

고속철도(KTX) 수요에 따른 dwelling time예측 모형개발
**Defining Rail Transit Level of Service and Analysis of its Affection
According to Rapid Transit Railway(KTX)**

서선덕*
Suh, Sun-duck

신영호**
Shin, Young-ho

심현진***
Shim, Hyun-jin

김환수***
Kim, Hwan-su

ABSTRACT

Dwelling time is one of the factors that influence in rail. Current research in dwelling time has been focusing on railways, the state of the research in high-speed rail's dwelling time is not complete.

Dwelling time is consisted of time to open door, time to get into and out of vehicle and time of the departure it takes after the passenger's door was closed, it was affected by various factors such as congestion's degree in vehicle, the number of persons that get into and out of vehicle, congestion's degree in station. In order to analyze theses, we need data analysis such as the number of persons that get into and out of vehicle, congestion's degree in station, congestion's degree in vehicle, but the congestion's degree and passenger's distribution chart in vehicle is excluded in this research due to difficulty of gathering data, and thus we will develop forecasting models through high-speed rail's demand most affected by the dwelling time.

국문요약

정차시간은 철도의 용량에 영향을 미치는 요소 중의 하나이다. 현재 정차시간에 대한 연구는 도시 철도 위주로 연구되어 왔으며, 고속철도의 정차시간에 대한 연구는 이루어지지 않은 상태이다.

정차시간은 열차가 정차한 뒤 문이 열리는 시간, 승객의 승하차시간, 문이 닫힌 후 열차 출발 전까지의 걸리는 시간으로 구성되어 있으며, 차량 내 혼잡도, 승/하차 인원, 역내 혼잡도 등의 다양한 요인들의 영향을 받는다. 이를 분석하기 위해서는 승/하차 인원, 역내 혼잡도, 차량 내 혼잡도 등의 자료 분석이 필요하나, 차량 내 혼잡도 및 차량 내 승객의 분포도 등은 자료 수집의 어려움으로 인하여 본 연구에서는 제외하므로, 정차시간에 가장 영향을 많이 미치는 수요를 통하여 고속철도 수요에 따른 정차시간 예측 모형을 개발하겠다.

* 한양대학교 교통시스템공학과 교수, 정회원
E-mail : sunduck@hanyang.ac.kr
TEL : (031)400-4033 FAX : (031)406-6290

I 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1960년대 중반 이후 경부고속도로의 개통과 더불어 도로중심으로 정책이 펼쳐지자 이후 30여 년간 철도에 대한 투자비중은 낮아지고, 이에 따라 철도 수송 부담율도 저하 되었다. 이러한 철도 산업은 2004년 서울과 부산을 KTX의 등장으로 서서히 부활하기 시작하여 다시 중요한 여객교통수단으로 부각되고 있다. 따라서 다양한 철도 시설 투자가 많아지고 있고, 중장거리 교통에서 큰 비중을 차지하고 있는 철도시스템에 있어 용량은 매우 중요한 척도이고, 운영계획의 기본이 된다.

철도선로의 용량은 그 노선을 운행하는 열차편성의 빈도수에 의해 결정된다. 빈도수를 결정하는 데에는 각역의 정차시간설정이 가장 중요하다.

기존에 도시철도 정차시간 분석을 통한 모형식 개발에 관한 연구 이루어 진바가 있지만 아직 지역 간 철도의 정차시간에 대해서는 이루어지지 않았다.

이에 본 연구에서는 역사 시계 산정이 중요한 요소인 정차 시간에 영향을 주는 사항들을 살펴본 후, 사례연구를 통하여 지역 간 철도 중에서도 KTX에 대한 정차시간 예측 모형식을 산출하고, 이를 도시철도와 비교 하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

2006년 2월 경부선 주요역의 KTX 승하차실적자료 <표 1>을 살펴보면 서울이 가장 많았고, 다음으로 동대구가 가장 두 번째로 많았다.

<표 1> 주요역 1일 이용인원
(2007년 2월)

구분	승차	하차	계
서울	794,505	840,576	1,635,081
광명	15,4332	155,618	309,950
천안·아산	83,889	82,977	166,866
대전	310,870	293,710	604,580
동대구	495,475	483,286	978,761
부산	469,460	462,568	932,028

본 연구는 경부선 KTX 주요역의 전 구간을 조사대상으로 선택하였으며, 서울과 부산은 출발/도착역의 특성상 정차시간에 대한 모형식을 산출하는데 적합하지 못하여 분석 역에서는 제외시켰다.

