

역 대표창구 최적화를 위한 시뮬레이션 설계 연구

A Study on Simulation Design for the Optimum Number of Ticket Booth

김 익 희†
Kim, Ick Hee

이 경 태*
Lee, Kyung Tae

박 수 명**
Park, Su-Myung

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.

This study is designed to simulation for the optimum number of ticket booth and which can affect an efficient operation of train station and improvement of customer convenience.

This study is proceeding and will contribute to minimize customer 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 및 무인 자동화기기(ATIM, STM), 위탁판매 등 승차권 발매 유형이 다변화되고 있으며, 유인 발권비용이 감소하고 있는 시점에서 역 대표창구수의 획일적 유지는 역사 공간의 비효율적 운영을 야기시킨다.

2008년 1차 연구 수행이 기 완료되었으며 연구 결과에 대한 보다 효율적 활용 방안을 제시하기 위해 보완적 연구가 요구되었다.

이에 본 연구에서는 기 설계지침에 의한 역별 창구수 산정 결과 및 적정성을 판단하고, 고객 발권 특성을 고려한 역별 적정 창구수를 산정함으로써 효율적 운영 방안을 검토하고자 한다.

1.2 연구 내용 및 수행 과정

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

제2장은 대기행렬 이론(Queueing Theory) 및 최적화 이론(Optimization)등 관련 이론에 대한 내용과 역 대표창구수 산정 기준인 철도 건축물 설계 지침을 제시하였으며, 제3장은 역별 창구 현황 및 승차권 발매 실적 Data를 분석하였다.

또한 제4장에서는 효율적 운영 방안 도출을 위한 대표창구 최적화 시뮬레이션을 설계하였다. 본 연구는 현재 진행 중인 과제이며, 향후 실측 조사 Data 및 승차권 발매 실적을 근거로 시뮬레이션 검증과

† 코레일 연구원 경영연구팀 연구원, 비회원
E-mail : kimickhee@paran.com
TEL : (042)609-3305 FAX : (02)361-8200-3702
* 코레일 연구원 경영연구팀 연구원, 비회원
** 코레일 연구원 경영연구팀 연구원, 비회원

매표창구수 변화에 따른 고객 도착 시간, 역 운영 비용 등의 민감도 분석 결과를 제시할 예정이다.

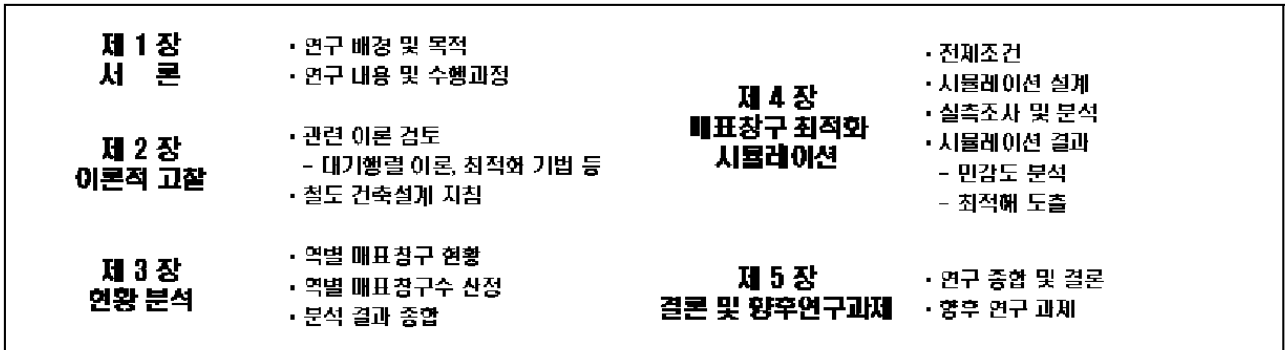


그림 1. 연구 수행과정

2. 이론적 고찰

2.1 대기행렬 이론

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 대기 시간 및 평균 대기행렬, 서비스 제공 시스템의 유휴시간(Idle Time) 등을 분석하여 비용 최소화를 위한 효율적 의사결정을 지원하는 기술통계학적 기법이며 기본 구조는 다음과 같다.

