JESK J Ergon Soc Korea 2022; 41(2): 43-51
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2022.41.2.43
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Perception on Ripple Effect of Air Force Pilot Flight Simulator with Virtual Reality Head Mounted Display

Young Do Park, Jungmok Ma

Department of Defense Science (Weapon System), Korea National Defense University, Nonsan, 33021

Virtual Reality Head Mounted Display 기반 공군 조종사 모의 비행 훈련 시뮬레이터 파급효과에 관한 인식 연구

박영도, 마정목

국방대학교 국방과학학과(무기체계)

Corresponding Author
Jungmok Ma
Department of Defense Science (Weapon System), Korea National Defense University, Nonsan, 33021
Email : jxm1023@gmail.com

Received : November 18, 2021
Revised : April 04, 2022
Accepted : April 05, 2022

Copyright@2022 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The purpose of this study is to compare Visual Monitor (VM)-based and Virtual Reality Head Mounted Display (VR HMD)-based simulated flight training simulators with respect to ripple effects.

Background: VR HMD-based simulators can increase immersion and realism by providing more realistic virtual environments in comparison to VM-based simulators. Existing studies related to VR HMD-based simulators have been mainly focused on flight training effects of pilots rather than considering all the effects collectively.

Method: This study conducted a comparative experiment of VM-based and VR HMD-based simulators with 25 Republic of Korea Air Force F-15K fighter pilots.

Results: All 6 items on ripple effects were statistically significantly higher in VR HMD-based simulators than in VM-based simulators.

Conclusion: When VR HMD-based simulators are used to with respect to ripple effects the flight training for Air Force pilots, practical technical ripple effects can be expected.

Application: The results of this study are expected to help us understand the system characteristics of VR HMD-based simulators.

Keywords: Flight training simulator, Virtual reality, Head mounted display, F-15K, Air Force pilot, Ripple effect

1. Introduction

대한민국 공군의 항공기 사고는 최근 안전에 대한 중요성 인식과 사고 예방에 대한 끊임없는 다양한 노력으로 감소하는 결과를 보여주고 있다. Table 1은 1980년부터 2019년까지 40년간 공군 비행사고 건수를 종합한 표이다. 비행사고로 인한 무위의 전력손실을 방지하기 위해서 공군은 기존 사고에 대한 종합적이면서 체계적인 분석을 하고 있지만

다른 운송 수단과 마찬가지로 지속적으로 비행사고는 발생하고 있는 현실이다.

기술의 발전에 따라 과거 대비 안전사고는 크게 감소하였지만 인적요인에 의한 사고 감소 폭은 크지 않다. 국제민간항공기구에서 발행한 2016년 안전 보고서에 의하면, 항공기 사고의 원인 중 70%가 인적요인인 것으로 밝혀졌다(Google "International Civil Aviation Organization 2016 Safety Report").

Table 1. Korea Air Force aircraft accident

Year	Number of cases			Pilot died
	Total	Serious accident	Minor accident	
'80 ~ '89	67	46	20	44
'90 ~ '99	42	31	11	32
'00 ~ '09	36	23	12	22
'10 ~ '19	19	11	8	16
Total	164	113	51	114

지난 40년간 한국 공군의 비행사고 원인 분석 Figure 1을 보면 인적요인은 1990년대 64.5%, 2000년대 70.8%, 2010년대 81.8%이다(Koera Air Force Aviation Safety Corps, Comprehensive Status of Air Force Flight Accidents in the Republic of Korea). 자제요인보다 인적요인의 감소 폭이 작은 것을 확인할 수 있다. 이러한 인적요인에 의한 비행사고를 예방하기 위해서 조종사들은 지상에서 시뮬레이터를 활용하여 비행 훈련하고 있다. 시뮬레이터는 실제 비행 상황과 유사한 환경을 모사하여 특정 목적 달성에 요구되는 작업을 수행할 수 있는 장비를 의미한다. 모의 비행 훈련 시뮬레이터는 조종사 비행 기량 향상이라는 목적에 부합하는 비행 훈련을 수행할 수 있다. 또한 실제 비행 훈련에 근접하는 효과를 얻거나 현실에서는 시도해 볼 수 없는 비상 상황 훈련을 가능하도록 하여 조종사가 비상 상황에서 비행사고를 당하는 것을 원천적으로 방지할 수 있다.

