

## 도시철도 승 하차 시간 지연에 따른 문제점과 해결방안 모색

### Metro due delayed victory at the time of arrival problems and Solution Researches

안현근\*<sup>†</sup>, 박진호\*, 이병우\*, 이재훈\*, 정인구\*, 박정수\*\*

An Hyun Geun\*<sup>†</sup>, Park Jin-Ho\*, Lee Byeong-Woo\*, Lee Jae-Hoon,

Jeong In-Koo\*, Park Jeong-su\*\*

**Abstract** Seoul Metropolitan Rapid Transit passengers who use the second phase of the first phase, subway and above the 6.5million people a day join the subway, In particular, for Line2 a.m. at two first train is about 200% congestion in early higt rate. Line length of 48.8km 2.5million passengers a day and 46 stations as the operating time is used for Line 2 once resulting in 87minutes for to an actual survey Stop was identified as requiring more(passenger victory at the time of arrival) delays in time

In this paper with Seoul Metro also look at the easing of congestion and foreign studies of victory at the time of seek their problems and solutions for the delay.

**Keywords** : Seoul-Metro, Get on and off delay, Congestion mitigation, Congestion rate, Foreign cases

**초 록** 서울시 도시철도를 이용하는 승객수는 1기 지하철과 2기 지하철 합하면 하루에 650만명을 상회하고 있다. 특히 2호선은 오전 칩 두 시에 열차는 정원의 200%에 이르는 높은 혼잡율을 보이고 있다. 노선길이 48.8km로 46개역을 가지고 있으며 승객은 하루에 250만명이 이용하고 그 중 20개역은 타 노선과 환승역으로 우리나라에서 매우 중요한 노선이다. 운전계획상 2호선 한 바퀴 운행시간은 87분 소요되는데 실제 조사한 결과 정차시간(승객 승 하차시간)지연으로 더 많이 소요되는 것으로 확인되었다.

이에 본 논문은 서울메트로 혼잡도 완화방안을 살펴보고 외국사례를 조사하여 승 하차 시간지연에 대한 문제점 및 해결방안을 모색하고자 한다.

**주요어** : 서울메트로, 승하차지연, 혼잡도 완화방안, 혼잡율, 외국사례

## 1. 서 론

1974년부터 시작된 도시철도는 현대에 들어와서 시민에게 꼭 필요한 교통수단이 되었다. 시민에게 꼭 필요한 교통수단인 만큼 도시철도 승 하차 시간에 대한 지연이 문제로 꼽히고 있다. 예를 들어 서울메트로 2호선의 혼잡율만 봐도 정원의 200% 이상이다. 이에 따른 지연 시간이 증가함으로써 앞 뒤 열차의 혼잡도만 늘어날 뿐이다.

이에 본 논문에서는 복잡한 서울시 도시철도 승 하차 시간 지연의 문제점과 해결방안에 관하여 서술하고자 한다. 혼잡도가 높아지면 지연뿐만 아니라 사고의 위험도 많아 지고 그 여파도 커지기 때문에 다양한 각도에서 문제점을 살펴보고 그에 따른 해결방안이 필요하다. 따라서 해외 선진국들의 승 하차 시간 지연에 따른 개발사례를 비교하고 분석하여 각 국의 여러 시스템들과 문제점, 대책 등을 알아보고 우리나라의 시간 지연을 어떻게 해결할 것인지

지에 대해 알아보기로 한다.

---

† 교신저자: 동양대학교 철도학술동아리 T.R.M 안현근(dudse@dyu.ac.kr)

\* 동양대학교 철도학술동아리 T.R.M 회원

\*\* 동양대학교 철도학술동아리 T.R.M 지도교수

## 2. 본 론

### 2.1 서울의 주요 철도회사별 철도 현황과 승 하차 시간 분석

#### 2.1.1 서울메트로

서울메트로의 경우 1981년 설립된 지하철 공사로서 서울지하철 1~4호선까지 관리하는 서울특별시 산하의 지방 공기업이며 현재 9호선 2단계의 운영을 도맡고 있다.

현재 총 연장 137.9km의 전철구간, 120개 역, 5개의 차량기지를 운영하고 있으며 전국 9개 도시철도 운영기관 38.6%를 차지하고 있으며 순환선인 2호선은 하루 208만 명 이상 승객이 이용하고 있다.