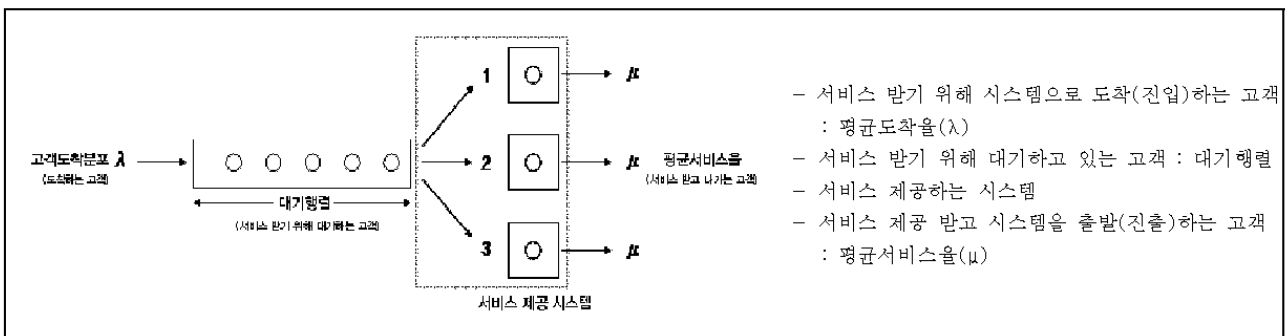


그림 2. 대기행렬 기본 구조도

2.2 최적화 이론

최적화 이론은 경제사회 활동의 주체가 자신이 추구하는 목적 달성을 위해 주어진 조건하에서 최선의 대안, 가장 효율적인 대안을 선택하는 것이다.

최적화 이론은 결정 변수(Decision Variable)들의 함수로 표현되는 목적 함수(Objective Function)와 주어진 조건을 나타내는 제약조건식(Constraints)으로 구성되며, 수학적 모형은 다음과 같다.

$Max(\text{또는 } Min)$ $Z = U(x_1, x_2)$ $\text{Subject to } C(x_1, x_2) \leq \mathbf{b}$ $x_1, x_2 \geq 0$	$Max \quad Z = U(x_1, x_2) : \text{효용 극대화 (목적 함수)}$ $C(x_1, x_2) : \text{비용 함수 (제약 조건)}$ $x_1, x_2 : \text{효용에 영향을 미치는 요인 (설명 변수)}$
--	---

3. 현황 분석

3.1 역별 대표창구 현황

현 코레일의 역사내 대표창구는 승차권 발매 직원 유무에 따라 유인창구와 무인창구로 구분되며 전체 1,236개 중 유인창구가 620개(50.16%), 무인창구가 616개(49.84%)로 큰 차이를 보이지 않는다.

반면, 대표창구 유형별 연간 발매 실적을 비교한 결과, 유인창구 발매 비율이 85.43%, 무인창구 발매 비율이 14.57%로 많은 차이를 나타내고 있다.

이러한 이유로는 발권 매체로의 접근 동선상의 불편, 발권 매체별 평균 발권소요시간 및 사용 방법 복잡 등의 문제가 있기 때문이라 판단된다.

표 1. 역사내 발매 창구 현황

구분	유인창구			무인창구			총합계
	신개념역	역	KN	역ATM	현금ATM	STM	
역사내 창구개수	24	527	69	293	246	77	1,236
창구 비율(%)	1.94%	42.64%	5.58%	23.71%	19.90%	6.23%	100.00%
역사내 창구 연간 발매건수	1,668,106	40,035,533	15,367,871	2,568,285	6,419,138	746,544	66,805,477
발매 비율(%)	2.50%	59.93%	23.00%	3.84%	9.61%	1.12%	100.00%

