Original Article

https://doi.org/10.12985/ksaa.2018.26.4.129
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

VR HMD 기반 모의 비행 훈련 장치의 조종사 훈련 효과 평가

정구문*, 이영재**, 이치호**, 김무겸**, 이재우***

Assessment of Pilot Training Effectiveness of VR HMD based Flight Training Device

Gu Moon Jeong*, YOUNGJAE LEE**, Chi ho Lee**, Mu Kyeom Kim**, Jae-Woo Lee***

ABSTRACT

In this paper, two different flight training devices were constructed to verify the effectiveness of a pilot training system based on a Virtual Reality Head Mount Display. VFR Flight Procedure and IFR Flight Procedure were conducted by high level pilots with Commercial Pilot Licence. Flight data and pilot's visual data for each flight procedure were extracted, compared and analyzed with two training systems. Finally, the effectiveness of the training systems based on the VR HMD was demonstrated by assessing the given mission and the flight results.

Key Words : Pilot Training(조종사 훈련), Virtual Reality Training(가상 현실 훈련), Flight Training Device(모의 비행장치), VR HMD(VR 헤드셋), Adaptive pilot training(적응형 조종사 훈련)

Ⅰ. 서 론

1.1 연구 개요

국내 항공 산업 발전에 따라 항공 조종사의 수요는 증가 하고 있으며 그에 따라 모의 비행 훈련 환경을 제공하는 항공기 시뮬레이터 수요가 증가하고 있다.

Received : 15. Nov. 2018. Revised : 07. Dec. 2018.
Accepted : 23. Dec. 2018
* 건국대학교 항공우주정보시스템 공학
** 건국대학교 항공우주정보시스템 공학 석사과정
*** 건국대학교 항공우주정보시스템 공학 교수
연락저자 E-mail : jwlee@konkuk.ac.kr
연락저자 주소 : 05029 서울시 광진구 능동로 120 건국대학교 항공우주정보시스템 공학

그 중 항공 시뮬레이터의 일종인 모의 비행장치(Flight Training Device)의 몰입감과 현실성을 높이는 기술이 개발 되고 있는데 근래 사용자에게 360° 화면과 넓은 시야각을 제공해 주는 VR HMD(Virtual Reality Head Mount Display)의 등장으로 기존 모니터 시각 시스템이 가지는 모의 비행 장치의 몰입감과 현실성의 한계를 극복할 수 있게 되었다.[1] 그러나 아직 까지 항공 산업에 VR 기술이 보편화 되지 않은점, 시뮬레이터 내부에서 작동되는 시뮬레이션 프로그램의 VR 호환성 지원성의 미약으로 VR HMD를 통해 비행 훈련이 진행 된 사례는 아직 드물다.

본 논문은 VR HMD기반의 모의 비행 장치를 통해 비행 훈련을 진행시 조종사 훈련 효과에 대한 연구를 진행하기 위해 사업용 항공기 조종 자

격증 (CPL : Commercial Pilot License)을 보유하고 있는 고 신뢰도 그룹을 구축 뒤 시계 비행(VFR : Visual Flight Rule)과 계기 비행(IFR : Instrument Flight Rule) 절차가 포함 된 두 비행 절차를 수행, 마지막으로 각 모의 비행 장치 탑승에 따른 조종사 비행 데이터 및 시야 데이터를 추출하여 데이터 분석 및 평가를 실시하였다.

1.2 연구 방법

본 연구에서는 VR HMD의 시각 시스템을 가진 기초 모의비행 훈련장치를 통해 조종사 비행 훈련 시 구체적인 조종 훈련효과를 평가하기 위해 보편적으로 비행 훈련 시스템에 쓰이고 있는 모니터 기반 시각 시스템을 가진 기초 모의비행 훈련장치(BATD:Basic Aviation Training Device)와 VR HMD 기반 시각시스템을 가진 VR BATD를 구축 하였다.

구축된 2가지 형태의 모의비행장치에 사업용 항공기 조종자격을 보유하고 있는 실험조종사를 선발하여 탑승 시켰다.