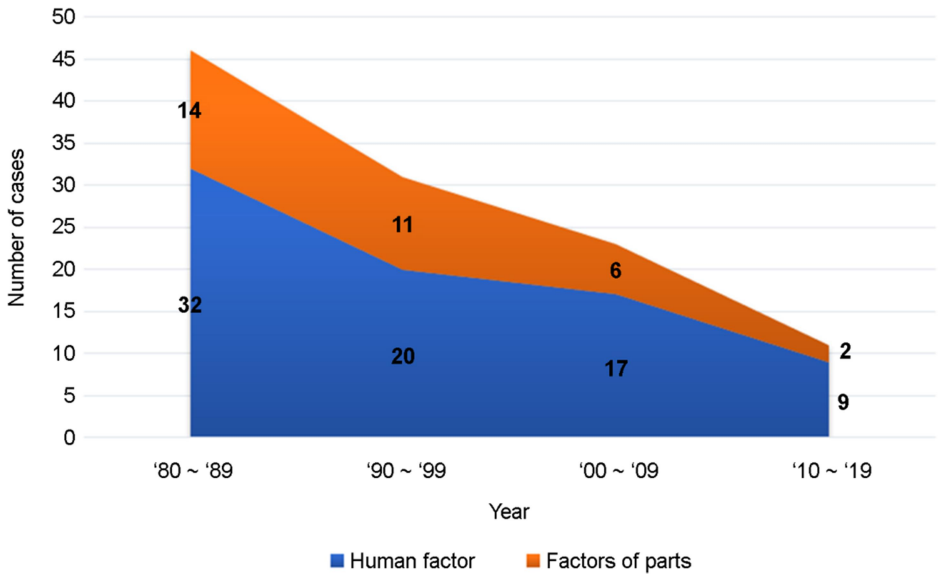

Figure 1. The cause of the Korea Air Force's flight accident

모의 비행 훈련 시뮬레이터에서 가장 중요한 부분은 얼마나 실제와 동일한 비행 훈련 환경을 가상으로 제공하는가 하는 점이다. 이러한 중요성에 주목하여 모의 비행 훈련에 사실감과 몰입감을 부여하기 위한 노력이 여러 분야에서 지속되고 있다. 시뮬레이터의 사실감에 영향을 주는 요소를 증대시키기 위해서 Virtual Reality (VR) 기술을 활용하여 조종사에게 시각적 효과를 극대화 시킬 수 있다.

항공 산업의 발전에 따라 Head Mounted Display (HMD) 장비에 VR 기술을 결합시켜 Virtual Reality Head Mounted Display (VR HMD) 기반 비행 훈련 시뮬레이터를 적용하려고 시도하고 있다. VR HMD 기반 시뮬레이터는 가상의 환경을 조종사가 현실로 인식할 수 있도록 360° 화면과 넓은 시야각을 제공해줌으로써 Visual Monitor (VM) 기반 시뮬레이터보다 실제와 유사한 가상의 비행 환경을 구현하여 현실감과 몰입감을 높일 수 있다(Jeong et al., 2018).

2. Background

대한민국 공군에서는 VR HMD 기반 시뮬레이터를 2019년부터 3훈련비행단에서 학생조종사 모의 비행 훈련에 시범 적용하고 있으나 숙련된 전투기 조종사 모의 비행 훈련에는 아직 적용하고 있지 않다(Kim and Lee, 2020). 직접적인 훈련효과 외에도 VR HMD에 대한 간접적 파급효과가 종합적으로 연구되어야 한다. 그러나 기존 연구는 훈련효과에만 초점이 집중되어 있었다. 따라서, 향후 VR HMD 기반 시뮬레이터가 공군 조종사 비행 훈련에 효과적으로 활용되기 위해서는 VR HMD 기반 시뮬레이터의 파급효과를 정의하고 평가하는 연구가 요구된다.

일반적인 기술파급효과는 특정 산업에서 개발된 기술이 다른 산업의 기술 개발로 이전되어 신제품의 개발이나 생산 활동의 효율 향상 등의 형태로 타 산업의 활성화를 유발하는 효과이다. 기술파급은 실제로 자체 기술의 발전을 유도하기도 하고 기술간, 적용 분야간, 기술 교류 및 융합, 신기술로의 확산 등 다양한 경로와 형태로 파급된다(Park and No, 2016). 기술파급효과의 중요성에도 불구하고 이를 실질적으로 측정하는 것은 쉽지 않다. 다양한 파급경로를 통하여 연쇄적으로 일어나는 현상을 포착하고 이로 인하여 야기된 경제적 가치 등을 측정하는 어려움이 존재하기 때문이다(Lee et al., 2014). 본 연구에서는 시뮬레이터의 직접적인 훈련효과 외의 간접 파급효과를 파급효과라 부르고, 이를 구체화하여 분석하고자 한다.