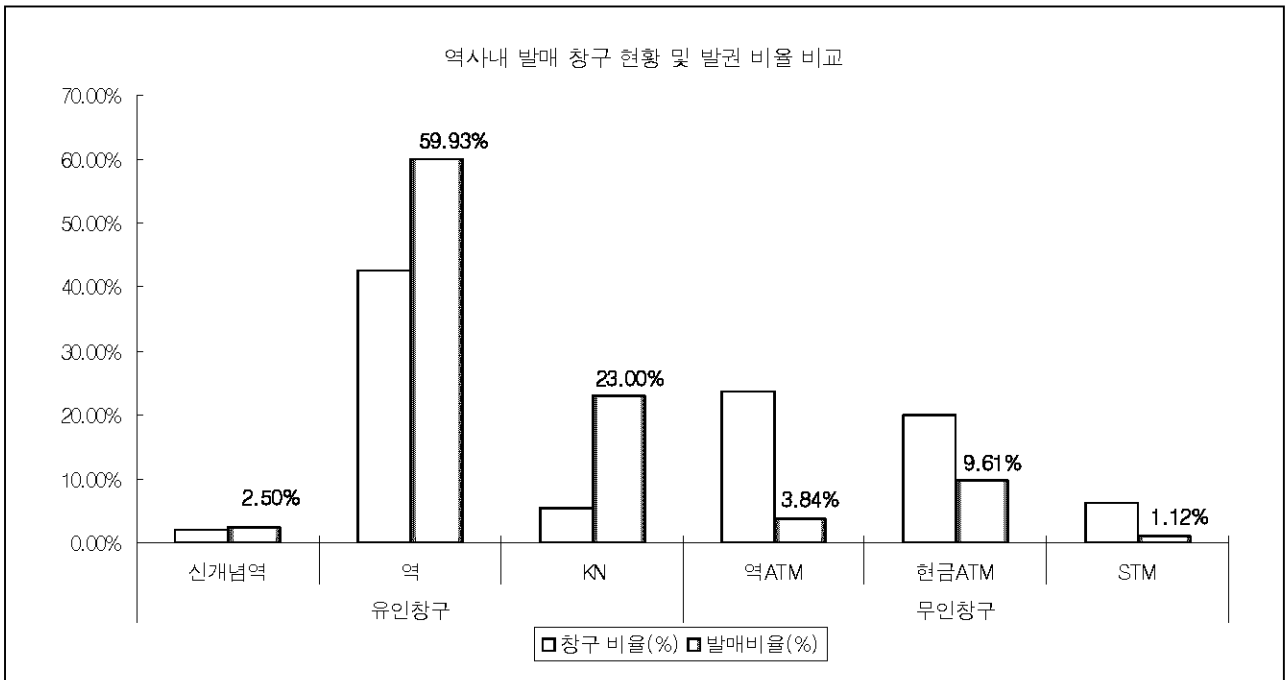


그림 3. 역사내 발매 창구 현황 및 발매 비율 비교

3.2 역별 창구당 발매 실적

역별 유·무인창구당 연간 발매 실적을 분석한 결과, 대부분 역에서 무인창구 발매 비율은 유인창구 발매 비율 대비 약 10%수준이며, 평택역의 경우 타 역에 비해 높은 수준인 27.1%을 나타냈다.

역사내 무인창구수가 더 많음에도 불구하고 연간 발매 실적(발매 비율)이 낮게 나타나는 이유는 무인창구의 발권 서비스 수준(승차권 발매시간 길고 이용 방법 어려움)이 유인창구에 비해 낮기 때문이라 판단되며, 이러한 점은 보완하기 위해서는 역사내 유인 대표창구 효율적 운영 방안 수립시 무인창구 이용률 증대 방안도 병행하여 고려하여야 할 것이다.

역사내 대표창구가 10개 이상인 역을 대상으로 역별 창구당 연간 발매 실적을 산정한 결과는 다음과 같다.

