

# CNS/ATM과 인적요소 분석

## CNS/ATM and Hman Factors Analysis

석경태\*, 이호창  
한국항공대학교 항공경영대학원

### 초 록

항공교통수요의 증가와 그에 따른 항공분야 발전에 따라 현재 사용하고 있는 항행안전시설들에 대하여 기술적 보완 및 업그레이드의 필요성이 대두되었다. 국제민간항공기구(ICAO)에서는 항공교통량의 증가를 수용하고, 항공 운항의 안정성과 효율성을 높이기 위해서 차세대 항행시스템(CNS/ATM)으로의 전환을 권고하였고, 각 국은 기존 항행시설의 성능과 한계를 극복하고 증가하는 항공교통량을 원활히 수용하기 위하여 차세대 항공교통관리 전략을 추진해 오고 있다. 이러한 차세대 항행시스템(CNS/ATM)의 효과적인 활용을 위해 자동화 시스템이 도입되었고 관련된 인적요소가 위성항행시스템 발전의 핵심 열쇠라고 ICAO에서 언급하였다. 본 논문에서는 차세대 CNS/ATM의 자동화에 따른 인적 요소에 대하여 연구해 보았다.

### 1. 서 론

1980년대 초, 민간항공부분에서는 날로 증가하는 항공교통량의 증대로 인해 기존의 통신, 항법, 감시 및 관제시스템으로는 가까운 미래의 항공교통량을 감당하지 못할 것이라는 우려가 제기되었고 이에 따라 ICAO에서는 주도적으로 새로운 개념의 통신, 항법 및 감시 시스템에 위성시스템을 포함시키고, 디지털 기술을 이용한 CNS/ATM이라는 새로운 개념을 도입했다.

기존 시스템과 달리 통신부분은 현재의 아날로그 음성통신에서 데이터 통신으로 전환되며, 지상 시설에 고착되어 있는 항법시스템은 GPS 등 위성항행 시스템으로 전환되고, 레이더 및 조종사의 음성보고에 의존하는 현재의 항공감시 기능은 위성항행시스템과 데이터 통신을 기반으로 하는 시스템으로 전환되어 레이더는 백업시스템의 기능을 담당할 것으로 예상된다. 통신, 항법, 감시 기능의 일대 전환은 항공교통관제 부분에서도 많은 변환을 가져올 것으로 기대되고 있다. 이러한 전 분야에 걸친 시스템의 자동화는 인간의 실수를 줄일 수 있는 큰 가능성을 제공할 것으로 간주되었다. ICAO 항공위원회의 권고에 따라 “항공안

전과 인적요인”을 차세대 CNS/ATM에 인간-기계 인터페이스에 중점을 둔 고려사항을 포함되도록 개정하였다. 미국과 국제단체는 CNS/ATM 시스템의 인적요인을 식별하고 인적요인에 대한 지식과 경험이 향후 CNS/ATM 시스템의 안전과 효율성을 강화할 것이라고 판단했다.

CNS/ATM 시스템의 설계단계에서 “인적요소”는 필수적 요소이고 이는 “인간중심”의 설계를 강조한다.

이 시스템은 새롭고 다양한 방법으로 상호작용할 것이며 조종사와 관제사들 사이에서 다양한 방법으로 이용될 것이다. ICAO는 차세대 CNS/ATM 시스템 개념을 구현하기 위한 성공의 열쇠는 “인적요소”라고 하였다. 복잡한 시스템의 정보 전송, 전체 의미의 데이터 링크 시스템 구현, 개인 및 팀 성과에 대한 요인 등 인적수행은 반드시 필요한 부분으로 연구되어야 한다고 주장했다. 인적요인에 따른 오류(실수)는 불가피하기에 이러한 실수를 감소시키기 위한 자동화를 적용하지만 연구자들 사이에서 우려를 표하고 있다. 자동화의 무차별 응용 프로그램은 새로운 인적오류를 도출할 수 있기 때문이다. 이미 항공교통관제에 대해서 인적요소 프로그램 활동은 이미 문제가 되고 있음을 표명했으며 최근 ATC에서

인적요인 문제가 ATM 자동화와 관련되어 거론되고 있다.