본 연구는 VR HMD 기반 모의 시뮬레이터의 개발에 따른 파급효과에 대한 인식을 분석하고자 기존 참고문헌들 및 '공군 비전 2050'을 참고하여 Figure 2와 같이 사회적 영역, 국익 기여, 기술 개선의 3개 영역으로 구분하였다. 또한 세부 항목으로 공군 이미지 제고, 민간 및 타 분야 확대 적용, 국가경쟁력 강화, 수입대체 또는 수출진흥, 공군 기술력 확보, 기술 지속 가능성 증대(기술 발전 가능성) 6개 항목으로 구분하여 설문 및 분석하였다.

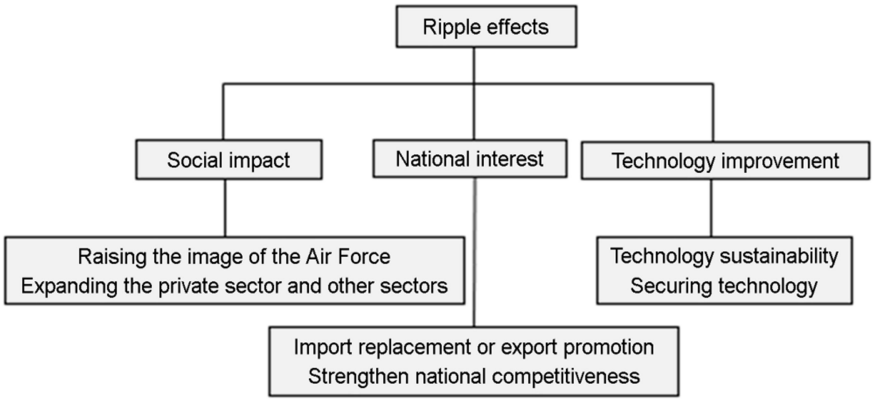

Figure 2. Sub-factors of ripple effect

VR HMD 기반의 비행 시뮬레이터의 효과와 관련된 기존 연구들은 조종사들의 비행 훈련효과 확인에만 초점을 맞추었다. VR HMD 기

반 비행 훈련 시뮬레이터는 전 세계 선진국의 방산업체를 중심으로 항공전자 기술을 필두로 경쟁하고 있으나 민간 개발은 다소 미흡한 실정이다. 특히 VR HMD 기반 비행 훈련 시뮬레이터는 공군 조종사 양성에 다소 활용되고 있으나, 현재 초기 단계에 머물러 있어 아직 실질적인 효과를 나타내고 있지 못하고 있다(Kim and Lee, 2020).

(Jeong et al., 2018)의 연구에서는 민간 조종사 6명을 대상으로 VR HMD 기반 모의 비행 훈련 장치를 활용하여 시계 비행(Visual Flight Rules) 및 계기 비행(Instrument Flight Rules)을 통해 조종사 비행 훈련 효과에 대해 분석하였다. Seol (2020)의 연구에서는 공군의 다수의 교육 및 훈련 체계 중 어떠한 대상을 우선적으로 할 것인지 등 종합적인 교육 및 훈련 체계에 대한 AR/VR 적용 방법을 설문지 및 AHP 기법을 통한 분석을 통해 방안을 제시하였다. Jeong and Kwag (2019)의 연구는 VR HMD 기반 비행 시뮬레이터를 활용하여 접근 및 착륙 시 조종사 시선 추적 특성을 파악하여 훈련효과를 입증하였다. (Kim and Lee, 2020)의 연구에서는 성능검증을 위해 켄트주립대학 항공학과에 재학 중인 조종사 훈련생 30명 실험 협업 딥러닝 기반의 맞춤형 조종사 훈련 추천 시스템 개발 플랫폼을 통해 몰입감과 현실성의 한계를 극복하고, 훈련자들의 특성에 맞춘 훈련 코스를 추천하게 되어 VR/AR 환경이 시간적 경제적 비용의 절감한다는 결과를 보여주었다. Park and Ma (2021)의 연구에서는 현재 공군에서 운용하고 있는 VM 기반 시뮬레이터와 비교하여 VR HMD 기반 시뮬레이터의 운용효과 중 비행 훈련효과, 사용자 경험효과에 대한 항목만 검증하였다. 앞선 연구들의 공통점은 VR 기반 모의 비행 훈련이 조종사들의 기량 향상에 효과가 있었다는 결론이었다. 그 동안 VR 기반 모의 비행 훈련과 관련된 연구는 주로 민간영역의 분야에 한정될 수 밖에 없었으며 VR HMD 기반 시뮬레이터의 간접적 파급효과의 인식에 대한 조사와 연구는 전무하였다.

