

論文

항공교통관제시스템에 대한 사용자 인터페이스 만족도 조사

송창선*, 손영우**, 권혁진***

User Interface Satisfaction of the Air Traffic Control System

Chang-Sun Song*, Young-Woo Sohn** and Hyuk-Jin Kwon***

ABSTRACT

The purpose of study is to investigate the current user interface level of air traffic control system with the usability analysis and satisfaction survey questionnaire on user satisfaction. Think aloud protocol is used to identify not only task analysis, but also the level of user-friendliness of the FIMS and ASDE system, and the user interface questionnaires was conducted by QUIS. We collected data from 6 controllers for Think aloud protocol and 15 controllers for QUIS in Incheon airport. The results showed that the system was the valuable tool for ensuring human performance with the support of memory and the facilitation of decision-making tasks. It helps air traffic controllers perform better and minimize errors in a congested time. The human-computer interface system design, however, was not applied, which led to the increase of workload. Air traffic controller participation in software development provided excellent examples for applications in terms of software in FIMS. Based on these results, the study provided that the usability of system interface was necessary to take into account human factors. The development and design of system was discussed in User Interface environment.

Key Words : Air Traffic Controller(항공교통관제사), User Interface Satisfaction(사용자 인터페이스 만족), QUIS, 사고구조 프로토콜

1. 서 론

항공교통관제(ATC: Air Traffic Control)는 복잡하고 역동적인 환경에서 항공기의 운항을 안전하고 효율적으로 하기 위해 항공교통흐름을 관리하고 유지하는 업무를 말한다[1]. 항공교통관제 업무를 수행하는 항공교통관제사는 항공기의 최소 분리, 충돌 방지, 항공기의 이동경로 계획 그리고 처리를 통해 안전하고 효율적인 업무를 수행한

다. 대형 항공기들이 처음 운항을 하였을 때는 항공교통관제의 목적은 비행 안전성을 높이는 것이었지만, 지난 수십 년 동안 부가적인 목적으로 효율성과 경제성도 중요하게 대두되고 있다. 최근 항공교통관리 기법의 발전과 항공교통량의 현저한 증가는 항공교통관제사들의 업무 복잡성을 증가시키고 있다. 항공교통관제 분야도 많은 변화를 겪었음에도 불구하고, 항공교통관제 시스템의 주요한 구성요소인 관할구역, 장비, 항공기, 인간, 그리고 절차의 중요성은 바뀌지 않았다[2]. 현재 항공교통관제 시스템에서 항공교통관제사는 항공교통량의 증가로 컴퓨터 기반 장비들을 사용하여 의사결정을 지원하는 방식으로 항공교통흐름을 효율적이고 안전하게 유지하고 있다.

관제탑 항공교통관제사는 항공기, 공항지상의 운영상태, 공역, 기상, 그리고 다른 요소들에 대

2014년 05월 22일 접수 ~ 2014년 07월 02일 심사완료
논문심사일 (2014.06.17, 1차), (2014.07.02, 2차)

* 연세대학교 인지과학협동과정 산업심리학 박사과정

** 연세대학교 심리학과 교수

*** 국토교통부 항공보안과

연락처, E-mail : jntower@korea.kr

세종시 도움6로 11, 6동 국토교통부 항공보안과

한 정보를 항공기 분리를 위해 의식하고 있어야 한다. 관제탑 관제사의 가장 중요한 업무는 어떤 항공기가 어디에 있는지에 대해 계속 알고 있어야 한다. 특히 혼잡한 공항에서는 이를 유지하기가 어려울 수 있다[3]. 육안 관측이 관제탑 관제사에게는 가장 중요한 정보획득 원천이고, 거의 50%의 시간을 할애한다[4]. 그리고 교통량의 증가로 현재는 비행진행기록지(strip), 관제탑 레이더전시기(DBRITE: Digital Bright Radar Indication Tower Equipment), 그리고 공항 지상 감시 레이더(ASDE: Airport Surface Detection Equipment)를 활용하여 관제탑 관제사의 기억과 의사결정을 지원하고 있다[5, 6]. 이런 장비 특성은 관제사의 업무에 중요한 영향을 끼친다. 자동화의 유용성뿐만 아니라 전시된 정보의 형태와 내용이 포함되어 주요한 부분의 장비 결함은 복잡성과 업무 부하를 증가시킨다. Pawlak, Brintorn, Crouch와 Lancaster는 관제사의 장비 사용 능력도 항공교통관제의 복잡성과 업무부하에 영향을 끼친다고 하였다[7]. 또한 이와 같은 장비는 협력업무 수행을 위해 다른 관제사와 상호작용을 하는데 중요하기도 하다. 여러 다른 상황에서 관제탑 내에서 정보요구사항과 우선권을 결정하기 위해서는 적절한 형태의 정보를 표시하기 위한 전시화면의 개발이 필수적이다[8-10].

