

■ 論 文 ■

여객 서비스 개선을 위한 승객예고 시스템 개발

Development of Passenger Forecasting System to Improve the Service for the Passenger in the Terminal Building

이 상 용

(인천국제공항공사 영업처 과장)

유 광 의

(한국항공대학교 항공교통물류학부 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구배경 및 목적
 - 2. 선행연구
 - II. 모델 개발
 - 1. 연구방법
 - 2. 출국승객예고 모델
 - 3. 입국·환승객예고 모델
 - 4. 승객예고 프로그램
 - III. 모델 적용 및 검증
 - 1. 승객예고 모델검증
 - 2. 시스템 운영
 - IV. 결론 및 향후 개선과제
- 참고문헌

Key Words : 승객예고 모델, 초단기 수요, 여객 서비스, 여객 집중, 혼잡도

요 약

공항이 대형화되면서 공항 수속에 소요되는 시간은 여객서비스 측면에서 중요하게 부각되는 사항이다. 국제민간기구에서는 이를 국제적으로 표준화하여 전체 출입국 소요시간이 일정수준을 넘지 않도록 권고하고 있다.

승객예고 모델은 체크인카운터, 출국장, 입국장 등 공항수속 지역에서 여객의 시간대별 수요를 예측하기 위해 개발하였다. 출국 승객예고의 경우, 시간적 개념에서 체크인 수속 완료시간, 출국장 이동시간을 모델화하였고, 공간적 개념에서 체크인카운터 및 출국장 선택을 모델화하였다. 입국 및 환승 승객 예고의 경우, 시간적 개념에서 항공기 도착 후 게이트 접속, 승객하기 후 입국장 이동 시간을, 공간적 개념에서 게이트 및 입국장 선택을 모델화하였다.

출국 및 입국 예고의 평균 오차율은 각 15%, 10% 수준으로 파악되었는데, 항공사 예약 자료의 오차를 5%를 감안할 때 우수한 정확도를 가지는 것으로 평가된다. 이와 같은 초단기 수요예측 모델 개발을 통해 승객의 집중도에 따라 탄력적으로 자원을 배분할 수 있게 됨으로써 한 차원 높은 서비스를 제공하게 된 것으로 판단된다.

The time required for airport process is considered more important as the airports are becoming bigger. International Civil Aviation Organization makes this international standards and recommends not to exceed it.

The passenger forecasting model is developed to predict the number of passengers at the check-in counter, and the area of formalities for departure and entry. In case of forecasting the number of outbound-passengers, the patterns of show-up lead time(SLT) at the check-in counter and lag time from check-in counter to the area of departure formalities are modeled in terms of time. On the other hand, the matter of the choice of check-in counters and areas of departure formalities are modeled in terms of space. In case of forecasting the number of inbound-passengers and transfer passengers, the time of airplane movement from arrival to block on at the gate and the time of passengers required from gate to the area of formalities for entry are modeled in terms of time. While the matter of the choice of gates and the areas of formalities for entry are modeled in terms of space.

The average error of forecasting outbound-passengers and inbound-passengers is respectively 15% and 10%, which are considered excellent with the 5% error of passenger reservation information as input data. Through the development of passenger forecasting models, we assure we could provide passengers with valuable service because we allocate resource such as employees and equipments according to the degree of concentration of passengers.

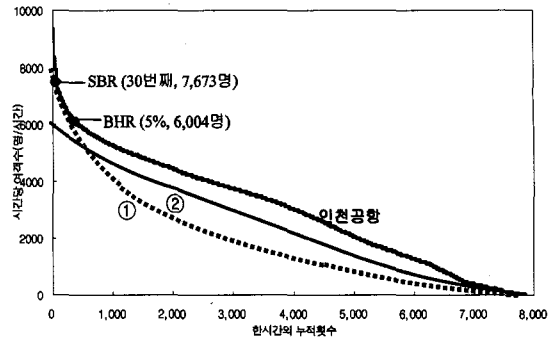
1. 서론

1. 연구배경 및 목적

공항운영에 있어서 여객 서비스에 영향을 미치는 인자는 항공기 출도착의 정시성, 직원의 친절성, 공항의 쾌적성 등 여러 가지가 있으며, 각 인자는 직, 간접적으로 영향을 미치게 된다. 공항이 허브화 진행 등으로 대형화됨에 따라 여객 서비스 측면에서 중요하게 부각되는 요소는 여객들의 체크인, 출입국 수속 등에서 소요되는 시간이다. 국제민간기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)에서는 부속서 9에서 수속관련 출국 총 60분, 입국 총 45분 내 여객 수속을 완료하도록 권고하고 있다.

인천국제공항은 1단계 사업기준 연간단위 여객은 3천만 명을 수용할 수 있도록 설계되었다. 개항이후 총용량 대비 여유 있는 시설 공간과 쾌적한 서비스로 2002년 AETRA 모니터링에서 상위권¹⁾에 기록되는 등 많은 국제기관으로부터 높은 수준의 평가를 받아오고 있었다. 2002년 하계성수기 기간 중 개항이후 처음으로 터미널에서 혼잡현상이 발생하였는데, 이를 일시적인 현상으로 생각하였다. 그러나 이러한 하계성수기 기간의 혼잡은 더 이상 일시적인 현상이 아니었다. 하계성수기 외 연휴기간 중에도 집중된 여객으로 인해 혼잡현상을 경험해야만 했다. 인천국제공항은 여름 하계성수기 기간 중 여객이 집중되는 휴양지 주변의 공항과 유사한 첨두(Peak) 특성을 가지고 있었다. 하계성수기 등의 첨두시간대에는 인천공항의 시간당 여객수가 평상시의 여객수에 비해 2~3배²⁾를 상회하고 있었던 것이다.