기존의 도시철도 연구와는 다르게 Ticket Sales 및 열차운행정보자료를 수집하여

보다 정확한 데이터를 가지고 연구를 수행할 수 있었다.

정차시간에 영향을 주는 변수는 TCRP(Transit Cooperative Research Program)에서 제시하고 있는 다섯 가지 변수(승차인원, 하차인원, 플랫폼 대기자 수, 량당 승객 수, 차량 내 혼잡)로 하였다.

이 다섯가지 변수에 대한 설명은 다음과 같다.

첫째 : 승차인원

- 열차에 승차하는 인원이 많을수록 정차시간은 증가한다.

둘째 : 하차인원

- 열차에 하차하는 인원이 많을수록 정차 시간은 증가 한다.

셋째 : 플랫폼 대기자 수

- 플랫폼에 대기하고 있는 대기인원이 많을수록 하차하는 인원과의 상충으로 인하여 정차시간이 증가한다.

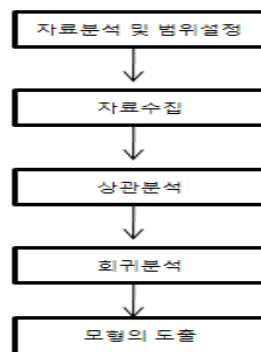
넷째 : 차량 내 혼잡

- 열차가 플랫폼에 도착할 때 차량 내에 탑승해 있는 인원이 많을수록 승차하는 인원과의 상충으로 정차시간이 증가한다.

다섯째 : 량당 승객수

- 출입구나 환승구 근처의 차량에 승객이 집중해 있기 때문에 승차, 하차 시간이 증가하여 정차시간이 증가한다.

<그림 2>는 본 연구에서 수행한 연구의 흐름도를 나타낸다.



<그림 1> 연구 수행 과정

II. 연구사례 및 문헌고찰

1. 철도용량의 기본개념

일반적으로 철도 선로 용량의 기본 개념은 한 시간 동안 한 방향으로 하나의 트랙이 수송할 수 있는 최대열차의 운행회수를 의미한다. 연구에서 사용되어 지는 용량은 개념상 설계용량(Design Capacity)과 가능요량(Achievable Capacity)으로 구분된다. 설계용량(Design Capacity)은 이론적인 최대 용량으로 각 량당 승객들이 균일하

계 모두 차있을 경우로 가정한 용량이다. 여기에 실제상황을 고려한 용량 (Achievable Capacity)으로 이것이 모든 객차에 승객들이 균일하게 모두 탑승해 있다는 가정이 아니라 침두시간에 유동적인 승객을 고려한 용량이다. 본 연구에서 사용되어지는 용량은 가능용량(Achievable Capacity)이다. 여기서 선로 용량(Line Capacity)은 다음과 같이 표현 될 수 있다. 선로용량은 열차의 빈도수에 의해 결정되어진다.

$$C = \frac{3600}{\text{Headway}} \quad (1)$$

C = 선로용량

headway = max(선구시격, 역사시격)

선구의 시격(Line Headway)은 안전 제동 거리, 제동 거리, 운행속도를 초과하여 운행한 거리에 최소안전시격을 대입하면 식(2)과 같이 표현된다.

$$H(l) = \frac{L}{v_l} + \left(\frac{100}{K} + B\right)\left(\frac{v_l}{2d_s}\right) + \frac{a_s t_{os}^2}{2v_l} \left(1 - \frac{v_l}{v_{\max}}\right) + t_{os} + t_{jl} + t_{br} \quad (2)$$

H(l) : 선구시격

L : 열차의 최대길이 (m)

v_l : 선로에서의 열차 속도 (m/s)

K : 제동 안전 계수(보통 75%사용)

B : 열차 간격 안전 계수

t_{os} : 과속감지 및 조절장치 작동시간

t_{br} : braking jerk 손실시간 (sec)

t_{jl} : 출발완화 시간(sec)

a_s : 선로의 가속도 (m/s^2)

d_s : 서비스 감속도 (m/s^2)

역사의 시격은 열차의 길이, 정차시 열차의 앞부분과 출구까지의 거리, 감속률, 정차시간 등에 의해 결정된다. 열차가 역사를 완전히 빠져나가는데 걸리는 시간(Time to Clear Platform)은 식(3)과 같다.