3. Method

3.1 Experimental participants

본 연구의 특성상 모의 비행 시뮬레이터 훈련 및 장비에 대한 가장 이해도가 높고 공군에서 VR HMD 기술을 정책 결정으로 도입 시 실사용 입장에서 가장 의견을 많이 제시할 수 있는 현역 공군 전투기 조종사(F-15K) 남성 25명을 대상으로 실험을 실시하였다. 비행 자격은 교관 조종사 11명, 4기를 지휘하는 편대 리더 조종사 11명, 2기를 지휘하는 편대 리더 조종사 3명으로 경험이 많은 숙련급 조종사를 대상으로 실험을 진행하였다. 실험 참가자의 평균 나이는 30.8±2.6세이고, 평균 비행시간은 983.6±354.8시간이었으며, 평균 군 복무기간은 7.7±2.8년이었다. 실험 참가자의 계급은 소령 11명, 대위 14명으로 구성되었다. 이 중 VR 장비 경험이 있는 사람은 14명이였다. 14명 중 5명은 VR 장비 경험이 4회 이상 이였고 10명은 1~3회 VR 장비 경험이 있었다. VR 장비에 대한 긍정 경험에 대한 조사에서는 5.43점으로 긍정 평가가 더 높은 점수를 받았다(7점 Likert 척도 사용, 1점: 매우 부정, 4점: 보통이다, 7점: 매우 긍정).

3.2 Experimental equipment

본 연구는 Figure 3, 4와 같이 현재 공군에서 사용하고 있는 VM 기반 시뮬레이터와 공군에서 시범 적용하고 있는 VR HMD 기반 시뮬레이터를 활용하였다.

VM 기반 시뮬레이터는 2005년 11월에 공군에 도입된 TECPT-01 장비(Boeing, USA)이다. 도입가격은 약 18억원($ 1,802,335)이고 전·후방석 일체형으로 상호 협조할 임무가 가능하다. 악기상, 전자전, 적지 상황 등 다양한 환경하에서 각종 절차 연습을 포함하고 실제와 유사한 비행 훈련이 가능하도록 고안된 전자식 모의 비행 훈련 장치이다. F-15K 실제 항공기 조종석과 동일한 시스템으로 구성되어 있으며 좌석은 Fixed Chair이고 화면은 수평 70도 수직 42.5도의 1채널 50inch 모니터 영상을 제공한다. 장비는 시현 장치와 주컴퓨터, 영상생성기, 모니터, 전술상황체계, 네트워크 서버와 종합 컨트롤이 가능한 교관석으로 구성되어 있다.

한편, VR HMD 기반 시뮬레이터는 가상현실 비행 환경을 시현하는 VR HMD 장비와 항공기 조종석을 모사하기 위한 Stick Controller, Throttle, Rudder Pedal, Fixed Chair로 구성하였다. VR 장비는 Samaung HMD Odyssey(2019년 3월 제작)이고 기자재 명칭은 특정소출력 무선기기이다. 주사율 90Hz 해상도는 1,440 × 1,600 pixels per eye이다. 가격은 약 53만원이였다. 기타 추가 장비로는 조종사가 탑승할 수 있는 좌석, 조종 장치 그리고 2대의 Computer와 모니터가 사용되었고 실험 장비의 총 가격은 약 2,000만원이다. 두 개 장비 모두 좌석을 고정되어 있었으며 단, 두 장비가 VM 기반 시뮬레이터와 VR HMD를 대표하는 장비라고는 볼 수 없으므로 일반화에 제한이 있음을 밝혀두며, 실험을 위해서는 VM과 VR HMD의 일반 특성을 제외하고는 가능한 동일한 환경을 만들었다.

