

공항 운영 효율성 향상을 위한 보안검색 프로세스 개선 및 스마트 공항 프레임워크 설계

이재환¹ · 임현우¹ · 손세창² · 고승윤¹ · 홍기성¹ · 최상균¹ · 서상원³ · 이철웅^{4*}

¹고려대학교 산업경영공학과 / ²인천국제공항공사, 한국항공대학교 항공경영학과 /

³육군3사관학교 정보공학과 / ⁴고려대학교 산업경영공학부, 기술경영전문대학원

Airport Security Process Improving for Advanced Operation and Smart Airport Framework Design

Jaewhan Lee¹ · Hyeonu Im¹ · Seichang Sohn² · Seungyoon Ko¹

Ki-sung Hong¹ · Sanggyun Choi¹ · Sangwon Seo³ · Chulung Lee⁴

¹Department of Industrial Management Engineering, Korea University, Seongbuk-gu, Seoul 136-701, Korea

²Incheon International Airport Corporation, Incheon, Korea and Aviation Business Administration, Korea Aerospace University, Gyeonggido, Korea

³Department of Computer Engineering, Korea Army Academy, Korea

⁴Division of Industrial Management Engineering and Graduate School of Management of Technology, Korea University, Seongbuk-gu, Seoul 136-701, Korea

The airport processes are restricted by some limits of performance objects as size of airport, ability of human resources, capacity of facilities and operational rules. These limitations make passenger handling difficult when passenger numbers increase. In order to solve this problem, we modeled the airport process and analyzed departure passenger arrival, scheduled security manpower under specific customer service level maintenance with mixed integer programming and validate the efficiency with simulation with adapting smart airport framework. We concluded that the airport management with information techniques can reduce waiting time within security and immigration process.

Keywords: Smart Airport, Airport Management, Manpower Scheduling, Simulation, Framework Design

1. 서론

공항은 항공 승객이 출발, 도착, 환승하는 곳으로써 모든 과정은 절차와 규제에 의해 형성된다. 이러한 절차와 규제는 공항의 서비스 수준을 낮추는 행위로서 공항 이용객에게 시간적 할애를 강요하지만 무시되거나 생략 될 수 없는 부분이다.

<Figure 1>과 같이 공항 운영 및 이용객 선호에 의하여 발생하는 공항의 피크타임은 특정시간에 공항 승객의 밀집을 유발하고 이는 각종 과정에서 추가적인 대기시간을 발생 시킨다 (Choi and Lee, 2012). 또한 공항 운영 정책에 의하여 각 출국장별로 이용승객의 수가 서로 상이하며 이는 효율적인 운영이 되지 않고 있음과 고객의 대기시간 증가, 대기시간의 증가로

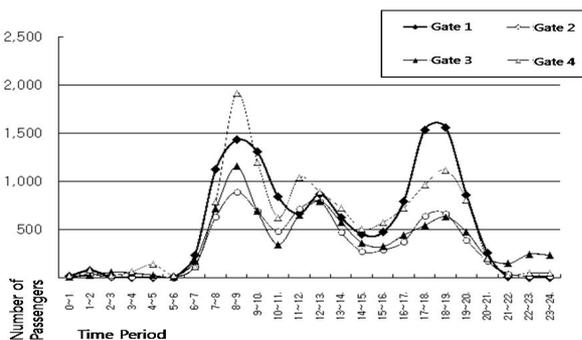
이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2012R1A1A2043269).

* 연락처: 이철웅 교수, 136-713 서울특별시 성북구 안암로145 고려대학교 자연계캠퍼스 고려대학교 산업경영공학부, 기술경영전문대학원,
Tel : 02-3290-3395, Fax : 02-929-5888, E-mail : leecu@korea.ac.kr

2012년 12월 31일 접수; 2013년 3월 11일 게재 확정.

인한 공항 부대시설 이용시간의 감소가 발생시키는 수익형성의 부정적 영향을 나타낸다(Jeon and Lee, 2011). 또한 2001년 발생한 9.11 테러 이후, 공항에서의 보안검색과 출입국 관리의 중요성과 탑승객 안전에 대한 조치가 강화되었고, 보안검색 수준에 따라 상이한 검색 시간이 적용됨에도 불구하고 전체적인 보안검색 시간의 증가와 그 과정에서의 대기시간 증가는 이용객의 불편을 초래하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 적절한 수준에서의 고객 서비스 수준과 보안 수준의 만족을 얻을 수 있는 최적 보안검색 운영 방법, 체크인 및 출국심사의 과정을 효율화하기 위하여 IT 신기술을 이용한 스마트공항 등의 방법 적용의 필요성이 요구되고 있다. 이러한 요구를 만족시키기 위해서 본 논문에서는 최적의 보안 검색 인력 배치 문제에 대해 연구하고, IT 기술을 적용한 스마트 공항의 프레임워크를 제안한다.