〈그림 1〉에서 인천공항의 첨두특성을 도시하고 있는데, x축은 한 시간 기준 누적횟수, y축은 한시간당 여객수로 나타내고 있다. 점선①은 지중해 주변 휴양지 공항 등 휴가기간에 여객이 집중되는 공항, 실선②는 많은 단거리 노선을 갖는 미국 및 유럽의 허브공항의 프로파일을 나타내고 있다. 여객의 집중도를 나타내는 지수는 표준혼잡율(Standard Busy Rate, SBR), 혼잡시간율(Busy Hour Rate, BHR) 등이 있는데, 표준혼잡율은 30번, 혼잡시간율은 5%에 해당하는 시간



〈그림 1〉 2004년 1년간 시간당 여객수 분포도

당 여객수를 의미한다. 인천공항은 전반적으로 미국 및 유럽의 허브공항과 유사한 직선적인 프로파일을 가지고 있지만, 첨두시간대 여객의 집중도는 지중해 휴양지 공항과 같이 상당히 높게 나타나고 있다. 2004년 기준 인천공항의 SBR, BHR은 각 7,673명, 6,004명으로 높게 나타나고 있다. 특정 시점의 인천공항의 여객 집중도는 상당히 높음을 알 수 있다.

이러한 규칙적, 불규칙적 여객 집중으로 인해 발생하는 혼잡현상을 해결하기 위해서 단기적 여객수요에 대한 예측이 필요하게 되었다. 이는 단순히 총수요나 시간대별 수요에 국한된 것이 아니라 공간적인 개념을 포함하는 것으로 어느 지역에 어느 수준의 여객이 집중될 것인지에 대한 예측을 포괄하는 것이다. 여객이 집중될 경우에도 평상시와 같은 일정 수준의 여객 서비스를 제공하기 위한 정확한 단기 수요 예측이 이 연구의 수행 동기이다. 여객 처리를 위한 시설, 시스템은 단기간에 증설할 수 없지만 인력이나 장비 투입은 수요 수준에 따라 유연하게 대응할 수 있는 여지가 많다. 따라서 1~2일 전이라도 시간별, 시설별 수요량을 정확히 예측할 수 있다면 첨두시간 혼잡완화에 상당히 도움이 될 수 있을 것이다.

2. 선행연구

초단기 수요예측 모형관련 Bin Ran 등(1999)은 교통예측모형의 사용에 대한 총체적인 정리를 하고 바람직한 모형의 제시를 하였다. 동적교통배정모형, 통계모형, 모의실험모형, 및 휴리스틱모형을 검토하였다.

1) AETRA 평가는 항공사 국제기구인 국제항공운송협회(International Air Transport Association, IATA)와 공항운영협의회(Airport Council International, ACI)에 의해 공동으로 세계 공항의 서비스를 측정하는 행사로써 인천공항은 2002년 6위, 2003년 4위, 2004년 2위를 기록하였다.
 2) 2004년 기준 인천공항의 피크시간대 여객은 9,358명이었으며, 6~22시 기준 시간당 평균 여객은 3,866명으로 2.4배에 해당함.

단기간 교통상황을 예측하기 위한 각 모형의 능력 및 장단점을 서술적인 관점에서 기술하였는데, 동적교통배정모형 및 통계모형은 초단기 수요예측에 적합한 것으로 판단하였다.

김상구(2003)는 횡단보도에 접근하는 교통류의 차두시간 분포를 Erlang분포로 가정하고 간격수락이론을 이용하여 보행자 최대 통과교통량을 산출할 수 있는 방법론을 개발하였다. 또한, 차두시간 분포 결정은 교통류의 수준과 밀접한 관계를 가지며 교통량의 수준에 따라 크게 3가지로 구분하였다. 일정 차두시간 패턴을 정규분포로 중간 차두시간 패턴을 Erlang 분포로 가정하고, 보행자 횡단가능용량 모형식을 개발하였다.

이영인 등(2000)은 평균차량통행량 대신 매주기마다 입력되는 대기차량, 차량도착율을 기초로 대기차량을 최소화하는 동적신호시간 결정모형을 개발하였다. 본 모형은 각 진입로에서의 대기차량예측모형을 기초로 하여 다음 주기에서의 대기차량을 예측한 후 유전자 알고리즘을 적용하여 신호시간을 산출하였다.

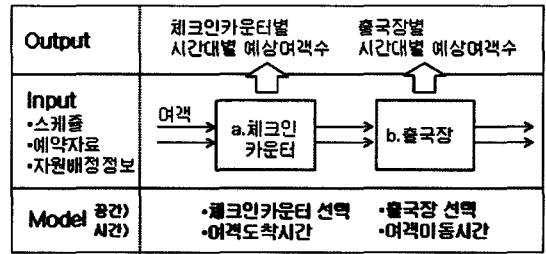
오성열 등(2003)은 항공분야에서 여객들의 공항 도착 확률모형을 개발하였다. 서로 다른 접근소요 시간을 가진 여객들이 항공기 출발예정시간 (STD: scheduled time of departure) 이전에 도착하는 확률함수를 도출하고, 이를 이용하여 STD 이전시간 임의구간에서 여객이 도착하는 확률을 구할 수 있는 모형을 개발하였다. 또한 이 모형을 공항 여객터미널에 적용하여 운영시간대별 도착 여객수를 산출하는 과정을 제시하고자 하였다.

II. 모델 개발

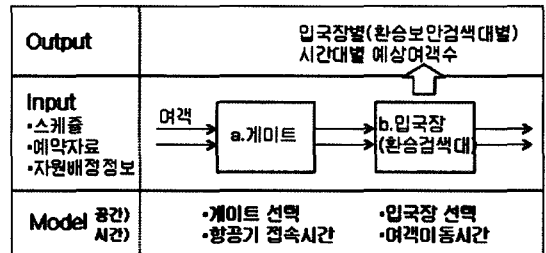
1. 연구방법

우선 초단기 수요예측 모델의 개발을 위해서 필요한 프로세스를 검토하였는데, <그림 2, 3>에 이를 도시하고 있다. 승객예고 모델은 기본적으로 2개의 노드(Node)를 가지고 있다. 출국 승객예고의 경우, 체크인카운터 및 출국장, 입국(환승) 승객예고의 경우 게이트 및 입국장(환승보안검색대)가 바로 이 노드에 해당한다.