항공교통관제사는 공역과 지상에서 안전한 항공기 운항을 유지하기 위한 서비스를 제공하고 있다. 그러나 관제사의 업무와 과제는 더 복잡해지고 과제를 수행하기 위해 요구되는 정보량과 형태는 더욱 더 많아졌고 복잡해 졌다. 이로 인해 관제사의 업무를 지원하는 시스템의 필요성과 개발이 더욱 더 중요하게 되었다[11]. 따라서 가까운 미래에는 항공교통관제업무의 수행에서 항공교통관제사와 시스템을 적절하게 협업할 수 있는 시스템이 필요하다. 인간-컴퓨터시스템(human-computer system)에서 인간과 컴퓨터의 상호역할을 고려한 디자인은 중요하다. 항공교통관제 시스템도 상호역할이 중요하지만 설계자와 개발자가 항공교통관제사의 특정한 지식기반 업무를 이해하기는 어렵다[12]. 게다가 항공교통관제사의 시뮬레이터 훈련을 통해서 업무의 지식과 기량을 습득한다고 할지라도 특정화되고 다양하게 변화하는 상황을 기반으로 하는 지식을 확인하기에는 충분하지 못 하다.

컴퓨터 시스템을 기반으로 한 항공교통관제시스템은 사용자의 만족과 수행능력을 증가시키기 위한 목표를 달성하기 위해 효과적으로 개발되고 있다[13]. 시스템 개발의 시작부터 최종단계에 까지 사용자의 평가와 의견을 개발과정에 포함시키

고 이를 반영한 시스템을 구성해 나가고 있다. 사용자의 참여는 시스템 개발의 효율성과 운영자의 만족도뿐만 아니라 비용의 절감과 개발 기간의 단축을 가져오고 있다. 예를 들면 2008년 슬로비아와 스위스의 비행정보처리시스템 개량사업에서 관제사의 시스템 설계와 개발과정에서의 참여는 인적요소의 고려를 통한 수행능력의 향상과 비용절감이 이루어 졌다. 하지만 미국에서는 ATM 구성을 위한 시스템 개발에 관제사가 참여하지 않아 시스템 개발도 2015년까지 연기되었고 비용도 유사한 시스템을 개발하고 있는 EUROCONTROL보다 약 3배의 비용이 더 들어가고 있다[14].

본 연구는 현재의 항공교통관제 시스템 운영 및 구조형태에 대한 사용자 조사(user survey)와 만족도 검사를 통해 사용자 인터페이스(user interface) 수준을 확인하려고 한다. 특히, 인적수행 이해의 중요성을 반영하여 사용자 참여에 따른 시스템 개발의 특성을 알아보려고 하였다. 이를 위해 시스템 설계 및 개발단계에서 관제사가 참여한 비행정보관리시스템(FIMS, Flight Information Management System)과 참여하지 않은 공항 지상감시 레이더(ASDE, Airport Surface Radar System)을 비교하여 확인하였다. 그리고 항공교통관제업무의 인지과정을 밝히기 위해 널리 쓰이는 방법 중의 하나인 사고구술 프로토콜(think aloud protocol)[13, 14]과 항공교통관제사의 컴퓨터 기반 시스템의 만족도 평가를 위해 사용자와 컴퓨터 인터페이스의 만족도를 측정하는 도구인 Questionnaire for User Interface Satisfaction (QUIS) 5.0을 사용하였다[15].