본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 기존의 공항 운영과 보안검색 인력배치 등의 기존 연구를 분석하고, 제 3장에서 보안검색과정의 효율화를 통한 보안검색 인력 배치에 관한 모형과 스마트 공항프레임워크의 적용에 대한 모형을 설명하고, 제 4장에서 인천국제공항(ICN)의 데이터를 통한 시뮬레이션 실험과 그 결과를 분석한다. 마지막으로 제 5장에서 최적의 보안검색 인력 배치 및 스마트공항 프레임워크를 통한 공항 이용객 대기시간 감축 및 서비스 향상의 효율성에 대하여 결론을 맺는다.



Source : Choi and Lee(2011).

Figure 1. Distribution of passengers on departure gate

2. 문헌 연구

본 논문에서는 인천공항의 보안검색 및 출입국 과정의 프로세스를 특정 서비스 수준을 만족하는 범위에서의 보안검색대 할당 및 보안검색 인력배치 문제해결, 공항 출입국 자동화 시스템의 효율성 검증 등의 문제를 해결한다.

본 논문과 관련된 공항의 보안검색 및 출입국 과정의 프로세스에 대한 연구는 다음의 연구가 대표적이다. Frederickson and Laporte(2002)는 미국의 9.11 사건 이후 중요시된 공항에서의 보안검색 문제점을 도출하고 보안검색 인력의 훈련과 보안

검색 시스템의 강화를 통한 해결 가능성을 대안으로 제시하였지만 실제적인 검증 및 수리적 검증이 전무한 문제가 있다. 또한, Babu *et al.*(2006)는 9.11 테러 이후의 보안 전수검사가 보안 수준의 하향을 유발함을 보이고, 보안검색 대상의 그룹화를 통한 상이한 보안검색을 적용함으로써 승객 서비스 제고 및 보안수준의 유지가 가능하다고 하였다. 하지만 이는 전수 조사라는 정책에 반함으로 실효성에서는 문제가 있다. 더불어 Manataki and Zografos(2010)은 시스템 다이내믹스 모델(System Dynamics Model)을 사용하여 공항 터미널의 출입국 및 보안검색 시설의 상관관계를 분석하고 의사결정 지원도구로써 사용 가능성을 보였지만 상관관계가 실제적인 효율성 향상에 기여할 수 없다는 한계가 있다. 또한, Choi and Lee(2012)는 공항 출국 프로세스에서 발생하는 출국장별 이용자의 불균형에 대한 해결책으로 출국장으로 이용객을 균등하게 안내 할 경우에 대한 효율성을 시뮬레이션을 통하여 검증하였지만 이는 출국까지 요구되는 모든 과정에서의 효율성 향상이라고 보기는 어렵다.

공항의 인력 배치문제에 대해서는 Holloran and Byrn(1986), Schindler and Semmel(1993), Yang *et al.*(2003), Huang *et al.*(2006), Stolletz(2010) 그리고 Seo *et al.*(2012) 등이 연구하였다. Holloran and Byrn(1986)은 정수선형계획법(Integer and Linear Programming)을 이용한 네트워크 최적화 방법을 통하여 인력 배치 시스템을 개발 하였고, Schindler and Semmel(1993)은 인력 배치 문제를 셋 커버링 문제(Set Covering Problem)로 변형한 형태로 해결하였다. 하지만 Holloran and Byrn(1986)과 Schindler and Semmel(1993)의 연구에서 제시된 수리모형들은 특정 일자의 직원 운용을 통한 해결방법만을 제시하는 한계점이 있다. 또한, Yang *et al.*(2003)은 항공기 정비 인력 일정계획에 대하여 혼합정수계획 모형(Mixed Integer Programming Model)을 이용하여 시간당 인력비용의 최소화 문제로 해결 하였다. 이 연구에서는 팀별 운용과 교대, 근로시간 등의 조건을 고려하였지만 근무의 형평성에 대한 고려는 포함되어있지 않았다. Huang *et al.*(2006)은 각 항공화물 터미널 근무 인력의 근무부하 균형을 고려한 문제를 확률적 혼합정수계획 모형(Stochastic Mixed Integer programming model)을 통하여 해결 하였으며 공급자 분할 알고리즘을 통하여 빠르게 해결 하였지만 이 연구는 근무부하에 대한 목적만을 갖고 있어 공항 운영에 있어 중요한 비용 측면이 고려되지 않은 한계가 있다. Stolletz(2010)은 이산 정수 모형(Binary Integer Programming Model)을 통하여 공항 체크인 카운터의 근로계약에 대하여 유연한 적용방법을 개발 하였지만 평가에 대한 방법은 제시하지 못하고 있다. Seo *et al.*(2012)는 정수모형(Integer Programming Model)을 통하여 M/M/s 대기 시간을 갖는 대기행렬 모형의 해를 구하였다. 하지만 이 연구는 사전에 정해져 있는 교대 가능 시간 구간 등으로 문제를 가정하여 단순화한 문제의 해결만을 보이고 있다. 또한 Seo and Lee(2012)는 논문에서 사전에 정해져 있는 교대 가능 시간 구간 등의 가정을 완화하고, 비용과 보안검색 팀의 업무 균형을 고려한 근무계획을 연구하였다. 하지만 이는 출입국 및 체크

