

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2018.26.3.023>

ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

도착항공기 착륙순서에 관한 조언정보가 관제사 업무효율에 미치는 영향

김세연*, 채홍아*, 정현태**, 김휘양***, 이금진***

The Effect of Advice Information for Arriving Aircraft Landing Order on Air Traffic Controller's Work Efficiency

Seyeon Kim*, Hongah Chai*, Hyuntae Jung**, Huiyang Kim***, Keumjin Lee***

ABSTRACT

This paper describes the effect of advice information for arriving aircraft landing order on the air traffic controller's work efficiency. The air traffic control simulator used in the experiment was modeled on the basis of the aircraft parameters from BADA, gamma-command model and the 4-dimensional trajectory using the Bezier curve. The simulation results show that advice information was helpful for the performance of the work for users who did not have the air traffic control training. On the other hand, in case of users who have experience in air traffic control training, the work efficiency was lowered when the advisory information that does not reflect the user's intention is provided. Therefore, it can be seen that the effect of improving the work efficiency through advice information can be limited depending on the skill level of the air traffic controllers and the complexity of the air traffic situation.

Key Words : Acceptance of Automation(자동화 수용), Air Traffic Controller(항공교통관제사), Air Traffic Control Simulation(항공교통관제 시뮬레이션), Air Traffic Management(항공교통관리), Decision Support Tool(의사결정 지원 도구)

I. 서 론

항공교통산업은 전 세계에서 가장 빠르게 성장하는 산업 중 하나로, 2015-2016 1년간 6.3%의 RPK (revenue passenger kilometer) 성장을 기록하였다(Airbus, 2017). 가파른 성장세를 보이는

수요에 비해 공항 및 공역의 수용량 증대에는 한계가 있으며, 이에 따른 많은 혼잡과 지연이 발생하고 있다. 공항 및 공역에서 발생하는 항공기 지연을 줄이기 위해서는 효율적인 항공교통관제가 필수적이다. 하지만 증가하는 교통량으로 인해 효율적인 관제가 점점 어려워지고 있으며, 따라서 항공교통관제사에게 적절한 조언정보를 제공하는 의사결정 지원 도구(decision support tool) 개발이 가속되고 있다. 효율적인 관제가 가능하도록 도와주는 의사결정 지원 도구 중 대표적인 것으로 도착관리시스템(Arrival Manager: AMAN)이 있다(Eurocontrol, 2010, Bennell, 2017).

Received : 23. Aug. 2018. Revised : 10. Sep. 2018.
Accepted : 25. Sep. 2018

* 한국항공대학교 항공교통물류학과 석사과정

** 국제항공운송협회(IATA) 인턴

*** 한국항공대학교 항공교통물류학부 교수
연락처 E-mail : seyeon.nnn@gmail.com
경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76

도착관리시스템이란 도착하는 항공기가 제공 지면 없이 착륙할 수 있도록 최적의 착륙 순서와 시간을 결정하는 시스템으로, 최종 접근 지점에서의 도착 항공기 간 간섭을 최소화하는 것을 목표로 한다. 이와 비슷한 개념으로, 출발하는 항공기의 최적 출발 시각을 결정함으로써 출발-순항 항공기 간 간섭을 최소화하기 위한 출발관리시스템(Departure Manager: DMAN)도 개발 중이다(Boehme, 2005).

그림 1은 NASA에서 개발 중인 출발관리시스템 중 하나인 PDRC(Precision Departure Release Capacity)의 간략한 개념도이다. 기존에 관제사 간 음성전화 연락을 통해 이륙시간을 정해야 했던 관제 시스템과는 달리, PDRC는 시스템에서 자체적으로 항공기의 이륙시간을 산출해 관제사에게 알려주게 된다(Engelland, 2013).

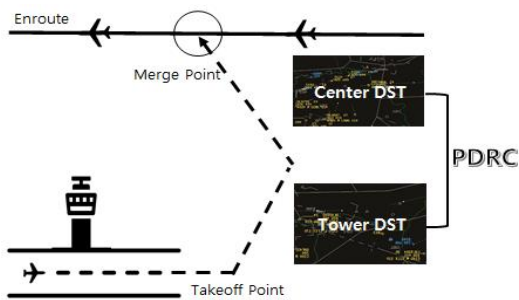


Fig 1. PDRC system overview (from [5])

항공교통관제사를 위한 의사결정 지원 도구가 실 상황에서 유용하게 활용되기 위해서는 제공되는 해결책이 수용 가능한 결과이어야 한다. 그렇지 않은 경우, 조연 정보로 인한 관제사 업무 효율 개선 효과가 매우 제한적일 수 있다.