## 2. 본 론

### 2.1 미래 항공시스템의 자동화의 역할

미래 항공 시스템에서의 중요한 문제점은 운전자 (Operator)에 대한 선진 기술의 응용과 자동화의 영향이다. 기술의 효과적인 이용을 위해 자동화는 사용자의 요구와 제약조건을 충족해야한다. 그러므로 고도로 진보된 자동화를 사용하기 위해 CNS/ATM 시스템을 포함한 지침 제공은 필수적이다. 중점은 ‘운용자가 미래 자동된 시스템에서 얼마나 많은 권한을 가져야 하는가?’ 그리고 ‘어떻게 운용자와 상호작용을 할 것인가?’ 이다.

#### 2.1.1 고도의 자동화 시스템에서 운용자의 역할

기술은 컴퓨터(자동화)가 거의 모든 지속적인 항공교통 통제와 감시뿐만 아니라 항공기의 항행 업무를 수행할 수 있도록 진보하고 있다. 그런데 왜 인간이 이 시스템에서 필요한가? 자동화는 운용자의 모든 작업을 수행하도록 구조 될 수 없을 까? 한편에서의 많은 시스템 설계자들은 인간을 신뢰할 수 없는 비효율적인 존재로 보고 시스템에서 제거 가능하다고 보고 있다. 하지만 이건 기계가 완전히 인간을 대체할 수 있다는 비현실적인 생각일 뿐이다. 자동화는 언제나 인간의 오류와 업무의 경향에 대한 기대로 소개되어 왔지만 더 까다로운 역할을 요구하는 업무에서는 사람들을 대신하지 못한다. 특히, 항공시스템은 매우 역동적이고 많은 변수로 구성되어 있으며 예측가능한 상황에서의 실시간 응답은 자동화가 아닌 인간이 직접 수행해야 한다. 인간은 예기치 못한 문제들을 상식으로 대응 할 수 있지만 자동화는 불가능 하다. 인간은 자동화가 할 수 없는 불확실한 상황에 대한 문제의 개념 분석을 할 수 있는 능력과 여러 상황에 대처하고 해결할 수 있는 유연성을 가지고 있다.

#### 2.1.2 CNS/ATM 시스템의 자동화

항공교통관리의 기술은 끊임없이 변화하고 있

다. 새로운 데이터 링크와 위성통신 방법은 레이더 품질, 데이터 처리 향상, 발전된 충돌회피 시스템, 경유지 대신 출발지와 도착지 사이의 직선항로 등 미래의 항공 항행 시스템은 발전하고 있다. 이러한 기술적 발전에 고려사항들은 안전, 효율성, 비용 효율성 및 인간의 능력과 한계를 가진 호환성 등이다. 시스템의 발전은 조종사, 관제사, 정비 기술자 등 관련된 인적요인 문제를 간과하지 않도록 세계항공시스템의 절차와 관행이 바뀌었다. 운용절차 또는 규정의 중요한 변화가 있을 때마다 시스템 안전분석은 반드시 수행되어야 한다. 안전분석의 목적은 시스템을 시행하기 위한 변화들에 부족한 부분을 확인하고 새로운 절차 오류에 대해 관대해지지 않도록 그리고 기술이 실패하지 않도록 하기 위함이다.

고도로 증가된 항공교통관리 시스템의 자동화는 불가피하다. 이에 따른 문제는 ‘언제, 어디서, 어떻게 자동화가 구현되어야 하는가?’ 이다. 제대로 사용을 한다면 자동화는 큰 자산이며 이는 시스템의 안전성을 향상시키고 오류를 방지하여 신뢰성을 높인다. 전체적인 시스템에 자동화가 지원되고 자동화는 가능한 인간 중심적으로 관리자들의 능력을 돕도록 설계되어야 할 것이다.

