역 매표창구수 결정 모형에 관한 연구

A Study on Decision Making Model for the Optimum Number of Ticket Booth

김 익 희* 이 경 태** 도 하 나***

Kim, Ick Hee Lee, Kyung Tae Do, Ha Na

ABSTRACT

As the ticket issuing methods have been diversified for the convenience of the passengers such as ticketless service(SMS ticket, e-ticket, home ticket), automatic ticket issuing machine and consignment ticket sale, maintaining the current number of ticket booth has been becoming a issue. Too many booth can cause the inefficiency of the cost of labor. According to the Charter of Customer Service of Korail, on the other hand, 95% of passengers have to purchase a train ticket within 5 minutes.

This study was designed to present a decision making model for the optimum number of ticket booth which can affect an efficient operation of train station and improvement of customer convenience. And, this paper shows the proper manpower of ticket booth and the change of customer waiting time by analyzing the arrival and ticket issuing time of passengers based on 'Queueing Theory'. However, it is insufficient to be generalized due to some limitations of analysis.

This study will contribute to improve customer satisfaction by reducing the waiting time at the ticket booth. In addition, presenting the optimum number of booth is expected to have an effect on the increase of productivity and cost savings.

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

티켓리스, 자동화기기(ATM, STM), 판매위탁 등 승차권 발매 유형의 다변화됨에 따라 역사내 매표창구수를 이전대로 유지하는 것이 비효율적 운영이라는 문제가 제기되고 있으며, 코레일 고객서비스헌장에 95%이상의 고객이 5분 이내에 승차권 구입이 가능하도록 서비스함을 명시하고 있다.

이에 본 연구에서는 역사 공간의 효율적 운영 및 고객서비스 편의 증진을 위해 발권매체별 실적을 분석하고 역별 적정 매표창구수 산정 방법에 대해 검토하고자 한다.

1.2 연구 내용 및 수행과정

본 연구는 전체 5장으로 구성되어 있으며 상세한 연구 내용 및 수행 과정은 다음과 같다.

제2장에서는 본 연구의 이론적 근거인 대기행렬 모형 이론 및 분석 방법, 기존 연구사례 등을 검토하였으며, 제3장에서는 실제 승차권 발매 실적을 분석하고 대기행렬 모형 시뮬레이션을 위한 검증을 시행하였다.

* 코레일 연구원 경영연구팀 연구원, 비회원
E-mail : kimickhee@paran.com
TEL : (042)609-3305 FAX : (042)609-4915
** 코레일 연구원 경영연구팀 연구원, 비회원
*** 코레일 연구원 경영연구팀 연구원, 비회원

또한 제4장에서는 실제 역의 오전, 오후 첨두시간 승차권 발매 패턴 조사 Data에 의한 대기행렬 모형 시뮬레이션 결과를 산정하였다. 마지막으로 제5장 결론 및 향후 연구과제에서는 연구의 종합적 내용 및 보완점, 향후 연구추진 계획을 제시하였다.

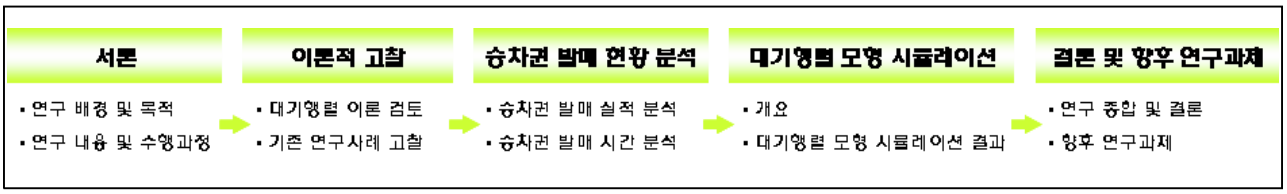

그림 1. 연구 수행과정

2. 이론적 고찰

2.1 대기행렬 이론 검토

대기행렬(Queue 또는 Waiting Line)은 톨게이트, 주차장 및 은행 창구, 매표소 등에서 서비스를 받기 위해 사람(차량 또는 물건)이 줄지어 대기함으로써 발생하는 현상을 포괄적으로 의미하며 일반적으로 대기행렬은 서비스를 제공하는 주체(용량) 보다 서비스를 받고자 하는 대상(수요)이 많을 경우 발생한다.

대기행렬 이론은 대기행렬에 대한 명확한 원인을 규명하고 개선하기 위한 연구로써 고객의 평균 대기시간 및 평균 대기행렬, 서비스 제공 시스템의 유휴시간(Idle Time) 등을 분석하여 비용 최소화를 위한 효율적 의사결정을 지원하는 기술통계학적 기법이며 기본 구조는 다음과 같다.