$$t_c = \sqrt{\frac{2(L+D)}{a_s}} \quad (3)$$

플랫폼내의 역사시격은 식 (4)와 같다.

$$H(l) = \sqrt{\frac{2(L+D)}{a_s}} + \frac{L}{v_l} + \left(\frac{100}{K} + B\right)\left(\frac{v_l}{2d_s}\right) + \frac{a_s t_{os}^2}{2v_l} \left(1 - \frac{v_l}{v_{max}}\right) + t_{os} + t_{jl} + t_{br} + t + t_{om} \quad (4)$$

$H(l)$: 선구시격

L : 열차의 최대길이 (m)

v_l : 선로에서의 열차 속도 (m/s)

K : 제동 안전 계수 (보통 75% 사용)

B : 열차 간격 안전 계수

t_{os} : 과속감지 및 조절장치 작동시간

t_{br} : braking jerk 손실시간 (sec)

t_{jl} : 출발완화 시간 (sec)

a_s : 선로의 가속도 (m/s^2)

t_d : 정차시간 (sec)

t_{om} : 운행 여유 시간 (sec)

d_s : 서비스 감속도 (m/s^2)

위에서 설명한 선구의 시격과 역사의 시격 중 큰 값이 선로의 용량 산정 시 적용이 되는 시격이다. 지역 간 철도의 경우 역간 거리가 길고 역사의 규모가 크기 때문에 역사의 시격 보다 선구의 시격이 중요시되지만 본 연구에서는 정차시간 예측 모형 식을 개발하여 도시철도와 비교하는 것이 목표이기 때문에 역사의 시격이 선로의 용량 산정 기준이 된다.

2. 정차시간 (Dwell Time)의 정의

정차시간은 <그림 3>에서 나타나듯이 3부분으로 구성되어 있으며, 열차가 정차 한 뒤 문이 열리는 시간, 승객의 승하차시간, 문이 닫힌 후 열차출발 전까지 걸리는 시간의 합이다.

승객의 승차, 하차시간은 나머지 요소들과는 달리 여러 환경에 의해 가변적으로 변한다.



<그림 2> 정차시간 개요

도시철도에서 정차시간은 승객의 승차, 하차 시 flow Time에 의해 결정된다고 할 수 있다. 승객의 승차, 하차가 한 방향으로 이루어지기 때문에 승차와 하차 간의 상충이 발생하고 또한 승객이 승차 시 차량내의 혼잡상태, 하차 승객은 역사의 혼잡상태에 따라 정차시간이 달라 질 수 있다. 차량내의 혼잡상태와 Platform의 혼잡상태는 역사 출입구의 위치와 환승구의 위치에 따라 달라지고 한 편성 열차의 각 차량당 분포도 등도 달라진다. 하지만 본 연구에서 다루는 KTX에서 정차시간은 도시철도와는 다르게 승객의 좌석이 정해져 있고, 또한 다른 열차와는 달리 입석도 존재하지 않으므로 차량 당 승객분포도, Platform의 혼잡도는 균등할 것이다. 따라서 본 연구에서는 승객의 승/하차 인원을 살펴보고 이에 따른 정차시간 산정모형을 산출하고자 한다.

3. 국내외 연구사례 및 착안점 제시

국내 도시철도에 관한 연구는 김상역(2002)에 의해 시도 되었다. 김상역(2002)은 선로용량에 영향을 주는 역사 시격과 선구 시격 중에서 수도권 지하철처럼 역의 규모가 작고 수요가 집중도가 생기는 이유로 인하여 역사 시격을 선로 용량 산정 시 기준이 되는 시격으로 보았다.

$$DT = 1.629 + 4.897 \times (AIBo) \quad (R^2=0.93) \quad (5)$$

DT : 정차 시간

AIBo : 승차 인원, 하차 인원의 합

국외에서는 ALLE. P.(1981)는 정차 시간이 전체 열차 빈도수에 미치는 영향을 조사하여 용량을 산정하는 과정에 적용을 한 연구이다. Queens Plaza Station에서 실질적인 정차시간 데이터를 수집하고 통계적 확률이론을 이용하여 정차시간을 예측하였다.

LIN, TYH-MING과 WILSON, NIGEL H.M.(1992)은 회귀 분석을 통하여 Massachusetts의 LRT의 정차 시간을 예측하였다.

