868 1384 7241 1819 8939 3838 5880 2991
201502	우행선	신곡	8 0 1428 1181 2561 33944 8986 11976 10979 14401 8979 15420
201502	우행선	개화	1 0 1878 65 10720 1786 32771 3351 23679 4276 11521 3064

그림 4. 지하철 역별 시간대별 승객 현황

그림 4의 9호선 시간대별 승하차 인원을 살펴보면 출근시간대인 7시에 급행이 아닌 셋강역의 경우 승하차 인원이 16,281명이며, 이는 급행역인 노량진역 인원 96,859명에 비해 약 16.8%에 불과하다. 따라서 본 연구에서는 출근 시간대에 급행과 일반열차의 편성 대수를 조절하는 방법을 제안한다.

표 1. 급행열차 수 변경 제안 예시

(a) 염창역 출근시간 열차 편성 대수

신목동, 종합운동장 방면	시간대	
	급행(편)	일반(편)
5	2	3
6	5	6
7	8	7
8	8	7
9	6	6
10	6	6

(b) 본 연구에서 제안하는 염창역 출근시간 열차 편성 대수 수정

신목동, 종합운동장 방면	시간대	
	급행(편)	일반(편)
5	2	3
6	8	3
7	12	5
8	12	5
9	8	4
10	6	6

표 1과 같이 6시간대의 급행 노선을 5편에서 8편으로 3편을 증가 편성하고 일반 노선을 6편에서 3편으로 감소 운영을 한다. 출근시간인 6시간대부터 9시간대 까지 일반 운행에 편성되어 있는 차량을 급행 운행으로 전환하는 제안이다.

3.2 운행 열차의 편당 량 수 변경

급행 노선을 선호하는 인원이 많아서 급행열차의 차량 수를 추가 구성하는 제안이다. 그림 5와 같이 현재 4량씩 편성 되어 있는 운행방법을 6량으로 구성해서 4량씩 움직일 때 보다 더 많은 인

원을 수송하는 것이다. 차량 수가 6량이 되었다고 해서 운행시간이 줄어들게 되면 오히려 혼잡도가 더 발생되므로 운행 시간은 기존에 운행하는 시간으로 구성하고 추가로 편성할 차량은 대기 차량을 이용한다.

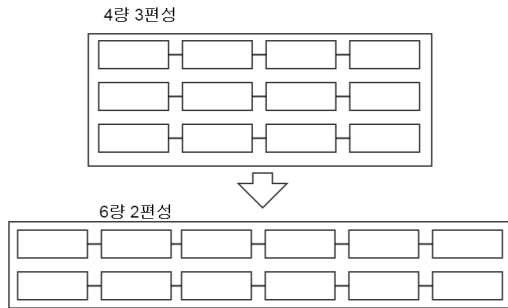


그림 5. 운행 열차의 편당 량 수 변경 예시

IV. 연구

4.1 아레나 시뮬레이션 프로그램

컴퓨터 시뮬레이션은 시스템의 운영 또는 특성을 모방하기 위하여 설계된 소프트웨어를 사용하여 수치적인 평가를 함으로써, 현실 시스템의 다양한 모델을 연구하는 방법이다. 아레나 시뮬레이션 프로그램은 순서도 형식의 모델링 환경에서 시스템 분석과 최적화 계획을 위해 설계되고 유연성과 확장성이 뛰어난 도구이다. 스프레드 시트 인터페이스를 기반으로 주요 통계를 활용하여 시스템의 성능을 예측하는데 도움을 준다.

4.2 연구 방법

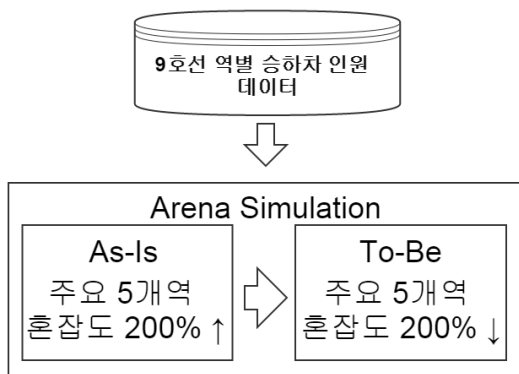


그림 6. 연구 방법

그림 6과 같이 9호선 역별 승하차 인원 데이터를 기반으로 아레나 시뮬레이션을 통해 As-Is 모델을 설계하여 현재 237%인 혼잡도 구간을 구현하고, 급행 열차 수 변경과 운행 열차의 편당 차량

대수를 변경하여 To-Be 모델을 완성하겠다.

V. 결론

서울 지하철 9호선은 단일 노선으로 비교가 되지 않는 높은 혼잡도를 가지고 있는 노선이다. 최초 사용자 수요예측 계획 및 설계 당시부터 추가 편성에 대한 고려 및 대비가 미흡하여, 개선을 준비하는 기간 동안 승객불편과 안전이 우려되는 상황이다. 9호선을 운영하고 있는 서울 메트로 9호선은 혼잡도를 낮추기 위해 여러 방안을 제시하고 있지만 높은 혼잡도와 지연문제를 해소하는 가장 근본적인 방법인 추가 차량 편성 없이는 문제가 해결되지 않아 다른 분야로 문제 전환되는 과정을 반복하고 있다.

2016년 9월 20칸을 증편하고 2017년 말에 점진적으로 50칸을 증편하기로 한 상황이므로, 시민들의 불편 해소에는 다소 시간이 걸린다. 따라서 본 연구에서 제안하는 방법을 통해 9호선 지하철의 혼잡도를 낮출 방안을 찾아보고자 한다. 다음 연구에서는 실제 아레나 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 설계하고 검증하도록 하겠다.

참고문헌

- [1] Seong-Kun Cho, Jung-Hun Song, Il-Bong Jung, Jung-Soo Park, A study on the way how to mitigate congestion on Seoul subway Line 2, The Korean Society for Railway, 2013
- [2] Y. Gang, C. Lee, S. Lee, A study on the factors affecting crowding degree in the subway train considering the seoul metropolitan subway network and the land use of its catchment area, Journal of Korea planners association, (2014), 49(1), pp.203-218.
- [3] Woojin Han, Jeong-soo Park, Renovation plans of operation field of Seoul Metro Line 9, The Korean Society for Railway, 2008.6, 1428-1433