이후 시계비행절차와 계기비행절차를 수행하였으며, 각 모의비행장치에서 추출된 비행데이터와 조종사 인적데이터를 수학적 분석 및 평가를 통해 훈련효과를 확인하였다.

II. 본 론

2.1 모의 비행 훈련 장치 구축 및 개선

모의 비행 장치 구축에 있어서는 FAA CFR (Code Federal Regulations) Part 41 및 141를 참고하여 [1] 모의비행장치 4가지 필수적인 구성요소를 적용하여 모니터 기반 시각 시스템을 가진 모의 비행 장치와 VR HMD 기반 시각 시스템을 가진 모의 비행 장치를 구축 하였다.

조종간 시스템으로써 모의 비행장치의 조종간 Control Force가 너무 낮았던 점을 참고하여[1] 실제 조종간과 유사한 컨트롤 포스를 제공해 주는 조종간(Flight Stick) 및 쓰로틀 시스템(Throttel System) 으로 변경 하였다.

VR HMD 시각 시스템은 기존 2160x1200의 해상도의 성능을 가진 VR HMD에서 78%의 해상도가 향상된 총 2880x1600의 해상도를 가진 VR HMD로 교체하여 조종사에게 좀더 현실적이고 선명한 화면을 제공 하도록 개선하였다.

또한 모의 비행 장치 환경의 현실성을 위해 시뮬레이션 프로그램 내 실제 국내 공항 및 지형에 대한 위성사진을 Overlay하여 조종사가 비행 시 지형지물 참고가 용이하게 설정하였다.

그 외 실시간 비행 데이터 계측 및 모의 비행장치 제어를 위해 원격으로 모의 비행 장치를 제어할 수 있는 제어 프로그램을 설치 하였고 원격 제어를 위해 UDP 네트워크를 사용하여 모의 비행장치의 운용 효율을 향상시켰다.

Table 1은 구축한 BATD와 VR BATD의 세부 사양이다.

Table 1. Flight training Device Build Up

Monitor Based		VR HMD Based	
Controls	Stick Rudder Throttle	Controls	Stick Rudder Throttle
Instructor Station	Network Station	Instructor Station	Network Station
Display System	Visual Monitor + Instrument Monitor	Display System	VR HMD (HTC Vive Pro)
Flight Dynamic Model	X-Plane (V11)	Flight Dynamic Model	X-Plane (V11)

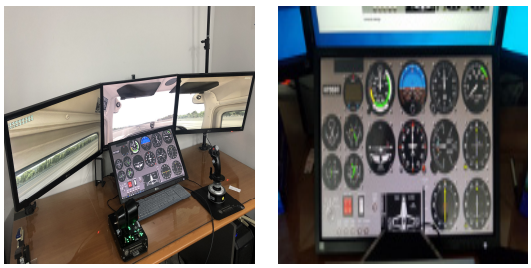


Fig 1. Monitor Based Flight Training Device

Fig 2. VR HMD based Flight Training Device

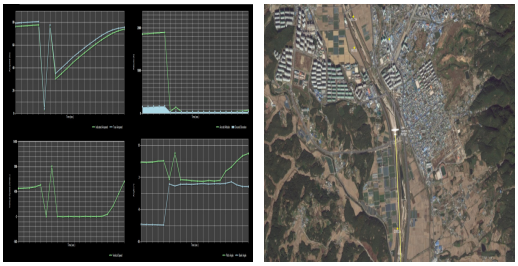


Fig 3. Instructor Station Software

2.2 실험 조종사 모집

본 연구의 시뮬레이터의 훈련 효과를 조사하기 위해 Cessna 사의 C172의 항공기를 통해 조종 훈련을 받은 경험이 있으며 육상 사업용 단발 이상의 조종 자격증 보유인원을 선정하여 실험군 조종사 그룹을 수립하였다.[4]

실험에 참가한 조종사는 각 조종 훈련당시 탑승한 아날로그 타입의 계기판 (Round Gauge) 또는 디지털 타입의 계기판 (G1000)를 통해 조종 훈련을 한 경험이 있는 것을 확인 하였으며 이에 맞추어 조종사에게 편리한 계기 시스템으로 비행 하게끔 하였다.