#### 2.1.2 서울도시철도공사

서울도시철도공사의 경우 1990년 제2기 지하철 시대의 막이 시작되면서 기존의 서울지하철공사와는 다른 독립된 공사를 설립하기로 하였다

현재 총 연장 162.2km의 전철구간, 157개 역, 6개의 차량기지를 운영하고 있으며 제일 처음 만들어진 5호선은 하루 120만 명 이상 승객이 이용하고 있다.

#### 2.1.3 서울지하철 9호선

서울메트로9호선주식회사의 경우 1991년 3기 지하철 기본계획 수립으로 2004년 12월 민자방식의 회사를 설립하였다.

현재 총 연장 31.3km의 전철구간, 30개 역, 1개의 차량기지를 운영하고 있으며 9호선은 하루 58만명 이상 승객이 이용하고 있고. 급행전동열차를 도입하여 신속한 여객수송을 하고 있다.

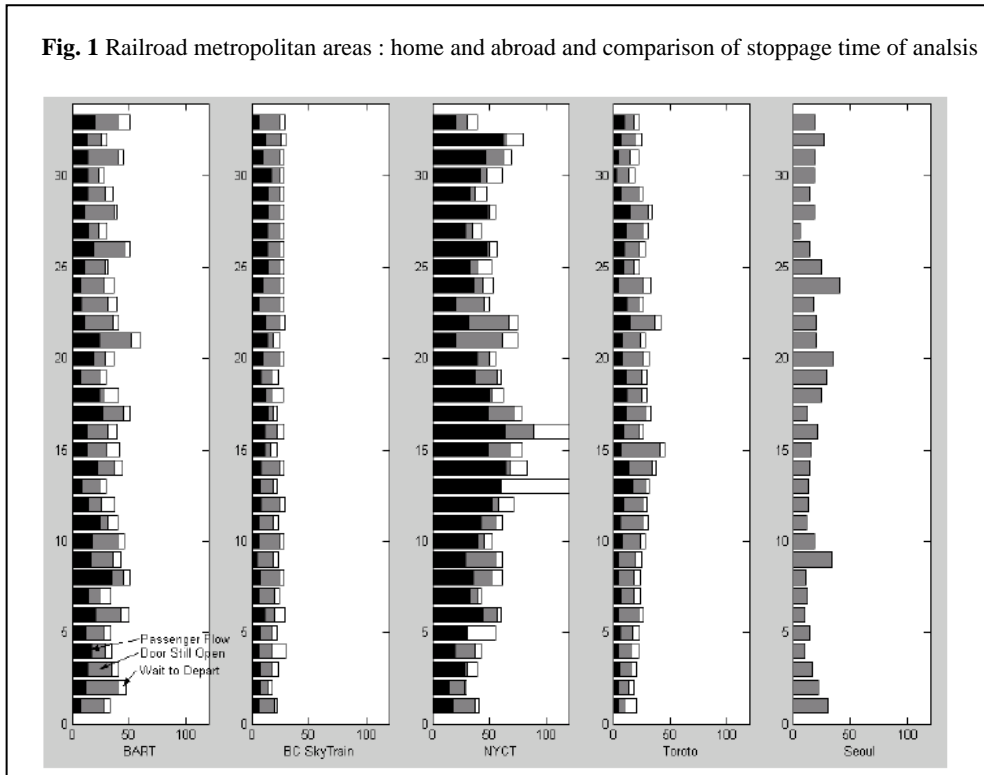
#### 2.1.4 한국철도공사

한국철도공사 코레일의 경우 1899년 경인선(노량진~제물포)의 개통으로 한국철도의 시작이 된 공기업이다.

총 연장 533.1km의 전철구간, 235개 역, 6개의 차량기지를 운영하고 있으며 국내 최초 2층형 도시간 급행열차인 ITX청춘의 도입으로 다양한 변화를 가지고 있다.

