

도시철도 적정 최소소요 정차시분 추정모델

An Estimation Model of the Minimum Required Dwell Time for Urban Railway

김동희[†]

Dong-Hee Kim

Abstract In the major operation section of urban railway, there has been occurred habitual delay, and delay propagation and spread to consecutive trains. Therefore, this delay cause the increase of operation time and irregular operation, also the increase of crowd and inconvenience to passengers. The railway operation plan is a promise to passengers and must have reliability. In the case of high frequency urban operation, dwell time have considerable influence on operational headway, so it is very important to efficiently plan and control the dwell time at stations. In this paper, the survey of the research on dwell time for urban railways is presented. The practical estimation model for minimum required dwell time, and the numerical example and validity are proposed.

Keywords : minimum required dwell time, delay propagation, crowdedness

요 지 도시철도 주요구간에서는 상승적인 지연 및 후행열차로의 지연파급확산으로 구간운행시분 증대 및 정시운행 불가, 나아가 혼잡증대로 인해 이용승객이 불편이 가중되고 있다. 운행계획은 승객과의 약속이자 타 자원운영계획과 연계하여 신뢰성이 확보되어야 한다. 고밀도 운행 도시철도의 경우 정차시분이 운행시격에 미치는 영향이 가장 크며, 효율적 서비스계획 수립 시 정차시분의 관리는 매우 중요하다. 본 논문에서는 도시철도 분야의 정차시분 관련 선행연구 동향을 살펴보고, 국내 운영기관 환경에서 실용적으로 활용할 수 있는 최소소요 정차시분 추정모델과 실제 현장데이터를 활용하여 수치사례를 함께 제시한다.

주요어 : 최소소요 정차시분, 지연 확산, 혼잡도

1. 서론

대도시 도시철도의 주요 운영구간에서는 피크타임(peak-time) 시간대에 상승적인 열차지연으로 이용승객의 불만이 급증하고 있으며, 이러한 열차지연은 시스템용량, 운행스케줄, 승객 시공간 분포, 차량운용계획 등 철도자원 및 운영규정으로부터 영향을 받을 뿐만 아니라 지연자체가 원인이 되어 해당 열차의 후속일정 및 이후 열차들까지 파급확산되는 복잡한 특성을 가지고 있다[1].

간선철도의 경우 정상 운행조건과 통상적 지연요인에 따른 운영 여유를 전제로 한 정시스케줄에 따라 운행되며, 적

정 범위 내의 지연요인인 외란은 다이어(diagram)의 강인성(robustness) 혹은 탄력성(elasticity) 특성에 따라 이후 운행과정에서 자연회복 능력을 보유하고 있다. 그러나 도시철도의 경우 스케줄에 해당하는 계획다이어는 존재하나 피크타임 시간대에는 수요과다 및 상승지연으로 다이어의 존재가 무의미하게 운행되는 경향이 있다.

운행계획(schedule) 혹은 다이어(dia)는 이용승객에 대한 약속이자 운영기관 내부의 승무원운영, 차량운영 및 유지보수 계획과 연계되어 신뢰성이 확보되어야 하는 특성을 가지고 있다. 따라서 고밀도 도시철도 운영기관에서는 계획다이어의 현실성 및 신뢰성을 높이기 위해 노력을 기울이고 있다. 도시철도에서의 다이어는 간선철도의 경우와는 달리 통상 평행다이어를 기본으로 하며, 이러한 평행다이어의 신뢰성 등 품질은 열차간 운행시격(headway)과 정차시분(dwell time)이 대부분 결정하게 된다. 또한 운행시격

[†] 책임저자 : 정희원, 한국철도기술연구원, 철도교통물류연구실 선임연구원

E-mail : kdh777@krii.re.kr

TEL : (031)460-5483 FAX : (031)460-5499

을 결정하는 구성요소는 열차간 운전시격(train separation time), 정차시분, 운영여유(operational margin)이며, 고밀도 운행 도시철도의 경우 간선철도와 달리 정차시분이 운행시격에 차지하는 비율이 높게 된다. 따라서 도시철도의 효율적 서비스 운영계획 수립 시 적정 정차시분의 추정 및 관리 는 매우 중요하다.

본 연구에서는 도시철도 분야에서의 승객서비스 및 운영 효율성 향상을 위한 국내외 연구사례와 시사점을 도출하고, 국내 운영기관 제반환경에서 실용적으로 활용할 수 있는 적정 최소소요 정차시분 추정모델을 제시한다. 또한 실제 도시철도 운영기관의 데이터에 제시된 모델을 적용한 사례와 함께 타당성을 검토하고 결론을 제시한다.