Figure 3. VM based simulator

Figure 4. VR HMD based simulator

3.3 Experimental simulation scenario

본 연구의 비행 실험 시나리오 선정은 다음과 같다. 국제민간항공기구의 집계를 보면 이륙 후 3분과 착륙 전 8분을 더한 11분에서 발생한 사고 비율이 70~80%에 이른다. 특히 서론에서 언급한 한국 공군 비행사고 중 2010년 이후 발생한 순직사고 9건 중에서 7건이 이·착륙 및 출항·접근 훈련 시 발생한 것에 착안하여 Figure 5와 같이 이륙, 출항, 접근, 착륙의 단계로 실험을 계획하여 진행하였다(Park and Ma, 2021). 먼저 예비 실험 단계에서는 실험 참여자들이 각 시뮬레이터 유형에 적응할 수 있도록 연습 비행 3~5분 동안 실시하였다. 이후 본 실험에서 실험을 위한 비행시간은 조종사 개인당 15~20분 소요되었으며, 주간 비행 환경으로 실험을 진행하였다. Figure 5는 모의 비행 훈련 실험 절차를 보여준다. 실험 조종사들은 이·착륙 및 출항·접근을 모두 하기 위하여 정상 이륙 후 6nm에서 우선회 및 상승하여 출항하였고 활주로 반대편 Downwind를 진입한 이후 속도 감속 및 Gear Down 이후 접근·착륙 준비를 하여 활주로 끝으로부터 11m 지점에서 Baseturn을 실시하여 정상 착륙하였다(Park and Ma, 2021).

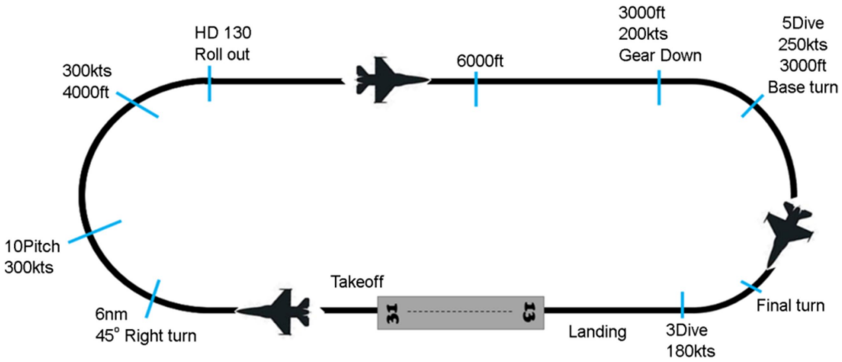

Figure 5. Experimental procedure

3.4 Development of an evaluation questionnaire

본 연구는 기존 문헌들의 파급효과의 분석 방법 및 2020년 12월에 공군 본부에서 발간한 '공군 비전 2050'을 바탕으로 국방과학기술, 미래 공군, 비전 구현을 위한 발전방향 내용을 참고하여 파급효과를 기술 개선 2개 항목, 국익 기여 2개 항목 그리고 사회적 영향 2개 항목의 총 6개 항목으로 분류하였고 설문지를 Figure 6과 같이 제작하였다.

Survey: 'VR HMD Equipment' Social Impact (1&2) / National Interest Contribution (3&4) / Technology Improvement (5&6)	
Q1	Do you think this system is effective in 'enhancing the air force image'?
Q2	Do you think this system is effective in 'expanding the civil aviation sector'?
Q3	Do you think this system is effective in 'strengthening national competitiveness'?
Q4	Do you think this system is effective in 'import substitution or export promotion'?
Q5	Do you think this system is effective in securing air force technology?
Q6	Do you think this system is effective in 'increasing technology sustainability'?

Figure 6. Experimental questionnaire

3.5 Experimental procedures

본 연구의 실험은 실험 준비, 예비 실험, 본 실험, 그리고 사후 설문의 네 단계로 구성하였다. 실험 준비 단계에서는 연구자들이 실험 참여자들에게 비행 절차에 대한 설명을 실시하였다. 사후 설문 단계에서 파급효과에 대한 설문을 실시하였고, 실험 진행과 관련된 기타 의견을 수집하였다.

각 항목은 Finstad (2010)는 usability tests에 있어서 7점 척도가 5점 척도에 비해 더 정확하다고 연구한 내용을 바탕으로 7점 Likert 척도(1점: 매우 그렇지 않다, 4점: 보통이다, 7점: 매우 그렇다)를 사용하여 평가하였다. 추가적으로 7점 척도를 사용한 이유는 실험 장비에 대해 실험자의 이해도가 높고, 중요하게 생각하고 있다고 판단하여 사회과학 연구에서 많이 사용하고 있는 5점 척도 보다 세분화하여 더욱 정교한 답변 받기 위해서 선정하였다.

