

국내 공항별 비행장 관제 시뮬레이터를 위한 구축 모델에 대한 연구

A Study of the Development Model for the Aerodrome Traffic Control Simulator System

김도현 · 홍승범*
한서대학교 항공학부

Do-Hyun Kim · Seung-Beom Hong*

School of Aeronautic, Hanseo University, Chungcheongnam-do 357-953, Korea

[요 약]

본 논문에서 국내 공항별 비행장 관제시뮬레이터(ATCS; aerodrome traffic control simulator)를 구축하기 위한 모델을 제안한다. ATCS는 관제사의 직무교육과 새로운 관제시스템 교육을 위한 연구기능 등으로 활용된다. 이런 기능들을 수행하기 위해, 우리는 ATCS를 교육, 연구 그리고 통합관리 시스템 등의 세 가지 유형으로 분류하였고 국내 공항별 근무 환경과 교육 환경 등으로 분석하였다. 따라서 우리는 국내 공항별 구축 모델을 균등형, 차등형, 그리고 센터형 등으로 제안하고 각 시스템에 대한 장단점을 분석한다. 또한 우리는 ATCS 구축 모델을 구축 비용과 유지 보수비용, 활용성 그리고 확장성 등의 항목으로 검토하였다. 그에 따라 국내 공항에 비행장관제시뮬레이터 구축이 적합한 차등형을 제안하였다.

[Abstract]

This paper proposes the development model of the aerodrome traffic control simulator (ATCS) System for the domestic airport. The application of the ATCS is used as a OJT training function for the air traffic controller and research function for a new control procedure. In order to perform those functions, we classified the ATCS in three types such as education, research and integrated management system, and the ATCS types analysed by the working and OJT training condition in domestic airport. Therefore, we proposed the ATCS models such as uniform type, differential type, and center type, and analysed the merits and demerits of the proposed models. Also we looked up ATCS's application in terms of the building and maintenance costs, operational utilization and scalability. So, we proposed the differential type which was suitable for the developing ATCS for the domestic airports.

Key word : Aerodrome traffic control simulator system, Development model, Uniform model, Differential model, Center model.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.1.7>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 10 February 2015; Revised 12 February 2015
Accepted (Publication) 20 February 2015 (28 February 2015)

*Corresponding Author; Seung-Beom Hong

Tel: +82-41-671-6231

E-mail: sbhong@hanseo.ac.kr

I. 서론

공항 관제탑 관제사는 항공기간 충돌방지를 위해 항공교통 업무규정에 따른 표준분리기준치의 적용으로 공중 및 지상의 항공기에 대한 관제업무를 수행한다. 항공기 조종사에게 공항의 기상 및 활주로 상황 등에 관한 정보를 제공하여 항공기의 안전한 착륙과 이륙을 유도함과 동시에 지상 이동 지역 내의 항공기, 장비, 차량 및 인력 등의 움직임을 통제한다. 하지만 관제사는 항공기의 비정상 상황(엔진고장, 조류 충돌)의 발생, 공항 내에서의 항공기, 차량, 또는 인력 등의 이동에 따른 상황, 그리고 사고 발생 시 신속한 대응과 같이 공항의 지상과 공중에서 발생하는 모든 상황에 대한 지속적인 모니터링을 수행한다 [1]-[3]. 따라서 비정상 상황이나 위험 상황에 대처할 수 있도록 관제사는 자질 향상과 업무 숙련도의 증진이 필요하다.

따라서 국제민간항공기구(ICAO; international civil aviation organization)는 공항에서 발생하는 항공사고를 미연에 방지하고 항공교통 관제사에게 시뮬레이터를 활용하여 사고 예방과 사고 발생 시 대처 능력을 함양하도록 권고하고 있다[4]. 국내의 경우, 관제사 양성 기관에서 시뮬레이터를 도입하고 있지만, 국내 공항의 항공교통 관제사를 위한 비행장 관제시뮬레이터(ATCS; aerodrome traffic control simulator)은 미미한 수준에 있다. 이에 정부는 ATCS 개발에 대하여 2014년에 실시 설계하고 2015년부터 ATCS 구축을 계획하고 있다.