인에서부터의 과정을 포함하지 않으며, 확정적 모형의 한계인 불확실성이 많은 시스템에 대한 적용은 한계가 존재한다. 따라서 공항 운영에 있어서 이용객이 체크인 과정부터 항공기 탑승구까지 도달하는 절차상의 중요 부분인 보안검색과 출국 심사를 포함한 모든 과정에 대한 효율성 향상과 그 평가에 대한 연구가 요구되고 있으며, 본 논문에서는 체크인부터 항공기 탑승까지의 절차적 과정을 통합한 모형 개발과 절차적 과정에서 발생하는 이용객 편의 만족을 위한 대기시간 감축을 위한 보안검색에서의 국지적 운영 효율화와 스마트에어포트 개념 적용을 통한 시간 감축에 대하여 시뮬레이션을 통한 평가를 수행 한다(Lim *et al.*, 2012).

3. 모형 개발

본 논문에서 사용한 공항 이용객 프로세스 모형은 <Figure 2>와 같다. <Figure 2>는 공항 외부와 공항 터미널에서의 이용객이 수행하는 절차의 흐름을 나타낸 것이다. 이 논문에서의 이용객은 항공기에 탑승하는 출국승객만을 대상으로 한다. 출국 승객만을 대상으로 하는 이유는 입국절차는 출국 절차에 비하여 보안검색의 절차가 단순하고 빠르게 처리되기 때문으로 고객서비스 수준을 고려할 만큼 중요하게 여겨지지 않기 때문이다. 이용객은 터미널의 랜드사이드(Landside)에 도착하여 승객과 수하물에 대하여 체크인을 한 후 보안검색과 출국 심사를 거쳐 면세점 등이 있는 출국홀(Departure Concourse)을 통과하여 각 탑승구로 이동하는 과정 수행한다. 공항 이용객 프로세스 모형을 참조하면 이용객은 체크인, 보안검색, 출국심사의 과정을 거쳐 항공기에 탑승하며 이용객의 편의성을 만족시키기 위해서는 국소적으로 각 과정별 서비스율을 향상 시켜야 함과 전체적인 운영 프로세스의 개선이 필요하다(Kim and

Jeong, 2012). 이를 이루기 위해서는 특정 출국장에 이용객의 물리는 것을 방지하고, 체크인과 보안검색, 출국심사의 속도를 높여야 한다. 제 3.1절에서는 이용객의 시설 이용의 균형을 유지하고, IT 기술 기반의 시설로 서비스 속도를 향상시키리라 기대되는 스마트공항 프레임워크의 적용을 모형으로 수립하고, 제 3.2절에서는 고정된 시설과 한정적인 인적자원이 소모되며 대체 불가능한 점으로 인하여 보다 국소적인 효율화가 요구되는 보안검색 및 출국 심사 과정의 효율성 향상을 위한 인력 배치 모형을 수립한다,

3.1 스마트공항 프레임워크 적용

스마트공항 프레임워크는 <Figure 3>과 같이 공항의 무인화와 자동화, IT 기술을 통한 정보화 등을 통하여 효율적인 공항 운영을 추구한다.



Source : Sohn *et al.*(2012).