특정위치에서 시간대별 여객수요를 예측하기 위해서는 각 노드에서 시간적, 공간적 개념의 모델을 개발해야 한다. 출국승객 예고의 경우, 공간적 개념에서 체크인카운터, 출국장 선택 모델이, 시간적 개념에서 여객



<그림 2> 출국관련 프로세스



<그림 3> 입국(환승)관련 프로세스

도착 및 출국장이동 시간에 대한 모델이 필요하였다. 입국승객 예고의 경우는 공간적 개념에서 게이트, 입국장 선택 모델이, 시간적 개념에서 항공기 접속, 입국장이동 시간에 대한 모델이 필요하였다.

모델을 결정하는데 있어서, Bin Ran 등(1999)이 검토한 바와 같이 단기 수요예측에 신뢰성 있는 통계적 모델을 활용하기로 하였다. 출국승객 예고에서는 김상구(2003)의 차두시간 분포 및 오성열 등(2003)의 정규분포 확률밀도함수와 같이 여객의 항공기 출발 전 "체크인수속 완료시간(Show-up Lead Time, SLT)"을 통계적으로 모델화하였다. 그러나 수요예측의 정확도를 위해서 선행연구에서와 같이 정규분포 등으로 단순화하지 않고 1년간 누적된 실제특성을 확률분포함수로 개발하였다. 아울러, 항공사별, 노선별, 시간대별 인자에 따라 통계적으로 유의한 몇 개의 함수로 세분화하였다.

또한, 출국승객 예고에 있어서 출국장 선택모델은 출국장에서 실제 승객의 선택을 조사하여 확률밀도함수로 개발하였으며, 체크인카운터에서 출국장 이동소요시간도 실제 조사를 통하여 여객의 평균 이동소요시간을 적용하였다. 여객의 체크인카운터 선택은 항공사별 배정현황을 실시간으로 조회하여 확인할 수 있도록 하였다.

이렇게 각 노드에서의 모델들은 프로세스에 따라 통합되어 시뮬레이션 프로그램으로 개발하였다. 주어진 Input에 따라 각 노드에서 모델별 특성 값이 계산되고

프로세스에 따라 최종 시간대별 여객 수요예측값을 도출하도록 구성하였다.

입국(환승) 승객 예고도 출국승객 예고와 유사한 프로세스와 모델 개발을 하였으며, 시뮬레이션 프로그램으로 구성하였다. 입국관련 비행기 도착 후 게이트에 접속하기까지 소요되는 시간은 항공기 도착시간, 접속시간 등 항공통계자료를 기초로 하여 통계 모델로 발전시켰으며, 승객이 입국장으로 이동할 때 소요되는 시간 및 입국장 선택은 실제 승객을 대상으로 표본 조사하여 결정하였다. 항공기의 게이트 선택은 자원배정정보를 조회하여 Input 자료로 활용토록 구성하였다.

2. 출국승객예고 모델

1) 체크인수속 완료시간(Show-up Lead Time, SLT) ; 함수 f_t

본 논문에서는 승객이 공항에 나타나는 시간을 의미하는 쇼업 시간과의 혼동을 방지하기 위해서 체크인카운터 수속시간, 좀 더 엄밀히 말하면, 체크인 수속 중 위탁수하물 태그 발행시간을 “체크인수속 완료시간”으로 정의하며, 여기서 “Lead”는 여객이 체크인카운터에서 출국장으로 이동할 때 소요되는 시간과의 사전적 의미로써 사용하였다.

임의의 항공편에 탑승하려고 하는 승객이 체크인카운터에 나타나는 시간을 예측하기 위해서는 해당 항공편을 이용하는 모든 승객들이 체크인카운터에 나타나는 시간특성을 파악해야 한다. 또, 이를 모델화하기 위해서는 어떤 승객의 특성이 임의의 특정 항공편에만 적용되는 단발적 사건이 아니라 유사성 및 범용성을 가지고 있어야 한다.

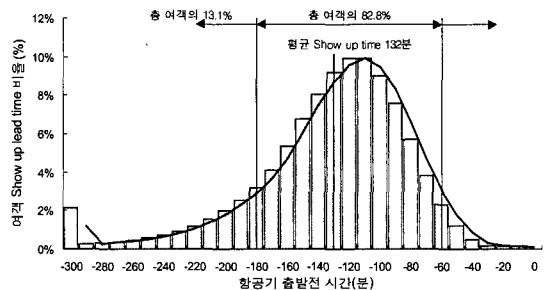
체크인수속 완료시간을 특성화하기 위해서 출국 승객들이 체크인수속을 하는 도중 위탁수하물의 태그 발행 시 발생하는 수하물자원정보를 활용하여 체크인수속 완료시간을 추출하였다. 수하물자원정보의 자료 추출관련 IATA의 “개인정보 보호”관련 권고사항³⁾을 준수하였다. 수하물자원정보에 기록된 태그 발행시간과 항공편의 실제 출발 시간과의 차이를 통해 항공기 출발 몇 시간 전에 체크인수속을 했는지 알 수 있게 된다. 공항에서 입출국 승객관련 수하물 처리를 위하여 하루 평균 수십만 건 발생하는 수하물자원정보를 유용한 체크인수

속 완료시간으로 데이터로 변환하기 위해서 변환프로그램을 개발하였으며 체크인수속 완료시간으로 변환된 데이터를 공항 데이터베이스에 저장하였다. 이렇게 추출, 정제된 체크인수속 완료시간자료는 총 승객수 대비 약 90%에 해당하는데 이는 총 승객의 약 90%가 위탁수하물을 발송하기 때문이다.

2003년 1년간 확보된 체크인수속 완료시간 정보를 기준으로 승객 체크인수속 완료시간 모델을 개발하였다. <그림 4>에 인천공항의 2003년 1년간 체크인수속 완료시간을 도시하는 바와 같이 평균 체크인수속 완료시간은 항공기 출발 전 132분전이며, 1~3시간 사이에 전체 승객 중 83%가 체크인 수속을 거의 완료 -위탁수하물 태그 발행-했음을 알 수 있다. 또한, 5시간 이전에 체크인 수속을 거의 완료한 승객도 전체 승객의 2%이상임을 알 수 있다.