2. 연구개발 동향

최근 철도선진국들에서는 기존 하드웨어 중심 기술개발 투자의 한계를 인정하고 이를 극복하기 위하여 제한된 자원 하에서 운영효율성 향상을 위한 기술개발에 투자를 늘리고 있다. 특히 도시철도 운영에서는 기존 운영자 관점의 기술개발에서 이용승객 관점에서의 효율화 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이들 연구는 크게 승하차 및 정차시간 연구, 승객동선 및 혼잡도 연구, 다이어 및 열차 정규화 연구, 수요 및 실적데이터 분석연구로 구분될 수 있다. 본 장에서는 승하차 및 정차시간 관련 대표적 연구사례와 시사점을 제시한다.

2.1 정차시간 연구사례

- Michael Pead(2007)는 혼잡시간에 승객 승하차시간이 열차 운행효율 및 정차시간에 미치는 영향과 후속 일정에 파급확산되는 Snowball Effect 현상을 분석하였으며, 플랫폼에서의 승객행동분석, 대기선 표시, 스크린도어 등의 효과 및 열차내의 출입문위치, 좌석패턴에 따른 승하차 시간에 대한 분석을 실시하였다[2].

- Harris 및 Anderson(2007)은 전세계 지하철 조사를 통해 실제 정차시간과 제안 추정식으로 계산된 정차시간을 비교하여 추정식이 유의함을 제시하였다. 모수값의 큰 변화 없이 일반적으로 적용이 가능함을 보여주고, 열차의 특징에 따라 High-Frequency, Low-Frequency, Suburban을 구분하여 분석하였다[3].

- Andre Puong은 MBTA Red Line을 사례로 승하차 승객수 및 혼잡도가 도어 개폐시간에 미치는 영향을 분석하였다. MBTA Red Line의 데이터를 수집하여 열차 도어 개폐시간의 수식을 산정하고 파라미터를 계산하였으며, 승하차 시간과 입석승객의 관계를 통하여 적정 입석승객수를

산정하였다[4].

- Zhang Qi 등(2008)은 베이징 지하철역 승객들이 승하차하는 행동모형을 개발하고 역 설계 및 승객유도분석에 활용하였다[5].

- Washington Metropolitan Area Transit Authority(2005)에서는 승객유동성 및 정차시간을 향상시키기 위하여 플랫폼에서의 여객분산방법, 승하차시간 단축, 차내 행동유도 등의 방안을 제시하였다[6].

- William 등(1999)은 홍콩 경전철을 대상으로 역내 플랫폼에서의 승객서비스 및 차량 내에서의 혼잡도를 평가하는 기준을 산정하고 시간대별 승객 서비스를 분석하였다. 이를 통해 혼잡도가 전체 통행시간에 미치는 영향 및 혼잡을 고려한 열차정차시간모형 등을 제시하였다[7].

- 오석문 및 김형진(2005)은 서울시 혼잡 지하철역에서의 승하차시간을 실측하여 혼잡형태별 승하차 시간 영향분석을 수행하였다. 이를 통해 승하차시간에 대한 분석이 노선의 신설 및 개량 사업의 경제적 타당성 조사에 미치는 영향을 제시하였다[8].

2.2 시사점

이들 연구동향으로부터 우리는 2000년 이후 각국에서는 도시철도 승객서비스 개선 및 효율성 향상을 위하여 승객 관점의 분석 및 실증연구에 많은 관심을 가지고 있으며, 단순 승객 편의향상만이 아니라 전체 열차운영계획의 효율화를 동시에 목표로 하고 있음을 알 수 있다. 국내의 경우 이러한 승객관점에서의 서비스개선 및 운영효율성 향상 관련 연구는 미미한 실정이다.

3. 최소 소요정차시분 추정모델

도시철도 운행에서 정차시간은 운행시격의 가장 큰 구성요소임과 동시에 승객서비스 및 운영효율성 품질을 결정하는 중요요소이다. 정차시간이 커지면 주요운행구간의 총통행시간이 늘어나고 선형열차와의 시격이 확대되는 파급확산 현상이 발생된다. 또한 시격확대는 차량 및 플랫폼에서의 승객혼잡을 가중시키게 되고 이는 다시 정차시간의 증대로 악순환현상이 반복된다. 그러나 현행 도시철도 운행 계획에서는 모든 시간대/역에서 30초 고정정차시분을 가정하고 있으며, 이는 실제 운행상황에서 당연한 오차를 내포하고 있다.

본 연구에서는 고밀도 도시철도 운영구간에서 승객서비스 및 운영효율성 개선을 위해 필수적인 적정 최소소요 정차시분 추정을 위한 실용모델을 제시한다.