표 2. 역별 창구당 연간 발매 실적

역명	창구당 발매 실적		창구당 발매 실적 비율 (B/A)
	유인창구(A)	무인창구(B)	
서울	220,678	21,889	9.92%
동대구	181,013	18,390	10.16%
부산	145,636	15,432	10.60%
대전	235,446	29,477	12.52%
용산	149,942	16,550	11.04%
광명	139,749	8,674	6.21%
영등포	208,037	31,528	15.16%
수원	273,155	33,817	12.38%
대구	235,154	20,989	8.93%
천안아산	113,977	14,075	12.35%
구미	222,117	21,352	9.61%
구포	177,156	22,254	12.56%
천안	224,182	27,611	12.32%
청량리	188,442	15,477	8.21%
광주	73,592	6,162	8.37%
익산	125,346	12,459	9.94%
서대전	225,797	24,055	10.65%
목포	105,027	5,883	5.60%
조치원	213,889	17,770	8.31%
밀양	185,956	11,030	5.93%
광주송정	98,156	7,508	7.65%
김천	177,170	16,154	9.12%
순천	67,100	4,767	7.10%

주 1) 창구당 발매 실적 = 역별 연간 발매 실적 ÷ 창구 유형별 개수

주 2) 창구당 발매 실적 비율 = 무인창구 창구당 발매 실적 ÷ 유인창구 창구당 발매 실적

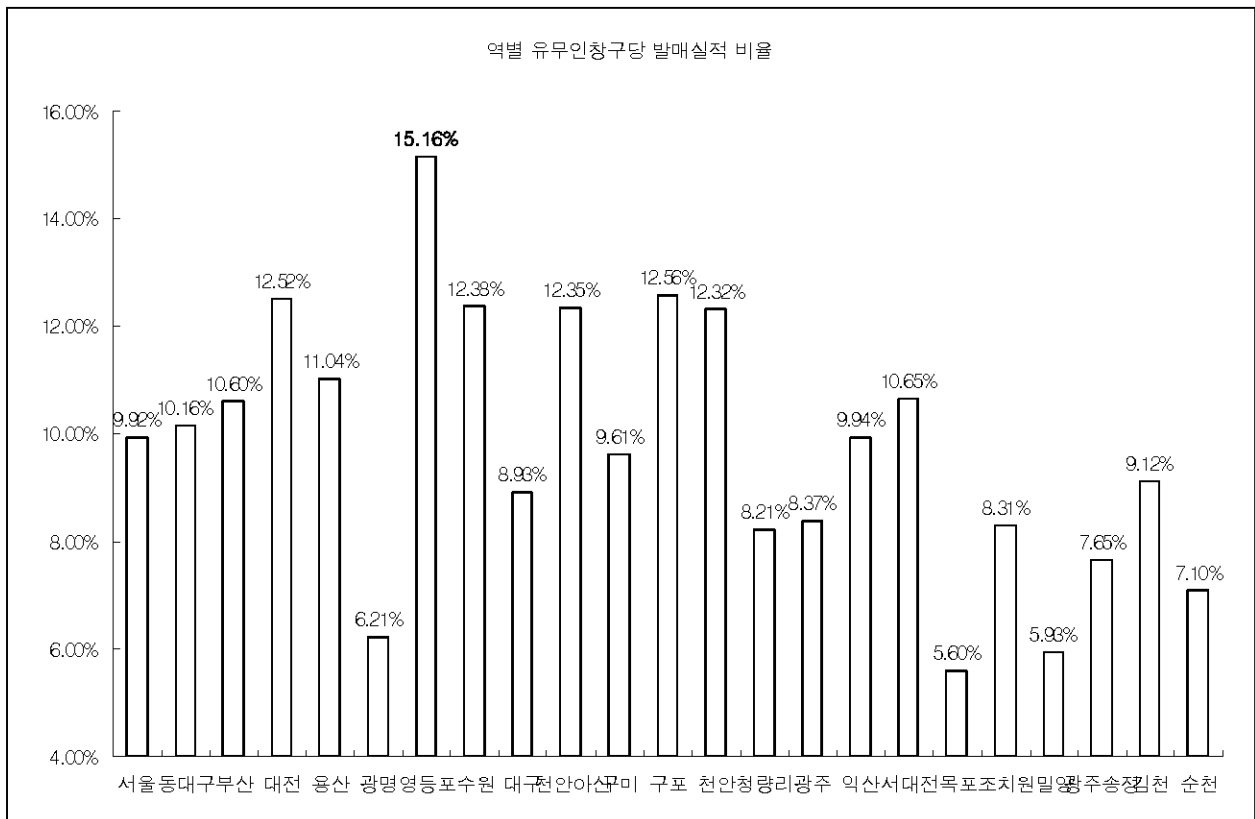


그림 4. 역별 창구당 발매 실적 비율

3.3 역별 시간대별 발매 실적 분석

역사내 대표창구의 승차권 발매 특성은 고객 도착 패턴 및 서비스 시간(승차권 발매 시간), 주중 및 주말 시간대별 이용 특성 등에 따라 상이하게 나타나며, 이에 본 연구에서는 역별 대표창구 최적화 시물레이션을 위해 2008년 역 창구별 일 발매실적 분석을 통해 최대 및 최소 발매 시점을 도출하고 시간대별 발매 분포를 비교 분석하였다.

역사내 유인창구의 2008년 연간 발매 실적을 근거로 하여 상위 10개역에 대한 시간대별 발매 건수 변화를 분석하였으며, 그 결과 역별 발매 특성에 따라 다소 차이는 있으나 오전 10~11시와 오후 16~18시에 발매 비율이 가장 높은 것으로 나타났다.

표 3. 역별 시간대별 연간 발매 실적

역명 시간대	서울	부산	동대구	대전	영등포	수원	용산	천안	대구
00-01	2,557	2,003	14,495	24,897	21	5,017	934	12,724	13,947
01-02	33	971	8,812	10,385	1	4,341	27	10,263	5,045
02-03	810	825	6,303	3,455	0	3,490	0	5,414	4,206
03-04	2,929	2,335	9,358	7	0	4,398	402	4,069	9,913
04-05	26,966	58,162	5,702	6,753	1	1,898	12,503	776	3,233