체크인수속 완료시간을 시간대별, 항공사별, 노선별 및 요일별로 분류하여 체크인수속 완료 평균시간 μ 를 기준으로 통계적 유의성 여부를 판단하였다. 전체 체크인수속 완료시간 평균시간 μ_0 와 인자별(시간대, 항공사별 등) 체크인수속 완료시간 평균시간 μ 가 같다는 귀무가설을 세우고, 항공기 출발시간 기준 총 31개(-300~0분간, 10분 단위) 표본을 가지고 유의성을 검증하였다. <표 1>와 같이 95% 신뢰도하에서 9, 10시대 및 대양주 노선의 체크인수속 완료시간이 통계적으로 유의한 것으로 검증되었다.

<그림 5>에는 통계적으로 유의한 것으로 검증된 9, 10시간대를 포함한 시간대별 체크인수속 완료시간 그래프를 보여주고 있다. 9, 10시대 평균 체크인수속 완료시간은 항공기 출발 전 각 106분, 119분으로 전체 평균 체크인수속 완료시간 132분에 비해 작은 것으로



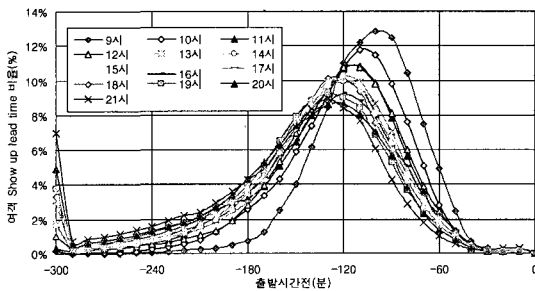
<그림 4> 2003년 1년간 평균 체크인수속 완료시간

3) "Protection of privacy and transborder data flows of personal data used in international air transport of passengers and cargo", Recommended Practice 1774, Passenger Services Conference Resolutions Manual, IATA, June 2000

〈표 1〉 인자별 체크인수속 완료시간 유의성 검증결과

항목	유의성 검증	
시간대별*	인자	9, 10, 11, 12, 기타시간대
	Z	4.74, 2.05, 0.49, 0.64, 0.75
노선별	인자	일본, 중국, 동남아, 미주, 유럽, 대양주, 중동, 기타
	Z	0.72, 1.7, 0.9, 1.88, 0.82, 2.18, 0.98, 0.65
항공사별*	인자	KE, OZ, UA, JL, NW, SQ
	Z	0.72, 0.36, 0.31, 0.28, 0.17, 0.55
요일별	인자	일, 월, 화, 수, 목, 금, 토
	Z	0.56, 0.1, 0.26, 0.18, 0.32, 0.10, 0.15

* 전체 여객대비 2%미만인 시간대, 항공사는 제외하고 분석



〈그림 5〉 시간대별 체크인수속 완료시간 곡선

나타났다. 즉, 오전시간대 출발하는 승객은 다른 시간대 출발하는 승객에 비해 공항에 늦게 도착하는 것으로 파악되었는데, 이는 서울 시내의 교통상황 및 여객들의 이른 아침시간대 행동 양태차이 등에 발생하는 것으로 추정된다.

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3, \dots) \cong P_1(x_1, x_2) \quad (1)$$

여기서,

x_1 : 시간대, x_2 : 노선, x_3 : 항공사, x_4 : 요일

$P_1(x)$: 체크인수속 완료시간 확률 함수

2) 출국장 이동시간(Lag Time) ; 함수 $f_2 (=constant)$

체크인 수속 후 출장으로 이동하는 시간(Lag Time)에 대해서는 '03.12.11~17 7일간 총 18,708 명을 대상으로 샘플링 조사를 실시하였으며, 시간대별 변동성이 있었으나 평균 30분이 소요되는 것으로 파악되었다.

3) 체크인카운터 선택 ; 함수 $f_3 (=constant)$

인천공항의 체크인카운터는 현재 항공사 수요, 공급

조건 따라 탄력적으로 배정할 수 있는 공용방식으로 100% 운영되고 있는데('04년까지 50% 공용, 50% 고정식 운용), 날마다 변동되는 항공사별 체크인카운터 배정현황을 파악하는 일이 중요하였다. 따라서 운항정보시스템(Flight Information System ; FIS)내 실제운항스케줄(Active Flight Schedule ; AFS)에 의해 전달되는 체크인카운터 배정현황 정보를 반영할 수 있도록 프로그램 하였다.

4) 출국장 선택 ; 함수 f_4

출국장 선택확률에 대한 조사도 상기 "Lag Time" 조사관련 '03.12월 행해진 샘플링 조사와 같이 수행되었다. 시간적 개념상 승객이 공항에 도착하고 체크인수속 후 출장으로 이동하는 일련의 흐름에서 승객의 선택적 공간이동에 대해 분석이 필요하였다. 즉, 체크인수속 후 출국심사를 받기 위해서 이동하는 동선 상에는 4개의 선택권(출국장)이 있는데, 이는 도착한 체크인카운터와의 근접성, 체크인수속 후 경유하는 은행, 약국 등 터미널내 상업시설의 위치, 여객의 선호성 및 출발 항공편이 주기해 있는 게이트와의 근접성 등에 영향을 받는 인자이다. 본 논문에서는 상기 언급한 현장조사를 통해 체크인카운터별 출국장 선택확률을 조사·분석하여, 이동확률모델로 식2와 같이 함수화하였다(〈그림 6〉).