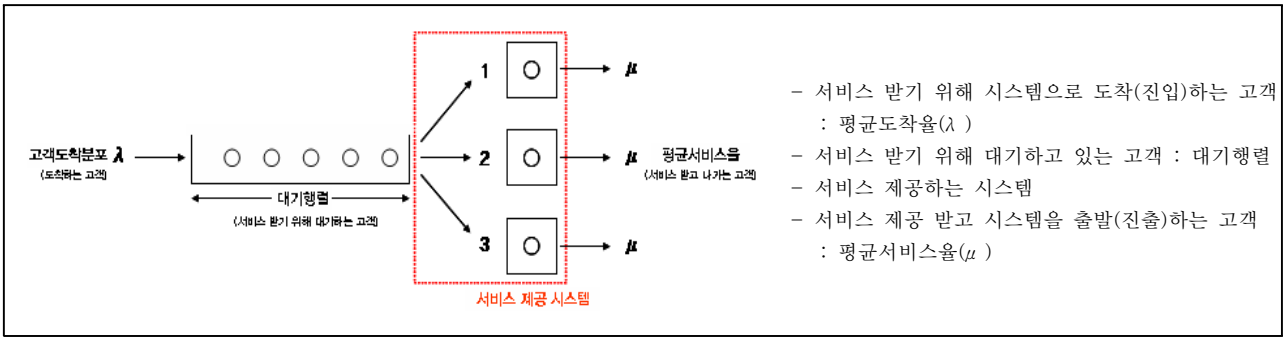

그림 2. 대기행렬 기본 구조도

일반적으로 대기행렬 모형에서 고객 도착 패턴은 포아송분포를, 서비스 시간 분포는 음지수분포를 따르며, 본 연구에서는 고객 도착 패턴 및 서비스 시간 등을 조사하고 이 들 변동 패턴이 어떠한 분포와 가장 유사한지 비교하기 위해 기술통계분석 및 Kolmogorov-Smirnov검증을 하였다.

2.2 기존 연구사례 고찰

현재 역사내 매표창구수는『철도 건축물 설계 지침, 대한건축학회』의 설계 기준을 근거로 하여 역별 1일 승차인원에 대한 매표처리능력을 감안 산출되고 있으나, 이는 최근 역사내 발권 기능의 약화 및 매체의 다변화 동향을 고려할 때 적합성이 낮다고 판단된다.

이에 역사 공간의 효율적 운영 및 고객 대기시간 최소화를 위한 적정 매표창구수 결정 방법이 요구되고 있으며, 이와 유사한 목적으로 다수의 연구가 기 수행된 바 있다.

본 연구에서는 역사내 매표창구의 고객 도착시간 및 서비스시간을 조사하여 실질적인 대기행렬 모형에 부합되는지 검증하고 적용 가능성을 검토하고자 하였으며, 기존 연구사례의 검토 내용은 다음과 같다.

표 1. 기존 연구사례 검토 내용

연구과제명	내용
은행창구 인력의 적정 배치를 위한 의사결정 모형 설계	· 대기시간 최소화를 위한 적정 창구 인력 배분의 과학적 의사결정 모델 제시 · 은행 창구별 고객 도착시간 및 서비스시간을 조사 · 기술통계분석 및 시간 분포 적합도 검정 · 창구의 서비스시간 단축에 따른 최적인원 및 평균 대기시간 변화 산정
고속도로 톨게이트 운영 결정 모형 개발 및 최적운영방안	· 톨게이트 부분에서의 서비스시간 증가에 따른 상습정체 → 이용자 불편 초래 · 기존 TCS 및 ETC, 복수요금소, 전자지불카드 시스템 등 혼용 운영시 최적 통합운영 방안 모색 · 현장조사치와 시뮬레이션 결과를 비교함으로써 모형의 정확성 검증 (Mean Absolute Deviation 및 Mean Absolute Percent Error 활용)
공항 탑승수속의 대기행렬에 관한 연구	· 고객의 인지 대기시간과 실제 대기시간과의 차이 규명 · 이론적 고찰에 의한 개념적 대기행렬 모델 구축 (설문조사에 의한 실증 연구 병행하여 실시)
대기행렬 이론을 이용한 통행시간 추정방안에 관한 연구	· 통행시간은 속도자료 또는 교통류 관계 모형, 대기행렬 이론을 적용하여 산정 · 통행시간 관측 자료를 근거로 정량적 분석을 시행, 모형의 유용성 및 한계 분석 · 적합도 검증 기준은 결정계수 및 잔차제곱합, 잔차제곱평균 등 활용 · 분석 방법 측면에서 본 연구와 밀접한 관계는 없다고 판단되나, 대기행렬 모형 이론과 모형화, 검증 기준 등 참고
콜센터상담원 스케줄링에 관한 연구	· 고객 대기시간 증가는 고객 불만의 주요 요인이며 장래 잠재적 이탈수요라고 판단 → 효율적 운영에 의한 소요 경비 절감 필요 · 콜센터 접속 고객 분포 vs 포아송분포, 서비스 시간 분포 vs 음지수분포를 따르는지 검증 → 비모수 통계 기법 Kolmogorov-Smirnov 검증 · 접속 대기에서의 최소 필요 상담원 수 도출