이와 관련된 선행 연구로, 의사결정 지원 도구로부터의 조연 정보에 대한 관제사의 수용도를 비교하는 연구가 있었다(Hilburn, 2014). 이 연구에서는, 충돌이 예상되는 두 항공기의 상황에 대해, 각 항공기가 움직일 수 있는 영역과 그렇지 않은 영역을 화면에 표시하는 형태로 조연 정보를 제공하게 된다. 이때, 본인의 관제 패턴과 일치하는 조연 정보를 제공했을 때와 그렇지 않았을 때의 조연 정보에 대한 수용 빈도가 어떻게 변하는지 시뮬레이션을 통해 알아보았

다. 실험 결과, 관제사들은 자신의 관제 패턴과 일치하는 조연 정보를 제공받았을 때 조연 정보의 수용 빈도가 거절하는 빈도보다 월등히 높은 반면, 타 관제사의 관제 패턴이 반영된 조연 정보가 제공되었을 때는 수용 빈도와 거절 빈도가 유사한 경향을 보였다. 또한 이러한 경향은 복잡한 관제 상황에서 두드러지는 경향을 보였다.

유사한 연구로, 사용자 개개인의 문제 해결 방식과 부합하는 해결책을 제시할 수 있는 의사결정 지원 도구가 필요하다는 연구가 있었다(Westin, 2016). 이 연구에서는, 사용자의 수용도에 영향을 미치는 핵심요소로 전략적 일치(strategic conformance)의 개념을 제시하였는데, 이는 의사결정 지원 도구가 제시하는 해결책이 사용자가 문제를 해결하는 과정에 얼마나 부합하는지를 나타내는 척도이다.

또 다른 연구에서는 사용자의 업무 상황에 따라 적절한 조연 정보를 제공할 수 있어야 한다는 결론이 있었다(Feigh, 2007). 이 연구에서는 항공사에서 비행계획을 조정할 때 가장 효율적으로 업무성과를 내는 문제 해결 방식에 대한 실험을 수행하였다. 실험 결과, 최적의 해결책은 하나로 정해져 있는 것이 아니며, 사용자가 처한 업무의 상황이 변화함에 따라 달라진다는 결과가 나타났다. 한편, 각각의 상황별로 서로 다른 해결 방식을 적용한 경우에 대한 사용자의 수용도를 분석한 연구도 있었다(Flicker, 2005).

본 연구에서는 공항으로 도착하는 항공기의 착륙 순서에 관한 조연 정보가 항공교통관제사의 업무 효율에 어떻게 영향을 주는지를 알아보고자 한다. 이를 위해 항공교통관제 시뮬레이터를 개발하여 HITL(Human In The Loop) 시뮬레이션 실험을 수행하였다. 이전 연구에서는 항공교통관제의 매우 단편적인 부분을 모사한 시뮬레이션을 사용하거나 설문조사 등 비 정량적인 방법을 사용해 연구결과를 도출하였다. 이에 반해, 본 연구에서는 실제 관제사의 업무 상황을 보다 유사하게 구현한 시뮬레이터를 사용하여 실험을 진행하였다. 또한, 관제실습의 경험을 통해 기본적인 관제 기량이 있는 사용자와 관제 업무를 접해본 적이 없는 사용자가 동일한 상황에서 조연 정보를 받았을 때, 해당 조연 정보가

사용자의 업무 효율에 각각 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

II. 시뮬레이션 설명

2.1 시뮬레이션 개요

본 실험에서 사용된 항공교통관제 시뮬레이터는 Eurocontrol BADA(Base of Aircraft Data)에서 제공하는 항공기 성능 계수와 베지에 스플라인 bezier spline)을 활용해 항공기의 4차원 궤적을 생성하는 방식으로 개발되었다(Eurocontrol, 2014)(정현태, 2017). 주요 기능으로는, 기존 레이더 항적 및 입력된 비행계획을 기반으로 4차원 궤적을 생성하는 모듈, 실시간 궤적 모니터링 및 동기화 모듈, 사용자 명령 처리 및 궤적 업데이트 모듈, 기상 영향 등으로 정해진 경로를 벗어난 항공기에 대한 제어 모듈, 항공기 연료 소모량을 계산하여 운항의 사후 효율성을 평가하는 모듈 등으로 구성된다. 항공기 궤적 모형을 비롯해 보다 자세한 사항은 참고문헌 [11]에 나와 있다.