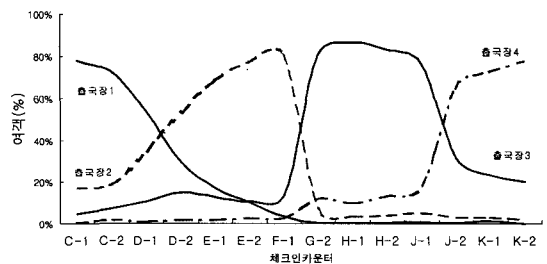
$$y_4 = f_4(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots) \cong P_2(x_1) \quad (2)$$

여기서,

x_1 : 체크인카운터 위치, x_2 : 상업시설 위치

x_3 : 게이트 위치, x_4 : 승객 선호도

$P_2(x)$: 출국장 이동 확률 함수

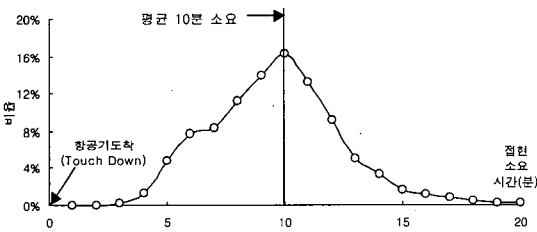


〈그림 6〉 출국장 이동확률

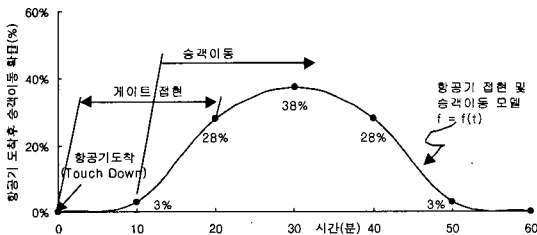
3. 입국 및 환승 승객예고 모델

1) 항공기 접현 및 승객이동 소요시간 ; 함수 g_1

항공기가 인천공항에 도착한 후 게이트까지 이동하는데 소요되는 시간은 FIS의 항공기 착륙시간과 게이트 접현되는 시간을 기준으로 산정할 수 있는데, <그림 7>과 같이 2003년 1년간 자료를 기준으로 분석한 결과 평균 10분이 소요되는 것으로 조사되었다. 또한, 게이트에 도착한 항공기에서 승객들이 하기하여 입국심사장으로 이동하는 데 소요되는 시간은 '04.4.9~15, 7일간 196,718명을 대상으로 샘플링 조사를 시행하여 구하였는데, 평균 20분이 소요되며 정규분포 형태 특성을 가지는 것으로 조사되었다. <그림 8>에 도시한 것과 같이 항공기 도착 후 게이트에 접현하기까지의 소요시간과 항공기에서 하기한 승객의 입국장 이동소요시간을 통합하여 하나의 함수로 모델링하였다.



<그림 7> 도착 후 게이트 접현소요시간



<그림 8> 항공기 접현 및 승객이동모델

2) 게이트 선택 ; 함수 $g_2 (=constant)$

입국승객의 위치를 파악하기 위해 반드시 사전에 확인해야 될 사항은 항공기 주기 위치, 즉 게이트 배정 정보이다. 항공사의 스케줄 및 기종 운용조건에 부합되도록 하기 위해서 운항일 기준 D-1일해야 게이트 1차 배정이 완료된다. 동 정보 역시 체크인카운터 배정정보와 함께 AFS에 의해 전달되는데, 입국승객예측 모델

에서는 정기적으로 이를 검색하여 최신정보로 갱신할 수 있도록 설계하였다.

3) 입국장(환승보안검색대) 선택 ; 함수 g_3, g_4

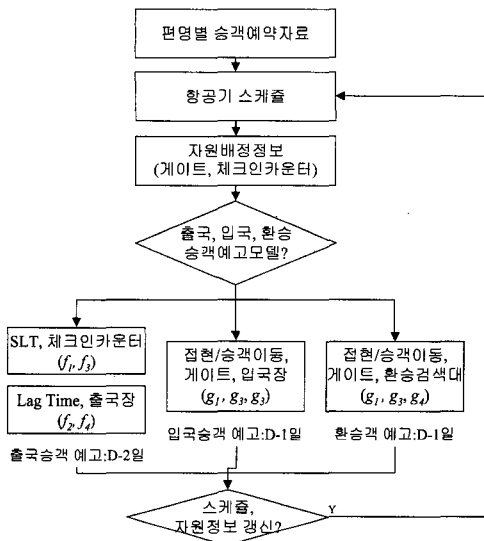
출국승객이 출국장으로 이동할 때는 체크인카운터 위치 외 경유하는 터미널내 상업시설의 위치, 출발 항공편의 게이트 위치 등 여러 인자가 관여하고 있지만, 입국의 경우 항공기에서 하기한 승객은 공항의 지형적 위치에서 가장 근접한 입국심사 구역으로 이동하게 된다. 따라서 인천공항의 게이트와 입국장간의 지형적인 근접성을 근거로 입국장 이동 경로 함수(g_3)를 설정하였다. 또한, 환승객이 환승 카운터로 이동하기 위해서는 터미널의 지상 2층에 마련되어 있는 총 4개의 환승객 전용 보안검색대를 통과하여 이동해야 하는데, 이때 환승객의 동선도 지형적인 근접성과 안내표지판의 방향성에 좌우된다. 환승객의 이동모델도 이에 근거하여 환승객 보안검색대 이동함수(g_4)를 수립하였다. <표 2>에서 출국, 입국 및 환승객 예측 함수 및 독립 인자를 표시하고 있다.

<표 2> 승객예고 모델함수

출국승객	입국승객	환승객
$F = f_1 * f_2 * f_3 * f_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$	$G_1 = g_1 * g_2 * g_3(x_1, x_2, x_3)$	$G_2 = g_1 * g_2 * g_4(x_1, x_2, x_4)$
x_1 : SLT	x_1 : 항공기도착시간	x_1 : 항공기도착시간
x_2 : Lag Time	x_2 : AFS	x_2 : AFS
x_3 : AFS	x_3 : 게이트 위치	x_3 : 게이트 위치
x_4 : 체크인카운터위치		x_4 : 체크인카운터위치

4. 승객예고 프로그램

<그림 9>에는 출국, 입국 및 환승객 예고모델에 근거한 통합 프로그램 Flow-chart를 도시하고 있다. 발생일 D일을 기준으로 편명별 예약자료, 스케줄 및 체크인카운터 배정정보를 D-2일 준비된다. 그러나 입국관련 게이트 배정자료는 항공사의 스케줄, 기종 배정 등을 고려하여 늦게 확정되므로 D-1일해야 준비가능하다. 따라서 출국 승객예고 프로그램은 D-2일, 입국 및 환승객 예고 프로그램은 D-1일 실행하게 된다. <표 2>에서 표시된 바와 같이 출국 승객예고 프로그램에는 함수 f_1, f_2, f_3, f_4 가 적용되며, 입국 프로그램에는 함수 g_1, g_2, g_3 , 환승 프로그램에는 g_1, g_2, g_4 가 적용된다.