3. 승차권 발매 현황 분석

3.1 승차권 발매 실적 분석

발매 창구 유형별 연간 발매실적 분석 결과 역사내에서의 발매건수는 연평균 4.0% 감소한 반면 역사외의 발매건수는 176.9% 증가하였으며, 이는 승차권 발매패턴이 더 이상 역사 내에서만 이루어지는 것이 아니라 다변화 되고 있음을 의미한다.

또한 역사내 승차권 발매실적을 분석한 결과 유인창구에서의 발매건수는 연평균 6.0% 감소하고 있는 반면 무인(자동발권기)창구에서의 발매건수는 21.4% 증가 추세를 나타내고 있어, 전체적으로 역사내 유인창구에서의 승차권 발권 기능이 약화되고 있음을 알 수 있으며, 이는 유인창구의 효율적 운영 및 적정성에 관한 문제를 제기한다.

표 2. 발매 창구 유형별 발매 건수

(단위 : 건)

구분		2004년	2005년	2006년	2007년	연평균증감율(%)
역사내	무인	4,741,142	5,935,978	7,485,144	8,487,385	21.4%
	유인	77,978,039	72,980,172	70,026,115	64,675,443	-6.0%
	합계	82,719,181	78,916,150	77,511,259	73,162,828	-4.0%
역사외	무인	46,209	560,766	861,989	3,925,637	339.6%
	유인	151,056	200,447	178,495	262,377	20.2%
	합계	197,265	761,213	1,040,484	4,188,014	176.9%
전체		82,916,446	79,677,363	78,551,743	77,350,842	-2.3%

주) 연평균증감율은 2004년 과 2007년 발매실적을 기준으로 산정한 값임.

자료) 철도 통합정보시스템(IRIS) 승차권 발매창구 유형별 발매건수, 코레일, 각 년도

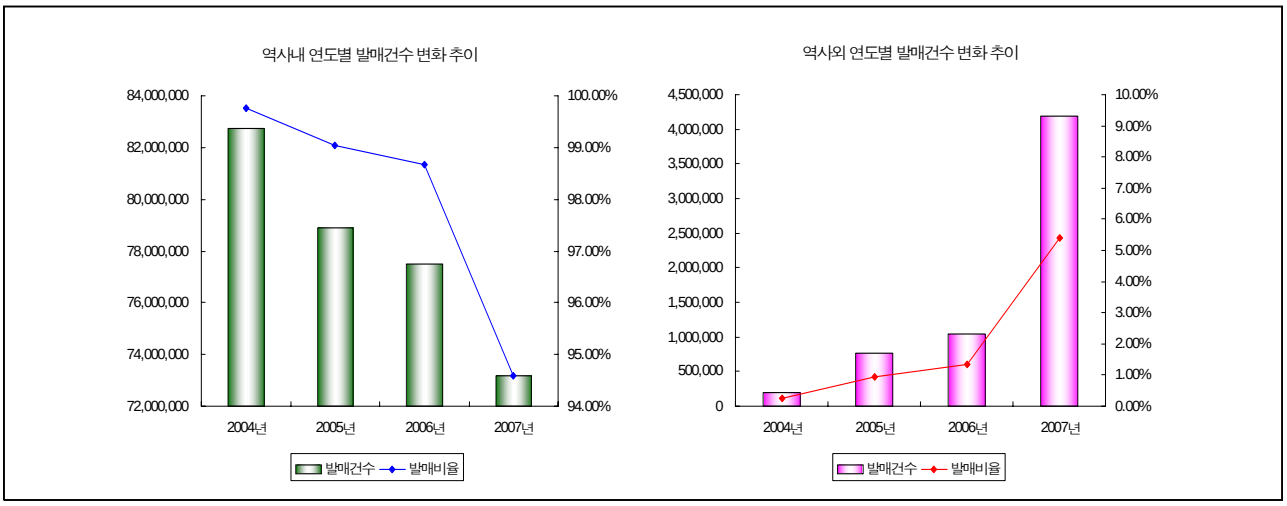

그림 3. 역사내·외 연간 발매거수 변화 추이

역내 유·무인 창구의 첨두 승차권 발매시간 산출을 위해, 서울역 1일(2007년12월26일) 시간대별 발매 실적을 분석하였고, 그 결과 오전 9시대(7.29%)와 오후 15시대(7.74%)에 하루 중 발권비율이 높은 것으로 나타났으며, 이는 오전 및 오후 첨두시 이용수요가 높은 교통수요 분포의 일반적 형태라 할 수 있다.