실험에 참가한 조종사들의 평균 비행시간은 150 시간으로 파악 되었다.

본 연구에 참여한 조종사는 6명이며 참가 조종사들의 세부 정보는 Table 2와 같다.

Table 2. Experiment Pilot Information

	자격 증명 (License)	훈련 기체 (Aircraft)	비행시간 (Flying Hour)
Pilot 1	CPL	C172	300
Pilot 2	CPL	C172	350
Pilot 3	CPL	C172	300
Pilot 4	CPL	C172	300
Pilot 5	CPL	C172	270
Pilot 6	CPL	C172	400
N = 6		평균 비행시간 = 320	

2.3 시계 비행 절차 설계

각 모의 비행 장치에 따른 조종 훈련 효과를 분석 및 평가하기 위해 선발된 조종사 그룹은 구축되어진 모의 비행 장치를 탑승하여 비행 절차를 수행하였다.

시계 비행 절차는 울산 공항(ICAO : RKPU) 활주로 36번에서 이륙하여 동쪽으로 출항하는 시계 비행 절차로 설계 하였다. 활주로에서 이륙 후 동쪽 출항 절차 까지 구간을 나누어 별로 조종사가 수행해야 하는 요구 조건들이 명시 하였다.

비행 절차 설계에 있어서는 한국 공항공사(KAC)가 제공하는 AIS (Aeronautical Information Service) 의 AIP 문서[2]를 참고하여 설계하였다.

Fig 4.는 세부적인 시계 이륙 출항 절차 정보이다.

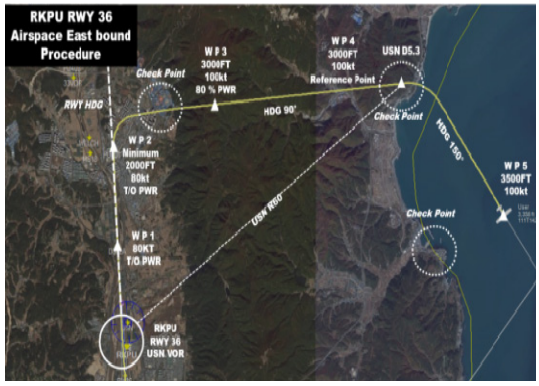


Fig 4. VFR Take off Eastbound Procedure

Table 3.는 설계된 이륙 출항 절차에 있어 조종사가 요구조건을 수행해야하는 임무 포인트에 대한 구체적인 설명 표이다.

Table 3. VFR Procedure point information

	Segment	HDG	SPD	ALT
WP1	Climb	004	80 kt	
WP2	Climb Right Turn	090	80 kt	
WP3	Cruise Accleate	090	100 kt	3000
WP4	Climb Right Turn	150	100 kt	
WP5	Cruise	150	100 kt	3500

이륙 및 출항 절차의 경우 기본적으로 조종사의 시야의 의존하는 시계 비행 기반 비행 절차이기 때문에 조종사가 비행 시 지형지물 및 참조점(Reference Point)를 확인하는 것이 중요하다. 이를 위해 시뮬레이션 환경 내 실제 국내 위성사진이 겹쳐진 비행 Scenery를 사용하여 실제 조종사가 참고해야 하는 참조점(Reference Point) 표시하였다.

Fig 5.와 Fig 6.은 이륙 출항 절차에서 조종사가 시야로 확인해야 하는 참조점에 대한 사진이다.

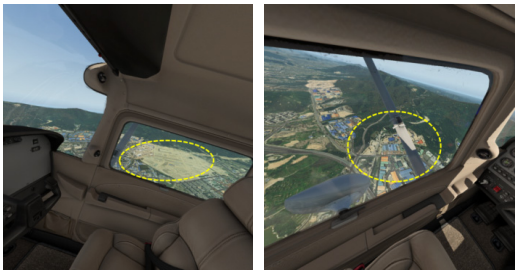


Fig 5. VFR Procedure Reference Point I

Fig 6. VFR Procedure Reference Point II

본 비행 절차를 수행하는데 있어 실제 비행과 유사하게 진행하기 위해 모든 조종사에게 기준점으로부터 우 선회를 시작하는 WP2 지점부터 실시간으로 비행 데이터를 계측하는 모의 비행 장치 교관으로부터 모의 항공관제를 수행하도록 했다.