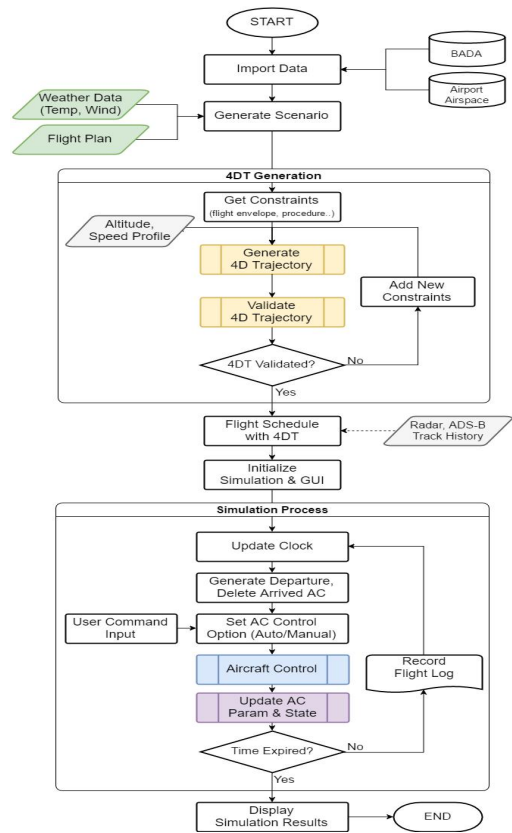


Fig 2. Simulation flow chart (from [11])

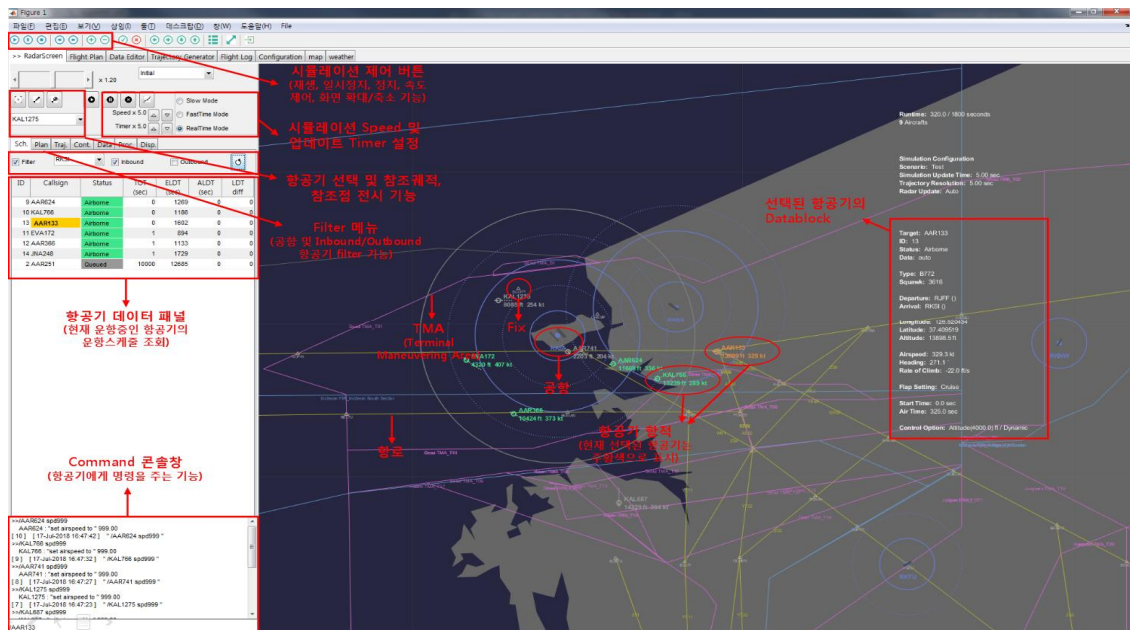


Fig 3. Graphic user interface of the simulation

2.2 실시간 시뮬레이션 기능

실제 관제 상황과 유사한 실시간(real-time) 시뮬레이션이 가능하도록 시뮬레이터를 개선하였다. 이를 사용하여 사용자가 화면에 전시된 항공기를 감시하면서 필요에 따라 개별 항공기의 속도나 방향, 그리고 고도를 조절해 항공기 간 충돌을 방지하고 정해진 공항에 착륙시킬 수 있다. 실시간 시뮬레이션과 관련된 주요 기능과 시뮬레이션의 인터페이스는 각각 그림 3, 표 1과 같다.