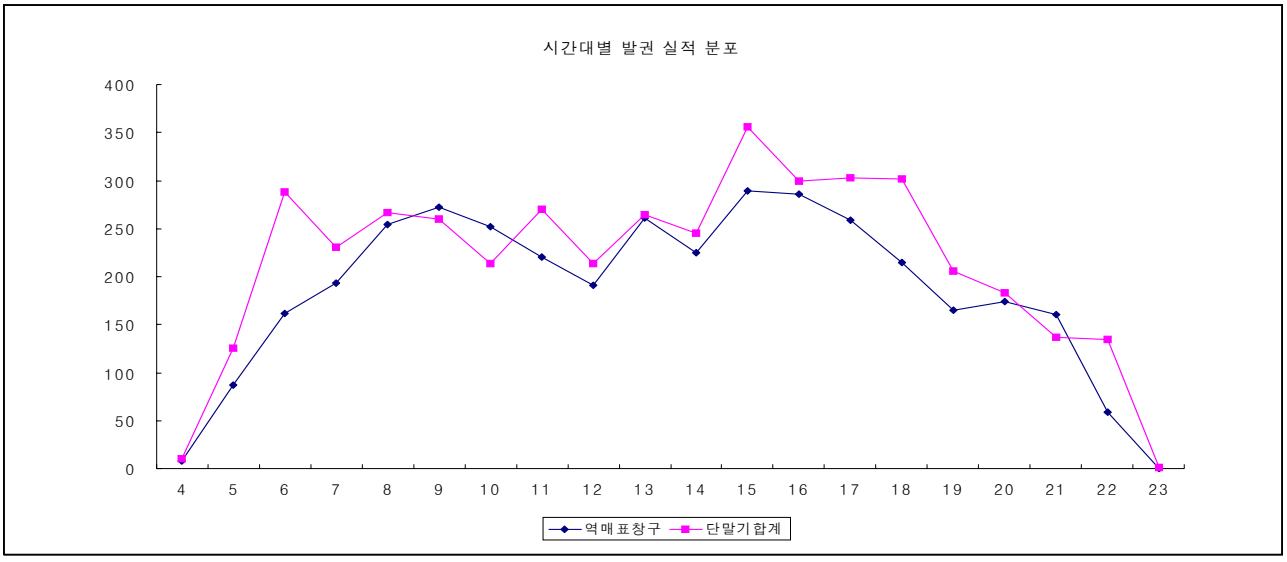

그림 4. 역사내 유·무인 발권 창구의 시간대별 승차권 발매시간

3.2 승차권 발매 시간 분석

가) 분석 개요

본 연구에서는 승차권 발매 시간 특성 분석을 위해 29개의 유인창구 및 19개의 무인창구(ATIM, STM)를 대상으로 승차권 발매 시간(초)에 대한 발매 건수 빈도 분석을 실시한 후, 대기행렬 모형(Queueing Model)의 일반적 서비스 시간 분포인 음지수분포(N.E.D)와 유사한지 검증하였다.

나) 분석 결과

29개의 유인창구와 19개의 무인창구(ATIM, STM)의 승차권 발매 시간의 빈도 분석 결과, 유인창구의 경우 시간 단위(30초)별 발매 비율을 보면 다소 차이가 있으나 고객 80%이상이 1분 이내, 99%이상이 5분 이내에 서비스 받는 것으로 나타난데 반해 무인창구는 2~3배 정도 더 많이 소요되었다.

표 3. 창구별 발매 서비스 시간 분포 (5분 이내) (단위 : 건)

시간단위 (초)	유인창구							무인창구(단말기)						
	11024	11027	11033	11037	11045	11050	11055	19002	19003	19004-5	19006-9	19046	19047	19069
30	627	750	585	426	1150	609	599	0	0	0	0	0	1	0
60	558	630	703	632	388	656	600	167	239	164	198	100	68	98
90	147	145	163	193	134	152	156	99	124	154	123	75	95	76
120	50	41	49	68	59	46	60	76	38	75	44	52	78	45
150	31	11	26	31	34	18	23	44	17	32	37	46	35	37
180	11	9	10	14	13	12	11	28	23	16	26	24	36	22
210	8	7	5	2	5	3	3	19	8	21	16	15	22	19
240	5	5	2	0	5	3	9	19	16	14	7	16	15	13
270	9	1	0	1	5	0	1	10	5	7	6	13	12	12
300	4	0	0	3	5	1	1	10	5	4	8	17	11	9