Figure 3. Concept of Smart Airport

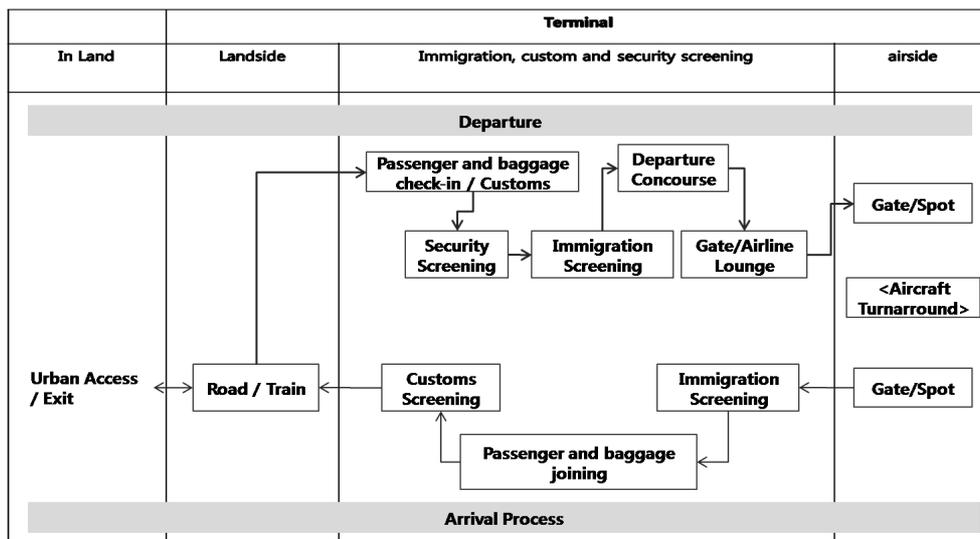


Figure 2. Airport passenger process

스마트공항 프레임워크는 전자여권 등의 IT 기술을 이용하여 체크인과 출국심사를 무인화 하고, 체크인과 동시에 가장 이용률이 낮은 출국게이트로 이용객을 유도함으로써 각 게이트별로 발생하는 불균형을 해결한다. 따라서 기존의 체크인과정에 대응하는 Self Check-in과 출국게이트에서의 균형을 유지하기 위한 고객 유도 시스템인 U-Departure, 기존의 출국심사에 대응하는 U-Immigration이 요구된다. 스마트공항 프레임워크를 적용할 경우 체크인과 출국심사과정의 서비스 속도가 향상되며, U-Departure를 통하여 출국 게이트간의 균형이 유지된다면 보안검색 및 출국심사에서의 대기시간이 줄어든다(Sohn et al., 2012). 이러한 스마트공항을 모형화 한다면 <Figure 4>와 같으며, 이는 Choi and Lee(2012), Seo and Lee(2012)의 연구에서 고려되지 않은 출국 심사부분을 포함함과 동시에 각 과정에 대하여 부분적으로 연구된 Choi and Lee(2012)와 Seo and Lee(2012), Sohn et al.(2012)의 연구의 한계점을 보완하여 출국까지의 모든 절차를 고려한 모형이 된다.

3.2 보안검색 및 출국심사 인력배치 모형

보안검색 및 출국심사의 경우 가장 많은 시간이 소요되는 과정으로 인식되어, 국소적인 효율화를 통한 이용객 서비스 향상 및 규정의 준수를 위한 많은 연구가 수행되어 왔다. 이 논문에서는 Seo and Lee(2012)의 모형을 변형하여 이용객 서비스 수준 유지와 비용 측면을 고려하며, 동시에 스마트공항 프레임워크의 적용으로 변화된 출국장 이용률의 변화에 적용할 수 있는 보안검색 인력과 출국심사 인력배치의 모형을 설계하였으며, 이를 통하여 보안 검색 과정과 출국 심사 과정의 국소적 효율성 향상에 이용하였다.

보안검색 및 출국심사 인력 배치 모형은 다음과 같다.

집합

- $i \in I$ 인력팀에 대한 집합
- $k \in K$ 근무시간에 대한 집합
- $t \in T$ 시간구간에 대한 집합
- $S \subset I$ 보안검색팀은 인력팀의 부분집합
- $J \subset I$ 출국심사팀은 인력팀의 부분집합

인력변수

c_i 인력팀 i 의 근무시간당 임금

sc_i 인력팀 i 의 교대비용

$\max WH$ 1일당 최대 근무시간

D_t 시간 t 에 대한 이용객 유입량

$SCapa$ 보안검색대 1대당 처리 능력

$ICapa$ 출국심사대당 처리 능력

결정변수

$X_{it} = \begin{cases} 1 & \text{인력팀 } i \text{가 시간 } t \text{에 교대할 경우} \\ 0 & \text{그렇지 않을 경우} \end{cases}$

$Y_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{인력팀 } i \text{가 } t \text{시점부터 } j \text{시간 동안 근무} \\ 0 & \text{그렇지 않을 경우} \end{cases}$

$Z_{it} = \begin{cases} 1 & \text{인력팀 } i \text{가 } t \text{시점에 배정될 경우} \\ 0 & \text{그렇지 않을 경우} \end{cases}$