05-06	120,510	90,282	57,706	45,280	48,767	14,781	34,743	2,475	9,451
06-07	189,928	131,389	103,189	103,796	89,054	65,617	76,916	46,483	29,611
07-08	240,875	139,327	157,970	141,895	112,918	114,142	94,731	82,995	47,811
08-09	324,334	171,057	177,363	161,367	121,193	113,679	83,263	92,404	57,806
09-10	356,972	214,031	229,590	197,536	131,655	111,493	96,784	93,495	66,132
10-11	397,193	249,985	240,863	211,194	141,289	121,392	134,743	109,610	78,155
11-12	394,228	240,867	229,009	203,422	124,105	112,936	108,736	114,304	75,870
12-13	375,491	229,831	227,152	198,636	128,009	112,608	113,467	106,116	85,685
13-14	424,331	260,957	219,874	207,304	122,902	116,073	120,346	118,629	85,710
14-15	448,704	268,679	257,096	220,216	129,099	118,281	134,526	111,481	90,355
15-16	471,261	261,994	269,196	232,948	131,564	122,434	128,666	122,909	103,849
16-17	479,402	270,100	262,197	248,751	129,319	122,493	135,859	124,891	106,900
17-18	478,932	255,631	244,144	230,418	127,082	117,114	109,891	126,729	116,834
18-19	437,275	242,334	221,035	191,136	134,757	121,595	122,971	119,237	101,656
19-20	382,086	204,810	212,052	196,261	120,388	118,037	94,255	110,988	98,801
20-21	350,286	162,937	187,170	170,261	90,592	89,093	85,555	93,356	72,512
21-22	313,139	105,507	144,650	149,114	88,579	81,693	62,982	81,110	61,084
22-23	174,618	72,432	95,617	96,186	88,924	76,511	40,526	63,530	56,860
23-24	6,796	4,463	39,725	45,070	20,146	42,967	6,472	39,467	29,498
합계	6,399,656	3,640,909	3,620,268	3,296,288	2,080,365	1,912,083	1,799,298	1,793,455	1,410,924