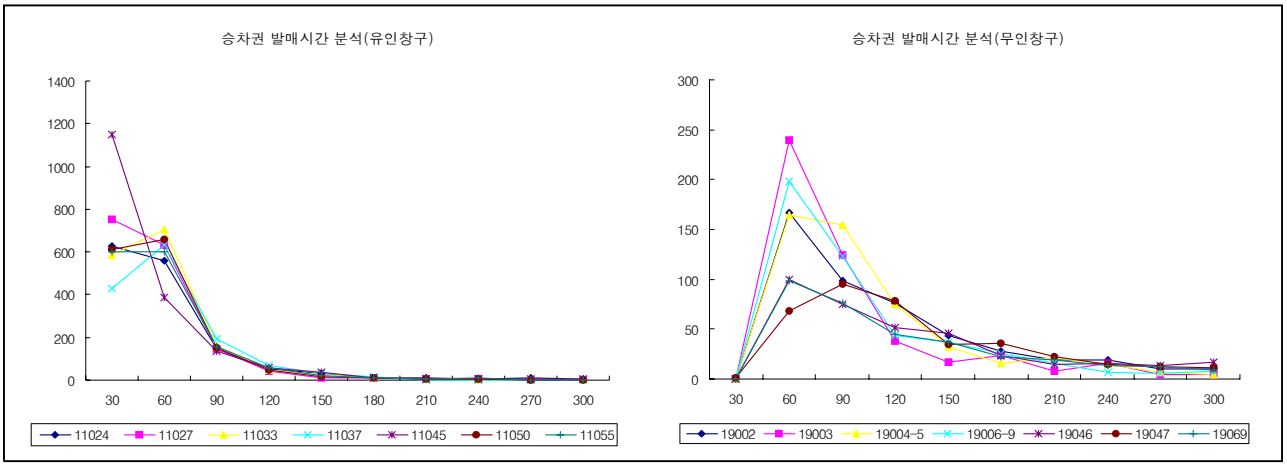

그림 5. 창구별 승차권 발매시간 분포 (5분 이내)

3.3 승차권 발매 시간 적합도 검정

창구별 승차권 발매 시간 분포가 음지수분포인지 검증하기 위해, 기술 통계분석 및 K-S검정 방법을 적용하였으며 좀 더 상세한 내용은 다음과 같다.

가) 통계 분석에 의한 검증

왜도는 Data의 기울어진 분포 정도를 나타내는 지표로써 왜도가 0보다 큰 경우 오른쪽으로 기울어진 정적분포를 의미하며, 평균값(mean)이 최소값과 최대값 중 최소값에 근접할수록 오른쪽으로 치우쳐진 정적분포를 나타낸다. 또한 변동계수(CV : Coefficent of Variation)는 표준편차(S)를 평균값(m)으로 나눈 지수로써, 1에 가까울수록 지수분포일 가능성이 높다.

이에 본 연구에서는 창구별 승차권 발매 시간에 대한 왜도, 표준편차 및 평균, 변동계수 등을 산정하였으며, 분석 결과 모든 창구의 왜도는 0보다 큰 양수(+)를 나타내어 오른쪽으로 기울어진 정적 분포임을 보였다.

또한, 평균 서비스 시간이 유인창구는 44.46(초/인), 무인창구는 165.07(초/인)로 나타나 Data Range의 최대값보다는 최소값에 근접하였으며 이는 유인창구의 경우 1명의 고객이 승차권을 발매 받는데 평균적으로 44초가 소요되는 반면, 무인창구의 경우 165초가 소요됨을 의미한다.

CV 분석 결과, 대부분 1에 근접하여 음지수분포를 따른다고 할 수 있으나 일부 몇 개 창구는 두 지표간 차이가 크게 나타났으며 이는 하나의 독립 분포가 아닌 여러 개의 특성을 지닌 복합 분포(Mixture)기 때문이라 판단된다.

나) K-S 검정

Kolmogorov-Smirnov 검정은 **관측(표본)값의 분포와 어떠한 특정 이론 분포간의 일치정도를** 검정하는 방법으로 본 연구에서는 기술 통계분석 결과 CV가 1에 근접하는 경우에 대해 제한적으로 K-S검정을 시행하였다.

SPSS에 의한 분석 결과, K-S의 Z통계량은 유인창구의 경우 1.335, 무인창구의 경우 0.531이며 이에 대한 확률(P값)은 각각 0.056과 0.941로 나타났다.

이에 유의수준 5%하에서 유의확률(P값)이 유의수준에 비해 크므로 귀무가설을 채택하였으며, 따라서 본 연구에서 검증한 유인(무인)창구의 경우는 "승차권 발매 시간 분포가 지수분포를 따른다" 고 할 수 있다.

4. 대기행렬 모형 시뮬레이션

4.1 실측 조사 분석

대기행렬 이론을 근거로 한 고객의 평균 대기시간 및 적정 창구수 산정을 위해 고객 도착 패턴과 승차권 발매 시간 패턴을 조사 분석하였다.