WL_{\max} 인력팀간 형평성을 고려할 경우 최대 근무 시간

수리모형

$$\text{Minimize } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (c_i \cdot Z_{it} + sc_i \cdot X_{it}) \tag{1}$$

$$\text{Minimize } WL_{\max} \tag{2}$$

Subject to

$$\sum_{t \in T} X_{it} \leq 1 \quad \forall i \in I \tag{3}$$

$$\sum_{j \in J} Y_{ijt} \leq X_{it} \quad \forall i \in I, t \in T \tag{4}$$

$$\sum_{i \in S} Z_{it} \geq \lceil \frac{D_t}{SCapa} \rceil X_{it} \quad \forall i \in S, t \in T \tag{5}$$

$$\sum_{i \in J} Z_{it} \geq \lceil \frac{D_t}{ICapa} \rceil X_{it} \quad \forall i \in J, t \in T \tag{6}$$

$$\sum_{j \in J} Y_{ijt} + \sum_{k=\max(1,t-\tau)}^{t-1} (Y_{i,j-k,k} + \sum_{l=t-k+2}^{Max WH} Y_{ijk,l}) = Z_{it} \quad \forall i \in I, t \in T \tag{7}$$

$$\sum_{t \in T} Z_{it} \leq WL_{\max} \quad \forall i \tag{8}$$

$$X_{it} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, t \in T \tag{9}$$

$$Y_{ijt} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T \tag{10}$$

$$Z_{it} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, t \in T \tag{11}$$

$$WL_{\max} \geq 0 \tag{12}$$

목적식 (1)과 식 (2)는 각각 비용 최소화와 근무편차의 최소화를 나타내는 식이며, 제약식 (3)은 각 인력팀이 하루에 최대 한번까지 근무를 배정받을 수 있도록 나타내고 제약식 (4)은 근무시간이 배정된 이후에 근무 시간의 길이가 결정되어야 한다는 결

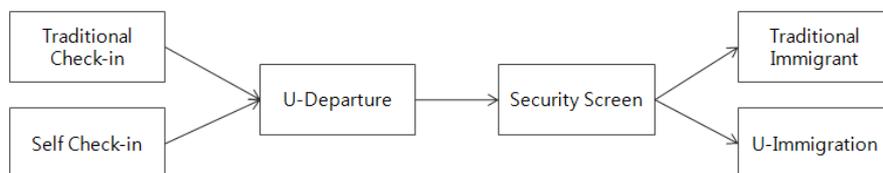


Figure 4. Departure process under smart airport framework

정변수의 논리적 관계를 나타내는 식이다. 제약식 (5)와 식 (6)은 보안검색과 출국심사에 배정된 팀이 각 시간별 이용자 도착량을 충분히 소화할 수 있어야 함을 의미하고 제약식 (7)은 근무시간의 지속성을 보장하기 위한 식이다. 제약식 (8)은 최장 근무시간을 구하기 위한 논리식으로 목적식이 최소화를 목표로 하기 때문에 해를 구함에 있어 문제가 되지 않는다. 제약식 (9)~식 (12)는 결정변수에 대한 제약이다.

상기의 다중 목적 수리모형을 통하여 얻게 되는 인력 배치 계획은 Sohn *et al.*(2012)이 제시한 스마트공항 프레임워크를 적용한 상황(U-Airport)에서의 효율검증을 위한 시뮬레이션의 입력 변수로 사용된다. 다음의 제 4장에서는 Choi and Lee(2012)의 연구에서 사용된 가정과 Seo and Lee(2012)의 보안인력 배치 모형을 개량하여 얻은 보안검색 및 출국심사 과정의 국소적 효율화 상황에서 Sohn *et al.*(2012)의 스마트공항 프레임워크 적용의 효과를 시뮬레이션을 통해 평가한다(Joo and Kim, 2011).

4. 실험 및 결과분석

이 논문에서는 ICN의 데이터를 통하여 출국장별 승객의 균형을 맞추고 그에 따른 보안검색 팀을 효율적으로 배치하며, Smart Airport의 개념을 적용한 모형을 실제 공항 관리 데이터를 통하여 시뮬레이션 검증을 수행 하였다.

시뮬레이션은 ICN을 기초로 설계되었으며, <Figure 1>과 같은 출국장별 이용자의 불균형은 U-Departure의 효과를 통하여 가장 적은 이용객이 존재하는 출국장으로 유도 된다는 가설 아래 출국장별 균형 잡힌 이용률을 형성하였다. 또한 각 출국장별 보안검색대는 <Figure 5>와 같이 최대 8대까지 운용 가능하게 하였으며, 출국심사대도 동일한 조건으로 하였다.