Table 1. Main real-time functions of simulator

시뮬레이션 제어 기능	시뮬레이션의 재생, 일시정지, 정지 및 속도를 제어하고, 시뮬레이션 화면을 확대, 축소하는 기능	
시뮬레이션 업데이트 타이머 기능	시뮬레이션이 업데이트되는 시간 간격을 조절하여 고속(fast-time) 시뮬레이션, 저속(slow-time) 시뮬레이션 및 실시간(real-time) 시뮬레이션을 구현하는 기능	
항공기 운항정보 참조 기능	항공기를 선택하여 항공기의 위치, 참조 궤적 및 참조점을 화면에 전시하고, 운항 중인 항공기의 운항 스케줄, 운항 성능 데이터, 비행절차를 조회하는 기능	
필터링 기능	특정 공항을 선택하여 해당 공항으로 도착하거나 해당 공항에서 출발하는 항공기를 필터링하여 화면에 전시하는 기능	
사용자 명령 기능	항공기 제어 명령	고도, 속도, heading 지시
		좌측/우측 선회 지시
		상승률 및 하강률 지시
		특정 뱅크각 지시
	시뮬레이션 제어 명령	특정 지점까지 항공기 유도 지시
		시뮬레이션 재생, 일시정지, 정지 명령
시뮬레이션 업데이트 타이머 설정 명령		
	시뮬레이션 시작 시간 설정 명령	

III. 실험 수행

3.1 대상 공항 및 공역

그림 4와 같이, 인천국제공항으로 착륙하는 항공기는 REBIT, OLMEN, GUKDO, KARBU 총 4개의 지점을 통해 서울 TMA(Terminal Maneuvering Area)로 진입하고, 이후 관제사의 지시에 따라 최초 접근 지점(IAF, Initial Approach Fix)을 지나 착륙하게 된다. 이때, 공항을 출발하는 타 항공기 또는 다른 경로를 통해 공항에 접근 중인 타 항공기와 정해진 거리(이하 최소 분리 기준) 이내로 가까워지면 안 되는데, 이를 위해 관제사는 필요시 각 항공기의 속도, 방향 또는 고도 변경 지시를 해당 조종사에게 내리게 된다.

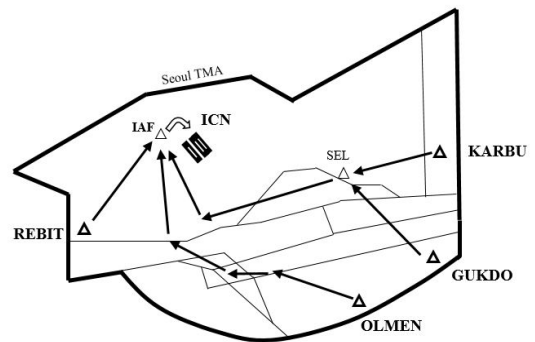


Fig 4. Target airspace: Seoul TMA

3.2 실험 목적

본 실험에서는 항공기의 도착 순서에 대한 조인 정보가 있는 경우와 없는 경우, 항공교통관제사의 업무능률이 어떻게 변화하는지 알아보았다. 이를 위해 피실험자는 개발된 시뮬레이터를 사용해 서울 TMA를 거쳐 인천국제공항으로 착륙하는 도착 항공기들에 대한 관제업무를 수행하게 된다.

시나리오는 6대의 도착 항공기와 2~12대 출발 항공기로 구성되며, 각 도착 항공기는 사전에 정해진 시간 및 지점에서 등장하게 된다. 피실

험자는 이들 항공기를 인천국제공항 활주로에 착륙시켜야 하는데, 이때 서로 다른 두 항공기가 최소 분리 기준 5NM 이하로 접근하지 않도록 각 항공기의 속도나 방향 그리고 고도를 적절히 변경해 주어야 한다. 시나리오 예시는 표 2와 같으며, 각 피실험자는 총 5개의 시나리오에 대해 관제업무를 수행한다. 시나리오는 실제 항적 데이터를 기반으로 만들어졌으며, 출발 항공기는 정해진 비행절차를 따라 자동으로 비행하도록 하였다. 따라서 피실험자는 도착 항공기에 대한 관제만을 수행하도록 하였다.

5개의 시나리오 중 임의의 2개 시나리오에 대해서는 항공기를 어떤 순서로 착륙시켜야 하는지에 대한 조연 정보를 사전에 피실험자에게 알려주며, 이 순서에 따라 항공기를 착륙시켜야 한다. 주어지는 항공기 도착 순서는 해당 시나리오에 실제로 적용되었던 순서를 사용하였으며, 따라서 효율적인 도착 순서를 피실험자에게 제공하는 것이라고 할 수 있다.