ATCS는 비행장관제의 안전성을 강화하는 목적으로 구축하지만 개발비와 유지비용이 높고 관제사의 정기 교육만으로 활용도가 낮은 문제점을 가지고 있다. 또한 관제사 인원이 5인 이하의 소형 공항의 경우, ATCS 운영에 필요한 교관 인원과 교육 시간의 확보가 어려운 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 국내 공항별 비용 대비 활용성을 최대화하기 위한 모델을 제안한다. 관제사가 ATCS를 사용하는 주요목적은 교육훈련과 관제 상황 복기 및 관제사 워크로드 분석 등 연구 지원 등이다. 이런 목적에 부합되는 ATCS 유형으로 교육지원, 연구지원 그리고 통합지원 시스템으로 구분한다. 각 ATCS 유형을 국내 공항에 구축하기 위해 공항별 근무 환경과 교육 환경에 따라 분석하여 균등형, 차등형, 그리고 센터형의 세 가지 모델을 제시하고 각 모델별 장단점을 분석한다. 그리고 국내 전체 민간공항에 ATCS를 구축하기 위해, 우리는 구축 모델별들을 구축비용 및 유지보수 비용, 시뮬레이터 운용 효율성, 그리고 시스템 활용성 및 확장성 등의 항목으로 분석하였다.

본 논문의 구성은 II장에서 ATCS 소개 및 유형 분석, III장에서 국내 공항별 환경을 분석하고 IV장에서 공항에 ATCS를 구축하기 위한 구축 모델과 각 모델별 장단점을 분석하며 그리고 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

II. 비행장관제 시뮬레이터

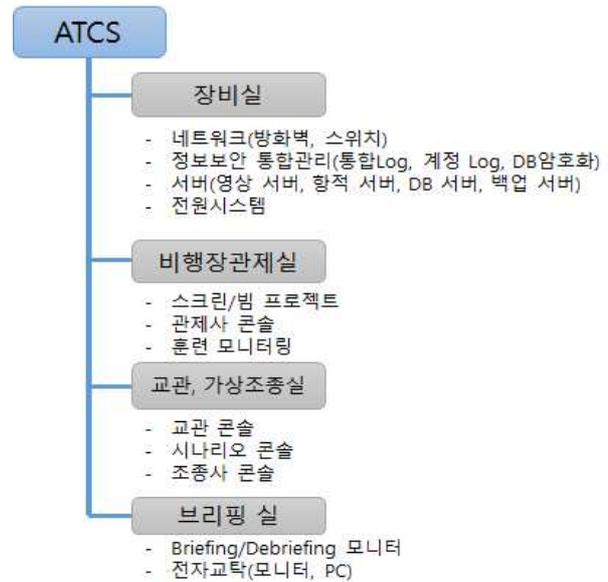


그림 1. 비행장관제 시뮬레이터 시스템 구성
Fig. 1. Configuration of ATCS.

2-1 ATCS 소개 및 활용

ATCS란 공항의 관제탑과 유사한 환경에서 관제 업무인 허가준제, 지상관제, 국지관제 등을 훈련할 수 있는 모사 장치로 그림 1과 같다. ATCS는 관제 교육에서 실습 교육을 통한 숙련도를 높이기 위한 장비이다. 따라서 ATC 시뮬레이터를 통하여 관제 실습을 통한 훈련기간의 단축과 실제 관제 상황에서 수행하기 어려운 비정상 상황, 관제 오류, 그리고 새로운 관제 절차 습득 등을 수행할 수 있다[5]. 그림 1은 ATCS 장비 구성도이며 비행장 관제실과 교관/가상 조종실의 규모에 훈련 인원이 결정된다[3]. 그리고 표1은 국내 ATCS 장비의 구축된 현황이다[2].

표 1. 국내 ATCS 장비 구축현황

Table 1. Constructed state of domestic ATCS equipment.

장비	공군 본부	항공대	한서대	항기원	인천 공사
영상장치	225도 원형	225도 평면	225도 평면	270도 평면	270도 원형
영상장치 채널 수	5	5	5	6	7
비행장관제 조종석	3	3	5	3	5
레이더 조종석	5	6	8	5	
교관석	2	2	1	2	2
시나리오석	1	1	1	1	1
교관실	유	유	무	유	유
브리핑실	유	유	유	유	무
장비실	유	유	무	무	무
구축 비용	11.5억	5.5억	6.5억	17억	9.6억
구축 방법	국내 개발	국내 개발	국내 개발	Micro Nav.	국내 개발

ATCS의 활용은 관제사의 교육훈련뿐만 아니라 신규 관제 절차를 적용하기 전에 안전성 평가 검증하거나 활주로의 효율적 운영을 위한 항공기 관제절차 체계연구, 공항별, 계절별 및 요일별 공항 수용량 평가를 시간/분 단위로 수행 등이다. 또한 ATCS는 실제 항적 데이터를 활용한 관제사들의 업무분석 및 인적 요인 연구 분야에서 워크로드 분석으로 활용된다.