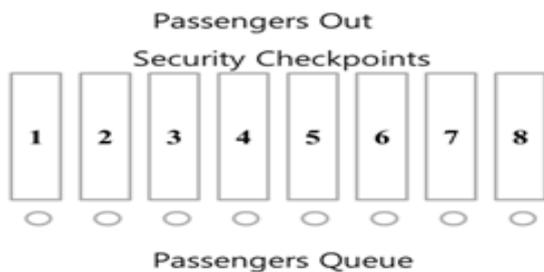


Figure 5. Security check-point layout of each gate

4.1 모의실험

각 출국장별 도착인원은 2012년 4월부터 8월까지의 ICN의 출국장별 도착 기록 평균을 이용하였고, 출국의 각 과정별 소요시간 데이터를 수집하였으며, 이를 바탕으로 제 3.2절의 모형을 통하여 보안검색대의 수와 출국심사대의 수를 설정하고 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 각 시뮬레이션의 시나리오는 다음의 <Figure 6>과 같은 네 가지 경우를 가정하였다.

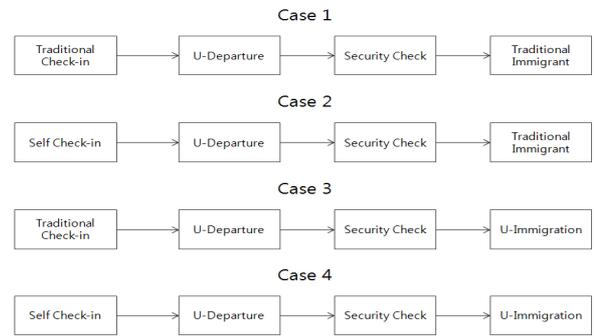


Figure 6. Simulation cases

이 논문에서 가정한 시뮬레이션 케이스에서의 Traditional Check-in은 기존의 체크인 방식을 이용한 경우를 의미 하며, Self Check-in은 스마트공항에서의 무인 체크인 방식을 의미한다. U-Departure의 경우는 Choi and Lee(2011)의 연구에서 수행된 출국장별 이용자의 균형을 보장하기 위한 스마트공항에서의 고객 유도 정책을 포함하고 있으며, Security Check와 Traditional Immigration은 기존의 Seo *et al.*(2012)의 연구를 개량하여 얻은 최적의 인력 배치를 입력하였다. 또한 Traditional Immigration은 전통적 방식의 출국 심사이고 U-Immigration은 전자 여권 등을 활용한 스마트공항에서의 출국심사 방식이다.

시뮬레이션은 Intel(R) Core(TM) i5-2300 CPU @ 2.80GHZ 2.50GHz RAM 2.00GB 32-bit에서 MS Visual Studio 2010 기반에서 수행되었으며, 승객 생성, 체크인, 이동, 보안검색, 출국 심사를 모듈화 하여 각각의 대기시간과 서비스시간을 측정대상으로 하여 설계되었다. 시뮬레이션에 사용된 데이터는 실제 측정값을 통한 추정 및 가정을 이용 하였다. 각 시간대별 승객의 수요는 포아송 분포를 따른다고 가정하고 보안검색 시간은 공항 정책을 포함하는 실제 데이터를 통하여 최소 15초, 최대 35초이며 평균 22초를 삼각분포(Triangular distribution)를 따름을 찾았다. 또한 스마트공항의 구성인 Self Check-in과 U-Immigration의 처리능력도 정책상 상한이 정해져 있는 지수 분포(Truncated Exponential Distribution)를 따름을 확인하였고, U-Departure의 경우 평균 보행속도 시속 3Km에 편차 1로 가정하여 거리별로 이동 소요 시간의 분포를 추정하여 이용하였다. 또한 12개의 기존 체크인 카운터와 새로 도입된 12개의 Self Check-in 카운터, 각 8개의 보안검색대 및 출국심사대로 구성된 4개의 출국게이트를 설정하였다. 더불어 최대 16개의 보안 팀 및 출국심사팀을 가정하여 1일 최대 10시간의 근무시간을 가정하였으며, 1일에 대하여 50번의 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션의 결과는 <Table 1>과 같이 나타났다.