3.3 실험 방법 및 절차

실험 대상은 한국항공대학교 부설 항공교통관제교육원을 이수한 피실험자 12명과 관제교육원을 이수하지 않은 피실험자 6명으로 하였다. 실험을 시작하기 전에 피실험자에게 실험의 목적, 내용, 실험 방법 및 시뮬레이터 사용법에 대한 기본적인 설명을 하고, 시뮬레이터 사용에 숙달되기 위한 연습시간을 제공하였다. 피실험자는 앞서 설명한 시뮬레이터를 사용해 인천국제공항으로 접근하는 6대의 도착 항공기를 타 항공기와의 충돌 없이 지정된 IAF까지 유도하여야 한다. 첫 번째 항공기가 등장한 시각으로부터 마지막 항공기가 IAF를 통과할 때까지의 경과 시간을 실험 결과로 측정하였다. 또한, 시나리오별 난이도 차이에 의한 영향을 최소화하기 위해서 항공기의 도착 순서를 알려주는 2개의 시나리오는 피실험자별로 무작위로 결정하였다.

Table 2. Example of the scenario

도착 항공기	등장 위치/ 시간	최초속도/ 고도/ 방향	비행 절차	착륙 활주로 /IAF
AAR624	GUKDO/ 1852	290kt/ 18,300ft/ 290°	RNAV GUKDO 1P	15L/ DANAN
KAL766	KARBU/ 1853	270kt/ 18,000ft/ 258°	RNAV KARBU 1N	15L/ DANAN
EVA172	OLMEN/ 1853	365kt/ 19,800ft/ 358°	RNAV OLMEN 1P	15L/ DANAN
AAR133	GUKDO/ 1856	370kt/ 18,000ft/ 300°	RNAV GUKDO 1P	15L/ DANAN
AAR366	OLMEN/ 1856	357kt/ 19,200ft/ 322°	RNAV OLMEN 1P	15L/ DANAN
JNA248	OLMEN/ 1903	410kt/ 20,000ft/ 340°	RNAV OLMEN 1P	15L/ DANAN
출발 항공기	등장 위치/ 시간	최초속도/ 고도/ 방향	비행 절차	이륙 활주로
KAL687	인천공항/ 1858	151kt/ 1000ft/ 150°	RNAV BOPTA 1K	15R
AAR741	인천공항/ 1904	156kt/ 300ft/ 150°	RNAV BOPTA 1S	16
KAL781	인천공항/ 1908	141kt/ 1000ft/ 150°	SOT 1S	15R
KAL629	인천공항/ 1911	155kt/ 700ft/ 150°	RNAV BOPTA 1S	16
KAL705	인천공항/ 1918	155kt/ 700ft/ 150°	SEL 1S	15R
AAR8989	인천공항/ 1921	147kt/ 700ft/ 150°	RNAV BOPTA 1S	16

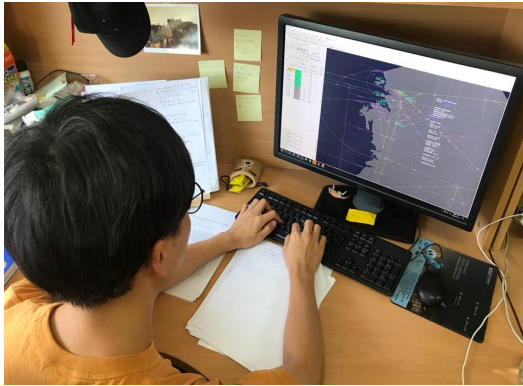


Fig 5. Simulation experiment

IV. 실험결과 분석

4.1 실험 결과

항공기의 도착 순서에 대한 조연 정보의 제공 여부, 그리고 사용자의 관제교육원 이수 여부에 따른 시나리오 평균 소요시간은 표 3 및 그림 6 과 같다.

피실험자들이 시나리오를 완료하는데 소요된 평균 시간은 23분 11초이며, 이 중 관제교육원을 이수한 피실험자의 평균 소요시간은 22분 42초, 이수하지 않은 피실험자의 평균은 24분 09초가 나왔다. 예상대로 관제교육원 이수자가 보다 효과적으로 관제업무를 수행했음을 알 수 있다. 흥미로운 부분은, 그림 6에서 알 수 있듯이, 조연 정보가 없는 경우 관제교육원 이수 여부에 따른 소요시간 차이가 큰 반면에, 조연 정보가 있는 경우에는 차이가 발생하지 않았다는 점이다.