### 2.1.5 승 하차 시간 분석

대도시권에서 운행되는 지하철 열차의 운전시격(Headway)은 정차시간(Dwell), 열차간격(Separation) 및 여유시간(Margin)으로 구성되며 이중 정차시간이 가장 중요한 요소이다. 지하철 열차의 정차시간은 일반적으로 승객의 승차 및 하차시간, 출입문이 닫힐 때까지의 시간과 출입문이 닫히고 출발신호를 대기하는 시간으로 구분된다. 또한 Fig. 1을 보는거와 같이 승 하차 시간은 전체 정차시간의 30~60%를 차지하고 승 하차 승객의 수가 많을수록 그 비율은 증가하게 된다.



## 2.2 외국사례 조사

### 2.2.1 러시아 모스크바 지하철 사례

모스크바 지하철은 1935년에 개통하여 현재 12개 노선에 총 연장 308.2km의 전철구간과 182개 역이 있으며 하루 수송인원은 655만 명 수준이다. 총 보유차량 수는 4535량이며 피크 시에는 90초 간격의 고 빈도 운영을 실시하고 있다.

### 2.2.2 모스크바 지하철의 운행 특징

서울지하철 2호선과 같은 순환노선인 5호선을 운영하고 있고, 신호방식은 노선별로 ATO, ATC방식의 신호체계를 사용하고 있다.

지하의 모든 정거장은 심도가 35m이상 80m까지 대심도로 건설되었고 별도의 대합실은 없으며 승강장은 대부분 섬식 승강장 형태로써 대합실을 겸하는 구조이다.

시간대별 수송인원은 출·퇴근 시에는 90초 간격의 고 빈도 운영을 하고 있으며 낮 시간에는 2~3분 시격으로 운행하고 있다. 2,6,7,9호선은 하루 평균 100만명 이상을 수용하며, 특히 7호선의 경우는 하루 137만명을 수송하고 있다. 모스크바 지하철의 1km당 평균 수송밀도는 4만명/Km이하로써, 서울지하철 2호선의 4.2만명/Km보다 다소 낮은 수준이다.

### 2.2.3 모스크바 고 빈도 운행의 구조

첫 번째로는 역 정차시간 관리를 한다. 역 정차시간은 기준 20초이며 일부 혼잡역사는 30초로 운영하고 있다. 또한 출입문이 닫히는 속도가 빠르고, 서울지하철 전동차와 달리 닫힐 때 완충작용 없이 폐문이 되어 승객이 끼일 경우 충격이 상당할 것으로 우려되지만, 열차 객실이 혼잡한 경우 승객 스스로 다음열차를 기다리는 문화가 정착되어 있다.

두 번째로는 승객의 동선을 관리한다. 역사 심도가 깊어 에스컬레이터에 의해 오르내리는 동선은 일방통행 형태로 자연스럽게 이루어지며 계단과 통로 등에도 일방통행이 유지되도록 안내원을 배치하여 관리하고 있다. 또한 대다수 섬식 형태의 대합실을 겸한 승강장은 폭이 넓어 하차승객은 하차 후 바로 승강장 중앙통로로 나와 이동을 하여 승차대기 승객과 하차승객이 뒤엉키지 않는 구조를 가지고 있다.

세 번째로는 운전사양 및 신호방호장치의 조건이다. 모스크바 지하철은 폐색구간을 1개 폐색구간 길이가 75m수준으로 서울지하철 200m수준에 비해 매우 짧게 분할하였으며 전동차는 고 감속 고 가속의 사양을 채택하여 운행하고 있다.

네 번째로는 열차운행 조건 및 간격조정이다. 모스크바 지하철은 역간 거리가 평균 1.8km로써 서울지하철 1.1km에 비해 운전 탄력성이 높으며 지하터널이 고 심도에 설치되어 급곡선이 적은 완만한 선형으로 되어있어 열차지연 시에도 회복운전에 매우 유리하다. 또한 모스크바 전 역사 승강장 끝 부근에는 기관사가 현재시각과 앞 열차의 승강장 발차 후 경과시간을 알 수 있는 디지털시계를 설치하였다. 이는 기관사가 스스로가 앞 열차와의 시간간격을 인지하고 적절한 운행간격을 유지할 수 있도록 한 것이다. 지연이 발생하는 경우 승강장의 디지털 시계에 의해 앞 열차와의 시간간격을 확인하고 열차를 출발시킨다. 서울지하철의 경우는 운전관제에서 무선을 통해 일일이 열차 간격유지를 통제하고 있어 모스크바 지하철에 비하여 효율이 낮은 것으로 판단된다.