2. 본 론

2.1 연구참여자

본 연구에 참가한 항공교통관제사는 인천국제공항공사에서 실무 관제업무 경험이 있는 관제사들로 현재의 시스템을 평균 4년 이상 사용한 사용자를 대상으로 자발적 참여에 의해 수행하였다. 이 연구의 사고구술 프로토콜에는 5년 이상 경력의 관제사가 6명 참여하였고, QUIS 조사에는 평균 근무경력 8.3년의 15명의 관제사가 참여하였다.

2.2 도 구

사고구술 프로토콜

운영자가 수행하고 있는 사고과정이나 문제해결 과정을 직접적으로 외현화하여 인지과정을 확인하기는 어려우며 최종적인 수행결과를 보고 사고과정을

유추하는 경우가 많다. 그래서 사용자의 사고과정을 확인하기 위해 직접적으로 확인하는 방법인 사고구술 프로토콜이 인지과정을 밝히려는 연구분야에서 널리 사용되고 있다[16-18]. 이 방법이 학습과정을 알아보기 위한 연구에서도 활발하게 쓰이고 있으며 읽기와 작문과정을 알아보기 위한 방법으로도 사용되고 있다. 이러한 다양한 활용은 사고구술 프로토콜이 어떻게, 언제 그리고 무엇을 하였는지의 사고과정을 있는 그대로 외현화 할 수 있기 때문이라고 볼 수 있다. 항공교통관제사의 인지과정은 정보의 지각, 지식의 인출, 전략, 메타인지의 활용 등과 같이 복잡한 과정의 상호작용을 하고 있어 사고과정 프로토콜을 활용하여 이런 인지적 과정의 확인과 관제사가 시스템을 얼마나 편리하게 사용할 수 있는가 아니면 불편함이 있는가의 사용성(usability)을 말하도록 하는 방법은 매우 유용한 연구방법이다[18].

Questionnaire for User Interface Satisfaction (QUIS)

인간-컴퓨터 인터페이스(human-computer interface)를 평가하기 위한 가능한 방법들은 많이 있다. Chin, Dieh와 Norma이 제시한 QUIS는 사용성에 대한 주관적이고 구조화된 평가방법으로 신뢰도와 변별성이 있다[15]. 이는 사용자 중심 설계에 대한 컴퓨터 인터페이스의 만족도를 측정하기 위한 것으로 화면에서의 정보제시, 사용 용어와 피드백, 학습, 시스템 성능에 관하여 4개 차원으로 나누어 보고 9점 척도를 사용하여 컴퓨터와 사용자간의 상호작용에 초점을 맞춘 평가척도라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 이들 차원들을 항공관제시스템 인터페이스에 적절하게 적용되도록 선별적으로 이용하기 위해 안면타당도를 실시하였다.

2.3 연구절차

연구참여자들은 그들의 관제경력과 인구학적 배경을 묻는 설문지를 작성한 후 인천국제공항 계류장관 제탑에서 6명의 관제사를 대상으로 사고구술 프로토콜에 따라 실제 항공기를 관제하고 있는 근무시간(오전시간대, 09:00 ~ 10:00 또는 저녁시간대, 18:00 ~ 19:00)에 전문가 수준의 관찰자가 사고과정과 시스템 사용성을 소리 내어 말하도록 하였다. 관찰자가 사고구술 프로토콜에 따라 업무과정을 말하도록 하면서 사용자의 편리성과 불편성을 말하게 하거나 물어보는 방식과 관찰자의 업무 진행과정을 관찰하거나 메모하였고 사후 인터뷰를 통해 시스템 사용성에 대한 평가를 병행하여 실시하였다. 이때 모든 과정은 연구참여자의 동의를 녹음하였다.

QUIS는 모두 컴퓨터 기반 관제시스템으로 구성되어, 초기부터 지금까지 사용하고 있는 동일한 조건의 관제사(15명)를 대상으로 QUIS 설문지에 표시하도록 하였다. 입항과 출항하는 항공기의 운항정보를 표출하여 관제사의 업무를 효율화 시키는 역할을 하는 인천국제공항공사에서 관제사의 참여와 함께 개발한 비행정보관리시스템(FIMS)과 야간 또는 시정 악화로 관제사가 육안으로 확인이 어려운 경우 레이더 시스템을 사용하게 항공기의 위치를 확인 할 수 있도록 독일의 Telas사에서 제작된 공항 지상감시 레이더(ASDE)을 대상으로 하였다. 두 시스템은 항공교통관제사의 업무와 과제를 수행하는데 필수적인 시스템으로 국내 운영자인 관제사가 개발에 참여한 FIMS 프로그램과 국내 관제사가 개발에 참여하지 않은 ASDE 프로그램의 특징을 비교하여 두 시스템의 사용자 만족도를 확인하고 이를 통한 적절한 시스템 개발과 사용자 인터페이스 환경에서의 인적수행을 확인해 보고자 하였다.