고객 도착 패턴 분석 결과, 시간간격(60초)동안 15명 이상의 고객이 존재하는 비율은 약 25%로 이는 고객 도착 시간간격이 4초 이내임을 의미하며, 이는 승차권 발매 시간이 비교적 일정한 것과 달리 고객 도착 간격은 연계 교통수단인 지하철 운행시격(배차간격)에 따라 역으로의 도착 수요가 Platoon(群)을 이루며 Flexible하게 발생되기 때문이다.

이러한 이유로 이론치와 달리, 시간간격(60초) 동안 30명 이상 고객이 집중되는 비율이 높게(16.5%)나타났다.

표 4. 고객 도착 분포

시간간격(60초동안) 고객수	오전				오후			
	실측치		이론치		실측치		이론치	
	비율	누적비율	비율	누적비율	비율	누적비율	비율	누적비율
0	0.0000%	0.0000%	3.0848%	3.0848%	0.00000%	0.00000%	2.97678%	2.97678%
1	2.5641%	2.5641%	10.7310%	13.8158%	2.14592%	2.14592%	10.46138%	13.43815%
2	15.0997%	17.6638%	18.6649%	32.4806%	19.31330%	21.45923%	18.38236%	31.82051%
3	15.9544%	33.6182%	21.6431%	54.1238%	12.44635%	33.90558%	21.53388%	53.35439%
4	8.8319%	42.4501%	18.8224%	72.9462%	8.15451%	42.06009%	18.91929%	72.27368%
5	7.1225%	49.5726%	13.0955%	86.0417%	3.86266%	45.92275%	13.29772%	85.57139%
6	3.7037%	53.2764%	7.5925%	93.6342%	5.15021%	51.07296%	7.78876%	93.36015%
7	4.2735%	57.5499%	3.7732%	97.4074%	3.00429%	54.07725%	3.91032%	97.27047%
8	3.7037%	61.2536%	1.6407%	99.0481%	1.28755%	55.36481%	1.71777%	98.98824%
9	5.9829%	67.2365%	0.6342%	99.6822%	5.57940%	60.94421%	0.67076%	99.65900%
10	4.5584%	71.7949%	0.2206%	99.9029%	3.86266%	64.80687%	0.23573%	99.89473%
11	0.0000%	71.7949%	0.0698%	99.9726%	0.00000%	64.80687%	0.07531%	99.97004%
12	3.7037%	75.4986%	0.0202%	99.9928%	6.00858%	70.81545%	0.02206%	99.99209%
13	0.0000%	75.4986%	0.0054%	99.9983%	0.00000%	70.81545%	0.00596%	99.99806%
14	0.0000%	75.4986%	0.0013%	99.9996%	0.00000%	70.81545%	0.00150%	99.99955%
15	7.1225%	82.6211%	0.0003%	99.9999%	7.72532%	78.54077%	0.00035%	99.99990%
20	8.2621%	90.8832%	0.0000%	100.0000%	11.15880%	89.69957%	0.00000%	100.00000%
30	8.8319%	99.7151%	0.0000%	100.0000%	9.87124%	99.57082%	0.00000%	100.00000%
60	0.2849%	100.0000%	0.0000%	100.0000%	0.42918%	100.00000%	0.00000%	100.00000%
합계	100.0000%		100.0000%		100.00000%		100.00000%	