#### 2.1.3 CNS/ATM 시스템 자동화의 문제점과 우려

- 자동화시스템의 한계는 운용자가 기본능력에 대해 무지할 경우 시스템 인식의 손실을 야기시킨다.
- 많은 운영자들의 직무만족의 주된 요소는 그들의 직장에서 본질적인 관심이다. 자동화에 의한 지루함과 일반적인 불만은 직업 만족도를 감소시킬 수 있다.
- 새로운 자동화 시스템의 유용성과 품질에 익숙해져 과도하게 의존적일 수 있다.
- 인간은 특히 시간의 압박, 스트레스, 편견 등에 의해 최적의 결정할 수 있는 능력을 제한받는다. 한가지 접근법이나 편향된 의사결정 성향을 줄이기 위해 자동화된 의사결정 도구를 사용할 수 있지만 이 방법은 분명 증명을 거쳐야만 될 것이다.
- 자동화 만족에 따른 지루함이 발생가능 하다.

항공교통의 주요부분이 완전 자동화되면 운용자는 자동화를 확신하게 되고 시스템의 감독 소홀 및 오류에 지나치게 관대하게 될 수 있다.

- 자동화로 인해 업무량은 감소될거라 예상되지만 실제로는 업무량을 증가될 수 있다. 항공 트래픽 제어 환경에서는 데이터 입력, 검색 방법과 같은 추가적인 업무관행으로 실제 업무량은 증가할 수 있다.

## 2.2 인간중심 자동화의 원리

“인간중심 자동화”의 개념은 명시된 목적을 추구하는 과정에서 자동화는 운영자와 협력하여 업무를 처리한다는 의미이다. 인간중심 자동화 시스템은 운영자, 감독자, 관리자의 책무를 도울 수 있으며 강점을 활용하고 인간-기계에 대한 각각의 약점에 대해 보상한다. 오늘날 인간과 기계 모두는 안전에 대한 책임이 있으며 미래 항공시스템의 성장은 더욱 더 자동화가 필요하다.

시스템의 기술발전은 우리가 정보와 자동화를 활용하는 방식에 근거할 수 있다. 통신, 패널 디스플레이, 음성기술, 데이터링크 등 자동화 기술은 상당한 발전을 촉진해 왔으며 이러한 부분이 항공시스템의 정보 기술에 큰 변화를 육성한다. 시스템 설계자들은 설계과정의 처음부터 인적요소를 고려해야 한다. 지난 20년 이내 고도로 발전된 기술을 사용하는 조직에서 발생했던 모든 주요 사고는 사람과 기술의 적절하지 않은 또는 결함이 있는 인터페이스가 요인 중 하나였다. 이러한 사고에서의 휴먼에러는 부족한 설계, 결함이 있는 절차, 부적절한 교육, 불완전한 조직, 또 다른 체계적인 결여시향을 야기시킨다. 휴먼에러를 적절한 단계에서 방지 할 수 있는 시스템을 설계해야 한다.

### 2.2.1 인간중심의 자동화는 재해와 사고를 방지

일반적으로 사고의 약 60~80%가 인간에 기인한다. 사고는 그 결과를 예상치 못한 비정상적이고 불투명 기술에 의해 발생한다. 인적요인의 부족으로 인해 발생한 잃어버린 삶과 비용을 보면 인적요인을 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다. 인적요소를 고려한 고도로 진보된 인간중심

자동화시스템은 미래의 재난과 사고를 방지하고 인적오류 문제를 해결할 수 있을 것이다.

### 2.2.2 인간중심의 자동화는 비용을 절감

비용을 절감하기 위한 시스템 설계에서 인적요소의 검토는 종종 초기설계 고려사항에서 벗어난다. 설계 및 시스템운용에서 인적요소 검토(고려)의 부족은 비효율적인 문제와 사고 그리고 재산의 손실을 야기시킬 수 있다.

훈련된 인력(교육, 운영 및 유지보수)을 운영하는 것은 더 힘들고 비용도 많이 든다. 기계고장과 휴먼 인터페이스가 연관된 불필요한 비용 이외도 전반적인 시스템 성능저하에 더 큰 비용이 든다.

그러나 인간중심 자동화 설계는 한번만 투자하면 이 시스템은 영구적인 부분이 된다. 따라서 초기시스템 설계에 인적요인 고려사항은 비용을 절감할 수 있는 확실한 방법이다.