3.1 기본 가정

연구의 최소소요 정차시분 실용추정모델을 설명하기에 앞서 아래와 같은 기본 전제조건이 필요하다 ;

- 1) 서비스역에서의 소요정차시분은 승하차소요시분과 도어개폐시간으로 구성된다.
- 2) 실제 승하차소요시분은 누적수요량으로 인해 선형열차와의 시격에 비례성을 가진다.
- 3) 혼잡도 정도(혼잡분류)에 따라 1인당 승하차소요시간 및 도어개폐시간은 달라진다.
- 4) 혼잡도는 단위시간당 승하차수요인원수에 따라 구별할 수 있다.
- 5) 승하차소요인원은 해당열차의 승하차위치(zone or door)에 따라 달리 분포할 수 있으며, 가장 많이 분포된 위치의 승하차소요인원수에 의해 해당열차의 승하차소요시분은 결정된다. 승하차위치별로 가장 골고루 분포된 상태를 완전 혼잡평준화라 한다.
- 6) 역/시간대별로 승하차수요는 다르며, 동일 특성 역/시간대에서는 균등하게 발생된다. 발생한 승하차소요는 제 공 열차들에 의해 완전히 서비스된다.
- 7) 승하차소요인원수는 유출입승객수와 환승객수로 구성되며, 시간대별 환승객수는 해당역 시간대별 유출입승객수에 비례한다.
- 8) 현재 역/시간대별 운행빈도는 실제수요를 최대한 반영한 결과이다.

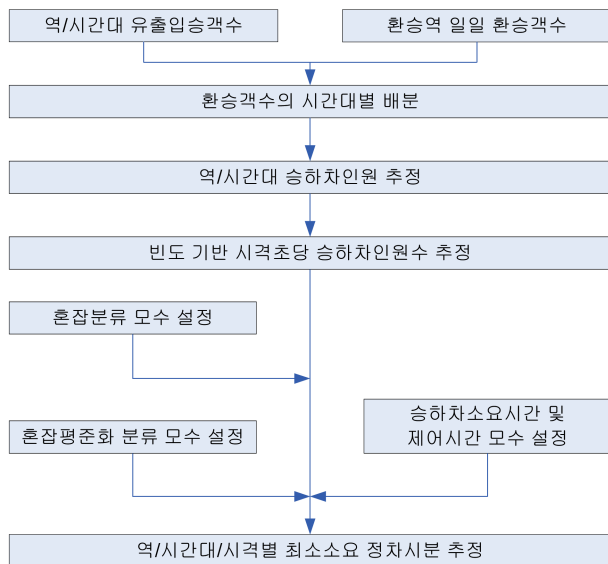


Fig. 1. 모델 구성 및 절차

3.2 모델 구성 및 절차

출퇴근시간대 도시철도 혼잡구간에서는 서비스 이용수요가 시간에 따라 지속적으로 발생되며, 선형열차와의 시

격이 커질수록 승하차소요인원은 커지고 정차시간은 늘어난다. 따라서 수요를 고려한 단위시간당 승하차인원수 및 승하차소요시간 산정이 필요하며, 역/시간대 별 환승수요와 유출입수요가 필요하다. 그러나 현재 도시철도 운영기관에서는 역별 시간대별 단위시간당 환승수요 및 유출입수요를 상세히 관리하고 있지 못하며, 실적기반의 환승 및 유출입승객수는 관리하고 있다. 본 연구의 실용 추정모델은 현실상황에서 가용한 데이터를 기반으로 역/시간대별로 선형열차와의 시격에 따른 동적 적정 최소소요 정차시분을 산정하는 것을 목표로 한다.

Fig. 1은 실용추정모델의 구성 및 절차를 보여주고 있다.

3.2.1 사용기호

모델에서 사용된 기호(notation)은 아래와 같이 크게 입력데이터, 추정데이터, 그리고 모수데이터로 구분된다 ;

- Input Data

- TP(s) : s역의 일일 환승객수 (transit passenger)
- IP(s,t) : s역, t시간대 유입승객수 (in-passenger)
- OP(s,t) : s역, t시간대 유출승객수 (out-passenger)
- ITF(s,t) : s역, t시간대 내선 평균 열차빈도 (inner train frequency)
- OTF(s,t) : s역, t시간대 외선 평균 열차빈도 (outer train frequency)