그림 2의 교육활용 부분은 “항공교통업무 기준”에 따라 현재 운영 중인 항공교통관제 양성교육기관의 교육 프로그램이나 현업 관제사를 위한 업무한정을 소지하고 실무에 종사하고 있는 경력 관제사들의 기량유지를 위한 교육훈련인 필수교육훈련(초기교육훈련, 직무교육훈련, 정기교육훈련), 기타필수교육훈련(항공기 탑승 훈련, 위탁교육훈련, 항공영어교육 훈련) 및 선택교육훈련(전문교육훈련, 기량향상훈련, 시정훈련, 신지식교육) 등으로 구성되어 있다. 교육훈련 부문에서 비행장 관제 시뮬레이터를 활용할 수 있다[3].

또한 신규 관제절차에서 안전성 평가 부문을 살펴보면, 공항의 운영 환경은 지상에 기반을 둔 ILS (instrument landing system), LLZ (localizer/distance measuring equipment), VOR (VHF omni-directional range) 등의 항행안전시설을 기본으로 한 표준계기출발 및 도착절차에서 GPS (global positioning system)를 이용한 위성 항법인 PBN (performance based navigation)과 SBAS (satellite based augmentation system)으로 변화하고 있다. 이와 같이 새로운 관제절차를 실제 공항에 적용하기 이전에 활용하고 습득하며 관제사 측면에서 경험을 ATCS를 통하여 수행할 수 있다.

ATCS 활용 방안은 직무교육훈련기능, 향후 새로운 관제 시스템을 위한 연구지원 기능, 그리고 기타 활용 기능 등이다. ATCS의 기본 기능인 직무교육훈련 기능뿐만 아니라 향후 구축 시스템의 활용성을 높이기 위해서는 연구기능을 제공하는 연구전문 시뮬레이터 시스템도 필요하다.

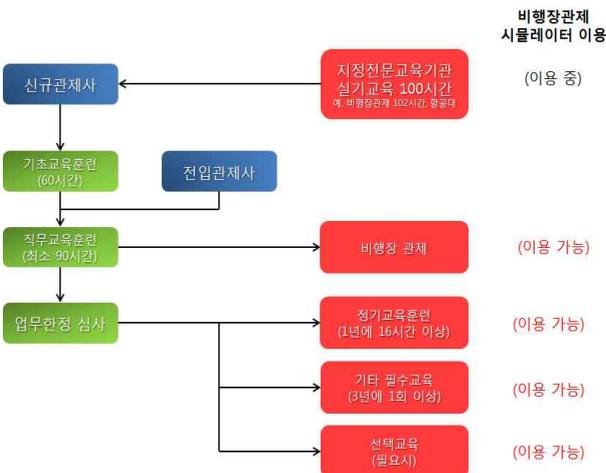


그림 2. 관제사 직무 교육
Fig. 2. The controller OJT training schedule.

표 2. 비행장관제시뮬레이터 활용 목적
Table 2. Application of the ATCS.

활용 목적	기능	교육훈련 시스템	연구지원 시스템	통합관리 시스템
교육 훈련 지원	시뮬레이션 시나리오 기능	가상시나리오	○	
		관제상황자료 복기 훈련	○	
	가상조종사 인터페이스	교관활용	○	
		음성인식적용	○	
	관제탑훈련		○	
	시뮬레이션 훈련세션	녹화, 재생	○	
기상상황		○		
비정상상황		○		
연구 지원	공항 수용량 검증			○
	항공기 관제절차 연구			○
	신규절차 안정성평가			○
	관제사 워크로드 분석			○
기타 활용	관제사 경진대회			○
	신임관제사선발평가			○
운영 관리	개별관리		○	○
	통합관리 (네트워크 원격 관리)			

따라서 ATCS 유형을 도출하기 위해서 활용 방안을 기반으로 기능 유형을 그룹화하여 표 2와 같이 세 가지의 시스템 유형으로 정리하였다[5],[6].

- 교육훈련시스템: 교육 훈련 기능을 제공하는 시스템.
- 연구지원시스템: 수용량 평가, 신규절차에 대한 안정성 평가, 인적요인(워크로드 분석, 사고분석)등 관제 분야의 연구를 지원하기 위한 기능이 포함된 시스템.
- 통합관리시스템: TCP/IP 기반으로 여러 개의 시뮬레이터를 연결하여 2개 이상의 시스템간의 원격 교육훈련을 수행할 수 있는 시스템.