• One - car train

$$DT = 9.24 + 0,71 \times Tons + 0,52 \times Toffs + 0.16 \times LS \quad (R^2=0.62) \quad (6)$$

• Two - car train

$$DT = 13.93 + 0.27T_{ons} + 0.36T_{offs} + 0.36T_{offs} + 0.0008SUM_{asls} \quad (R^2 = 0.70) \quad (7)$$

DT : 정차시간

Tons : 승차인원수

Toffs : 하차인원수

SUMasls : 출발시 입석 인원과 하차인원과 도착 시 입석인원 중 하차인원

William H. K. Lam (1998)은 홍콩의 MTRC (Mass Transit Railway Corporation)의 역사 중 가장 혼잡한 역사 3곳의 자료를 가지고 정차시간을 예측하는 모형을 만들었다. 관측자료는 승차인원수, 하차인원수, 정차시간으로 하였고 승/하차 인원 에 따른 정차시간을 모형화 하였다. 역사별 정차시간 추정식은 <표 2-1> 과 같다

<표 2> 선택역사의 모형식

Station	R^2	예측된 모형식	Sample size
Quary Bay	0.89	$DT = 9.21 + 0.0260A_1 + 0.0141B_0$	44
Kowloon Tong	0.87	$DT = 10.1 + 0.0215A_1 + 0.0182B_0$	41
Mongkok	0.85	$DT = 11.2 + 0.013A_1 + 0.0183B_0$	45

<표 2>의 모형은 역사에서 수집된 자료를 이용하여 각 역의 모형을 예측한 것이다. 또한 각 역사에서 수집된 모든 자료를 이용하여 예측한 식은 아래와 같다.

$$DT = 10.5 + 0.021A_1 + 0.016B_0 \quad (R^2 = 0.75) \quad (8)$$

DT : 정차시간

A1 : 하차인원수

B0 : 승차인원수

Andre Puong (2000)은 MTBA (massachusetts Bay Transportation Authority) Red Line에서 특히 역에서 열차 정차시간은 노선 운행 시간과 배차간격의 변수와 서비스 품질에 영향을 미친다고 보았다. Red Line의 Kendall역과 South Station역에서 99년 봄과 가을 동안 아침 피크시에 데이터를 가지고 정차시간에 영향을 주는 변수로는 승차인원, 하차인원, 차량 내 혼잡으로 하여 총 54개의 데이터로 통계적인 기법인 회귀분석을 이용하여 다음과 같은 정차 시간 예측 모형 식을 도출 하였다.

$$DT = 12.22 + 2.27B_d + 1.82A_d + 6.2^{10^{-4}} TS_d^3 B_d \quad (R^2 = 0.89) \quad (9)$$

DT : 정차시간

B_d : 승차인원

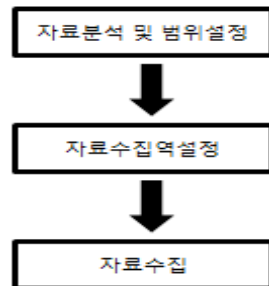
A_d : 하차인원

TS_d : 각 량당 승객 수

Chung - Yu Cheung, C.F.LAM (2002)은 홍콩 LRT의 정차시간 예측 모형 식을 도출하였다. 혼잡역 선정 방법은 하루의 두 번씩 발생하는 첨두시간중 승객의 집중 현상이 가장 많은 오전 첨두시 가장 혼잡한 역을 설정 하였다. 첨두시 가장 혼잡역 Hung Shui Kjus, Hong Lok Station 두 곳에서 정차시간에 영향을 주는 변수로는 열차 도착 시 탑승해 있는 승객 수, 승차인원, 하차인원, 열차의 정차시간을 조사하여 통계적 기법인 회귀분석을 통하여 정차시간 모형식을 도출하였다. 도출된 정차시간 예측 모형 식은 <표 3>과 같다.