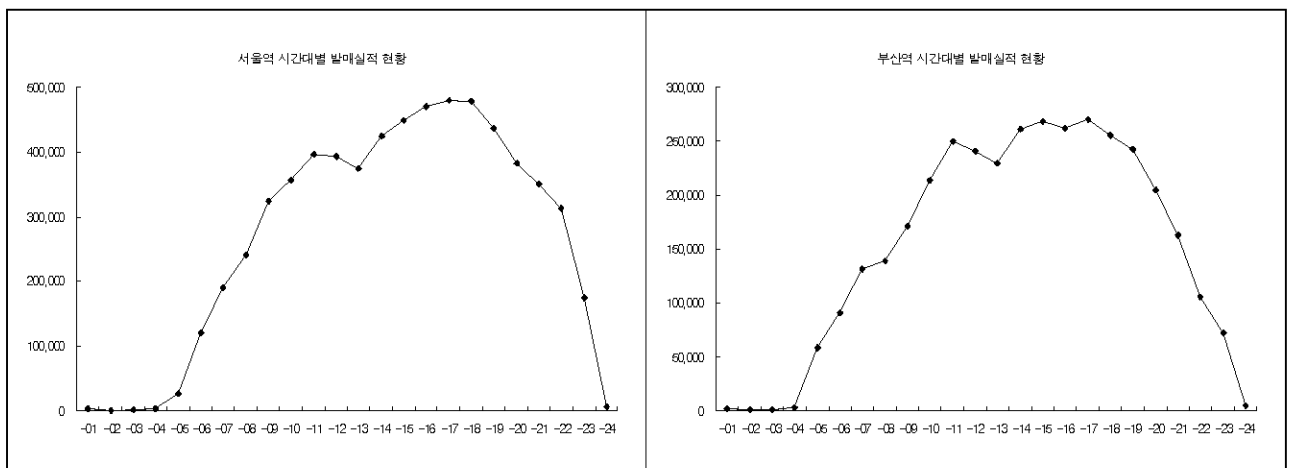


그림 5. 역별 창구당 발매 실적 비율

3.4 역별 대표창구수 현황 및 산정 결과 비교

현재 철도 역사내 유인창구 소요 개수는 『철도 건축물 설계지침(대한건축학회, 2005)』를 근거로 침두시 이용 수요와 창구 처리능력(용량)의 비율로 산정하고 있으며, 현재 1창구당 1시간 처리 능력은 "시간당 80매" (1건을 처리하는데 소요되는 시간이 평균 45초임)를 기준으로 한다.

본 연구에서는 역별 유인창구 개수 현황과 기 설계 지침 및 실측 조사치에 의한 소요창구수 산정 결과를 비교 하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

실측 조사치는 대전역을 대상으로 조사한 결과이므로 타 역의 승차권 발매시간과 상이할 것으로 예상되며, 향후 역별 조사 결과를 반영할 계획이다.

표 4. 역별 시간대별 연간 발매 실적

역명	유인창구수 현황	철도 건축물 설계지침		실측 조사		역별 1시간 최대 발권수요
		소요 창구수 ¹⁾	차이	소요 창구수 ²⁾	차이	
서울	29	17	12	24	5	1,313
동대구	20	10	10	14	6	738
부산	25	10	15	14	11	740
대전	16	9	7	13	3	682
용산	12	5	7	7	5	372
광명	10	4	6	6	4	286
영등포	10	5	5	8	2	387
수원	7	5	2	7	0	336
대구	6	5	1	6	0	320
천안아산	6	2	4	3	3	154
구미	6	4	2	5	1	260
구포	7	4	3	5	2	248
천안	8	5	3	7	1	347
청량리	7	4	3	5	2	267
광주	8	2	6	3	5	150
익산	7	3	4	4	3	195
서대전	5	3	2	4	1	189
목포	5	2	3	3	2	157
조치원	4	3	1	4	0	192
밀양	4	3	1	4	0	166
광주송정	4	2	2	2	2	100
김천	4	2	2	3	1	143
순천	6	2	4	2	4	89