3. 결 과

3.1 사고구술 프로토콜

사고구술 프로토콜을 활용하여 사고과정과 사용성을 알아보기 위해 3명의 관제사는 오전시간대, 나머지 3명은 저녁시간대에 사고구술 프로토콜을 수행하였고 녹음된 자료는 모두 문서로 전사(transcription)하여 6명 중 4명 이상이 동일한 답변을 하는 경우에 대해서만 분석 자료로 활용하였다. 인터뷰를 통한 내적 타당도를 검증하기 위해 도출된 예비단계의 분석과 결론을 3명의 전문가에게 확인하여 그 결과가 타당하지를 평가해 주도록 하였다.

다음의 결과는 사고구술 프로토콜의 방법을 통해 시스템 사용성에 대한 인터뷰 내용에서 확인된 사항을 Table 1과 같이 정리하였다. Table 1에서 보듯이 비행정보관리시스템(FIMS)과 공항 지상감시 레이더(ASDE)의 컴퓨터 기반 시스템에서 관제사는 항공교통량 증가에 따라 기억을 보조하거나 의사결정을 지원하여 전반적인 상황을 인식하여 예측할 수 있도록 도움을 받고 있다고 인터뷰 내용에 나타났다. 관제탑 관제사에게 중요한 정보로 여겨지는 공항내의 입출항 항공기에 대한 정보는 색 구분으로 관제사가 쉽게 인지할 수 있다고 진술하였다. 그리고 시스템은 의사결정을 지원하기 위한 도구의 형태로 다양한 정보를 화면에 표시하고 있고, 장비를 활용하여 교통량 증가에 따른 업무부하를 관리하여 업무수행을 원활하게 하고 있다고 응답하였다. 하지만 관제업무의 특성상 다양한 형태의 청각 정보로 인해 업무처리과

곤란하다고 하였다. 예를 들면 무선교신, TRS 교신, 직통선 호출 등의 청각적 형태 정보가 동시에 나타나는 경우 응답 할 수 없어 무선교신 형태의 개선이 필요하다고 하였다. 그리고 다양한 시스템 화면의 배열로 일부 다른 화면을 보기 위해서는 앉은 위치까지 바뀌어야 하는 불편함을 언급하였다. 또한 시스템 화면에 나타나는 각종 정보의 문자가 작아 확인이 곤란하고, 관제업무를 수행하기 위해 3 ~ 5개의 다른 마우스를 사용해야 하므로 혼란스럽다고 인터뷰 내용에서 언급하였다. 특히나 관제탑 시스템과 장비의 프레임 구성하는 콘솔의 높이가 관제사의 시야를 방해하여 시각적 정보를 획득하는데 불편함이 있고, 관제업무의 특성을 고려하지 않은 일반전화의 사용은 업무 중 신속한 협조를 위해 버튼 작동과 통화를 어렵게 한다고 진술하였다.