### 2.2.4 서울지하철에서의 적용 가능성 검토

모스크바 지하철의 고 빈도 운행사례에 대한 서울지하철로의 적용 가능성 의견은 Table 1과 같다. 러시아와 한국의 문화적 차이, 지하철의 건설 목적 등 여러 가지 면에서 이질적인 요소가 있는 것은 사실이나 큰 무리 없이 적용 가능한 방안도 있는 것으로 보인다.

**Table 1** Review of applicability from the Moscow metro case to Seoul Metro

모스크바 사례	주요 관리 내용	적용검토
역 정차시간 관리	- 역 정차시간 20초 유지(필요시 30초) - 출입문 폐분 향상	적용 어려움 (성숙한 질서의식 요구)
승객 동선 관리	- 통로 및 계단의 질서안내원 배치 - 승강장 구조(대합실 겸용)	부분 적용 가능 (승하차 승객이 혼제된 열차 출입문의 집중 통제)
운전사양 및 신호 방호장치의 조건	- 고 감속, 고 가속 전동차 사양 채용 - 폐색구간의 거리를 짧게 함	적용 어려움 (안전성에 대한 검토 선행)
열차운행조건 및 간격 조정	- 설계시 역간 거리를 길게, 급 곡선부 감소 - 등 간격 운영을 위한 앞선 열차 운행시간 인지	적용 가능 (앞선 열차 인지용 시계 설치)

## 2.3 서울메트로 2호선 혼잡도 완화방안

### 2.3.1 표정속도 현황

표정속도를 먼저 파악해 봐야 되는데 열차의 표정속도는 열차가 시발역을 출발하여 종착역에 도착하기까지의 속도를 나타낸 것으로 정차시분이 포함되어 있다. 또한 표정속도를 검토하게 되면 2호선의 ATO 시스템 도입 후 효과를 분석하기 위하여 시물레이션과 같은 조건의 선로를 주행하며 표정속도를 측정된 결과 Table 2에 ATO 적용에 따른 표정속도를 시물레이션 한 값을 비교하며 나타내었다. 표를 보면 알 수 있듯이 시물레이션 결과와 실측치와는 다소 차이가 있다. 차이 있는 부분 살펴본다면 주행시분, 정차시분 두 부분으로

**Table 2** Schedule speed measurements according to the result of ATO

구분	ATO(시물레이션)	ATO(실제 측정)
구간	성수출발↔성수도착	성수출발↔성수도착
영업거리[m]	48,800	48,800
역 수	43개역	43개역
소요시간(초)	76분 40초(4,600초)	약86분(8,156초)
정차시분(초)	21분(1,260초)	약28분(1,684초)
순 주행시분(초)	≒55분(3,340초)	≒58분(3,502초)
평균 역 정차시간[sec]	30	약40.1
표정속도[km/h]	38.03	33.73

나눌 수 있다. 전체 오차를 100으로 나타낸다면 순 주행시분은 28% 정차시분은 약 72%를 차지한다. Table 3는 ATS적용에 따른 표정속도를 시물레이션과 비교한 표이다. 정차시간은 많았지만 주행시분에서 7분정도 빨라 표정속도에서는 거의 차이가 나지 않은 것을 볼 수 있다.

**Table 3** Schedule speed measurements according to the result of ATS

구분	ATS(시뮬레이션)	ATS(실제 측정)
구간	성수출발↔성수도착	성수출발↔성수도착
영업거리[m]	48,800	48,800
역 수	43개역	43개역
소요시간(초)	87분(5,220초)	약 89분(5,335초)
정차시분(초)	21분(1,260초)	약 30분(1,795초)
순 주행시분(초)	66분(3,960초)	약 59분(3,540초)
평균 역 정차시간[sec]	30	약 46
표정속도[km/h]	38.03	32.79

그렇다면 Table 4에 있듯이 ATO와 ATS의 측정을 비교해보도록 한다. 정차시분의 경우 국내 도시철도에서는 대부분 30[sec]를 기준으로 하고 있다. 하지만 운영상의 정차시분은 역사별, 시간별로, 승 하차하는 승객의 수에 따라 정차시분은 작게는 30[sec]에서 길게는 72[sec]까지 나타나고 있다.