2-2 ATCS 구축 유형 분석

공군 본부는 항공교통관제 연구개발 센터로 명명하여 공군의 관제사 기량훈련 뿐만 아니라 비 실무자 자격유지훈련 및 항공교통관제에 필요한 공항수용능력연구, 절차 검증 등의 도구로 활용하고 있다.

한서대학교, 한국항공대학교, 항공기술교육원(항공원) 등의 학교나 교육원에서 관제사 양성에 교육시스템으로 활용하고 있다. 해당 기관에서는 주 15~30여명의 훈련생을 일일 6시간 이상씩 훈련하고 있으며, 주로 관제사들에게 효율적 교육훈련이 가능하여 직무교육 훈련 시간의 단축 및 현실에서 훈련이 어려운 비정상사례 훈련을 통해 실무능력의 향상에 활용하고 있다. 또한 인천공항공사의 인천공항의 계류장 관제사를 위한

표 3. ATCS의 유형별 분류

Table 3. The classification of ATCS functional type.

활용 목적 및 기능			구축기관	
			공군 본부	국내대학 항기원 인천공항
교육 훈련	시뮬레이터 시나리오 기능	가상시나리오	○	○
		관제상황자료 복기훈련		
	가상조종사 인터페이스	교관활용	○	○
		음성인식적용		
	관제탑훈련		○	○
	시뮬레이터 훈련 세션	녹화,재생	○	○
기상상황		○	○	
비정상상황		○	○	
연구 지원 (검증)	공항 수용량 검증		○	
	항공기 관제절차 연구		○	
	신규절차 안정성평가			
	관제사 워크로드 분석		○	
기타 활용	관제사 경진대회		○	
	신임관제사선발평가			
운영 관리	개별관리		○	○
	통합관리 (네트워크 원격 관리)			

기량 향상 목적과 해외 관제사 교육 유치 및 홍보 목적으로 실제 관제 현장과 유사하게 모사한 시뮬레이터로 실습 교육 및 평가 목적으로 활용되고 있다.

표 3은 국내 구축기관들의 시스템 유형을 분석한 것으로 공군 본부에 구축된 시스템은 교육 및 연구 지원을 모두 지원하는 시스템이며 그 이외의 양성기관 및 인천공사의 시스템은 교육 지원 시스템만으로 구축되었다. 표에서와 같이 개별 관리 형태로 구현되어 있어 네트워크 원격 관리와 같은 통합 관리 시스템은 개발되지 않았다.

III. 공항별 환경 분석

국내 민간공항인 인천, 김포, 제주, 울진, 양양, 울산, 여수 그리고 무주로 8개의 공항은 서울지방항공청, 부산지방항공청 그리고 제주지방항공청 등에서 관리하고 있다. 공항의 관제사가 ATCS를 통한 정기교육을 받을 때 발생할 수 있는 문제점으로 공항내 시뮬레이터가 설치되지 않을 경우 교육으로 인한 근무 인원의 부재가 발생하게 된다. 따라서 시뮬레이터를 구축할 때 공항별 교통량, 관제사 인원, 교육에 따른 이동 거리 등을 검토한다.

공항별 교통량(일일 평균 교통량)은 전체 교통량 대비 공항별 일일 처리하는 평균을 표시하였다. 인천공항이 711편으로 가장 많고 제주 김포 순으로 산출되며 울진의 경우 조종사 양성 인력사업 운영에 따라 일일 편수가 많다.

표 4. 공항별 환경 분석

Table 4. The environment analysis of domestic airport.

항목	인천	제주	김포	울진	양양	울산	여수	무안
교통량	711	448	342	163	70	32	30	30
관제사 수	35	34	17	7	5	4	4	4
활주로 수	3	2	2	1	1	1	1	1
이동거리 (km)	1875	2424	1777	1870	2144	1910	2020	2184

관제사 수는 각 공항별 보유 인원이며 활주로 수는 공항별 보유하고 있는 활주로 수를 나타낸 것이다. 그리고 이동거리는 관제사가 정기 교육을 위해 공항간의 거리를 측정한 것이다.

따라서 ATCS의 설치에 따른 구축비용 운용 효율성, 시스템 가동률을 최대한 높이기 위하여 교통량, 관제사 수 그리고 이동 거리를 고려한다. 표 4에서 볼 수 있듯이 인천, 제주, 김포 공항의 경우, 일일 교통량과 관제사 수 측면에서 기량 향상 및 신기술 습득을 위한 여건으로 최적의 공항들이며 울진, 양양, 울산, 여수, 무안 공항의 경우 적은 관제사 수와 이동에 따른 관제 인원의 부족이 문제가 있어 공항 내에서 교육을 받는 것이 적합한 환경으로 분석된다. 이러한 이유로 국내 공항 환경에 적합한 시스템 구축 모델을 세 가지 형태로 제시한다.