Table 1. 시스템 사용성 평가

확인사항 및 인터뷰 사례	
편리성	<ul style="list-style-type: none"> · 관제사의 기억 지원 “교통량이 증가하면 장비에 더 의존을 합니다. 제 한계가 있어서 장비를 자주 보면서 기억하려고 하죠” · 입출항 항공기 시각적 구별 명확 “인, 아웃바운드(inbound, outbound)항공기 별로 색깔 구분이 잘 되어 있어서 구분하기가 쉽죠” · 의사결정 보조도구 역할 “안 보이는 데나 전체 흐름을 장비에서 한눈에 보면 분리를 어떻게 할지 알 수 있어요” · 다양한 형태 정보 제공 “항공기 위치, 방향, 출발예정시간, 주기장번호, 점유정보, 항공기 등급정보 등을 장비에서 많이 읽을 수 있어요” · 교통량 증가시 장비 유용성 증가 “교통량이 많아질수록 장비의 역할이 중요하죠 출발 준비 중인 항공기 정보도 쉽게 얻고, 항공기가 유도도에 있나 없나도 알 수 있고...(생략)”
불편성	<ul style="list-style-type: none"> · 동시적 청각형태의 자극에 동시 반응 불가 “조종사가 부르고 TRS도 부르면 동시에 처리하지 못해서 하나는 스탠바이(stand by) 시키죠. 무선교신과 TRS를 하나로 하는 것도 좋을 겁니다” · 업무수행을 위한 다른 화면 확인 필요시 자세 이동 필요 “장비가 너무 넓게 펼쳐져 있어서 ARTS를 보려면 다른 방향으로 자세를 돌려야 해서 보고 있던 방향을 계속 확인하지 못 하죠” · FIMS 화면의 항공기 정보 확인 영역이 작아 클릭 곤란 “FIMS 장비에 나타나는 문자가 교통량이 증가하면서 잘 안 보이는 거 같아요. 작기도 하지만 항공기 처리하다가 주의 깊게 보지 않으면 FIMS에서 정보를 잘 보지

못 할 때가 있어요”

· 다양한 장비의 마우스 클릭 곤란

“시스템을 통합하면 좋겠어요. 이 장비 마우스 다르고, 저 장비 다르니까 헷갈릴 때가 있습니다”

· 콘솔의 높이로 인한 시야 방해

“불편한 점은 콘솔이 높아서 밑을 보기 어렵고...(생략)”

· 다른 기관과 업무협조 위한 전화기 사용 불편

“직통전화 버튼이 너무 작아서 누를 때 불편합니다”

관찰을 통해 발견된 흥미로운 점은 혼잡시간대(18:00~19:00) 관제사의 업무 수행 중 시선이동은 시스템과 항공기 확인 등으로 짧은 시간에 다양하게 변화하고 있었고, 공항 지상감시 레이더(ASDE)의 장비특성이 전체지역의 항공기를 포착하지 못해 항공기 호출부호 정보가 빈번히 사라져 지속적으로 관제사가 호출부호 정보를 재시현하기 위해 마우스를 사용하였다. 그리고 3명의 관제사 관찰을 통해 5분 동안 3~5개의 서로 다른 장비의 마우스를 최대 28회의 조작을 보일 때도 있었고, 평균 25회의 마우스 클릭을 하는 행동을 확인하였다. 또한 항공교통량 증가시 관제사의 인지능력 한계를 극복하기 위해 장비의 의존도가 높았고, 종합적으로 업무 중 다중의 인지활동이 일어나 다중과제를 수행하는 경우가 많이 발생하였다. 이 결과는 현재의 시스템이 업무량 증가에 따른 관제사의 주의를 분산시킬 수도 있는 다양한 장비를 조작하는 인터페이스 환경을 설명하고 있다.

3.2 QUIS

비행정보관리시스템(FIMS)과 공항 지상감시 레이더(ASDE)의 두 시스템에 대한 사용자 만족도 조사를 9점 척도(예, 0 = 어려운, 9 = 쉬운)를 사용하여 항공교통관제사들의 만족도를 알아보기 위해 두 대응표본 t 검정을 통해 알아 보았다. Table 2와 같이 두 시스템은 일부 항목을 제외한 대부분에서 평균 4.5 이상을 확인하였다. 비행정보관리시스템(FIMS)은 시스템 성능 측면에서 속도가 많이 떨어지는 것으로 만족도($M = 3.67$)가 낮았다. 그리고 지상감시 레이더(ASDE)는 전반적인 소프트웨어 반응 속도에서 불만족스러운 결과($M = 3.46$)와 에러 메시지 유용성($M = 3.60$)이 떨어지고, 시스템 소음($M = 3.73$)이 있다고 나타났으며 시스템의 신뢰도($M = 3.7$)가 낮게 나타났다. 그리고 시스템 운영을 위한 학습 난이도에서는 비행정보관리시스템(FIMS)($M = 8.0$)은 공항 지상감시 레이더(ASDE)($M = 4.0$) 보다 시스템 운영을 위한 학습이 상대적으로 더 쉬운 것으로 나타났다.