2.4 시계 비행 절차 표준 데이터 추출

시계 비행 절차 수행에 대한 모의 비행 평가 및 비행 데이터 분석을 위해 상기 설계된 시계 비행 절차 수행 시 표준 비행 데이터를 추출하였다.

시계 비행 절차의 표준 비행 데이터는 시뮬레이션 소프트웨어 내 자동 조종 제어기를 활용하여 목표 방향 (Course Heading), 목표 고도 (Altitude)를 사전 설정 후 자동 비행을 통해 표준 데이터를 추출하였다.

비행 데이터는 Table 4.와 같이 매초(Time)마다 고도 (Altitude), 위치 (Latitude, Longitude) 그리고 속도 (Speed) 로 구성하였다. 데이터 기록은 1초에 1세트씩 저장하였다. Table 4.은 데이터 세트에 대한 정보이다.

Table 4. VFR Procedure Export Data Set

항목	설명	단위
Time	진행된 비행의 기록 시간	Second
Lat	항공기 위치 (X축)	Degree
Lon	항공기 위치 (Y축)	Degree
Alt	항공기 고도 (Z축)	Feet
Speed	항공기 지시 속도	Knot

표준 시계 비행절차에 대한 데이터 추출 결과 총 411개 데이터 세트로 구성이 되어 있으며 결과 데이터를 그래프 시각화하여 출력 결과는 Fig 7. Fig 8. Fig 9. 와 같다.

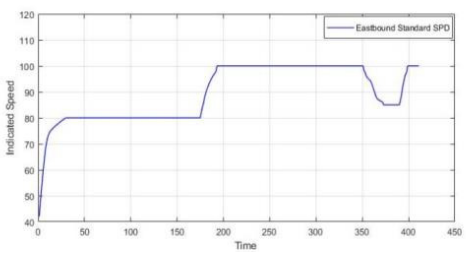


Fig 7. VFR Standard SPD Data

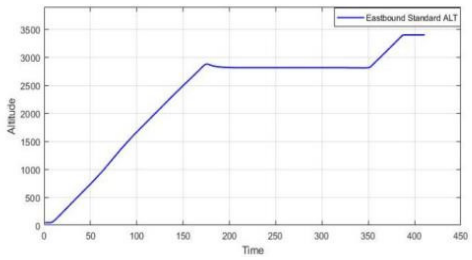


Fig 8. VFR Standard ALT Data

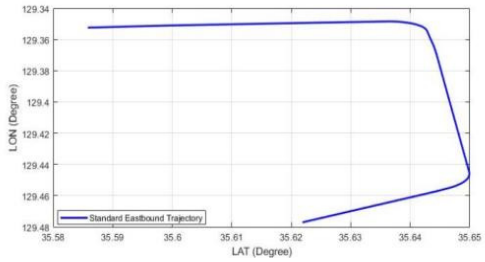


Fig 9. VFR Standard Trajectory Data

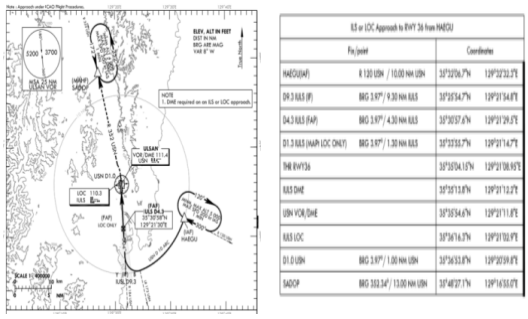


Fig 10. RKPU ILS RWY36 Approach Chart I

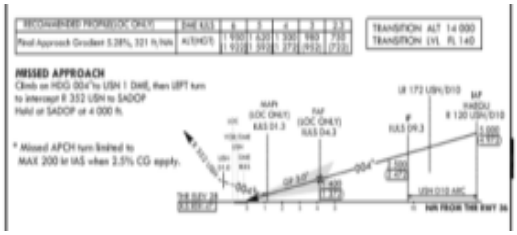


Fig 11. RKPU ILS RWY36 Approach Chart II

2.5 계기 비행 절차 설계

시계 비행 절차에 이어서 조종사 그룹은 모의 비행 장치의 훈련 효과를 평가하기 위해 계기 비행 절차도 수행하였다.