또한 설문의 타당성과 신뢰성을 분석하기 위해 요인분석을 실행한 결과 Table 2와 같이 모든 파급효과 항목의 요인 적재량이 최소 0.3 이상이었으며, Cronbach's α도 각각 0.69, 0.91로 0.6 이상이므로 타당성과 신뢰성을 갖추었다고 판단하였다.

Table 2. Results of factor analysis and reliability test

Technology ripple effects	VR HMD		Visual monitor	
	Cronbach's α	Factor loading	Cronbach's α	Factor loading
Raising the image of the Air Force	0.69	0.71	0.91	0.90
Expanding the private sector & other sectors		0.66		0.90
Strengthen national competitiveness		0.73		0.86
Import replacement or export promotion		0.78		0.80

3.6 Statistical analysis

시뮬레이터 유형에 따른 파급효과 차이 검정에는 점수 데이터가 정규분포를 따르는 것으로 나타나 유의수준 0.05에서 Paired *t*-test를 적용하였다. 통계 프로그램은 R (ver. 3.6.1)을 사용하였다.

4. Result

파급효과 측면에서 설문조사 결과 Table 3과 같이 VR HMD 기반 시뮬레이터가 VM 기반 시뮬레이터에 비해 6개 항목 중 6개 항목에

서 모두에서 통계적으로 유의(p<0.001)하게 높았다.

Table 3. Results of technology ripple effect (N = 25)

Technology ripple effects		VR HMD	Visual monitor	p value
Social impact	Raising the image of the Air Force	6.00±0.65	3.88±1.27	3.506e-08
	Expanding the private sector & other sectors	6.20±0.71	3.44±1.23	9.113e-11
National interest	Strengthen national competitiveness	6.04±0.79	3.16±1.11	6.561e-11
	Import replacement or export promotion	6.00±0.87	2.88±1.09	3.15e-13
Technology improvement	Securing technology	6.32±0.63	3.48±1.16	5.96e-10
	Technology sustainability	6.04±0.54	3.64±1.04	6.057e-11

첫 번째, 공군 이미지 측면에서는 VR HMD (6.00±0.65)가 VM (3.88±1.27)보다 2.12점 높았다. VR HMD 기술의 선제적 도입을 통해 조종사들의 훈련뿐만 아니라 비행 작전 수행 시 직·간접적으로 영향을 주는 관제사, 정비사, 통제사 등을 대상으로 VR HMD 기술 기반의 시뮬레이터 체험을 통해 각자 자신의 위치와 임무에 대해 책임감을 갖도록 하고, 무엇보다도 조종사가 느끼는 비행 환경을 이해할 수 있도록 도울 것으로 예상된다. 또한 조종사를 꿈꾸는 학생들, 민간인 대상으로 VR HMD 기술 기반 시뮬레이터를 홍보할 수 있고, 체험 시 공군 이미지 제고에 큰 도움이 될 것으로 생각된다.

두 번째, 민간 및 타 분야 확대 측면에서는 VR HMD (6.20±0.71)가 VM (3.44±1.23)보다 2.76점 높았다. VR 기술이 공군 내에서도 항공기 정비 분야, 항공기 유류 차량, 무장 장착 법 숙달, 특수 차량, 장병 심리 치료 등 다양한 군사 분야에 적용할 수 있으며, 군사 분야뿐만 아니라 의료, 여행, 교육, 엔터테인먼트, 스포츠 분야 등 다양한 분야에 확대가 가능할 것이다.

세 번째, 국가경쟁력 측면에서는 VR HMD (6.04±0.79)가 VM (3.16±1.11)보다 2.88점 높았다. 향후 시뮬레이터 기술은 고부가가치 항공산업의 핵심이 될 것이고, 기술 발전을 통해 수출 창출 및 경제적 이익을 기대할 수 있기 때문에 국가경쟁력 측면에서 더 높은 점수를 받았다고 생각한다(Shin and Jo, 2011).

네 번째, 수입대체 수출진흥 측면에서는 VR HMD (6.00±0.87)가 VM (2.88±1.09)보다 3.12점 높았다. 수입대체 또는 수출진흥 부분은 파급효과 6개 항목 중 가장 가장 큰 점수 차이를 보였는데 그동안 수입에 의존하던 모의 비행 훈련 시뮬레이터를 VR HMD를 활용하여 국내 개발한다면 해외 수출까지 개척하는 성과를 낼 것으로 예상된다(Kim et al., 2021). 또한 현재 개발 중인 국산 자주국방의 상징적인 전략무기이자, 우리 군의 핵심 전력이 될 국내 기술로 제작 중인 한국형 전투기 KF-21 모의 비행 시뮬레이터를 위한 VR HMD 기술의 적용 가능성에 실험 참여자로부터 높은 점수를 받았다고 생각한다.