따라서 혼잡도를 완화하려면 열차 간격을 조정하여 역사 내 혼잡도 및 열차 내 혼잡도를 완화한다.

**Table 4** A Comparison of schedule speed according to the lower ATS and ATO

구분	ATO(시뮬레이션)	ATS(시뮬레이션)	ATO(실제 측정)	ATS(실제 측정)
구간	성수출발↔성수도착	성수출발↔성수도착	성수출발↔성수도착	성수출발↔성수도착
영업거리[m]	48,800	48,800	48,800	48,800
역 수	43개역	43개역	43개역	43개역
소요시간(초)	87분(5,220초)	87분(5,220초)	약 89분(5,335초)	약 89분(5,335초)
정차시분(초)	21분(1,260초)	21분(1,260초)	약 30분(1,795초)	약 30분(1,795초)
순 주행시분(초)	66분(3,960초)	66분(3,960초)	약 59분(3,540초)	약 59분(3,540초)
평균 역 정차 시간[sec]	30	30	약 46	약 46
표정속도 [km/h]	38.03	38.03	32.79	32.79

### 2.3.2 승객 승하차 지연방지 관련 편의시설

승객 승 하차시 역사 내 혼잡도 개선방안에 대해 6가지의 방안이 있다. 첫 번째, 승객 대기용 의자를 설치한다. 고객불편을 해소를 위하여 의자 설치한다. 두 번째 환승역 분리펜스를 제거한다. 예를 들어 김포공항역을 보면 승강설비를 공용 사용 하고 있으나 예전 9호선의 개통 초기에는 분리 사용을 하여 많은 혼잡도를 가졌었다. 세 번째 출근시간에 에스컬레이터를 양방향 상행 운행 한다. 환승역 및 혼잡 역의 에스컬레이터를 양방향으로 상행운행 한다면 에스컬레이터 타는 인원이 많아져도 양방향 운행이기 때문에 혼잡율은 줄어들 것이다. 네 번째 역사 내 고객 안내사인 제작 및 부착한다. 미 승차 구간 안내 및 네줄서기 고객안내 스티커 부착을 한다. 예를 들어 “이곳은 승차위치가 아닙니다” 등으로 제작하고 PSD나 승강장 바닥에 부착 함으로써 비 승차구간에 고객 안내를 할 수 있고 승강장 혼잡도 완화를 할 수 있다.

위의 편의시설 방안을 Fig 2로 참고한다.

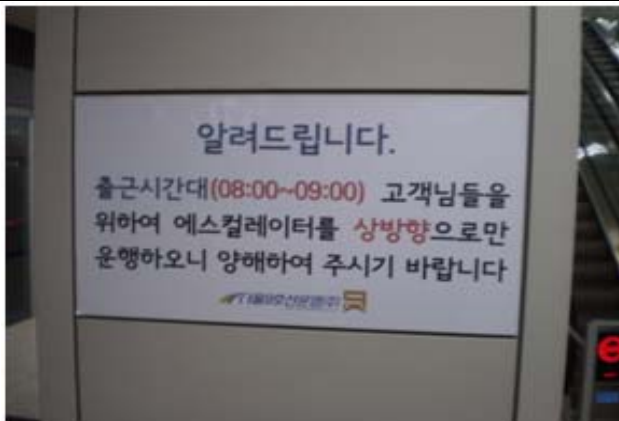
**Fig 2.** Prevention of the delayed passenger ingress and egress facilities room