계기 비행 절차는 계기 훈련 시 가장 범용적으로 활용되어 지는 계기 착륙(ILS : Instrument Landing System) 비행 절차를 적용 하였다.

세부적인 내용으로 울산공항 (ICAO: RKPU) 활주로 36번으로부터 9.6km부터 떨어져 있으며 활주로 정중앙으로 부터 약간 우측에서 접근을 시작해 조종사가 로컬라이져 (Localizer) 와 글라이드 슬롭 (Glide Slope)을 정렬한 뒤 착륙하는 절차로 진행하였다. 기상의 조건은 기체의 진행 방향으로부터 032/4kt의 약한 측풍을 설정하였다.

계기 착륙절차 참고에 있어서는 한국공항공사(KAC) 가 제공하는 AIS의 AIP 문서를 참고하였다.

Fig 10. Fig 11.은 세부적인 계기 착륙 절차 정보이다.

2.6 계기 비행 절차 표준 데이터 추출

계기 착륙 절차 수행에 대한 모의 비행 평가 및 비행 데이터 분석을 위해 설계된 계기 비행 절차의 표준 수행 데이터를 추출하였다.

계기 착륙 절차의 표준 비행 데이터는 마찬가지로 시뮬레이션 프로그램 내 계기 착륙 제어기를 통해 사전 활주로 ILS 주파수와 코스(Course) 설정 후 자동 비행을 통해 추출하였다.

비행 데이터는 매초(Time)마다 고도 (Altitude), 항공기와 활주로 거리(Runway Distance) 그리고 Localizer Deviation 으로 구성 하여 저장 하였다

Table 5.은 IFR 데이터세트에 관한 표이다.

Table 5. IFR Procedure Export Data Set

항목	설명	단위
Runway Distance	항공기 위치 (X축)	Mile
Localizer Deviation	항공기 위치 (Y축)	DOT
Glideslope Deviation	항공기 고도 (Z축)	Feet

표준 시계 비행절차를 진행 후 데이터 추출 결과 총 294개의 데이터 세트로 구성이 되어있으며 활주로부터 떨어진 거리와 글라이드 슬롭(Glide Slope)에 대한 데이터와 활주로부터 떨어진 거리 vs 로컬라이져 분리 거리(Localizer Deviation)에 대한 결과를 출력한 값은 그림 12와 같다.

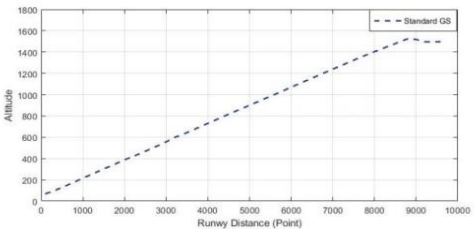


Fig 12. IFR Standard G/S Data

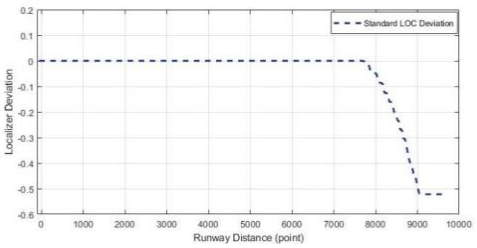


Fig 13. IFR Standard LOC Data

2.7 조종사 시선 데이터 추출

VR HMD 기반의 모의 비행 장치의 경우 조종사가 착용하고 있는 VR HMD와 각속도 정보를 추적하는 VR 추적기(Tracker)가 시뮬레이션 프로그램과 실시간 동기화가 이루어진다.