Table 3. The average duration required for the scenarios

		항공기 도착 순서에 대한 조연 정보 제공 유무		
		제공	미제공	평균 소요시간
관제 교육원 이수여부	이수	23분20초	22분17초	22분42초
	미이수	23분20초	24분41초	24분09초
	평균 소요시간	23분20초	23분05초	23분11초

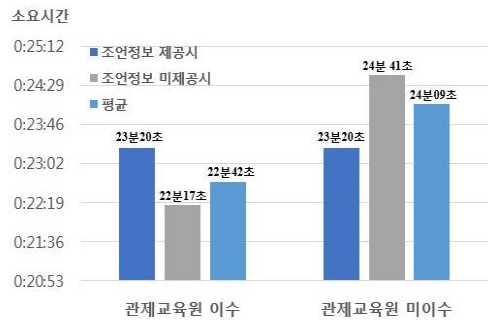
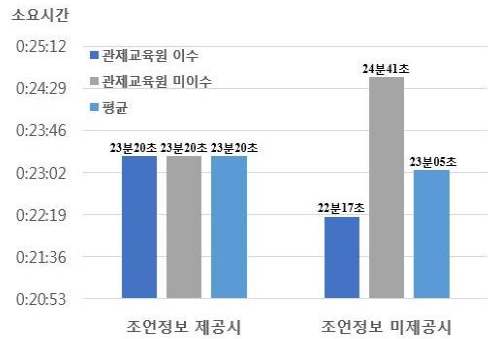


Fig 6. The average duration required for the scenarios

조연 정보 유무에 따른 소요시간은, 조연 정보 없이 관제업무를 수행한 경우가 평균 23분 05초, 그렇지 않은 경우가 평균 23분 20초가 나왔다. 항공기 도착 순서에 대한 조연 정보를 제공받지 않은 경우에 비해 조연 정보를 제공받은 경우 소요시간이 15초 증가하였으며, 이는 표 4 와 같이 유의미한 차이라고 할 수 없다. 하지만, 관제교육원을 이수하지 않은 피실험자의 경우 조연 정보가 주어지지 않았을 때의 소요시간이 평균 24분 41초인데 반해 조연 정보를 제공한 경우 소요시간이 1분 21초 단축되는 결과를 보였다. 한편, 관제교육원 이수자에게 조연 정보가 주어지지 않은 경우 소요시간이 평균 22분 17초 인데 반해 조연 정보를 제공했을 때 소요시간이 1분 03초 증가하였다. 관제교육원 이수 여부에 따라 조연 정보의 효과가 달라지는 것을 알 수 있는데, 이를 확인하기 위해 pearson chi-square 분석을 수행하였다. 먼저, 피실험자를 관제교육원 이수 여부에 따라 두 그룹으로 나누고, 각 그룹 내에서 조연 정보 유무에 따른 시나리오별 소요시간을 비교하였다. 특정 시나리오에 대한

조연 정보를 제공받은 피실험자 한 명의 소요시간과, 해당 그룹 내에서 동일한 시나리오를 조연 정보 없이 수행한 피실험자들의 평균 소요시간을 비교하였다. 조연 정보가 제공되었을 때의 시나리오 소요시간이 단축된 경우, 조연 정보의 효과가 있다고 가정하고 분석을 하였다. 결과는 표 5와 같으며, 유의수준 0.1을 기준으로 하였을 때, 관제교육원 이수 여부에 따라 조연 정보의 효과가 다르다는 것을 알 수 있다.

Table 4. T-test results

연구 가설	H_0 : 조연 정보가 있을 때의 평균 소요시간은 조연 정보가 없을 때의 평균 소요시간과 차이가 없다.			
독립 변수	종속 변수	t-value	자유도	p-value (2-sided)
조연 정보 유무	평균 소요 시간	0.320	88	0.750

Table 5. Pearson chi-square test results

연구 가설	H_0 : 관제교육원 이수 여부에 따른 조연 정보의 효과는 차이가 없다.			
독립 변수	종속 변수	χ^2 -value	자유도	Asymp Sig. (2-sided)
관제교육원 이수 여부	평균 소요 시간	2.731	1	0.098
조연 정보 유무				

4.2 결과에 대한 논의

실험 결과, 관제교육원 이수자들은 주어진 조연 정보에 따라 관제업무를 수행했을 때 시나리오의 평균 소요시간이 더 길어진데 반해, 미이수자들은 조연 정보를 통해 소요시간을 단축할 수 있었던 것으로 나타났다. 이와 같은 결과가 나타난 이유는, 관제교육원 미이수자들의 경우 일반적인 관제 절차에 대한 이해도가 이수자들보다 상대적으로 낮기 때문에, 제공된 조연 정보가 관제업무를 수행하는데 도움이 된 것으로 보인다. 반면 관제교육원을 이수자들은 자신만

의 관제하는 방식과 노하우가 있기 때문에, 제공된 조연 정보가 오히려 제약조건으로 작용했던 것으로 보인다.