첫 번째 의자배치



두 번째 승강설비 공용 사용



출근시간대 E/S 양방향 상행 운행

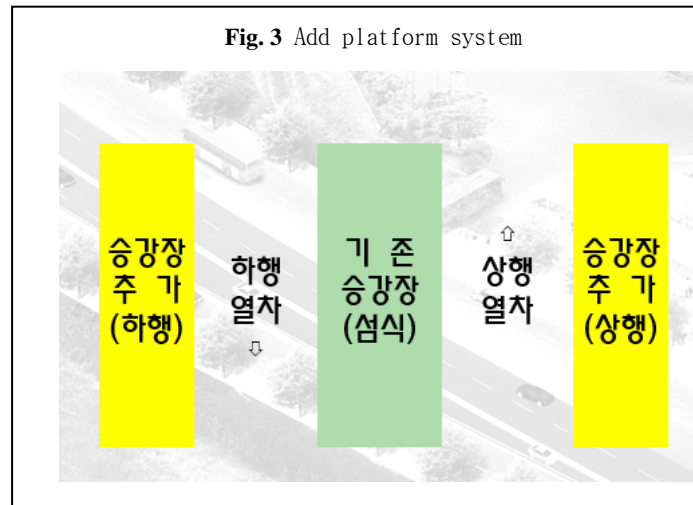


미 승차구간 안내 및 고객안내 스티커 부착

### 2.3.3 양문 승 하차 방식 도입

승강장에서 이용객이 열차 대기나 이동 시 많은 혼란과 승 하차시 많은 소요시간 등에 따른 열차시간 지연, 열차 객실 내 혼잡에 따른 승 하차 시 불편 및 위험 초래를 가지고 있어 주요 혼잡 역에는 양문 승 하차 방식을 도입하여 문제를 해결 할 수 있다.

상·하행선 승강장을 추가하여 열차 대기열 감소를 통한 혼란 방지를 할 수 있고 승 하차 시 열차시간을 지연을 방지하여 출퇴근 소요시간 감소, 빠르고 원활한 승 하차를 통하여 객실 내 안전사고를 예방할 수 있다.



### 2.3.4 출입문 폭 확장

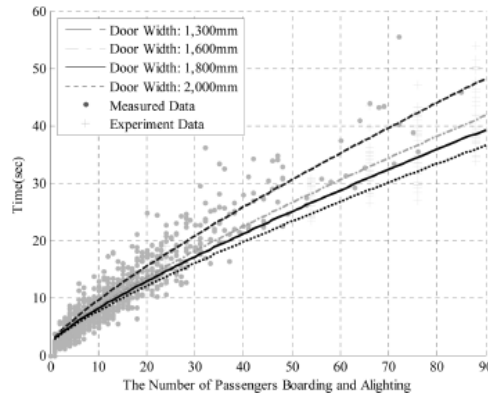
실제 승 하차시간 측정 시에서는 출입문 폭이 고정된 기존 전동차를 대상으로 실험을 하였으므로 출입문 폭에 의한 영향을 알 수 없다. 따라서 출입문 폭을 조절할 수 있는 간이 열차 모형을 만들고 시험을 통해 알아본 분석하였다. 출입문 폭은 1,300mm, 1600mm, 1,800mm, 2,000mm의 네가지 경우에 대하여 시험하고 혼잡도는 100%, 150%, 200%로 한 결과 Table 5와 같은 결과가 나오게 되었고 Fig.4에서 혼잡도 100%일 때 다양한 출입문 폭에 대한 승 하차시간 그래프를 측정, 시험데이터와 함께 나타내었다. 현재 우리나라 주요 구간에서 운행하는 도시철도의 출입문의 폭은 1,300mm로 되어있다. 그러나 이 규격은 40년 전 서울지하철 1호선이 개통 당시의 규격이어서 현재의 승객의 신체조건을 고려하였을 출입문 폭을 확장할 필요가 있다.

**Table 5** Participants in the experiments (boarding, alighting and occupied passenger numbers)

Congestion index	Number of occupied Passengers	Number of alighting and boarding passengers	
		Average	Maximum
100%	36	Alighting: 10 Boarding: 10	Alighting: 27 Boarding: 27
150%	54	Alighting: 12 Boarding: 12	Alighting: 38 Boarding: 38
200%	73	Alighting: 33 Boarding: 33	Alighting: 44 Boarding: 44



Fig. 4 Boarding and alighting graph with various door widths; the measured and experimental data are also display



### 3. 결론

본 논문은 먼저 서울시 내의 주요 도시철도 승하차 승객에 대해 알아보고 승하차 시간을 분석하게 되었다. 서울시 인구는 약 1000만명 이지만 승객 인원은 많았고 어떻게 하면 승하차시 인원을 지연 없이 승하차를 할 수 있는지 알아보려고 연구를 하게 되었다.