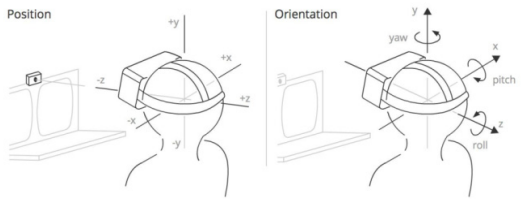


Fig 14. VR HMD Head Tracking Diagram

위 기능은 조종사의 각각의 시계 비행 절차와 계기 비행 절차를 진행 할 때 조종사의 비행 시 고개를 움직이는 정보와 시선 정보를 간접적으로 추출이 가능하다.

본 연구에서는 이와 같은 실시간 VR HMD 시선 트래킹 기능을 활용하여 조종사의 시선 데이터 추출을 위해 조종사의 모의 비행 절차의 영상 녹화를 통해 조종사의 각 비행 구간 별 대략적인 시선 데이터를 추출하였다.

Table 6.와 Table 7.은 VR HMD 기반 모의 비행 장치를 통해 비행 시 조종사의 고개 돌림에 따른 조종사의 바라보는 시야 정보이다.

Table 6. VR HMD Tracking Visual Data Ⅰ

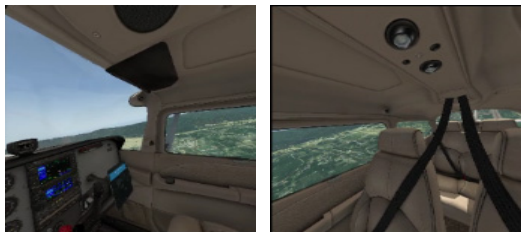


Table 7. VR HMD Tracking Visual Data Ⅱ

2.8 실험 비행 데이터 추출

2 가지의 비행 절차에 관한 조종사의 비행 훈련 척도를 평가하기 위해 각 모의 비행 장치로부터 수행된 각 비행 절차의 데이터를 추출하였다.

하나의 모의 비행 장치로부터 추출된 비행 데이터는 5개의 세트로 총 10개의 세트로 구성이 된다.

Table 8.은 추출된 데이터 항목에 대한 설명이다.

Table 8. Export Pilot Flight Data Set Table

Flight Training Device Data Export	
BATD LAT/LON BATD ALT BATD SPD BATD LOC Deviation BATD GS Deviation	VR LAT/LON VR ALT VR SPD VR LOC Deviation VR GS Deviation
Total Data = 5 SET	Total Data = 5 SET

모니터 기반의 모의 비행 장치(BATD)를 통해 비행한 데이터는 그림 15부터 19까지 총 5개의 세트로 구성된다.

VR HMD 기반의 모의 비행 장치(VR BATD)를 통해 비행한 데이터는 그림 20부터 24까지 5개의 세트로 구성된다.