4.2 결과분석

시뮬레이션 결과에 따르면, 스마트공항의 Self Check-in은 기존의 체크인보다 대기시간에서는 1분 41초에서 1분 30초 (8%) 수준의 효율 향상이 이루어지나 체크인에 소요되는 최대

Table 1. Simulation result

단위 (초)	체크인 대기시간			체크인 소요시간			이동 소요시간			보안검색 대기시간			보안검색 소요시간			출국심사 대기시간			출국심사 소요시간			
	출국장	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
Case 1	A										4.9825	0.0000	20.4460	5.2909	0.2583	21.1141	138.2127	0.0000	315.1124	33.1901	14.1715	49.8939
	B										4.8824	0.0000	20.6430	5.1992	0.2468	21.3110	137.4042	0.0000	316.0466	34.9781	17.9096	49.9035
	C	100.0187	0	219.5399	29.2951	17.79295	65.6003	194.4631	45.1183	573.2978	4.9813	0.0000	20.1159	5.2953	0.2514	20.7734	154.7768	0.0000	331.8342	35.5530	18.0761	49.3503
	D										4.9932	0.0000	20.9638	5.3134	0.2585	21.6198	152.2161	0.0000	313.4942	34.1354	16.9532	47.8423
	평균	100.0187	0	219.5399	29.2951	17.79295	65.6003	194.4631	45.1183	573.2978	4.959818	0	20.5422	5.274691	0.253768	21.20457	145.652456	0	319.1218465	34.46414	16.77758	49.24751
Case 2	A										4.9825	0.0000	20.4458	5.2935	0.2614	21.1174	150.4307	0.0000	301.5212	34.5319	17.3421	49.7107
	B										4.8825	0.0000	20.6427	5.2061	0.2490	21.3143	150.9196	0.0000	288.9381	32.8076	17.7384	48.2623
	C	89.92422	0	119.6607	29.35488	17.32215	43.1017	195.2628	46.56021	572.8534	4.9807	0.0000	20.1152	5.2983	0.2537	20.7755	152.5951	0.0000	307.1577	35.0133	19.0767	50.0064
	D										4.9933	0.0000	20.9644	5.3171	0.2584	21.6183	151.5642	0.0000	294.1715	32.1520	17.9385	48.6459
	평균	89.92422	0	119.6607	29.35488	17.32215	43.1017	195.2628	46.56021	572.8534	4.95975	0	20.54203	5.278759	0.255643	21.20588	151.3773842	0	297.9471326	33.62619	17.92393	49.15632
Case 3	A										4.9825	0.0000	20.4455	5.2903	0.2601	21.1105	116.5226	0.0000	275.7728	32.8796	16.0811	36.1263
	B										4.8827	0.0000	20.6433	5.2070	0.2465	21.3133	112.6509	0.0000	277.0774	34.3122	17.7226	37.8866
	C	100.3646	0	220.1869	30.67356	15.82108	63.91452	194.4079	46.84641	570.5326	4.9810	0.0000	20.1152	5.2973	0.2526	20.7763	112.3530	0.0000	288.8020	32.6297	17.9562	34.1717
	D										4.9925	0.0000	20.9640	5.3165	0.2589	21.6232	103.1565	0.0000	262.4975	32.0071	16.1315	37.0872
	평균	100.3646	0	220.1869	30.67356	15.82108	63.91452	194.4079	46.84641	570.5326	4.95967	0	20.54202	5.277782	0.254507	21.20583	111.1707529	0	276.0374142	32.95716	16.97283	36.31794
Case 4	A										4.9827	0.0000	20.4457	5.2922	0.2570	21.1147	123.7578	0.0000	282.5278	32.6209	19.2920	35.5206
	B										4.8827	0.0000	20.6429	5.2026	0.2494	21.3129	123.3838	0.0000	279.8125	31.8042	16.1802	36.2258
	C	89.89402	0	120.0738	30.05746	19.29333	44.57055	195.8385	45.27428	571.6683	4.9808	0.0000	20.1155	5.2943	0.2527	20.7775	97.6283	0.0000	264.6080	34.3068	16.5580	36.1116
	D										4.9929	0.0000	20.9641	5.3133	0.2609	21.6203	112.5174	0.0000	282.0656	32.9901	18.0006	33.4939
	평균	89.89402	0	120.0738	30.05746	19.29333	44.57055	195.8385	45.27428	571.6683	4.959795	0	20.54203	5.275589	0.254995	21.20635	114.3218325	0	277.253481	32.9305	17.50768	35.3798

시간이 1분 5초에서 45초(33%) 수준으로 줄어들었으며 체크인 과정에서 소요시간 변동성을 줄이는 효과를 갖고 있다고 볼 수 있다. 또한 보안검색의 경우는 최적 운영기법이 모든 경우에 적용되어 기존의 효율성과의 비교가 어렵지만 케이스별로 2% 내외의 변동성을 유지함을 알 수 있다. 또한 출국심사의 경우에서도 스마트공항의 U-Immigration 시스템은 기존의 출국심사보다 평균 2%의 저조한 효율성 향상을 보이지만 최대 소요시간을 50초에서 36초 수준으로 약 26% 줄임으로써 출국심사 평균 대기시간을 기존 대비 28%가량 줄이는 것으로 확인되었다. 따라서 스마트공항 프레임워크는 기존에 제공되던 서비스보다 서비스 제공에 소요되는 시간을 단축하고, 출국장별 서비스 시간의 편차를 줄임으로써 보다 안정적이고 보다 높은 수준의 서비스 제공이 가능하다.