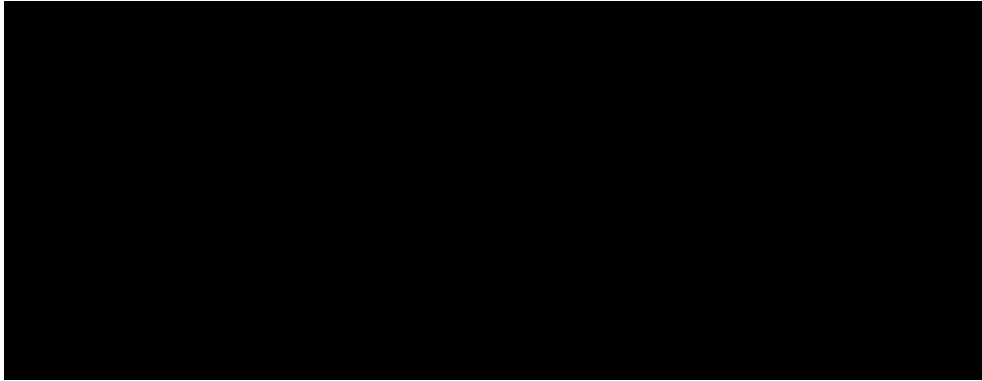
III. 자료수집

자료수집의 일반적인 절차는 <그림 4>와 같다. KTX노선 중에서 경부선의 주요구간역을 대상역으로 설정하였다. 조사역은 경부선 KTX노선 전 구간에 걸쳐 수행하였으며, 조사항목은 정차시간에 영향을 주는 다섯 가지 변수 중, 승차인원, 하차인원을 조사하였다.



<그림 3> 자료수집 개요

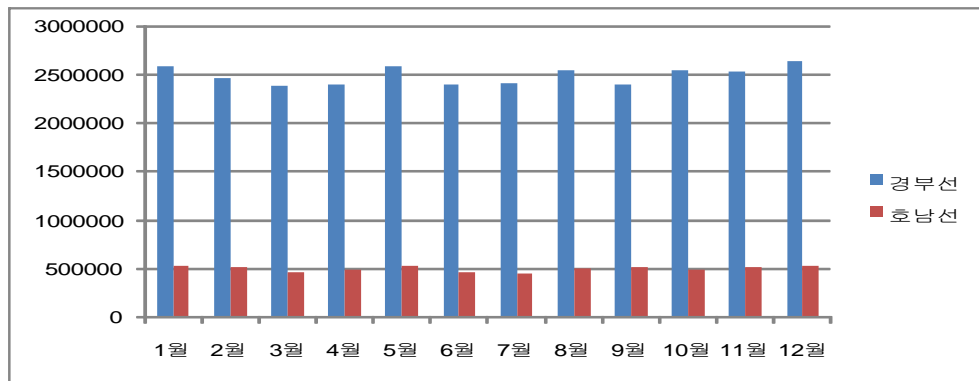
승하차 인원은 서울역이 가장 많았으며 , 두 번째로는 부산역이 그 다음이었다.



(단위: 명)

<그림 4> KTX 역 별 승하차 승객 수 (2007년 12월 기준)

요일별로는 주말이 평일이 많았으며, 월별로는 12월, 1월이 가장 많았다. 일별로는 설날, 추석 등의 공휴일이나 연말이나 연초가 다른 날보다 많았다.



(단위: 명)

<그림 5> 경부선 KTX 월 별 승하차 승객 수

이에 필요한 데이터 수집은 Ticket Sales나 열차운행정보자료를 가지고 이루어져 기존의 도시철도에 이루어지는 현장 조사에서는 많은 오차가 발생할 수 있었으나, 본 연구에서 다루는 KTX에 있어서는 보다 정확한 자료를 가지고 수행할 수 있었다.