주 1) 소요창구수는 철도 건축물 설계지침의 "1창구당 1시간 처리능력(80매/시간)"을 적용

주 2) 소요창구수는 대전역의 "승차권 발매시간 조사 결과(55매/시간)"를 적용

자료) 철도통합정보시스템(IRIS) 2008년 역 창구유형별 발매 실적, 코레일, 2008년

4. 대표창구 최적화 시뮬레이션

4.1 전제 조건

본 연구에서는 대표창구 최적화 시뮬레이션 구현을 위해 경제 및 기타 외생변수 변화에 의한 최적화 방안 제시 및 정책 의사결정 지원이 가능한 Powersim이라는 프로그램을 활용하였다.

Causal-Loop Diagram(이하, CLD)는 시뮬레이션에 필요한 관련 Data간 관계도를 의미하며, 역별 대표창구수, 고객 승차권 발권 및 서비스 특성, 단위 창구당 처리 능력 등으로 구성된다.

또한 대표창구수 및 운영비용, 창구 처리능력 등은 기존 실적 Data를 근거로 산정 하였으며, 승차권 발권 및 서비스 특성은 일부 실측 조사 결과를 반영하였다.

대기 행렬 이론을 근거로 한 시뮬레이션이 유의한 결과를 지니기 위해서는 일반적으로 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 발생하게 되어 시스템의 기능이 상실된다.

따라서 시스템을 개선하기 위해서는 서비스 시간을 단축(서비스 기능 향상)시키거나 시스템 Channel

(창구)수를 증가 시켜 고객 도착 분포를 분산시켜야 한다.

4.2 시뮬레이션 설계

역별 승차권 발권 특성 및 서비스 특성, 창구수 변화에 따른 고객 대기시간 변화 및 역별 운영비용 변화 등을 분석하여 효율적 운영 전략 수립시 논리적인 방향을 제시하고자 하였다.

본 연구에서 제시한 대표창구 최적화 시뮬레이션을 위한 기초 설계도(CLD)는 다음과 같다.