- 균등형 모델 : 국내 공항에 고성능 시뮬레이터를 설치하여 동일한 기능을 수행하는 시뮬레이터를 구축함.
- 차등형 모델 : 국내 주요거점 공항(인천, 김포, 그리고 제주)에 고성능 시뮬레이터를 구축하고 소형 공항은 독립형(stand-alone) CBT(computer based trainer)를 구축한다. 단, 소형공항의 stand-alone CBT가 구축되기 이전에 인근 주요 거점 공항에서 교육을 받음.
- 센터형 모델 : 통합관리지원 기능을 제공하는 고성능 시뮬레이터를 구축하고 기타 공항은 터미널형(terminal-type) CBT로 구축함.

IV. ATCS 구축 모델

4-1 균등형 모델

균등형 모델은 ATCS를 통한 교육과 연구기능을 모든 공항에서 활용할 수 있는 구축방안이다. 표 5와 같이 모든 공항에 동일한 장비가 설치되기 때문에 전체 공항에 ATCS를 구축하기 위해 많은 비용이 소요된다[1].

1) 장점

- 모든 공항에서 관제사의 이동 없이 교육훈련을 실시하여 시스템에 대한 접근성이 좋음.
- 인터넷으로 구성이 가능하여 시스템구축이 용이.
- 관제사 교육훈련을 타 교육기관 이동 없이 자체적으로 수

표 5. 균등형으로 구축될 공항

Table 5. Airport to be built on uniform model.

구분	인천	제주	김포	울진	양양	울산	여수	무안
교육훈련	○	○	○	○	○	○	○	○
연구지원	○	○	○	○	○	○	○	○

행할 수 있어 업무공백을 최소화시킴.

2) 단점

- 공항에 동일 시스템이 구축되어 높은 구축비용이 필요함.
- 공항에 도입 및 운영을 위한 넓은 설치 공간 요구.
- 별도의 교육 훈련 인력이 필요하여 운영비용이 높음.
- 동일한 시스템을 설치함에 따라 소형공항의 경우 시스템 활용성이 낮음.
- 향후 시스템의 신규 기능 추가 및 확장을 위해서는 공항별 별도의 설치 및 시험이 필요함.

4-2 차등형 구축 모델

차등형 모델은 공항의 항공기 운항실적 및 관제사 인원 등의 공항규모에 따라 ATCS의 구축 규모를 조절하여 구축하는 방법이다. 표6과 같이 인천, 김포, 제주공항과 같은 중대형 공항은 교육과 연구 기능을 포함하여 구축하고, 울진공항을 포함한 나머지 소형공항은 독립형 CBT로 설치하는 방안이다[1].

1) 장점

- 공항별 규모에 맞는 시뮬레이터 구축으로 구축비용이 최적화됨.
- 공항별 규모에 맞는 시뮬레이터를 구축하므로 공항별 필요한 장소 요구를 적절하게 배분 가능함.
- 모든 공항에서 관제사의 이동 없이 교육훈련을 실시하여 시스템에 대한 접근성이 좋음.(단, 소형 공항에 CBT가 설치되지 않으면 접근성은 떨어짐.)
- 인트라넷을 통한 네트워크 구성이 간편하여 시스템 구축이 용이.

2) 단점

- 공항마다 교육 훈련 인력이 필요하기 때문에 운영비용이 높음.
- 소형공항의 경우 관제사수가 적기 때문에 시스템 구축비용 대비하여 활용성이 부족함.
- 향후 시스템의 신규 기능 추가 및 확장을 위해서는 공항별 별도의 설치 및 시험이 필요함.
- 소형공항에서는 교육과 연구를 위해 인근 거점공항으로 이동해야 하는 불편함 존재.

차등형 모델은 균등형 모델과 비교하여 구축, 운영비용이 절감되지만 교육 인원충원 및 시뮬레이터 유지비용 절감의 폭이

표 6. 차등형으로 구축될 공항

Table 6. Airport to be built on differential model.

구분	인천	제주	김포	울진	양양	울산	여수	무안
교육훈련	○	○	○	○	○	○	○	○
연구지원	○	○	○	-	-	-	-	-

매우 크지는 않다는 단점을 가지고 있다. 시스템에 대한 접근성도 교육 훈련 측면에서는 매우 좋으나 연구지원이 발생할 경우, 별도의 이동(출장) 경비가 소요되는 문제와 업무 공백이 발생하게 된다. 구축 예산이 제한된 경우 주요 거점공항(인천, 김포, 제주)에 고성능 시뮬레이터를 설치하고 소형공항의 관제사는 주요 거점 공항에서 교육을 받게 된다.