- Estimated Data

- TIP(s,t) : s역, t시간대 유입환승객수 (transit-in passenger)
- TOP(s,t) : s역, t시간대 유출환승객수 (transit-out passenger)
- LP(s,t) : s역, t시간대 승차인원수 (load passenger)
- UP(s,t) : s역, t시간대 하차인원수 (unload passenger)
- ITST(s,t) : s역, t시간대 내선 평균 열차시격 (inner train separation time)
- OTST(s,t) : s역, t시간대 외선 평균 열차시격 (outer train separation time)
- ILD(s,t) : s역, t시간대 내선 초(sec)당 승차수요 (inner load demand)
- OLD(s,t) : s역, t시간대 외선 초(sec)당 승차수요 (outer load demand)
- IUD(s,t) : s역, t시간대 내선 초(sec)당 하차수요 (inner unload demand)
- OUD(s,t) : s역, t시간대 외선 초(sec)당 하차수요 (outer unload demand)
- ILUD(s,t) : s역, t시간대 내선 초(sec)당 승하차수요

(inner load-unload demand)

- OLUD(s,t) : s역, t시간대 외선 초(sec)당 승하차수요
(outer load-unload demand)

- Parametric Data

- LUT(cr) : 혼잡분류 cr일 경우 인당 평균승하차소요시간
(load-unload time)
- CRB(cr) : 혼잡분류 cr일 경우 혼잡평준화율
(crowd balancing)
- DCT(cr) : 혼잡분류 cr일 경우 도어개폐시간
(door closing time)
- ND : 열차 편성당 도어갯수 (door number)
- TST : 선형열차와의 열차시격 (train separation time)

3.2.2 환승객수의 시간대별 배분

유입 환승객수 TIP(s,t)는 일일 총 환승객수 TP(s)로부터 실적 유출입승객수 비율을 적용하여 추정할 수 있으며, 유출 환승객수 TOP(s,t)도 동일 논리를 적용할 수 있다;

$$TIP(s,t) = TP(s) \times \frac{IP(s,t)}{\sum_{for\ all\ t} [IP(s,t) + OP(s,t)]}$$

$$TOP(s,t) = TP(s) \times \frac{OP(s,t)}{\sum_{for\ all\ t} [IP(s,t) + OP(s,t)]}$$

3.2.3 역/시간대별 승하차인원 추정

승차인원수 LP(s,t)는 앞서 추정된 유입환승객수와 유입 승객수를 합산하여 추정할 수 있으며, 하차인원수 UP(s,t)는 유출환승객수와 유출승객수로부터 산정할 수 있다;

$$LP(s,t) = IP(s,t) + TIP(s,t)$$

$$UP(s,t) = OP(s,t) + TOP(s,t)$$

3.2.4 단위시간(초)당 승하차인원수 추정

앞 단계에서 추정된 승하차인원수는 내외선(혹은 상하행) 구별이 없는 총 승하차인원수이며, 내외선별 배분이 필요하다. 이를 위해서 우선 운행계획상의 시간대별 내외선 운행빈도를 기준으로 내외선 평균열차시격 ITST(s,t), OTST(s,t)을 산정한다;

$$ITST(s,t) = \frac{3600\ sec}{ITF(s,t)}, \quad OTST(s,t) = \frac{3600\ sec}{OTF(s,t)}$$

총 승하차인원과 내외선 열차 빈도 및 시격으로부터 단위시간(sec)당 내외선 승하차수요 ILD(s,t), OLD(s,t), IUD(s,t), OUD(s,t)를 추정할 수 있다;

$$ILD(s,t) = \frac{LP(s,t)/ITST(s,t)}{ITF(s,t) + OTF(s,t)}$$

$$OLD(s,t) = \frac{LP(s,t)/OTST(s,t)}{ITF(s,t) + OTF(s,t)}$$

$$IUD(s,t) = \frac{UP(s,t)/ITST(s,t)}{ITF(s,t) + OTF(s,t)}$$

$$OUD(s,t) = \frac{UP(s,t)/OTST(s,t)}{ITF(s,t) + OTF(s,t)}$$

내선 및 외선, 그리고 승차 및 하차별로 추정된 수요로부터 단위시간(sec)당 내외선별 승하차수요 ILUD(s,t), OLUD(s,t)를 산정할 수 있다;

$$ILUD(s,t) = ILD(s,t) + IUD(s,t)$$

$$OLUD(s,t) = OLD(s,t) + OUD(s,t)$$

3.2.5 혼잡도분류, 승하차소요시간 및 도어개폐시간 모수 설정

기존 도시철도에서의 실측분석연구에서는 역에서의 혼잡정도를 극혼잡, 혼잡, 비혼잡으로 분류하고 1인당 승하차소요시분이 다름을 제시하였다[8]. 본 연구에서는 위 연구 결과를 그대로 적용하되 그 분류기준으로 초당 승하차수요 크기를 사용하였다;

if ILUD or OLUD .GE. 2.0 then cr=극혼잡
else if ILUD or OLUD .GE. 1.0 then cr=혼잡
else cr=비혼잡