두 시스템의 만족도 결과 비교에서 통계적으로 유

Table 2. 비행정보관리시스템(FIMS)과 공항 지상감시 레이더(ASDE) 시스템 QUIS 분석결과

	FIMS(M)	ASDE(M)
OVERALL REACTIONS TO THE SOFTWARE		
<i>terrible</i> <i>wonderful</i>	5.70	5.53
<i>difficult</i> <i>easy</i>	6.26	6.66
<i>frustrating</i> <i>satisfying</i>	5.73	3.47 **
<i>inadequate power</i> <i>adequate power</i>	6.93	6.73
<i>dull</i> <i>stimulating</i>	5.87	5.87
<i>Rigid</i> <i>flexible</i>	5.40	4.93
SCREEN		
Characters on the computer screen <i>hard to read</i> <i>easy to read</i>	5.53	6.07
Highlighting on the screen simplifies task <i>not at all</i> <i>very much</i>	6.00	6.73
Organization of information on screen <i>confusing</i> <i>very clear</i>	6.40	5.60
Sequencing of screen <i>confusing</i> <i>very clear</i>	6.20	5.67
TERMINOLOGY AND SYSTEM INFORMATION		
Use of terms throughout system <i>inconsistent</i> <i>consistent</i>	6.20	6.80
Computer terminology is related to the task you are doing <i>never</i> <i>always</i>	7.13	6.87
Position of message on screen <i>inconsistent</i> <i>consistent</i>	6.80	6.27
Messages on screen which prompt user for input confusing <i>confusing</i> <i>clear</i>	6.47	6.00
Computer keeps you informed about what it is doing <i>never</i> <i>always</i>	6.07	6.40
Error messages <i>unhelpful</i> <i>helpful</i>	5.73	3.64 *
LEARNING		
Learning to operate the system <i>difficult</i> <i>easy</i>	8.00	4.00 *
Exploring new features by trial and error <i>never</i> <i>always</i>	5.87	5.53
Remembering names and use of commands <i>difficult</i> <i>easy</i>	6.60	6.20
Tasks can be performed in a straight-forward manner <i>never</i> <i>always</i>	6.60	6.73
Help messages on the screen <i>unhelpful</i> <i>helpful</i>	6.60	6.00
Supplemental reference materials <i>confusing</i> <i>clear</i>	6.20	5.40
SYSTEM CAPABILITIES		
System speed <i>too slow</i> <i>fast enough</i>	3.60	6.87 **
System reliability <i>unreliable</i> <i>reliable</i>	6.33	3.73 **
System tends to be <i>noisy</i> <i>quiet</i>	7.33	7.13
Correcting your mistakes <i>difficult</i> <i>easy</i>	5.53	6.00
Experienced and inexperienced users' needs are taken into consideration <i>never</i> <i>always</i>	6.46	6.20

* $P < .05$, ** $P = 0.01$

의미한 차이가 발생하는지를 SPSS 분석을 통해 각 차원의 세부항목을 확인해 보았다. 전반적인 소프트웨어에 대한 만족감에서 비행정보관리시스템(FIMS)이 공항 지상감시 레이더(ASDE)보다 만족도가 더 높았다($t(14) = 4.35, p < .05$). 또한, 비행정보관리시스템(FIMS)은 공항 지상감시 레이더(ASDE)보다 용어와 시스템 정보의 차원에서 에러 메시지 유용성이 더 뛰어나다고 하였고($t(14) = 3.16, p < .05$), 시스템 운영을 위한 학습 차원에서도 학습이 더 용이하다고 나타났다고 하였고($t(14) = 4.90, p < .05$). 그리고 시스템 신뢰도에서도 비행정보관리시스템(FIMS)이 공항 지상감시 레이더(ASDE)보다 더 높은 신뢰도 결과를 보여주었다($t(14) = 4.27, p = .001$). 하지만, 공항 지상감시 레이더(ASDE)는 비행정보관리시스템(FIMS)보다 시스템 속도에서는 더 빨랐다($t(14) = -4.89, p = .001$). 이와 같이 사용자의 만족도는 비행정보관리시스템(FIMS)이 공항 지상감시 레이더(ASDE)보다 시스템 성능, 정보의 유용성 및 시스템 신뢰도에서 더 뛰어난 것을 확인 할 수 있었다.