4-3 센터형 구축 모델

센터형 모델에서는 대형 공항에는 매우 높은 성능의 대형 시스템을 구축하고 중형(또는 중대형) 공항에는 시스템의 기능 및 성능적인 측면에서 볼 때에는 균등형 시스템 규모로 구성한다. 소형공항의 경우에는 원격 운영터미널 수준의 저사양의 시스템을 구축하여 차등형 시스템에서 공항별 차별성을 더욱 강화시킨 시스템이다[1]. 여기서, 독립형 CBT의 경우 독립적인 운영이 가능한 반면 터미널형 CBT의 경우 단독으로는 아무런 기능이 없지만 네트워크로 연결되면 교육훈련 및 연구지원 기능까지 모두 사용할 수 있게 된다.

표 7과 같이 센터형 모델에서의 국내 공항별 시스템 규모를 보여준다. 표에서 ‘○’은 단독으로 실행 가능함을 의미하며, ‘□’는 네트워크로 연결되었을 때 통합관리지원을 통해 지원되는 기능이다.

1) 장점

- 소형공항의 구축 시스템을 최소화 시키므로 인해서 균등형 모델에 비하여 구축비용이 저렴함.
- 유지보수 및 교육 훈련 인력 운영에 필요한 비용을 최소화.
- 소형공항의 경우 터미널형 시스템 설치로 공간적인 요구사항을 최소화.
- 모든 공항에서 동일한 기능을 사용할 수 있어 시스템의 접근성 및 활용성이 높음.
- 센터에서 중앙 집중적인 시스템 관리로 운영 편리성이 높음.
- 향후 시스템의 신규 기능 추가 및 확장이 센터를 통해 온라인으로 업데이트되어 시스템 확장성이 높음.
- 신규 장소 (공항이나 인력양성교육원등)에 시스템 추가 설치 시 센터와의 연계를 통해 최소화된 비용으로 구축 가능.

2) 단점

- 센터의 기능을 하는 대형 시스템의 경우 고사양의 장비가 요구되어 높은 구축비용 및 넓은 설치 공간이 필요함.

표 7. 센터형으로 구축될 공항

Table 7. Airport to be built on center model.

구분	인천	제주	김포	울진	양양	울산	여수	무안
교육훈련	○	○	○	□	□	□	□	□
연구지원	○	□	□	□	□	□	□	□
교육훈련 터미널	-	-	-	○	○	○	○	○
통합관리 지원	○	-	-	-	-	-	-	-

- 네트워크 연결을 위한 시스템이 공항마다 필요함. (네트워크 장비 등)
- 통신비와 보안솔루션 운영비용을 포함한 유지보수비용 발생.
- 소형공항의 경우 상대적으로 취약한 환경에서 교육 훈련을 받음.

센터형 모델은 균등형 및 차등형 모델이 가지고 있는 장점을 계승하고 단점을 보완한 시스템이고 시스템 개발의 복잡성 및 고난이도 기술이 요구됨에도 불구하고 시스템 운영적 측면에서 높은 효율을 갖는 시스템이다. 표 8은 제안된 세 가지 시스템에 대한 지원 시스템, 소요 예산, 그리고 장단점에 대하여 정리하였다.

표 8. ATCS 구축모델별 비교표

Table 8. Comparison of ATCS models.

분류	구축 모델		
	균등형	차등형	센터형
지원 시스템	전 공항에 대하여 - 교육 훈련 시스템 - 연구 지원 시스템	주요 거점 공항에 대하여 - 교육 훈련 시스템 - 연구 지원 시스템 그 외 공항에 대하여 - 교육 훈련 시스템 (독립형 CBT)	센터 공항에 대하여 - 교육 훈련 시스템 - 연구 지원 시스템 - 통합관리 지원 시스템 중형 공항에 대하여 - 교육 훈련 시스템 - 연구 지원 시스템 그 외 공항에 대하여 - 교육 훈련 터미널 (터미널형 CBT)
소요 예산	높음 (개발비, 유지보수)	낮음 (개발비, 유지보수)	높음 (개발비, 유지보수, 통신비, 보안솔루션)
총평	단점	- 공항별 시스템 관리 인력 필요 - 연구 분석을 위해 대형공항 이동	- 운영비 증가 - 네트워크 설치 및 운영 시스템 필요
	장점	- 공항마다 독립적 운영 가능 - 시스템 구축 용이 - 교육 훈련시 타 기관 이동 없음	- 세계적인 기술 추세 적용 - 통합적 시뮬레이터 관리 지원 - 시스템 가성비 최대화 - 유지관리 인력 최소화

표 9. 시스템 구축 모델의 선정 기준

Table 9. The Selection criteria of the ATCS model.