혼잡도분류별 승하차소요시간 LUT(cr) 및 도어개폐시간 DCT(cr)은 아래와 같다;

if cr=극혼잡 then LUT(cr)=0.852sec, DCT(cr)=10sec
else if cr=혼잡 then LUT(cr)=0.819sec, DCT(cr)=8sec
else LUT(cr)=0.940sec, DCT(cr)=6sec

3.2.6 혼잡평준화 모수 설정

단위시간당 승하차수요와 선형열차와의 시격이 해당열차 승하차소요시분에 영향이 있음은 설명하였다. 또한 완전 혼잡평준화가 아닐 경우 특정 서비스위치(도어)에 승하차수요가 몰리게 되고 해당열차 승하차소요시분은 그 비균등정도에 따라 늘어나게 된다. 혼잡평준화율 CRB(cr)은 이러한 비균등정도를 표현하며, 통상 혼잡이 커질수록 비균등정도는 커진다. 아래 사례에서 보면, 총승하차수요가 40개 도어에 고루 분산된 상태(100%)를 기준으로 극혼잡일 경우는 가장 많이 몰린 도어의 승객이 2배, 혼잡일 경우 1.8배, 비혼잡일 경우 1.5배 임을 표현한다;

ex) CRB(if cr=극혼잡) = 200%
CRB(if cr=혼잡) = 180%

$$CRB(if cr=비혼잡) = 150\%$$

3.2.7 최소소요 정차시분 추정

제시된 모델에서의 최소소요 정차시분은 선형열차와의 시격(TST), 단위시간당 내외선별 승하차수요 ILUD(s,t), OLUUD(s,t), 인당 평균승하차소요시간(LUT), 혼잡평준화율 CRB(cr), 도어개폐시간(DCT)에 의해 결정될 수 있다 ;

내선 최소소요 정차시분

$$= [TST \times ILUD \times CRB(cr) \times LUT(cr) / ND] + DCT(cr)$$

외선 최소소요 정차시분

$$= [TST \times OLUUD \times CRB(cr) \times LUT(cr) / ND] + DCT(cr)$$

4. 적용사례 및 검증

본 절에서는 실제 현장 가용데이터에 추정모델을 적용한 결과를 제시하고 실적데이터와의 비교를 통해 실용성을 검증하고자 한다. 모델 적용을 위해 가용한 데이터는 역/시간대별 유출입승객수(IP, OP)와 환승객수(TP), 시간대별 평균열차빈도(ITF or OTF)이며, 현재 가장 혼잡하여 운영상 많은 문제가 발생되고 있는 단방향(외선) 및 출근시간대(07-10시)의 주요 혼잡역을 사례로 제시한다.

4.1 가용데이터

Table 1에서는 주요역에서의 시간대별 유출입승객수(승하차승객수)와 일일 환승객수를 보여주고 있다.

Table 1. 역/시간대별 유출입 및 환승객수

역	구분	유출입승객수/시간대			환승객수
		07~08	08~09	09~10	
A	승차	480	559	675	83,232
	하차	4,172	10,512	3,637	
B	승차	2,965	3,461	1,888	99,918
	하차	1,296	4,127	2,343	
C	승차	2,392	2,552	1,545	127,104
	하차	1,274	3,980	1,921	
D	승차	7,271	7,327	3,535	321,345
	하차	1,859	3,919	2,264	
E	승차	3,341	5,018	2,740	193,205
	하차	2,843	5,249	3,011	
F	승차	2,717	3,878	2,950	비환승역
	하차	9,160	19,010	12,138	
G	승차	1,641	2,006	1,823	비환승역
	하차	6,580	18,610	10,466	

Table 2에서는 주요역에서의 시간대별 열차 빈도 및 평균시격을 보여주고 있다.

Table 2. 역/시간대별 열차 빈도 및 평균시격

역	구분	빈도 및 평균시격/시간대		
		07~08	08~09	09~10
A	빈도	16	19	21
	시격	225	189	171
B	빈도	14	19	22
	시격	257	189	164
C	빈도	12	19	23
	시격	300	189	157
D	빈도	12	19	23
	시격	300	189	157
E	빈도	17	24	18
	시격	212	150	200
F	빈도	16	23	19
	시격	225	157	189
G	빈도	16	22	20
	시격	225	164	180

4.2 환승객수 배분 및 단위시간당 승하차수요 추정

3.2.2절에 따라 일일 총 환승객수는 시간대/승하차 비율로 배분될 수 있으며, 3.2.3절에 따라 배분결과와 기존 유출입승객수를 합산한 결과를 Table 3에서 보여주고 있다.