먼저 서울의 주요 철도회사 철도 현황과 승 하차시간 분석을 하게 되었다. 그 중 가장 승객이 많이 승하차 하는 서울메트로의 2호선을 분석하게 되었는데, 서울지하철 2호선은 승하차 시간이 전체의 30~60%를 차지했을 만큼 승객 수가 많아 해결방안이 필요했다. 그러기 위해 첫째 러시아 모스크바의 지하철 승하차 지연에 따른 해결방안을 분석하였다. 모스크바에서는 역 정차시간 관리를 하고 있다 또한 승객의 동선을 관리하고 운전사양 및 신호방호장치의 조건을 두고 있다. 마지막으로 열차운행 조건 및 간격조정을 관제가 아닌 승강장 끝 부근에 기관사가 현재시각과 앞 열차의 승강장 발차 후 시간간격을 인지하고 적절한 운행간격을 유지할 수 있도록 한다. 그러나 연구 결과 역 정차시간 관리, 운전사양 및 신호방호장치의 조건은 불가능 하다. 성숙한 질서의식의 요구도 있지만 안전성에 대한 문제도 있기 때문이다. 그러나 승객동선 관리와 열차운행조건 및 간격조정은 부분적으로 적용 가능하다. 승하차 승객이 혼재된 열차 출입문의 집중을 통제하거나 앞선 열차 인식용 시계를 설치하면 되기 때문이다.

둘째 서울시 내의 제일 혼잡한 도시철도인 2호선을 중점으로 봤을 때 표정속도를 높여 열차의 간격을 최소화 하여 승 하차인원을 적게 하여 지연을 해소시키는 방법이 있다.

세 번째 현재 승하차 지연방지 및 승강장 혼잡을 방지하기 위해 4가지 방안이 있다. 실제 9호선에서 실시하고 있는 승객 대기용 의자를 설치, 환승역 분리펜스를 제거하여 E/S 설비를 공용으로 사용하는 방법이 있고 출근시간에 에스컬레이터를 양방향 상행 운행하는 방식이 있다. 또한 역사 내 고객 안내사인 제작 및 부착하여 시민인식을 바꾼다.

네 번째 양문 승하차 방식을 도입한다. 승강장에서 열차 대기 또는 이동 시 많은 혼란과 승하차시 많은 소요시간 등에 따른 열차시간이 지연된다. 따라서 양문 승 하차시 많은 승객이 이동 할 수 있는 장점이 있으며 이렇게 될 시 승하차 지연해소가 될 것으로 생각된다. 네 번째 출입문 폭 확장이다. 현재 우리나라 서울시뿐만이 아닌 대부분 도시철도의 출입문은 1974년 개통할 당시의 넓이(1300mm)로 되어있다. 그러나 이 규격은 서울지하철 1호선이 개통 당시의 규격이어서 현재의 승객의 신체조건을 고려하였을 때 출입문 폭을 확장할 필요가 있다.

이처럼 여러 가지의 연구 결과를 살펴보았지만 현재 먼저 도입해야 될 부분이 모스크바에서 시행중인 열차 간격조정은 앞선 열차 인식용 시계를 설치하면 되기 때문에 서울시에서 제일 혼잡한 2호선에 도입을 하게 된다면 승하차 지연이 발생되지 않을까 생각하며 외국과 벤치마킹을 하여 새로운 승하차 지연 해소방안을 마련해야 된다 생각한다.

## 참고문헌

- [1] 오석문 (2005) 서울시 혼잡 지하철역의 승하차 시간 분석, 한국철도학회 춘계학술대회 pp. 42-49.
- [2] 박윤봉 (2013) 서울메트로 2호선의 정차시분 추정모델을 이용한 표정속도 예측에 관한 연구, 공학석사, 서울과학기술대학교 철도전문대학원.
- [3] 김정태 (2013) 도시철도 열차 승하차 시간 분석에 관한 연구, 한국철도학회 춘계학술대회, pp. 1078-1082.
- [4] 조성근 (2013) 서울지하철 2호선 혼잡도 완화방안 기초연구, 한국철도학회 춘계학술대회 pp. 193-203.