선정 기준	세부항목	설명
비용	구축비	시스템 구축비용
	설치장소	시스템 설치 장소 여부 및 공간 요구
	유지보수비	시스템의 유지보수 비용 (유지관리, 통신비, 보안솔루션)
운영	접근성	시스템을 사용하기 위한 접근성
	활용성	시스템의 구축비용 대비 가동률
	편리성	시스템 운영 측면에서의 편리성
	운영인력	시뮬레이터를 운영하는 교육인력(교관) 요구
기술	혁신성	기술적 측면에서의 최신 기술 적용
	기능다양성	시스템의 기능제곱 범위
	확장성	시스템의 추가 기능 제공을 위한 용이성
	유지보수성	시스템의 유지보수 효율성

4-4 구축 모델 제안

앞 절에서 제시된 세 가지 구축 모델에 대하여 비용, 운영, 그리고 기술적인 측면을 통해 가장 적합한 모델을 선정한다. 각 선정 기준은 구축비용 및 유지보수 비용, 시뮬레이터 운영 효율성, 그리고 시스템 활용성 및 확장성을 고려하여 표 9와 같이 정리하였다. 시스템의 선정 기준을 표 10과 같이 세부항목별로 나누었다.

각 항목별로 1-5점 사이의 점수를 부여하여 평가한다. 각 점수의 의미는 매우 좋음(5점), 좋음(4점), 보통(3점), 나쁨(2점) 그리고 매우 나쁨(1점)을 뜻한다. 각 선정 기준의 평가 방식은 자문회의에서 점수를 배정하는 방식으로 선택하였다. 또한 구축 방법을 선택할 때 ATCS를 구축비용과 유지비용을 고려하여 선정 기준 항목 중 비용과 운영부분에 가중치를 주었으며 기술부분은 미래 확장성을 고려하였다. 단 차등형의 경우, 주요 거점 공항(인천, 김포, 제주)에 우선적으로 구축하고 소형공항(울진, 양양, 울산, 여수 그리고 무주)공항은 추후에 구축하는 것으로 고려하였다.

비용적인 측면은 센터형 모델의 경우 차등형 모델에 네트워크를 추가한 것으로 차등형 모델이 높은 배점을 받았다. 운영비용의 경우 전체 구축 비용대비 7~15% 정도의 효율로 유지보수비용이 규정되어 있어 차등형, 균등형 순으로 배정하였으며 센터형의 경우에는 보수비용에 추가적으로 네트워크 사용에 따른 통신비와 보안솔루션 사용비가 요구되어 상대적으로 낮은 점수를 배정하였다.

운영적인 측면은 접근성 측면에서 균등형과 센터형 모델에서 모든 공항에서 모든 기능을 사용할 수 있어 동일한 점수가 배정되었다. 활용적인 측면에서 센터형은 강제적인 교육 시간 배정으로 인해 비용대비 효율성이 높게 평가되었다. 운영의 편리성 측면에서는 센터형의 경우 지방공항의 시스템 운영을 중앙에서 통제할 수 있기 때문에 센터에 전문 운영 인력이 있으면 지방공항의 시스템 운영에 어려움이 없게 된다. 운영인력

표 10. 시스템 구축 모델의 선정기준 평가

Table 10. Selection criteria evaluation of ATCS model.

선정 기준	평가항목	구축 모델		
		균등형	차등형	센터형
비용	구축비	2	4	3
	설치장소	2	4	2
	운영비용	3	4	2
운영	접근성	4	3	4
	활용성	3	4	5
	편리성	2	4	3
	운영인력	2	3	4
기술	혁신성	3	4	5
	기능다양성	4	4	5
	확장성	2	4	5
	유지보수성	2	4	3
합계		29	42	41

측면에서는 센터형의 경우 네트워크를 통하여 원격 훈련이 가능하기 때문에 최소의 운영인력으로 최대화 효과를 발휘할 수 있어 가장 좋은 점수를 배정하였다.

기술적인 측면에서 살펴보면 센터형의 기술 혁신성, 기능 다양성, 확장성 측면의 점수는 세계적인 개발 추세와 기술적인 복잡성을 고려하여 제일 높은 점수를 부여하였다. 그러나 유지보수성 점수는 네트워크를 통한 보안솔루션과 같은 복잡한 유지보수 기술과 높은 유지비용이 요구되어 상대적으로 낮은 점수를 배정하였다.