Table 3. 역/시간대별 승하차인원수

역	구분	승하차인원수/시간대		
		07~08	08~09	09~10
A	승차	1,084	1,262	1,524
	하차	9,420	23,735	8,212
B	승차	8,066	9,415	5,136
	하차	3,525	11,227	6,374
C	승차	8,349	8,907	5,393
	하차	4,447	13,892	6,705
D	승차	31,802	32,047	15,461
	하차	8,131	17,141	9,902
E	승차	9,733	14,619	7,982
	하차	8,282	15,292	8,772
F	승차	2,717	3,878	2,950
	하차	9,160	19,010	12,138
G	승차	1,641	2,006	1,823
	하차	6,580	18,610	10,466

3.2.4절에 따라 Table 3의 역/시간대별 승하차인원수는 Table 2의 열차빈도 및 시격을 이용하여 내외선/승하차별 단위시간당 수요로 환산할 수 있으며, 결과가 Table 4에 제

시되어 있다.

Table 4. 단위시간당 승하차수요(인/sec)

역	구분	승하차수요(인/sec)		
		07~08	08~09	09~10
A	내선	1.46	3.56	1.21
	외선	1.46	3.38	1.49
B	내선	1.81	2.87	1.35
	외선	1.41	2.87	1.85
C	내선	2.08	3.25	1.33
	외선	1.47	3.09	2.03
D	내선	6.16	6.83	3.19
	외선	4.93	6.83	3.86
E	내선	2.50	3.67	2.26
	외선	2.50	4.64	2.39
F	내선	1.75	2.88	1.98
	외선	1.55	3.48	2.21
G	내선	1.24	2.65	1.52
	외선	1.04	3.07	1.90

4.3 혼잡평준화 모수 설정 및 최소소요 정차시분 추정

3.2.6절의 개념에 따라 혼잡도분류 형태별로 여러 수준의 혼잡평준화 모수를 설정하여 실험한 결과 실제 운행상황과 가장 근사한 결과를 나타낸 200, 180, 150% 수준을 사용하여 3.2.7절의 최소소요 정차시분을 추정한 결과가 Table 5에 제시되어 있다. 외선의 경우에 대한 추정결과이며, 운행계획시 정차시분 기준(30초)보다 큰 결과는 볼드체 처리되어 있다.

4.4 추정결과의 적정성 검토

지금까지 실제 가용한 현장데이터에 제시된 모델을 적용하여 최소소요 정차시분을 추정하였다. 추정결과의 타당성을 검토하기 위하여 출근 피크시간대인 07-10시 사이에 운행한 기록데이터의 산포도(scatter diagram)와 추정결과 선형도를 비교하였다. 운행기록상의 정차시분에는 이례적 사건이나 신호대기, 간격제어 시간이 포함되어 있으므로 이를 배제하고 추정결과와 비교함이 타당하다. 따라서 최대한 이러한 시간이 배제되어 있는 것으로 볼 수 있는 7개 주요 혼잡역에서의 운행기록 정차시분과 추정결과를 비교하였으며, 주요역에서의 운행기록 산포도와 추정결과 선형도를 비교한 결과가 Fig. 2-8에 제시되어 있다. 산포도는 운행기록상 선형열차와의 시격을 x축 이때 기록 정차시분을 y축으로 정리한 결과이며, 선형도는 동일한 x,y축에 Table 5에서의 시간대별 결과를 선형화한 결과이다. 시간대간의 차이가 근소한 경우에는 하나의 선형으로 처리하였다.

Table 5. 역/시간대/선형시격별 최소소요 정차시분

역	시간대	선형열차와의 시격(sec)						
		120	150	180	210	240	270	300
A	07-08	14	16	18	19	21	23	24
	08-09	27	32	36	40	45	49	53
	09-10	15	16	18	20	21	23	25
B	07-08	14	16	17	19	20	22	24
	08-09	25	28	32	36	39	43	47
	09-10	16	18	20	22	24	26	28
C	07-08	15	16	18	19	21	23	24
	08-09	26	30	34	38	42	45	49
	09-10	20	23	26	28	31	33	36
D	07-08	35	42	48	54	60	67	73
	08-09	45	54	62	71	80	89	97
	09-10	30	35	40	45	49	54	59
E	07-08	23	26	29	32	36	39	42
	08-09	34	40	46	51	57	63	69
	09-10	22	25	28	31	34	38	41
F	07-08	15	17	18	20	22	23	25
	08-09	28	32	37	41	46	50	54
	09-10	21	24	27	30	33	35	38
G	07-08	13	14	15	16	17	18	20
	08-09	26	30	34	37	41	45	49
	09-10	16	18	21	23	25	27	29