4. 논 의

본 연구는 항공교통관제시스템에서 운영되고 있는 사용자 인터페이스 환경에 대한 사용성 조사와 만족도 수준을 알아보고자 하였다. 사고구술 프로토콜을 사용하여 관제실에서 고도의 인지적 상호작용을 통한 사용자의 편리성과 불편성을 확인 해 본 결과, 전반적으로 다중 과제를 수행하는 항공교통관제사가 시각적 정보와 청각적 정보 유입을 효과적으로 처리하기에 부족한 인터페이스 구조를 가지고 있어 효율적인 과제 수행을 저해하는 형태를 보였다. 특히나, 빈번한 마우스 클릭과 작은 화면정보 창의 구성은 관제사의 업무과중을 유발하고 있었다. 사용자 인터페이스를 고려한 설계가 가까운 미래에 더 증가 할 수 있는 교통량을 관제사가 효과적으로 처리하고 더 나아가 안전한 교통흐름을 유지하는데 주요한 요인이라는 인적요소(human factors)의 항목[19]이라고 볼 때 인터페이스 구조와 구성을 재정립할 필요가 있다. 비행정보관리시스템(FIMS)과 공항 지상감시 레이더(ASDE), 두 시스템의 사용자 만족도는 전반적으로 양호하였지만, 두 시스템을 확인해 보았을 때 공항 지상감시 레이더(ASDE)는 전반적인 소프트웨어 반응에서 불만족스럽고 에러 메시지가 유용하지 않은 것으로 나타났고, 무엇보다 사용자에게 신뢰성을 주지 못 하고 있었다. 그리고 비행정보관리시스템(FIMS)은 공항 지상감시 레이더(ASDE)와 달리 시스템 속도의 문제점을 확인 할 수 있었다.

사고구술 프로토콜에 참석한 연구참여자들은 급격하게 변화하는 상황을 예측하기 위해 주변 상황의 정보를 지각하며 그 정보를 토대로 의사결정과 상황 인식을 수행하고 있었다. 업무 특성상 사고구술 프로토콜은 항공교통량이 많은 시간 때에 적용하기 어렵지만, 전문가 관찰자가 인지과정을 기록하고 관찰하여 보충하여 분석해 보니, 항공기 안전 운항을 위한 장비 및 시스템은 첨단화 되어 가고 있지만 관제사와 시스템간의 상호협력을 위한 인터페이스는 고려되지 않고 있음을 확인 하였다.

QUIS는 통해서 컴퓨터 기반 프로그램의 만족도 평가에서 두 시스템 간 유의미한 차이는 다음과 같은 이유로 설명이 가능하다. 첫째로, 비행정보관리시스템(FIMS)은 항공교통관제사들이 개발에 참여하고 지속적으로 프로그램 수정 및 업그레이드에 참여함으로써 시스템이 관제사에 적합하도록 노력을 하여 프로그램 만족도와 학습 만족도가 높았다. 두 번째로, 공항 지상감시 레이더(ASDE)는 시스템이 가진 소프트웨어의 기능적 작동불능, 반응시간의 지연 등의 운영면에서의 기술적 문제점을 해결하지 못하고 있다는 인식이 관제사들에게 시스템 신뢰도를 저하시켰다고 볼 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 시스템에 대한 세부적 기능과 작동에 대해 설계자와 운영자가 협력하여 문제점을 찾아 해결하여 인적수행을 향상시켜야 한다. 마지막으로 비행정보관리시스템(FIMS)의 속도는 다량의 정보를 처리하고 서버의 용량문제 등의 문제가 존재하고 있어 서버용량 증가가 필요하다. 이와 같이 두 시스템은 항공관제업무를 지원하기 위한 시스템이지만 하나의 시스템은 사용자가 참여하여 하드웨어적인 문제인 속도 문제를 제외한 나머지 소프트웨어적인 면에서 사용자의 만족도가 높았지만, 프로그램 개발에 참여하지 않은 공항 지상감시 레이더(ASDE)은 낮은 만족도와 효율성을 저하시켰다. 이는 인간-컴퓨터 인터페이스에서도 관제사의 참여로 개발되고 설계되어야함은 물론이고 소프트웨어 개발에서도 참여하여 사용자 중심의 UI(User Interface) 설계가 이루어져야 함을 의미한다.