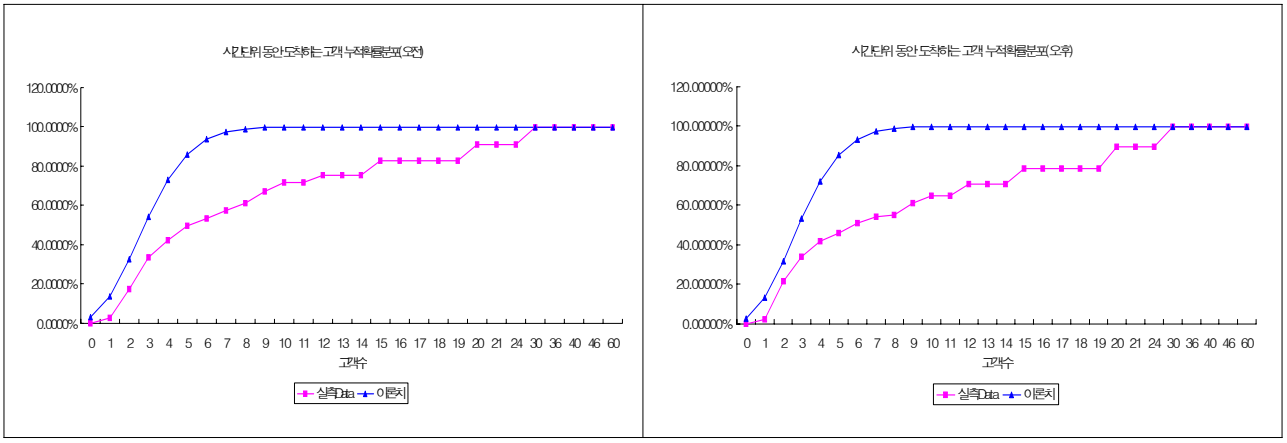

그림 6. 시간간격 고객 도착 누적확률 분포

승차권 발매 시간의 경우 모든 도착 고객에 대한 서비스시간을 측정하여야 하나, 자료 수집 제약으로 인해 표본 고객에 대한 추적조사방식으로 측정하였다.

분석 결과, 오전에는 승차권 발권한 모든 고객이 5분 이내에 서비스를 받는 것으로 나타났으나 오후의 경우 14.8% 고객이 5분 이상 소요되는 것으로 나타났으며, 오전에 비해 오후의 승차권 발매 시간이 증가한 이유는 도착 고객의 시간간격이 짧아져 대기행렬에서 기다리는 시간이 증가한 것도 있지만, 시간대 및 좌석 변경, 매진, 미탑승 등 창구에서의 서비스 시간 증가도 영향을 미친 것으로 분석되었다.

표 5. 서비스 시간 분포

오전				오후			
시간간격(15초)	서비스 고객수	누적비율		시간간격(60초)	서비스 고객수	누적비율	
		실측치	이론치			실측치	이론치
15	11	13.58%	21.04%	60	4	4.94%	27.63%
30	41	64.20%	37.66%	120	23	33.33%	47.62%
45	16	83.95%	50.77%	180	22	60.49%	62.09%
60	6	91.36%	61.13%	240	8	70.37%	72.56%
75	3	95.06%	69.31%	300	12	85.19%	80.14%
90	1	96.30%	75.77%	360	2	87.65%	85.63%
105	2	98.77%	80.87%	420	6	95.06%	89.60%
120	1	100.00%	84.89%	480	3	98.77%	92.47%
135	0	100.00%	88.07%	540	1	100.00%	94.55%
150	0	100.00%	90.58%	600	0	100.00%	96.06%

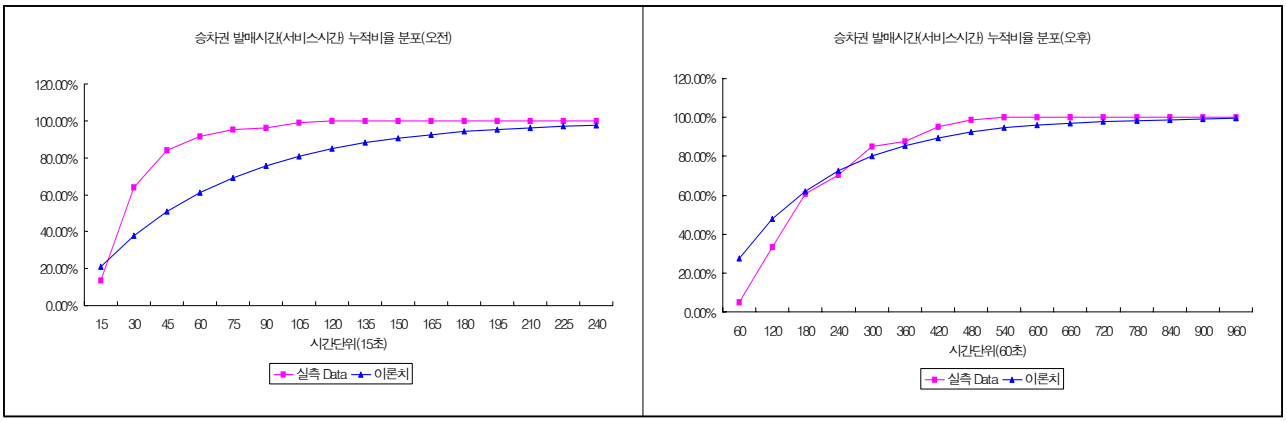

그림 7. 서비스 시간 누적확률 분포

4.2 시뮬레이션 개요

앞서 조사한 고객 도착 및 서비스 시간 Data를 근거로 대기행렬 특성을 분석하여 고객의 평균 대기시간 단축을 위한 적정 매표창구수를 시뮬레이션 하였다.

대기행렬 모형의 시뮬레이션 결과가 유의하기 위해서는 고객 도착 시간(평균 도착율)과 서비스 시간(평균 서비스율)이 균형을 이루어야 하며, 고객 도착시간에 비해 시스템 서비스 시간이 큰 경우 대기행렬(Queueing)이 무한정 발생하여 시스템의 기능이 상실된다.