〈그림 9〉 승객예고 프로그램 Flow-chart

본 프로그램의 실행에 의해 생성되는 결과물은 출국 승객예고의 경우 시간대별 항공사별 체크인카운터 위치에서의 승객수, 시간대별 출국장1, 2, 3, 4 위치에서의 승객수이며, 입국 승객예고의 경우 시간대별 입국장1, 2 위치에서의 승객 수, 환승 승객예고의 경우 환승 보안검색대1, 2, 3, 4 위치에서의 승객수이다. 그리고 D일의 출국객, 입국객, 환승객 및 동시 혼잡도 등 종합적 정보가 통합 제공된다. 동 프로그램 예측결과와 실제 값과의 차이는 모델 자체의 여러 외에도 스케줄, 게이트 및 체크인카운터 배정 변경에 따라 발생할 수 있으므로, 프로그램을 시행한 후에도 변동되는 자원정보를 자동 반영하여 최신의 예고자료로 갱신될 수 있도록 하였다.

뿐만 아니라, 특정지역의 여객 집중도를 바로 확인하고 대처할 수 있도록 관심시간대 예측결과를 10분 단위까지 파악할 수 있도록 하였으며, 여객 집중지역의 항공기 게이트배정 등 자원배정을 변경할 수 있도록 항공편명별 출국, 입국 및 환승객 정보를 같이 표출할 수 있도록 프로그램 하였다.

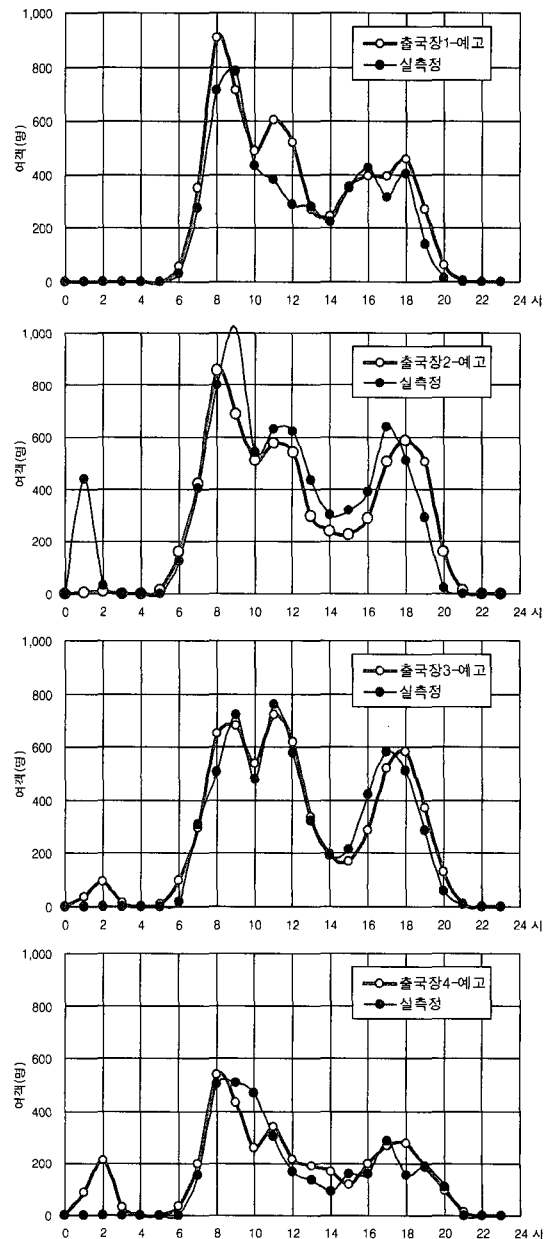
III. 모델적용 및 검증

1. 승객예고 모델검증

1) 출국승객예측

항공사 예약 자료에 따른 실제 탑승여객과 예약자료

간 승객수 차이는 평균 5% 수준이내였다. 〈그림 10〉에는 시간대별 출국 승객예고 프로그램의 예측결과와 실제 승객수를 도시하고 있다. 출국 승객의 출국장 선택 확률모델은 당일(D일)의 여객 특성, 즉 그룹 관광객이 많은지, 특정 노선의 여객이 집중되었는지 등에 영향을 받기 때문에 일정 부분 오차를 발생하고 있다. 출국 승객모델의 시간대별 누적평균 오차율은 15%수준인 것으로 분석되었는데, 데이터 기본적인 오차율

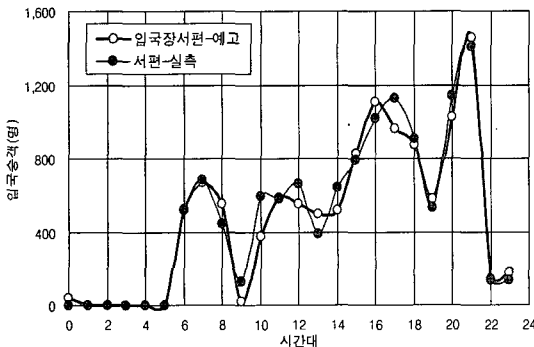
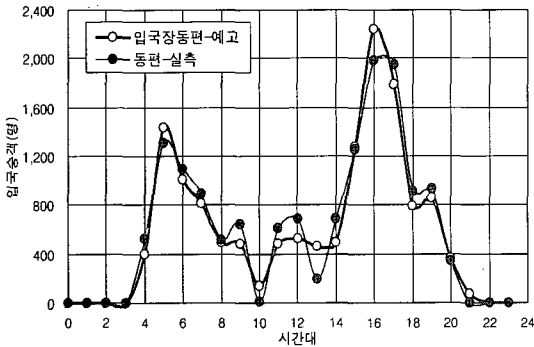