항공교통관제시스템과 사용자인 관제사의 만족도 조사를 통해서 현재 시스템의 사용자 평가를 알아보고 미래의 항공교통관제시스템의 개발 및 설치 시 중요한 인적요인과 인간공학을 고려한 개발이 항공기의 안전한 운항을 효율적으로 지원하는 시스템으로 제공할 수 있을 것이라는 의의를 설명하고 있다. 끝으로, 본 연구는 연구 참여자의 한계로 사고구조 프로토콜과 QUIS의 결과를 다양하게 확인하지 못하였을 것으로 여겨져 더 많은 참가자를 모집하여 다양한 인지적 과정과 만족도를 확인하여 이를 사용자 인터페이스 설계에 응용해야 한다. 그리고 QUIS

설문에 포함되지 않은 항공관제시스템의 특징적인 요소를 발굴하지 못 해 이를 포함하는 설문을 구성하여 확인해 항공관제시스템 개발에 적용할 수 있도록 해야 한다.

참고문헌

- 1) Wickens, C. D., Mavor, A. S., & McGee, J. P., Flight to the future: Human factors in air traffic control, Washington DC: National Academy Press, 1997.
- 2) Cavcar, A., & Cavcar, M., New directions for ATC training: A discussion. *International Journal of Aviation Psychology*, 14, 135-150, 2004.
- 3) Wickens, C. D., Mavor, A. S., & McGee, J. P., Flight to the future: Human factors in air traffic control. Washington, DC: National Academy Press, 1997.
- 4) Bruce, D. S., Physical performance criteria for air traffic control tower specialists. Washington, DC: Federal Aviation Administration, 1996.
- 5) Fields, R. E., Wright, P. C., Marti, P., & Palmonari, M., Air traffic control as a distributed cognitive system: A study of external representations. *Proceedings of the Ninth European Conference on Cognitive Ergonomics*, 85-90, 1998.
- 6) Marti, P., The choice of the unit of analysis for modeling real work settings. *Cognition, Technology & Work*, 2, 62-74, 2000.
- 7) Pawlak, W. S., Brinton C. R., Crouch, K., & Lancaster, K. M., A framework for evaluation of air traffic control complexity. *Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*. San Diego, CA, 1996.
- 8) Endsley, M. R., Toward a theory of SA in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64, 1995.
- 9) Vingelis, P. J., Schaeffer, E., Stringer, P., Gromelski, S., & Ahmed, B., Air traffic controller memory enhancement (DOT/FAA/CT-TN90/38). Atlantic City International Airport, NJ: DOT Federal Aviation Administration Technical Center, 1990.
- 10) Wickens, C. D., Mavor, A. S., & McGee, J. P., Flight to the future: Human factors in airtraffic control. Washington, DC: National Academy Press, 1997.
- 11) Banks, S. B., Perspectives on the State of Modeling and Simulating Human. *Intent Inference for Users, Teams, and Adversaries*, AAAI FS-02-05, 2-10, 2002.
- 12) Inoue, S., Aoyama, H., & Nakata, K., Cognitive analysis for knowledge modeling in air traffic control work. *Human-Computer Interaction, HCII 2011*, 341-350, 2011.
- 13) Sarodnick, F., & Brau, H., *Methoden der Usability Evaluation*. Verlag Hans Huber, 2006.
- 14) IFATCA, 2012 IFATCA Annual Conference in Committee C, Nepal, 2012.
- 15) Ericsson, K. A., & Simon, H. A., *Protocol analysis verbal reports as data (Version Rev.)*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1993.
- 16) Taylor, K. L., & Dionne, J. P., Accessing problem-solving strategy knowledge: The complementary use of concurrent verbal protocols and retrospective debriefing. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), 413-425, 2000.
- 17) Chin, J. P., Diehl, V. A., & Norman, K. L., Development of an Instrument Measuring User Satisfaction of the Human-Computer Interface. *Proceedings of SIGCHI '88* (pp. 213-218), New York: ACM/SIGCHI, 1988.
- 18) Gass, S. M., & Mackey, A., *Stimulated recall methodology in second language research*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.
- 19) Kobayashi, K., The influence of critical reading orientation on external strategy use during expository text reading. *Educational Psychology*, 27, 363-375, 2007.