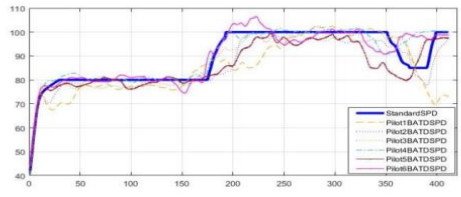


Fig 15. BATD Pilot SPD Data

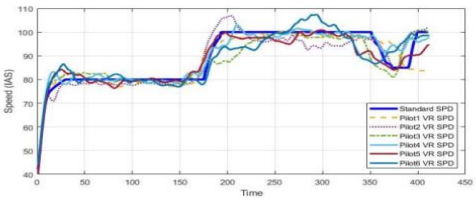


Fig 20. VR BATD Pilot SPD Data

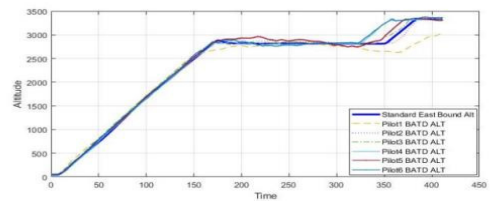


Fig 16. BATD Pilot ALT Data

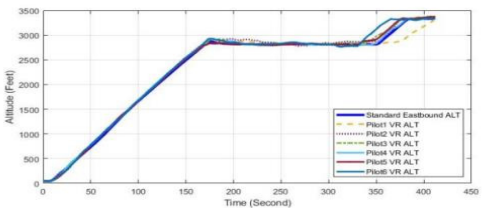


Fig 21. VR BATD Pilot ALT Data

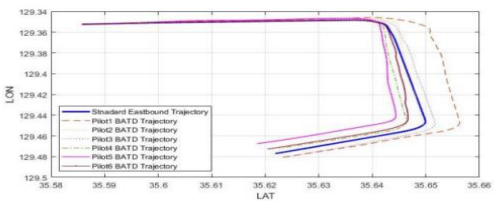


Fig 17. BATD Pilot Trajectory Data

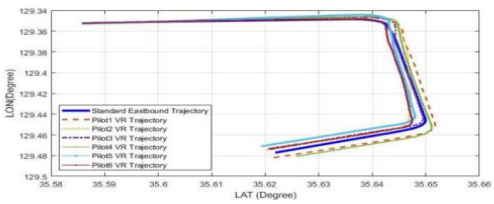


Fig 22. VR BATD Pilot Trajectory Data

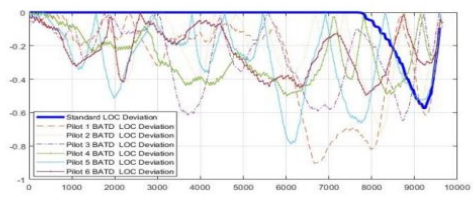


Fig 18. BATD Pilot LOC Data

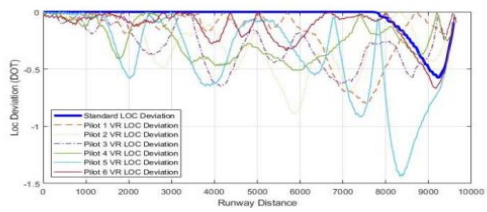


Fig 23. VR BATD Pilot LOC Data

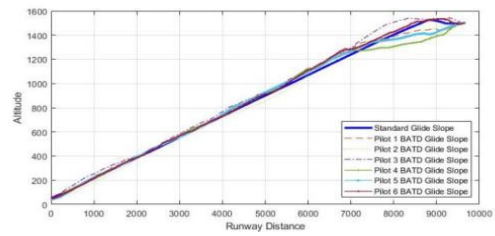


Fig 19. BATD Pilot G/S Data

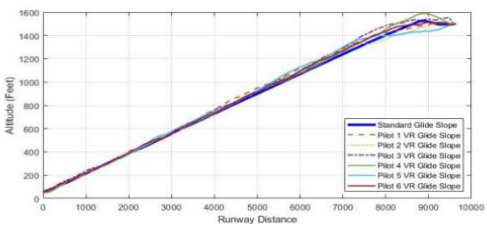


Fig 24. VR BATD G/S Data

2.9 실험 비행 데이터 비교 분석

실험 비행 데이터의 비교는 앞서 수행한 모니터 기반의 모의 비행 장치(BATD)와 VR HMD 기반의 모의 비행 장치(VR BATD)를 통해 추출한 비행 데이터를 비교 분석하였다. 데이터 분석은 각 항목별(속도, 고도, 경로, Glide Slope Deviation)에 따라 다른 데이터 분석을 진행 하였으며 Table 9.는 비행 데이터 항목에 따른 비행 데이터 분석 방법이다.

Table 9. Data Analysis Method

데이터 분석 방법	데이터 항목
RMSE Analysis	SPEED ALTITUDE GLIDE SLOPE
Deviation Analysis	LOCALIZER
Qualitative Analysis	TRAJECTORY

RMSE 분석은 표준 데이터에서 조종사가 각 모의 비행 장치를 통해 추출한 비행 데이터를 평균 제곱근 편차(RMSE : Root Mean Square Error)로 계산하였으며[4] 로컬라이져 분산 값의 경우는 각 조종사의 최대 평균, 최소 분산 값을 분석 하여 RMSE를 계산하였다.