5. 결론

본 논문은 절차 및 규제와 고객 서비스 수준 유지라는 부분이 주요 쟁점인 공항 운영에 있어서 보안검색 효율성 향상과 스마트공항이라는 개념의 도입이 운영 효율 향상에 영향을 미치는지에 대해 연구하였다. 적절한 수준에서의 고객 서비스 제공과 만족시켜야 하는 보안수준을 유지하기 위하여 효율화 방안으로 제시한 보안검색 인력배치 방법과 인프라 전체를 수정하는 방법으로 제시한 IT 신기술을 이용한 스마트 공항은 이용자의 만족도를 높임과 동시에 각 과정별 변동성이 줄어드는 것을 실험 결과 확인할 수 있었다. 또한 본 논문은 국소적인 효율화에 대한 연구가 대부분이던 기존의 연구와는 차별화되어 통합적인 모형 수립과 전체적인 운영 효율성 평가를 수행한 부분이 다르며, 공항운영에 있어서 실제적인 운영 정책 제시와 정책 결과에 대한 모의실험으로 사용될 수 있는 시뮬레이션 방법 및 평가방법을 제공함에 큰 의의가 있다.

참고문헌

Babu, V.-L.-L., Batta, R., and Lin, L. (2006), Passenger grouping under con-

stant threat probability in an airport security system, *European Journal of Operational Research*, **168**(2), 633-644.
 Choi, S. G. and Lee, C. (2011), Improving passenger service level at the airport security checks by using simulation, *Proceedings of IT-Convergence Service and Applications for Future Environments*.
 Choi, S. G. and Lee, C. (2012), A study for improving passenger service level at the airport security checks by using simulation, *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, accepted.
 Frederickson, H. G. and Laporte, T. R. (2002), Airport Security, High Reliability, and the Problem of Rationality, *Public Administration Review*, **62**, 33-43.
 Holloran, T. and Byrn J. (1986), United Airlines Station Manpower Planning System, *Interfaces*, **16**, 39-50.
 Huang, H. C., Lee, C., and Xu, Z. (2006), The Workload Balancing Problem at Aircargo Terminals, *OR Spectrum*, **228**, 705-727.
 Jeon, S. and Lee, C. (2011), Measure the Productivity of Airports in Korea Considering Environment Factor : An Application of DEA, *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, **37**, 350-357.
 Joo, J. and Kim, N. (2011), Modeling and Simulation of Emergent Evacuation Using Affordance-based FSA Models, *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, **37**, 96-104.
 Kim, H.-S. and Jeong, H. G. (2012), A Diagnosis and Assessment Methodology for Enterprise CRM Strategy, *Journal of KORMS*, **37**, 23-37.
 Lim, Y. S., Kim, S. H., and Lee, Y. H. (2012), A Study of Ambulance Location Problem Applying the Iterative Procedure of Simulation and Optimization, *Journal of KORMS*, **37**, 197-209.
 Manataki, I. E. and Zografos, K. G. (2010), Assessing airport terminal performance using a system dynamics model, *Journal of Air Transport Management*, **16**, 86-93.
 Schindler, S. and Semmel, T. (1993), Station Staffing at Pan American World Airways, *Interfaces*, **23**, 91-98.
 Seo, S., Choi, S. and Lee, C. (2012), Security Manpower Scheduling for Smart Airports, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, **114**, 519-527.
 Seo, S. and Lee, C. (2012), Optimizing Security Manpower Scheduling with Multiple Security Levels at Airport, Working Paper.
 Sohn, S.-C., Kim, K.-W., and Lee, C. (2012), IT Framework and User Requirement Analysis for Smart Airports, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, **203**, 547-555.
 Stolletz, R. (2010), Operational workforce Planning for Check-in Counters at Airports, *Transportation Research Part E*, **46**, 414-425.
 Yang, T., Yan, S., and Chen, H. (2003), An Airline Maintenance Manpower Planning Model with Flexible Strategies, *Journal of Air Transport Management*, **9**, 233-239.