IV. 정차시간 예측 모형 개발

1. 현황

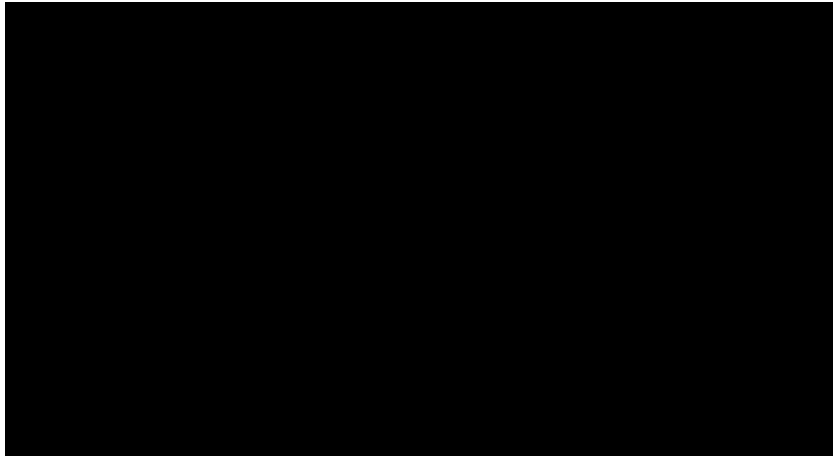
전 구간□전 시간에 걸친 자료를 가지고 정차시간 예측모형을 개발해야 하나, KTX는 도시철도와는 달리 시간대별 승□하차의 분포가 상당히 많은 차이가 나서 모형식 구축에 관한 상관분석을 구축하는 데 어려움이 있었다. 따라서 승□하차의 분포에 큰 차이가 없는 천안□아산역을 조사 자료 대상으로 선택하였다. 12월 8일 전 시간에 걸쳐 천안□아산역에서 수집한 정차시간에 영향을 주는 변수인 승차인원, 하차인원수를 바탕으로 정차시간과의 상관분석을 실시하였다.

<표 3> 승□하차인원 및 정차시간

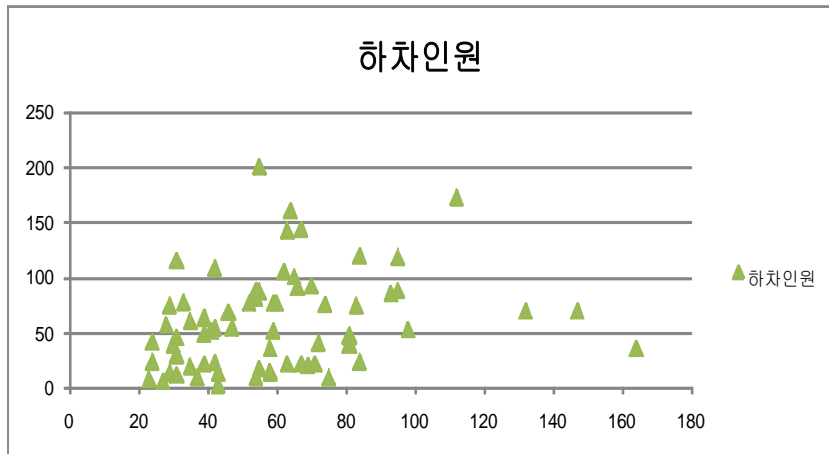
열차 번호	승차 인원	하차 인원	계획 정차시간	실제 정차시간
101	35	17	90	55
102	23	29	90	31
104	28	19	90	35
105	14	9	90	75
109	51	13	90	58
110	64	54	90	42
111	85	14	90	58
113	93	20	90	69
114	64	100	90	65
117	145	23	90	84
120	80	142	90	63
121	138	21	90	71
127	157	38	90	81
130	116	143	90	67
134	71	54	90	47
137	130	47	90	81
140	119	119	90	84
144	62	75	90	74
145	233	69	90	132
150	118	108	90	42
155	221	172	90	112
158	79	160	60	64
159	176	88	90	95
162	74	200	90	55
167	162	92	90	70
170	31	48	90	39
173	66	51	90	59
174	46	115	90	31
177	80	40	90	72
181	75	105	90	62
183	46	90	60	66
184	23	74	90	29

열차 번호	승차 인원	하차 인원	계획 정차시간	실제 정차시간
261	139	21	90	67
262	28	45	90	31
266	24	81	90	54
268	18	76	90	59
269	60	35	90	58
273	89	9	90	37
277	123	74	90	83
280	23	87	90	55
281	72	22	90	42
285	31	2	90	43
287	65	9	90	54
301	12	13	90	43
302	31	13	90	29
303	12	38	90	30
304	86	46	90	81
305	124	68	90	46
307	82	51	90	41
308	105	69	90	147
310	135	118	90	95
312	61	60	90	35
313	52	85	90	93
314	54	35	90	164
315	51	63	90	39
316	17	23	90	24
331	16	76	90	60
332	28	5	90	27
333	4	77	60	33
334	15	7	90	23
351	31	21	90	39
352	122	76	90	52
353	71	52	90	98
354	102	88	90	54
601	33	41	90	24
602	82	21	60	63
603	11	56	90	28
604	7	11	90	31