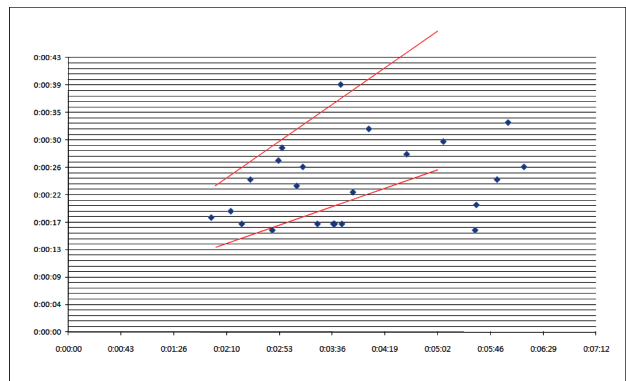


Fig. 2. 주요역 A의 기록자료와 추정결과

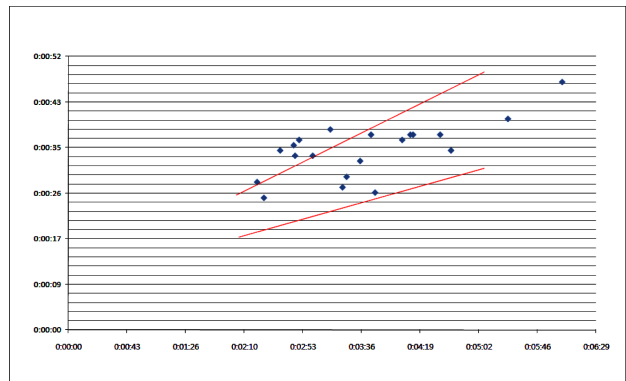


Fig. 3. 주요역 B의 기록자료와 추정결과

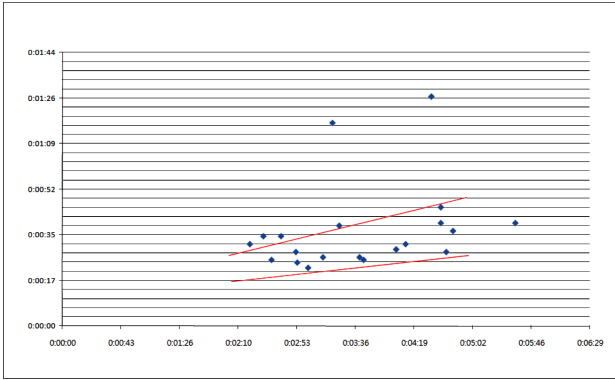


Fig. 4. 주요역 C의 기록자료와 추정결과

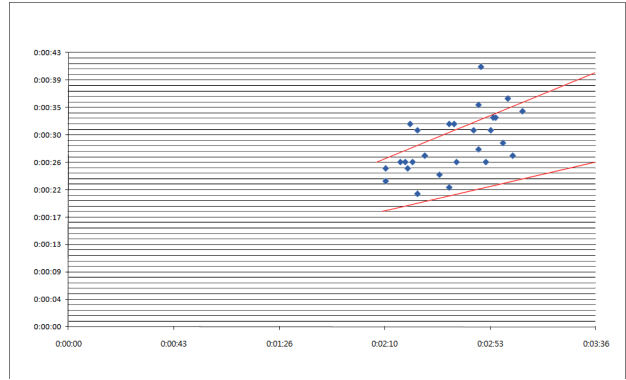


Fig. 8. 주요역 G의 기록자료와 추정결과

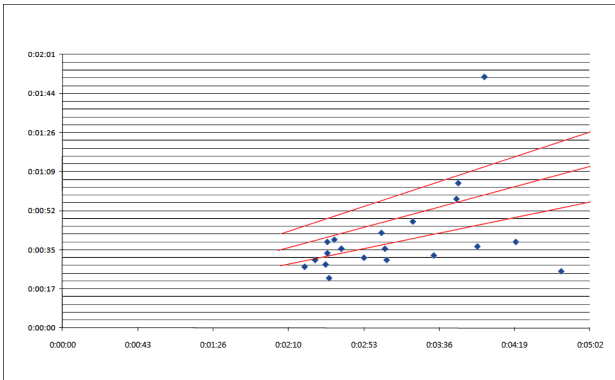


Fig. 5. 주요역 D의 기록자료와 추정결과

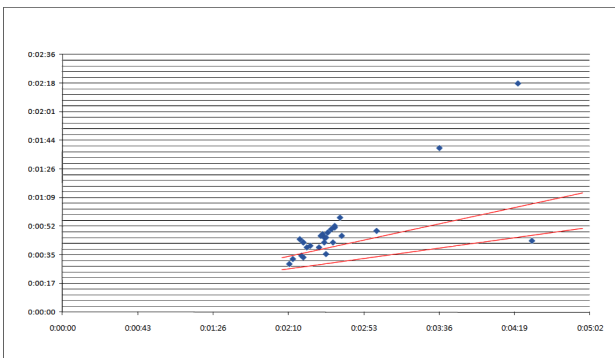


Fig. 6. 주요역 E의 기록자료와 추정결과

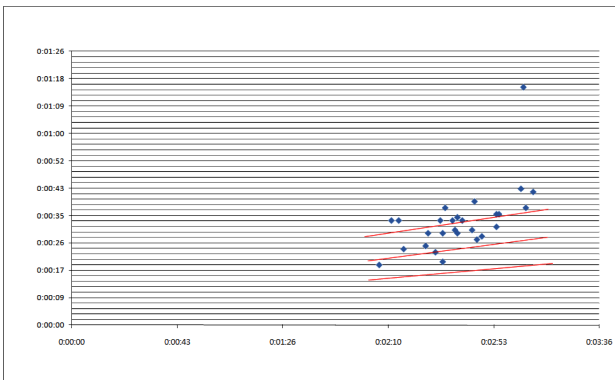


Fig. 7. 주요역 F의 기록자료와 추정결과

앞서 언급한 바와 같이 실제 운행기록자료에는 순순하게 승하차수요인원에 따른 정차시분 만이 아닌 여러 가지 부가적인 영향이 포함되어 있어 정확한 비교분석은 어렵다. 그러나 현 시점에서는 이에 대한 연구 및 현장자료가 없으므로 승하차수요에 따른 정차시분 구성율이 가장 높을 것으로 판단되는 주요 혼잡역의 자료를 비교함으로써 타당성 확보를 시도하였다.

위 비교 그림에서와 같이 실제 운행기록자료와 추정결과를 비교한 결과 이례사건 혹은 인위대기시간의 영향으로 인해 발생된 것으로 추정되는 몇 개의 특이점(plot)을 제외하고는 추정결과가 실제 운행상황을 전반적으로 잘 반영하고 있다고 볼 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 국내 도시철도 운영환경에서 실용적으로 활용할 수 있는 적정 최소소요 정차시분 추정모델을 제시하고 실제 데이터를 사용한 추정결과와 실제 기록데이터의 비교를 통해 타당성을 제시하였다. 최근 광역도시권 궤도교통시스템에 대한 관심이 급증하고 있다. 이용승객수를 보더라도 고속철도, 간선철도에 비해 절대적으로 많으며, 따라서 도시권 궤도교통시스템은 이용자중심의 투자와 운영이 더욱더 필요하다 볼 수 있다. 철도선진국들에서는 이미 오래전부터 운영자관점 만이 아닌 이용자(승객)관점에서의 운영효율화를 추구하고 있으나 국내에서는 아직도 운영자관점에 머물러 있는 이때, 본 논문에서 제시한 적정 최소소요 정차시분 모델은 중요한 의미를 갖는다. 본 연구결과를 기반으로 향후 도시철도시스템의 고객 지향적 투자 및 운영계획과 관련된 연구가 진행될 계획이다.

후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 기본연구사업에 의하여 지원되었습니다. 도와주신 관계자에게 감사함을 표시합니다.