다섯 번째, 기술력 확보 측면에서는 VR HMD (6.32±0.63)가 VM (3.48±1.16)보다 2.84점 높았다. VR HMD 기반 시뮬레이터를 국내 개발로 기술력을 확보할 경우 유지/보수 예산이 적게 소모되고 업그레이드가 용이할 것이다(Seol, 2020). 본 연구에서 실험에 사용한 기존 F-15K VM 기반 시뮬레이터는 미국 Boeing사 제품으로 유지/보수에 상당한 시간과 예산이 소모되고 있다. 국내 기술로 개발로 기술력 확보 시 추가적인 부가가치를 창출할 가능성이 높다(Park, 2017). 또한 공군 전 비행 부대를 대상으로 체계 양산/보급할 수 있기에 기술력 확보와 기술의 발전 가능성 분야에서 더 높은 점수를 받았다고 생각된다.

여섯 번째, 기술 지속 가능성 측면에서는 VR HMD (6.04±0.54)가 VM (3.64±1.04)보다 2.40점 높았다. VR 기술 기반 시뮬레이터의 개발 비용은 다소 있겠지만 장기적으로 봤을 때 실제 훈련과 비교하여 저렴하고 비용과 높은 훈련 효율을 예상할 수 있다. 우리나라는 우수한 3D 게임 콘텐츠 제작 능력과 IT 기반 기술을 보유했기 때문에 VR HMD 산업 또한 해외 시장에서 충분히 경쟁력을 갖출 것으로 예상된다. 내수 시장만으로는 VR HMD 산업의 지속적인 발전이 어려우므로 수출 확대를 통해 생산단가를 절감하고 품질 및 성능을

개선해 나가야 한다. 지속적인 가격 절감 노력을 통해 수출 경쟁력을 키워나가는 동시에 해외 시장 개척 등을 추진해야 한다.

5. Discussion

본 연구는 기존의 VM 기반 시뮬레이터와 비교하여 VR HMD 기반 시뮬레이터의 파급효과에 대한 인식을 확인하기 위하여 공군 F-15K 현역 전투기 조종사 25명을 대상으로 실험을 진행하였다.

가상현실 기술은 4차 산업혁명 관련 기술의 핵심이다. 이러한 VR HMD 기술을 조종사 훈련에 적용하면 사실성 기반의 사용자 경험을 제공하고 훈련의 효과성, 효율성, 몰입성을 향상시키며 훈련 교육 데이터를 통하여 시각화 훈련이 가능할 것으로 예상된다.

우리나라의 경우 VR HMD 관련 기술의 중요성은 인지하고 있지만, 기술 파급을 평가하고 측정하기 위한 방법론 그리고 현상에 대한 체계적인 이론 정립이 미비한 상황이다. VR HMD 기술은 항공 및 방위 산업으로 확장 시킬 수 있고, 대표적인 고부가가치 국가 전략 산업인 항공 및 방위 산업의 파급효과는 다른 어느 산업보다 크고 생산 유발 등 직접적인 파급효과 외에도 국가 산업 및 기술 수준 제고 등 간접적인 파급효과도 있다.

본 연구의 한계점은 먼저 실험에 사용한 VM 및 VR HMD 시뮬레이터가 특정한 시뮬레이터라는 점으로 일반화의 한계를 가지고 있다는 점이다. 이는 기존의 VM 기반 시뮬레이터와 비교하여 VR HMD 기반 인식 시뮬레이터의 파급효과 실험은 모든 VR 장비와 VM 장비를 대변하지 않는다. 또한 25명이라는 표본 수의 제한과 실험 참가자가 특정 계급에 편중되는 등 표집 과정에서의 인구 통계학적 특성을 충분히 고려하지 못하였다는 점에서 일반화의 한계를 가진다. 또한 F-15K라는 특정 전투기 조종사 대상으로 실험이 한정되었지만, 정책 결정 인원, 수송기, 훈련기, 민항기, 헬리콥터 등 다양한 분야에 지속적인 실험과 연구가 필요하다.