〈그림 10〉 출국승객예고검증('04.3.8, 오차 13%)

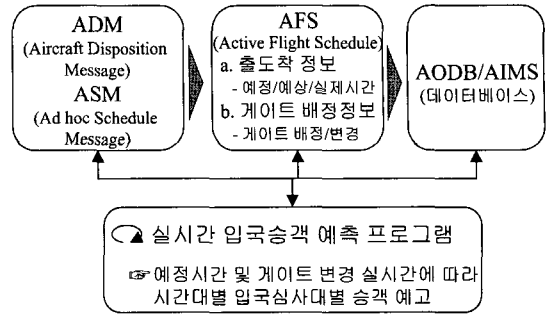
5%를 감안할 때 높은 수준의 정확도를 유지하는 것으로 판단된다. 동 수준의 오차 내에서 출국 승객 집중 여부에 따라 탄력적으로 출국장별 보안검색, 출국심사 업무를 준비할 수 있게 되었다.

2) 입국승객예측

시간대별 입국 승객 예측자료와 실측된 입국객 수를 <그림 11>에 도시하고 있는데, 출국 승객 예측자료와 비교할 때 오차를 10% 이내로써 정확도가 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 입국장의 경우 출국장과 달리 여객들이 움직일 수 있는 동선이 제한되어 있고, 대부분의 여객이 항공기 하기 후 바로 입국절차를 받기위해 이동하는 여객 거동에 있어서의 차이 때문인 것으로 풀이된다. 그러나 입국승객 예측결과와 실제값의 차이는 항공기 도착 시간 및 게이트 위치 변경에 따라 급격히 변동될 수 있기 때문에 항공기 도착 시간까지 스케줄 변경사항을 지속적으로 반영해 줄 필요가 있으며, 만약 최종 항공기 도착 순간까지 스케줄 및 자원 배정현황을 최신 자료로 반영하게 되면, <그림 12> 이론적으로는 항공사가 제공한 입국 총 승객의 오차율로 수렴하게 된다.



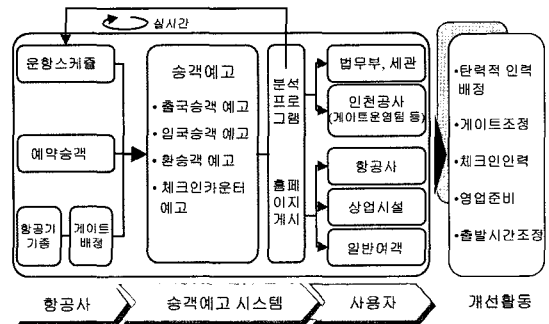
<그림 11> 입국승객예고검증('04.4.11 오차 8.6%)



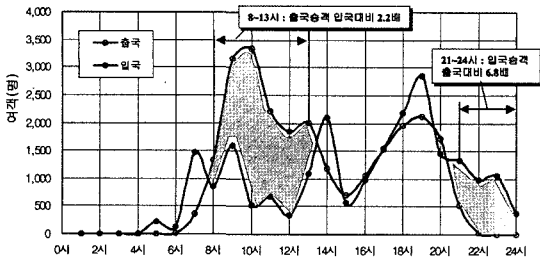
<그림 12> 실시간 입국 승객예고 프로그램

2. 승객예고 시스템 운영

여객터미널의 입출국 및 환승관련 주요 심사 프로세스 위치에서의 초단기 수요를 신뢰성 있게 예측하게 됨으로써 공항운영의 안정성 및 효율성을 도모할 수 있게 되었다. 출입국심사 및 세관신고 지역에 승객예고 시스템을 설치하여 관련기관에서는 사전에 승객예측자료에 근거하여 D일의 근무인력을 탄력적으로 배치하며, 해당일 근무 중에도 동 자료를 활용하여 교대, 휴식 등 운영 효율화에 적용할 수 있다. <그림 13>에는 “승객예고 시스템”의 운영 개념도를 나타내고 있다. 예약승객자료, 스케줄, 및 자원배정정보에 기초하여 주요 위치에서의 출입국, 환승객에 대한 수요가 예측되면, 바로 홈페이지 게시 및 조회 프로그램을 통해서 정부기관, 공항공사 내부, 항공사, 상업시설 및 일반 공항이용자에게 공유된다. 공유된 예측자료를 활용하여 항공사, 상업시설 운영자 등에서는 체크인카운터 운영, 상업시설 운영계획을 수립하게 된다. 이와 같이 정확한 초단기 수요예측자료를 공항운영과 관련된 모든 정부기관, 업체, 운영자들과 공유함으로써 탄력적 인력, 자원배정 및 효율적 상업시설의 운영이 가능하게 되었으며, 이는



<그림 13> 승객예고 시스템 운영 개념도



〈그림 14〉 출입국 승객집중도 (‘04.5.25)

바로 여객 서비스 개선으로 연계되었다.

〈그림 14〉에는 인천공항의 시간대별 출국장 및 입국장 위치에서의 여객 집중도를 나타내고 있다. 대부분의 공항에서는 그림과 같이 출도착 첨두시간(Peak)이 서로 다른 시간대 발생하게 되는데, 인천공항의 경우 오전 8~13시에는 입국 승객대비 2배 규모의 출국 승객이 집중되고, 반대로 21~24시에는 출국 승객의 약 7배에 해당하는 입국 승객이 집중되었다. 승객예고 시스템을 이용하여 이러한 여객집중에 대해 최적의 대응이 가능하도록 적합한 인력을 효율적으로 운용할 수 있다. 또한, 출입국 심사 지역에서 시간당 예상 여객수가 표출되기 때문에 운영요원 1인당 대응 가능한 여객수 정보를 바탕으로 바로 적정규모 인력도 산출할 수 있게 되었다.