참 고 문 헌

1. 김동희, 홍순흠(2008), “도시철도 운행역에서의 정차시분 추정에 관한 실증연구”, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집.
 2. Michael Pead(2007), “The impact of boarding and alighting passengers on the dwell time at railway stations,” Aston University Online Document, www.michaelpead.co.uk/writing
 3. N. G. Harris and R. J. Anderson(2007), “An international comparison of urban rail boarding and alighting rates,” Proc. IMechE Vol. 221 Part F: J. Rail and Rapid Transit.
 4. Andre Puong(2004), Dwell Time Model and Analysis for the MBTA Red Line, UC Berkeley Center for Future Urban Transport, MIT's Open Course Ware project, Assignments for 1.258. Last accessed October, 2004 at <http://ocw.mit.edu>
 5. Zhang Qi, Han Baoming, and Li Dewei(2008), “Modeling and simulation of passenger alighting and boarding movement in Beijing metro stations,” Transportation Research, Part C 16.
 6. Washington Metropolitan Area Transit Authority(2005), Passenger Flow and Train Dwell Time, <http://www.wmata.com>
 7. William H.K. Lam, Chung-Yu Cheung, and C.F. Lam(1999), “A study of crowding effects at the Hong Kong light rail transit stations,” Transportation Research, Part A 33.
 8. 오석문, 김형진(2005), “서울시 혼잡 지하철역의 승하차 시간 분석,” 한국철도학회 춘계학술대회 논문집.
- 접수일(2009년 8월 19일), 수정일(2009년 12월 7일),
게재확정일(2009년 12월 24일)