또한 안정성 측면에서 사이버 멀미(Cyber sickness)와 같은 어지러움 증상을 유발하거나 새로운 장비에 대한 불안감 같은 심리적인 요인으로 인하여 VR HMD 기반 시뮬레이터의 문제점도 실험 중에 발견하였고, 이는 기존 Jung et al. (2017)의 연구와 일치하는 결과이다. 또한 실험 참가자의 대다수가 장시간 착용시 불편함을 느꼈다고 기술하였다. 아직은 VR HMD 장비의 무게감과 VR 장비 경험이 처음인 실험 참가자들이 안정성 평가에 반영하였다 생각한다. 이러한 부분은 모션 플랫폼을 적용하여서 멀미와 같은 현상을 최소화하고, 진동 및 실제 움직임을 시현하면 훈련 효과를 극대화할 수 있을 것으로 예상한다.

이러한 제한사항은 추후 연구에서 고려되어 극복될 필요가 있고, 기술 파급효과에 관한 연구는 차세대 VR HMD 관련 조종사 훈련 체계 개발의 학술적 근거를 제공할 수 있을 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 공군 제11전투비행단 항공작전전대 제102전투비행대대 조종사들의 적극적인 참여로 수행되었습니다. 특히 실험 장비대여 및 실험 전 과정을 헌신적으로 도와주신 공군 강요한 소령, 공군 김성호 소령, 공군 최중일 중사님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

References

Finstad, Kraig. Response interpolation and scale sensitivity: Evidence against 5-point scales. *Journal of Usability Studies*, 5(3), 104-110, 2010.

Google., "ICAO (International Civil Aviation Organization) Safety Report". last modified November 10, 2021, https://www.icao.int/safety/Pages/Safety-Report.aspx

Jeong, G.M., Lee, Y.J., Lee, C.H., Kim, M.K. and Lee, J.W., Assessment of Pilot Training Effectiveness of VR HMD Based Flight Training Device, *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 26(4), 129-141, 2018.

Jeong, G.M. and Kwag, T.H., Research of Pilot Gaze Tracking During Approach and Landing with VR HMD based Flight simulator, The Conference of the Korea Aerospace Association, Seoul, Korea, 562-563, 2019.

Jung, J.Y., Cho, K.S., Choi, J. and Choi, J., Causes of cyber sickness of VR contents: an experimental study on the viewpoint and movement. *The Journal of the Korea Contents Association*, 17(4), 200-208, 2017.

Kim, H.J. and Lee, W.J., Customized Pilot Training Platform with Collaborative Deep Learning in VR/AR Environment. *Journal of Korea Multimedia Society*, 23(8), 1075-1087, 2020.

Kim, J.Y., Kang, J.H. and Park, J.G., The development effect of the latest domestic trainer (TA-50 Block 2) and the development direction of the domestic aviation industry, Korea Defense Industry Promotion Association, Defense Department Technology, 503, 50-55, 2021.

Lee, Y.S., Yoon, H.N. and Choi, J.W., A Literature Review of Spillover Mechanisms and Methodology to Evaluate the Spillover Effect of Public Funded R&D Programs, *Journal of Technology Innovation*, 22(3), 225-260, 2014.

Park, J.C. and No, T.W., Spillover of Technological Development in Aircraft on Commercial Sector A Case of KF-X, Korean Air Management Association, 14(2), 3-17, 2016.

Park, J.C., Technological Spillover Effects of Development of KF-X on Aerospace Industry, Korean Air Management Association, 15(5), 27-41, 2017.

Park, Y.D. and Ma, J.M., A Study on Operational Effects of Air Force Pilot Flight Simulator With Virtual Reality Head Mounted Display, *The Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 40(2), 113-121, 2021.

Seol, H.J., Status of use of virtual reality and augmented reality technology in the defense field, *Journal of Korean Society of Industrial Engineering*, 27(4), 30-35, 2020.

Shin, Y.D. and Jo, H.J., A Study on Technology Diffusi on Effects of the Aerospace Manufacturing Indust, *Journal of the Korean Aviation Management Association*, 9(3), 65-75, 2011.

Author listings

Young Do Park: fangdo@naver.com
Highest degree: Master, Department of weapon system in Defense Science, Korea National Defense University
Position title: Republic of Korea Air Force Headquarters (Air Force Major)
Areas of interest: Human and Weapon System Interaction, Operational Effects

Jungmok Ma: jxm1023@gmail.com
Highest degree: Ph.D., University of Illinois Urbana-Champaign
Position title: Associate Professor
Areas of interest: Data analytics, Defense modeling and simulation