이러한 경우 시스템의 기능을 개선하기 위해서는 시스템 서비스 시간을 단축(서비스 기능 향상)시키거나 시스템 Channel(창구)수 증가에 의해 도착 분포를 분산시켜 고객의 평균 도착시간을 증가 시켜야 한다.

본 연구에서는 조사 제약상 서비스 시간을 추적 표본조사 하였으며, 이로 인해 평균 서비스시간이 실제보다 크게 산정되었다.

4.3 시뮬레이션 결과

고객 도착 및 서비스 시간 변화에 따른 시스템 내 평균 대기 고객수, 평균 대기시간 등 대기행렬 특성 변화를 분석하였으며, 그 결과 30초 이상 기다려야 하는 고객이 창구가 1개인 단일 시스템의 경우 44.76%, 2개인 다중시스템의 경우 22.38%로 나타났다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1 연구 종합 및 결론

현 철도 건축물 설계 지침(대한건축학회)의 역 매표창구수 산정 방법은 첨두시간 이용 수요와 창구별 처리능력을 고려한 수요 대비 용량적 접근 방법이며, 승차권 발매 유형의 다변화 및 고객 서비스 향상 등 측면에서 볼 때 적합하다고 보기 어렵다.

본 연구에서 창구별 승차권 발매 시간을 분석한 결과 유인창구의 평균 발매 시간은 1분 이내, 무인창구는 약 2~3분 정도로 나타났다.

또한, 빈도 분석 결과 음지수분포 패턴을 보였으며, K-S 검정 결과 유의확률(P값)이 유의수준(α)보다 크게 나타나 귀무가설을 채택하여 "승차권 발매 시간 분포는 지수분포를 따른다" 고 할 수 있다.

현장 조사에 의한해 대기행렬 시뮬레이션을 구축하고 분석한 결과 단일시스템의 경우 30초 이내에 서비스 받을 확률 55.24%, 다중시스템(s=2)의 경우 77.62%로 나타났으며, 5분 이내 서비스 받을 확률은 시스템 모두(단일 또는 다중) 99.5% 이상을 보였다.

단, 오후 첨두 시간대 조사 결과 3분 이내에 서비스 받을 확률 60%, 5분 이내가 85%로 나타나, 도착 고객의 15%정도는 5분 이상 대기시간 발생하는 것으로 분석되었다.

5.2 본 연구 한계점

본 연구의 궁극적인 목적은 역별 승차권 발매 특성(고객 이용패턴)을 분석하여 역 운영 효율화를 위한 적정 매표창구수를 산정하는 것이며, 결정 모형에 대한 일반화를 위해서는 보다 많은 실측 Data가 수집 분석 되어야 한다고 판단된다. 또한, 서비스 시간 조사시 추적 표본조사 시행에 따라 평균 서비스 시간이 과다 측정된 경향이 있으며, 모형 시뮬레이션 결과의 정확성을 높이기 위해서는 표본조사가 아닌 최소 1일 전수 조사 필요하다고 사료된다.

5.3 향후 연구 과제

연구 결과의 실질적 활용도를 높이기 위해서는 다음과 같은 향후 연구 수행이 요구된다.

우선 역별 발권비율, 창구 처리능력 등 "기존 철도 건축물 설계 지침" 의 파라메터에 대해 최근 실적 Data를 조사하여 그 자료를 근거로 매표창구수를 산정하고 현재 실측치와 비교 분석해야 할 것이다.

또한 역(창구)별 고객 도착 및 서비스시간 분포 Data에 의한 모형 시뮬레이션을 통해 고객 평균대기시간과 투입인력수(비용)의 최적해를 도출할 예정이다.

참고자료

1. 김일기(1999), "은행창구 인력의 적정 배치를 위한 의사결정 모형 설계(대기행렬 모델을 중심으로)" , 충북대학교 경영대학원 석사학위 논문
2. 권성식(2001), "대기행렬이론을 이용한 통행시간 추정 방안에 관한 연구" , 홍익대학교 대학원 도시계획과 석사학위 논문
3. 황정연(2002), "콜센터 상담원 스케쥴링에 관한 연구" , 홍익대학교 대학원 경영학과 석사학위 논문
4. 최은주(2003), "공항 탑승수속의 대기행렬에 관한 연구" , 경기대학교 관광전문대학원 석사학위 논문
5. 신혜숙(2005), "고속도로 톨게이트 운영 결정 모형 개발 및 최적운영방안" , 경원대학교 대학원 도시계획학과 박사학위 논문
6. "교통공학원론(상) 대기행렬 모형(p131~141)" , 청문각, 2005
7. "철도 건축물 설계 지침" , (사)대한건축학회, 2005
8. http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35g.htm