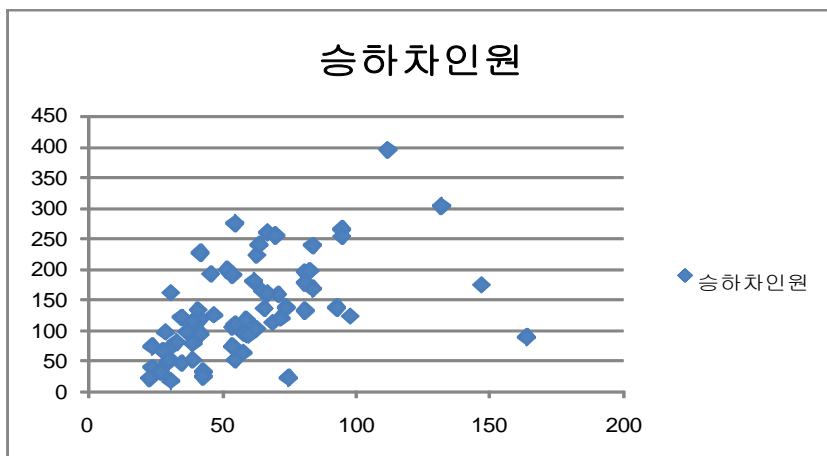
열차운행정보와 Ticket sales 자료를 통해 얻은 승차인원, 하차인원, 그리고 정차시간에 대한 관계를 산점도로 나타내었다. 승차인원과 하차인원이 정차시간에 미치는 영향을 각각 다르다. 따라서 본 연구에서는 승차인원과 하차인원을 각각에 다른 변수로 적용하여 모형을 개발하였다. 더불어 승차인원과 하차인원의 합에 대한 정차시간의 변화도 함께 고려하였다.



<그림 6> 정차시간과 승차인원과의 관계



<그림 7> 정차시간과 하차인원과의 관계



<그림 8> 정차시간과 승하차인원과의 관계

2. 정차시간 예측 모형

<표 3>에서 제시된 승차인원, 하차인원과 위의 그림에서 제시된 정차시간과의 관계를 통하여 정차시간 예측모형을 구축하였다. 자료로는 월별□일별 승객수가 가장 많은 2007년 12월 8일 천안□아산역의 모든 KTX 열차에 대하여 활용하였다. 자료의 총 수는 68개로서 정규분포를 따른다고 가정하였다.

1) 승차인원과 하차인원을 독립변수로 하는 경우

$$DT = 33.85475 + 0.1954A1 + 0.35146Bo$$

	회귀분석 통계량	회귀분석 통계량
다중 상관계수	0.60171	
결정계수	0.362055	
조정된 결정계수	0.342426	
관측수	68	

	계수	표준 오차	t 통계량
Y 절편	34.27706	5.506522	6.224812
승차인원	0.320619	0.058133	5.515271
하차인원	0.035146	0.06861	0.512264

2) 승차인원과 하차인원의 합을 독립변수로 하는 경우

$$DT = 33.85475 + 0.195425□BA$$

	회귀분석 통계량	회귀분석 통계량
다중 상관계수	0.536685	
결정계수	0.288031	
조정된 결정계수	0.277244	
관측수	68	

	계수	표준 오차	t 통계량
Y 절편	33.85475	5.770741	5.866621
승하차인원	0.195425	0.03782	5.167268

두 모형식의 통계값을 검증한 결과, 모든 모형의 계수값의 부호는 현실에 맞게 나온 것을 확인 할 수 있다. 각 모형의 R²값은 0.36과 0.28로서 낮은 값이 나온 것을 알 수 있다. 이러한 문제는 도시철도와 달리 KTX의 승하차 인원이 서울역이나 부산역과 같이 특정 역에 따라서 승차 또는 하차만 이루어지는 편중 현상이 있기 때문인 것으로 보인다.

이러한 두 모형식의 통계값과 각 변수들 간의 상관관계를 종합적으로 고려해 보았

을 때 승차인원과 하차인원을 합한 값을 변수로 적용한 두 번째 모형식보다 승차인원과 하차인원을 각각의 변수로 적용한 모형식이 현실을 잘 반영한 모형이라 판단된다.