최종적으로 평가된 점수를 기준으로 구축 모델에 대한 효율성을 살펴보면 균등형, 차등형, 그리고 센터형의 합산 결과는 각각 29점, 42점, 그리고 41점으로 차등형과 센터형 모델이 효율적인 모델로 분석되었다. 하지만, 비용과 운영적 측면에서 차등형과 센터형의 점수는 26점과 23점으로 차등형이 높게 나타났다. 차등형 모델은 주요 거점 공항에 설치되므로 공항 내에서 교육을 실시할 수 있어 활용성이 높고 제한된 예산에서 효율적으로 구축할 수 있는 장점이 있다.

그에 비하여 센터형은 초기 개발비용 외에 운영비용인 통신비와 보안솔루션 사용료가 추가 발생한다. 또한, 운영인력 측면에서 제안된 두 가지 모델에 비하여 인건비 절감효과가 있을 것으로 평가되나 교육환경이 다른 관제시설 간의 통합교육의 실효성이 검증이 되지 않았다. 추후 네트워크 연결 등 구현기술에 대한 세부적인 검토가 이루어진다면 운영인력, 활용성, 업그레이드 및 유지보수에서 장점을 가지고 있다. 추후 차등형 모델에 통합관리를 위한 네트워크 시스템을 구축한다면, 센터형으로 확장이 쉽고 중앙 집중식 관리 및 분산 처리가 동시에 가능한 시스템이므로 미래 지향적 측면에서 센터형이 장점을 가지고 있다.

V. 결 론

국내 공항의 관제사를 위한 비행장관제시뮬레이터를 구현하기 위한 구축 모델을 제시하였다. 비행장관제시뮬레이터의 활용 측면으로 교육측면과 연구지원부분을 중심으로 분석하였으며 기능 및 활용측면으로 균등형, 차등형, 그리고 센터형을 제시하였다.

센터형 모델의 경우 초기 개발비용 외에 운영비용으로 통신비와 보안솔루션 사용료가 고정적으로 추가 발생한다. 센터형은 운영인력이 상대적으로 감소하여 인건비 절감효과가 있을 것으로 평가할 수 있으나 교육환경이 다른 관제시설 간의 통합교육이 실시간으로 가능여부가 세부적인 검토가 아직 이루어지지 않았으므로 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

따라서 우리나라 비행장관제 시뮬레이터 구축방향은 대형 공항인 인천, 김포, 제주공항에 고성능의 시스템을 구축하고 울진 공항을 포함한 소형 공항의 경우 인천, 김포, 제주 공항으로 이동하여 교육을 받는 방법으로 제안한다.

하지만 추후 소형 공항에도 시뮬레이터가 보급이 된다면 교육의 효율성, 교육 인력의 편성과 시뮬레이터 활용적인 측면에서 센터형 모델에서 제시된 터미널 형식의 시뮬레이터가 구축되는 것이 바람직하다.

참고 문헌

- [1] H. K. Jung, S. H. Kim, S. S Lee and S. B Hong, Planning for the developing an aerodrome traffic control simulator, Ministry of Land Infrastructure and Transport, Final Report 11-1613000-000090-01, 2013.
- [2] S. B. Hong and D.H. Kim, "The study on the direction of developing and aerodrome traffic control simulator for the air traffic controller," *The Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 18, No.2, pp114-120, 2014.
- [3] Ministry of Land Infrastructure and Transport, Air traffic service standard, 2013-908, 2013.
- [4] I. Y. Lee, Y. C Choi, "Aerodrome air traffic control simulator of promotion for advanced ground safety," *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol 32, No.5, pp.497-502, 2014.
- [5] M. Pistre, J. P. Majerus, M. Barbarino, A. Skonieczki, and W. Philipp, Simulations facilities for air traffic control training, 1st ed, Eurocontrol HUM. ET1. ST07.3000-REP-02, Mar. 2000.
- [6] M. Pistre, J. P. Majerus, M. Barbarino, A. Skonieczki, and W. Philipp, Specifications on training methods and tools, 1st ed, Eurocontrol HSR/TSP-006-GUI-01, Dec. 2000.



홍 승 범 (Seung-Beom Hong)

2003년 8월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학박사)
2004년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
※ 관심분야 : 항공전자, 컴퓨터 비전, 항공 시뮬레이터, 항공사고



김 도 현 (Dohyun Kim)

2010년 8월 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 (이학박사)
2002년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 항공교통학과 교수
※ 관심분야 : 위험평가, 공항운영, 항공교통관리, 감시분야