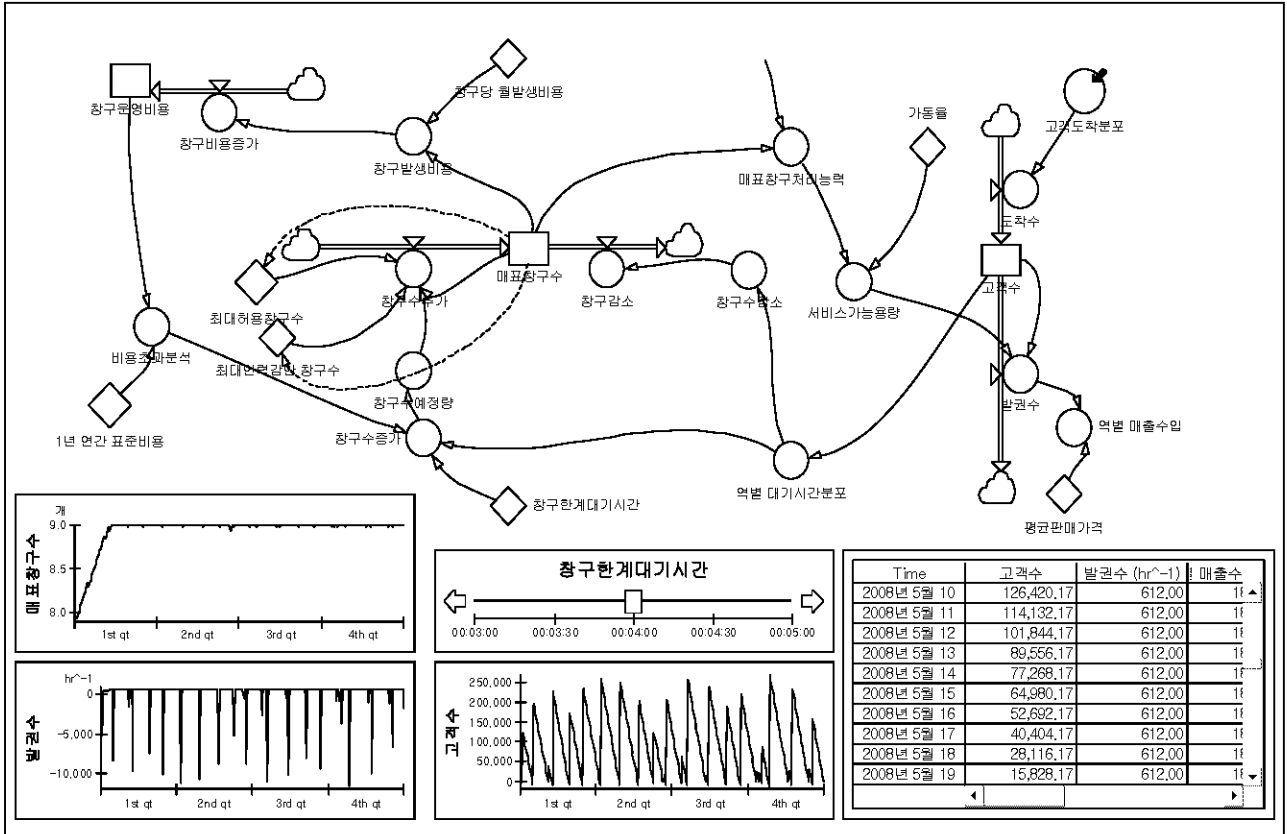


그림 6. 시뮬레이션 기초 설계도(CLD)

6. 결론

6.1 연구 종합

역별 역사내 승차권 발권 현황을 분석한 결과, 유인창구 비율이 무인창구에 비해 현저히 낮은 반면 실제 발권률(이용률)은 8배~10배 정도 높은 것으로 나타났으며 이는 무인창구의 평균 발매시간이 길고 이용 방법이 불편하기 때문이라 판단된다.

현재 철도 건축물 설계 지침을 근거로 역별 유인창구수를 산정하였으며, 실제 창구수와 큰 차이를 보이고 있다. 이러한 이유는 고객 도착 및 승차권 발권 특성이 고려되지 않았기 때문이라 판단되며 본 연구에서는 역사내 유인창구의 효율적 운영을 위한 시뮬레이션 설계 과정을 제시하였다.

6.2 향후 연구 과제

본 연구는 역별 발권 특성을 고려한 최적화 시뮬레이션 구현을 위해 현재 진행중에 있으며, 향후 창구 처리능력 및 운영 비용, 고객 대기시간 등의 Data를 분석하여 보다 현실적인 적정 대표창구수 산정 방법 및 효율적 운영 방안을 제시할 계획이다.

참고자료

1. 이용구, "통계학 원론", 율곡출판사, 1993.
2. 류시균, "고속철도 역사내 여객시설 면적산정을 위한 모형 개발에 관한 연구", 서울시립대학교 대학원 석사학위 논문, 1994.
3. 박광태 & 김민철, "EXCEL 활용 의사결정", 박영사, 1999.
4. 권성식, "대기행렬이론을 이용한 통행시간 추정방안에 관한 연구", 홍익대학교 대학원 도시계획과 석사학위 논문, 2001.
5. 노형진, "Excel 2000에 의한 통계적 조사방법", 형설출판사, 2002.
6. 도철웅, "교통공학원론(상) 대기행렬 모형(p131~141)", 청문각, 2005.
7. _____, "철도 건축물 설계 지침", (사)대한건축학회, 2005.
8. 원제무, "알기 쉬운 도시교통", 박영사, 2006.
9. 노형진, "SPSS에 의한 조사방법 및 통계분석(p581~590)", 형설출판사, 2006.
10. 철도통합정보시스템(IRIS) 역별 승차권 발권 실적, 코레일, 각 년도
11. <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35g.htm>