<표 4> 조사된 정차시간과 예측된 정차시간의 비교

열차 번호	계획 정차시간	실제 정차시간	예측 정차시간
101	90	55	51
102	90	31	52
104	90	35	50
105	90	75	42
109	90	58	55
110	90	42	74
111	90	58	66
113	90	69	71
114	90	65	90
117	90	84	89
120	90	63	110
121	90	71	86
127	90	81	98
130	90	67	122
134	90	47	76
137	90	81	92
140	90	84	114
144	90	74	81
145	90	132	133
150	90	42	110
155	90	112	166
158	60	64	116
159	90	95	122
162	90	55	128
167	90	70	119
170	90	39	61
173	90	59	73
174	90	31	89
177	90	72	74
181	90	62	95
183	60	66	81
184	90	29	68
261	90	67	86
262	90	31	59
266	90	54	70
268	90	59	67
269	90	58	66
273	90	37	66
277	90	83	100

열차 번호	계획 정차시간	실제 정차시간	예측 정차시간
280	90	55	72
281	90	42	65
285	90	43	45
287	90	54	58
301	90	43	43
302	90	29	49
303	90	30	51
304	90	81	78
305	90	46	98
307	90	41	78
308	90	147	92
310	90	95	119
312	90	35	75
313	90	93	81
314	90	164	64
315	90	39	73
316	90	24	48
331	90	60	66
332	90	27	45
333	60	33	63
334	90	23	42
351	90	39	52
352	90	52	100
353	90	98	75
354	90	54	98
601	90	24	59
602	60	63	68
603	90	28	57
604	90	31	40

V. 결론

기존의 도시철도에서는 정차시간에 영향을 주는 변수를 통하여 정차시간 예측 회귀 모형 식을 산출하는 경우는 있었으나, KTX에 대해서는 아직 이루어진 바가 없다.

이에 본 연구에서는 도시철도와는 그 특성이 상이한 KTX의 정차시간에 대하여 연구가 이루어졌다. 앞에 소개한 TCRP13에서 제시한 정차시간에 영향을 미치는 다섯 가지 요소 중 승차인원과 하차인원에 대한 자료를 분석하여 KTX에 대한 정차시간 예측모형을 산출하였다. 도시철도와 달리 KTX의 경우 승차/하차 인원, 차내 혼잡도의 정확한 값을 알 수 있어 모형식을 산출하는데 비교적 용이하였다.

열차운행정보와 Ticket sales data를 바탕으로 하여 얻어낸 승차인원과 하차인원을 변수로 사용하여 승/하차인원에 따른 정차시간의 변화를 모형으로 산출하였다.

승차인원과 하차인원에 의한 정차시간 예측모형을 산출한 후 실제 조사 자료를 적용하여 예측값과 실제값의 차이를 살펴본 결과 천안/아산역에서 승/하차인원이 가장 많은 398명의 경우 실제 정차시간은 112초이며, 모형에 의한 정차시간은 131초로 나왔다. KTX 시간표에 의한 계획정차시간이 90초인 것을 보면, 모형식에 의한 정차시간 값이 현실에 더 맞는 것으로 나타났다.

이를 바탕으로 전 구간에 대한 모형식을 통한 정차시간을 예측해 본 결과 계획정차시간을 적용했을 때보다 모형식을 통한 정차시간을 적용했을 때 정차시간이 부족한 경우가 약 10% 줄어드는 것을 알 수 있었다.

결과적으로 기존 KTX의 정차시간은 수요를 반영하지 못한 값으로 이에 대한 본 연구뿐 만 아니라 조금 더 정확한 정차시간 예측 모형을 산출하기 위하여 차내 혼잡도뿐 만 아니라 침두시간에 대한 특성 등을 고려한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

VI. 참고문헌

1. 김상역(2002), "서울시 지하철 정차 시간 관계식의 개발과 용량에의 영향 분석", 한양대학교
2. 박정수(2006), "도시철도 정차시간 분석을 통한 모형식 개발에 관한 연구 (서울시 도시철도 4호선을 중심으로)", 한양대학교
3. ALLE., P, 1981, Improving Rail Transit Line Capacity Using Computer Graphics, Logistics and Transportation Review, Vol17, No4[3]
4. Lin, TYH_MING and WILSON, NIGEL H.M., 1992, Dwell Time Relationships for Light Rail Systems, Transportation Research Record, 1361
5. IAN FISHER, TOM PARKINSON, 1996, Rail Transit Capacity, TCRP Report13
6. Transit Capacity and Quality of Service Manual, 1999, TCRP Web Document6