IV. 결론 및 향후 개선과제

인천국제공항은 개항 후 터미널의 여유 있는 처리용량에도 불구하고 하계성수기 첨두시간대 등 특정 및 불특정 시간대 혼잡현상이 발생되어 왔으며, 이는 여객 서비스를 제고하는데 가장 큰 걸림돌로 여겨졌다. 이와 같은 문제는 어느 특정 기관이나 업체의 힘만으로는 해결이 불가능한 사항이었다. 왜냐하면, 정확한 기초정보의 확보, 통합 분석 및 실행력 등이 복합적으로 뒷받침돼야 하기 때문이었다. 인천공항에서는 지금까지 다른 공항에서 이루기 힘든 신뢰와 협력체계 구축을 통하여 문제 해결을 시도하였고, 대단히 성공적인 것으로 평가된다. 즉, 승객예고 시스템 구축관련 항공사의 예약정보지원과 출입국관리사무소, 세관 등 관련 정부기관의 운영협조 약속은 상호 신뢰에 기초하였던 것이다.

본 논문의 승객예고 시스템은 항공편별 예약 승객수, 스케줄 및 자원배정정보를 입력데이터로 하고, 여객의 시간적, 공간적 거동 예측 모델을 활용하여 체크인카운터, 출국장, 입국장 및 환승 보안 검색대에서의

시간대별 여객수를 파악할 수 있는 예측 프로그램이다. 또한, 통계 및 모의실험 모형을 결합하고, 통계적 모형에서는 인자별 유의한 몇 개의 모형으로 세분화함으로써 정확도를 개선하였다. 출국의 경우는 오차율 15%, 입국의 경우는 10% 수준 이내의 높은 정확도를 가지는 것으로 분석된다.

승객예고 시스템 운영을 통해 출입국심사, 보안검색, 안내서비스, 커브사이드, 환경미화 등에 관한 적정 투입 인력을 산정하게 되었다. 예상치 못한 스케줄 조정 등으로 갑작스런 혼잡 상황이 발생된 때에도 승객예측 프로그램에 기반하여 게이트, 체크인카운터 등 자원 배정을 변경함으로써 혼잡을 완화할 수 있게 되었다. 공항필수 운영분야 외에도, 상업시설 운영관련 예상되는 여객에 적정 규모의 음식과 상품 및 인력을 준비함으로써, 여객서비스 제고는 물론 운영의 효율성을 확보하게 된 것으로 평가된다.

승객예고 시스템은 이처럼 초단기 수요예측에 따른 인력, 자원 투입계획을 일련의 실행 가능하게 한 시스템으로 여객 서비스 개선에 기여할 수 있었으며, 인천국제공항이 AETRA 모니터링 등 국제기구로부터 지속적으로 우수한 평가를 받을 수 있는 밑거름이 된 것으로 평가된다.

본 논문은 특정위치에서의 시간대별 여객수요를 비교적 정확한 수준으로 예측하는 모형의 기본 방향을 제시했다는 점에서 의의를 가지지만, 여러 가지 개선과제를 남기고 있다. 그 중 하나가 출국장 선택에 관한 문제이다. 여러 가지 많은 인자 영향을 단순화하여 확률밀도함수로써 접근하였으나, 여객의 선택 의도를 포함한다면 보다 높은 수준의 정확도를 담보할 것이다. 또, 다른 분야는 체크인카운터에서 출국장으로의 이동소요시간에 관한 것이다. 본 연구에서는 실측을 통한 평균값을 적용하였으나, 인자별 영향을 고려하여 확률밀도함수로 접근할 필요가 있다. 마지막으로 확률밀도함수에 관한 것이다. 실제 데이터 및 유형별 세분화한 값으로 정확도를 높였지만 이론적 민감도를 인지하는 데는 어려움이 있었다. 정규분포 등의 함수로 단순화하여 연속한 이론적 종합 모델을 개발한다면 복잡한 시뮬레이션 없이도 인자별 영향도를 인지할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. ICAO(2005), "International Standards Recommended

- Practice ANNEX 9", ICAO.
2. Norman Ashford, H.P. Martin Stanton, Clifton A. Moore(1996). "Airport Operations(Second Edition)", McGraw-Hill.
 3. Bin Ran, Choi Kee Choo(1999), "Using Traffic Prediction Models for Providing Predictive Traveler Information : Reviews & Prospects", 대한교통학회지, 제17권 제1호, 대한교통학회, pp.141~157.
 4. 김상구(2003), "중앙분리대 대기공간이 있는 비신호 횡단보도에서의 보행자 횡단용량 모형식 개발", 대한교통학회지, 제21권 제4호, 대한교통학회, pp.103~159.
 5. 이영인·임재승·윤경섭(2000), "대기차량 최소화를 위한 주기변동기반(Cycle-free based) 동적 신호시간 결정모형 개발", 대한교통학회지, 제18권 제2호, 대한교통학회, pp.73~89.
 6. 오성열·김원규·박용화(2003), "공항접근시간에 따른 여객의 공항도착 행태분석", 대한교통학회지, 제21권 제4호, 대한교통학회, pp.17~27.
 7. IATA(2000), "Passenger Services Conference Resolutions Manual", IATA.
 8. 교통개발연구원(1998), "인천국제공항 종합운영계획 I·II".
 9. 노정현(1999), "교통계획 통행수요이론과 모형", 나남출판.
 10. 항공진흥협회(2003), "항공수송 수요예측(2003-2010년)", 항공진흥협회지.
 11. 유광의·유문기(1997), "공항운영 및 관리", 백산출판사.
 12. 이종원(1994), "경제경영통계학", 전영사.
 13. 원태연·정성원(2001), "통계조사분석", SPSS 아카데미.

✉ 주 작 성 자 : 이상용

✉ 논문투고일 : 2005. 11. 30

논문심사일 : 2005. 12. 15 (1차)

심사판정일 : 2005. 12. 15

✉ 반론접수기한 : 2006. 4. 30