실험이 끝난 후 피실험자와의 인터뷰에서도 비슷한 의견을 들을 수 있었는데, 관제교육원을 이수한 피실험자 대다수가 이번 실험에 사용된 시나리오의 난이도가 높지 않다고 답하였으며, 조연 정보 순서에 맞춰야 한다는 생각이 심리적으로 부담 요소로 작용한다고 답하였다. 특히, 본인이 생각했던 항공기의 도착 순서가 제공받은 순서와 다른 경우, 해당 조연 정보가 자신의 판단을 억제하기 때문에 오히려 비효율적이라는 응답을 하였다. 반면, 관제교육원을 이수하지 않은 피실험자의 경우에는 조연 정보에 따라 관제업무를 수행했을 때 업무 부담이 완화되고 피로도 적다는 의견이 다수 있었다. 주요 인터뷰 내용은 표 6과 같다.

Table 6. Interview results

구분	주요 인터뷰 내용
관제교육원 이수자	<ul style="list-style-type: none"> 항공 교통량이 적어 충분히 관제할 수 있는 상황에서 제공된 조연 정보가 스스로 내린 결정과 다른 경우, 심적으로 부담 요소로 작용하고 업무가 가중되는 느낌 항공 교통량이 많은 복잡한 상황에서 도착 순서에 대한 조연 정보가 있다면 관제하기가 수월할 수 있다고 생각함 의사결정 지원 도구가 실제 관제업무에 도입이 된다면, 제공되는 정보를 참고는 하되 전적으로 따르지는 않을 것
관제교육원 미이수자	<ul style="list-style-type: none"> 항공기의 도착 순서를 미리 알고 관제하는 것이 부담감도 완화되고 업무 피로도 적다고 생각함 조연 정보를 제공받지 않고 관제했을 때는 순서를 정하는데 다소 어려움이 있었고, 항공기의 분리 간격을 유지하는 것도 쉽지 않아서 시나리오 소요시간이 길어졌다고 생각함 실제 관제업무에 의사결정 지원 도구가 도입되고 충분히 신뢰할 수 있는 정보가 제공된다면, 조연 정보를 전적으로 따를 것

조언 정보의 효과가 관제교육원 이수 여부에 따라 다르게 나타난 점을 통해, 관제사의 숙련도 대비 교통상황의 복잡도에 따라 제공되는 조언 정보의 효과가 제한적일 수 있음을 알 수 있다. 관제교육원 미이수자 경우와 같이, 관제사의 숙련도에 비해 교통상황의 복잡도가 높은 경우, 제공되는 조언 정보를 통해 관제사의 업무량(workload)을 감소시키고 업무 효율을 증가시킬 수 있다. 하지만 교통상황의 복잡도가 관제사의 숙련도에 비해 낮은 경우, 제공되는 조언 정보가 관제사의 의사결정을 방해하는 요인으로 작용할 수 있다. 특히, 숙련된 관제사의 경우 본인의 의사결정과 차이가 큰 조언 정보가 주어지게 되면 효율적인 업무 수행에 오히려 방해가 될 수 있다.

의사결정 지원 도구가 제공하는 조언 정보가 관제사의 업무에 지속적으로 도움이 되기 위해서는, 사용자의 의사결정 과정을 반영한 조언 정보가 필요하다. 하지만 이와 같은 조언 정보를 생성하는 것은 어려운 일인데, 같은 상황이라도 사용자가 생각하는 최적의 결정이 매 순간 다르기 때문이다. 이번 실험에 참가한 피실험자 중 일부를 대상으로, 1달 정도의 시간 간격을 두고 동일한 상황의 시나리오에 대한 관제업무를 수행하도록 하였는데, 첫 번째 실험에서 피실험자가 결정했던 항공기의 도착 순서와 두 번째 실험에서 결정했던 항공기의 도착 순서가 같은 경우는 전체 중 25%인 것으로 나타났다.