## 2.3 인간중심 자동화의 원칙

### 2.3.1 인간이 명령을 내려야 한다.

“항공기 안전 운항에 대한 책임은 기장에게 있다. 그리고 항공기간 분리에 대한 책임은 관제사에 있다” 라는 주장은 항공안전 시스템의 궁극적인 책임은 인간에게 있다는걸 나타낸다. 이는 인간중심 자동화의 신조이고 자동화는 인간을 돕기 위해 존재한다. 따라서 책임의 문제는 기본적으로 인적요소에 있다. 운용자는 시스템이 완전한 통제와 권한이 없는한 실패 또는 잘못된 결정에 대해서 책임을 묻지 말아야 한다. 그 이유는 다른 기계들처럼 자동화는 실패할 수 있기 때문이다. 인간의 책임은 자동화의 이러한 실패를 그들이 검출하고 보정하고 안전하게 작업을 계속 할 수 있게 해야 한다.

### 2.3.2 효과적인 명령을 위해 인간은 반드시 관여되어야 한다.

인간은 명령에 대해 반드시 관여되어야 한다. 궁극적인 책임을 맡고 상황에 따른 적절한 명령을 내리기 위해 적극적으로 시스템을 통제하고 기계를 제어해야 하는 역할을 수행해야 한다. 인간중심 항공시스템 자동화는 운용자가 세부적인 작동을 원격으로 조정하는 것을 허용하는 방법으

로 설계되어야 하며 운영되어야 한다.

2.3.3 인간은 자동화시스템을 감독할 수 있어야 한다.

자동화로 인해 시스템이 오류를 범할 수 있기에 효과적인 제어를 하기 위해서는 인간은 감독할 수 있어야 한다.

2.3.4 자동화 시스템은 예측할 수 있어야 한다.

운용자는 자동화시스템의 수행상태, 정상적인 행동, 지식 등 평가할 수 있어야 하며 시스템의 정상적인 동작 뿐만 아니라 동작의 허용범위를 아는 것도 중요하다. 모든 예상치 못한 시스템의 행동은 비정상적 행위로 취급해야 하며 이러한 행동을 인식하기 위해 운용자는 자동화가 무엇을 언제 어떻게 수행하는지 정확하게 인지해야 한다.

2.3.5 자동화 시스템 또한 운용자를 감시 할 수 있어야 한다.

물론 인간도 자신들의 실패를 예측 할 수 없는 완벽하지 않은 존재다. 사람들은 실수를 하기 쉬운 존재이기 때문에 에러검출, 진단 및 수정 등 임무를 수행 할 자동화된 항공 시스템이 필요하다. 기계의 수행상태 뿐만 아니라 인간도 지속적으로 관찰될 필요가 있다.

인간중심 자동화의 원칙을 위해 기본적인 지침을 수립해야 한다. 이는 인적요인의 공학적인 측면을 적용해야 하며 이 시도는 오직 인간 중심 자동화를 철학적으로 건설하는 것이다. 그렇게 함으로써 인간과 기기 모두의 목표인 안전하고 질서 정연하며 경제적인 항공환경을 만들 수 있다.

### 3. 결론

지금까지 CNS/ATM시스템의 인적요인에 대해서 검토해 보았다. 앞에서 설명했듯이 인적요인은 차세대 항행위성시스템의 핵심적인 성공의 KEY라는 것을 알 수 있었다. 자동화로 인해 인간 전체의 교체가 가능할 수 있다는 견해는 비현실적이라는 것을 확인했으며 안전한 항공운영에 대한 궁극적인 책임은 인간에게 있음을 확인했다. 자동

화는 인간중심으로 설계되어 시스템만으로는 할 수 없는 예상하지 못한 재해와 사고를 방지하는데 도움이 되어야 할 것이다.

### 후 기

본 논문은 한국항공대학교 추계학술대회 과제의 일환으로 수행된 연구결과의 일부입니다.

### 참고문헌

[1] ICAO Human Factors Digest No. 11 - Human Factors in CNS/ATM Systems (Circular 249).