최근 관제사의 업무를 돕기 위한 다양한 종류의 의사결정 지원 도구가 개발되고 있는데, 이러한 도구가 관제사들의 의사결정이나 경험적 데이터를 충분히 반영하지 못한다면 오히려 능력을 저하시킬 수 있다. 따라서 인지과학(cognitive science) 또는 기계학습(machine learning)에 대한 연구를 통해 사용자의 의사결정 과정을 반영한 조언 정보를 생성하기 위한 노력이 필요할 것으로 보인다(Nogami, 1996, Inoue, 2012, Bloem, 2015).

V. 결 론

본 연구에서는 항공교통관제 시뮬레이터를 사용하여 관제사에게 제공되는 조언 정보가 업무 효율에 어떠한 영향을 주는지 알아보았다. 실험 결과, 관제교육 경험 여부에 따라 조언 정보의 효과가 상반되게 나타남을 알 수 있었으며, 조언 정보를 통한 업무 효율의 개선 효과는 관제사의 업무 숙련도 및 교통상황의 복잡도에 따라 매우 제한적일 수 있음을 알 수 있었다.

향후에는 피실험자의 수와 시뮬레이션의 실험 횟수를 늘려 보다 다양한 상황에서 실험하는 것이 필요하다. 또한 조언 정보가 사용자의 업무 능력에 미치는 영향을 판단하기 위해 단순히 시나리오 소요시간만을 비교하는 것이 아니라 조언 정보에 대한 사용자의 수용도, 사용자의 관제 패턴, 시나리오의 난이도 등 보다 다양한 평가 지표가 도입되어야 할 것이다. 장기적으로는 항공교통흐름 개선에 도움이 되면서 의사결정 지원 도구의 사용자가 받아들일 수 있는 조언 정보를 생성해내는 방법에 대한 연구를 수행해야 할 것이다.

후 기

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 “기계학습법을 활용한 항공관제용 항공기 시퀀싱 모형 개발”과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

Reference

- [1] Airbus, “Global Market Forecast(GMF) 2017-2036”, Growing horizons, Airbus S. A. S. 31707 Blagnac Cedex, France, D14029465, Apr. 2017.
- [2] Eurocontrol, “AMAN Status Review 2010”, 2010.
- [3] J. A. Bennell, M. Mesgarpour and C. N. Potts, “Dynamic scheduling of aircraft landings”, *European Journal of Operational Research*, 258, 2017, pp. 315-327.

- [4] D. Boehme, "Tactical departure management with the Eurocontrol/DLR DMAN", 6th ATM Seminar, Baltimore, MD, Jun. 2005.
- [5] S. A. Engelland, A. Capps, and K. Day, "Precision departure release capability(PDRC) concept of operations", NASA, Ames Research Center, Moffett Field, California, NASA/TM-2013-216534, Jun. 2013, pp. 3-5.
- [6] B. Hilburn, C. Westin, and C. Borst, "Will controllers accept a machine that thinks like they think? The role of strategic conformance in decision aiding automation", Air Traffic Control Quarterly, Vol. 22, No. 2, Aug. 2014, pp. 115-136.
- [7] C. Westin, C. Borst, and B. Hilburn, "Strategic conformance: overcoming acceptance issues of decision aiding automation?", IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol. 46, No.1, Feb. 2016.
- [8] Feigh. K, Pritchett. A, Denq. T and Jacko. J, "Contextual control modes during an airline rescheduling task", Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, Vol 1, Issue 2, 2007.
- [9] R. Flicker, M. Fricke, "Improvement on the acceptance of a conflict resolution system by air traffic controllers", 6th ATM Seminar, Baltimore, MD, Jun. 2005.
- [10] Eurocontrol, "User manual for the base of aircraft data (BADA) revision 3.12", EUROCONTROL Experimental centre, EET Technical/Scientific Report No.14/04/22-44, 2014.
- [11] H. Jung, "A study on the aircraft trajectory model for air traffic control simulation with 4D trajectory based operation", master's thesis, Korea Aerospace University, Korea, 2017.
- [12] J. Nogami, S. Nakasuka and T. Tanabe, "Real-time decision support for air traffic management, utilizing machine learning", Control engineering, practice, Vol. 4, No. 8, pp. 1129-1141, 1996.
- [13] S. Inoue, K. Furuta, K. Nakata, T. Kanno, H. Aoyama and M. Brown, "Cognitive process modelling of controllers in en route air traffic control", Ergonomics Journal, Vol. 55, No.4, pp. 450-464, Apr. 2012.
- [14] M. J. Bloem, "Optimization and analytics for air traffic management", Stanford University, USA, 2015.