이후 두 모의 비행 장치에 대한 RMSE 값을 하나의 결과 값으로 비교함으로써 VR HMD 기반의 모의 비행 훈련 장치의 비행 훈련 효과를 오차의 차로 표시하였다.

$$\text{평균 제곱근 편차 계산} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Target\ Value - Observed\ Value)^2}{n}}$$

$Target\ Value$: 항목별 표준 비행 데이터
$Observed\ Value$: 항목별 실험 비행 데이터
n : 데이터 개수

Fig 25. Fig 26. 은 시계 이륙 출항 절차의 고도에 대한 전체 조종사 RMSE 값과 평균 RMSE 값의 그래프이다.

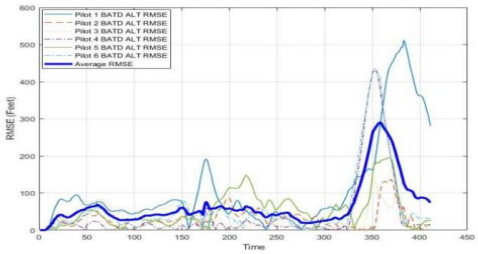


Fig 25. BATD Pilot ALT RMSE Data

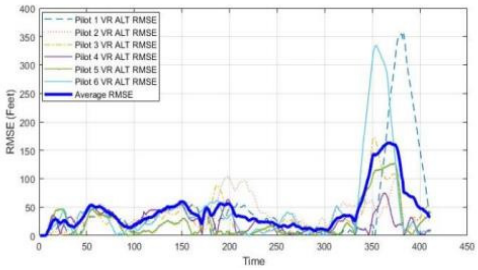


Fig 26. VR BATD Pilot ALT RMSE Data

Fig 27. 과 Fig 28. 는 각 모의 비행 장치에 따른 시계 이륙 출항 절차의 속도에 대한 전체 조종사 RMSE 값과 평균 RMSE 값의 그래프이다.

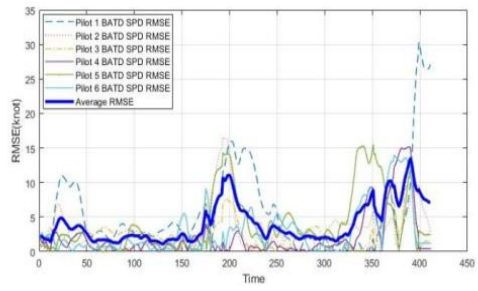


Fig 27. BATD Pilot SPD RMSE Data

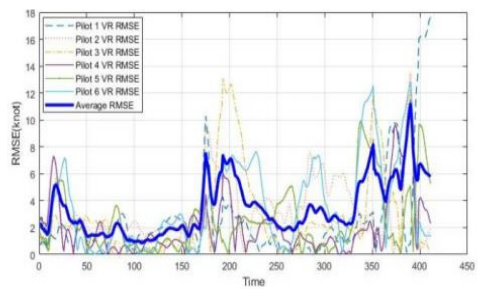


Fig 28. VR BATD Pilot SPD RMSE Data

이후 각 모의 비행 장치로부터 추출된 평균 속도 RMSE 값을 하나의 그래프로 출력하여 모의 비행 장치에 따른 속도 오차 경향을 분석하였다.

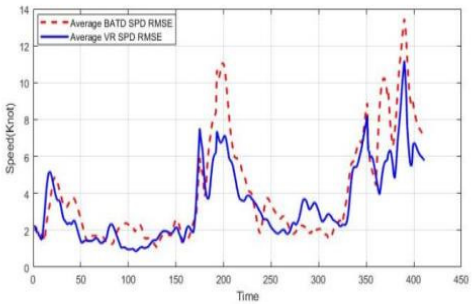


Fig 29. BATD vs VR BATD SPD RMSE Data

Table 10. SPD RMSE Analysis Table

Time	BATD RMSE	VR RMSE	Change
50	2.644	1.43	*-1.214*
100	2.313	0.9704	*-1.3426*
150	2.581	2.16	*-0.421*
200	11.04	7.045	*-3.995*
300	2.077	3.031	*0.954*
360	10.1	3.934	*-6.166*
390	13.46	11.2	*-2.26*

각 모의 비행 장치로부터 추출된 평균 고도 RMSE 값을 하나의 그래프로 출력하여 모의 비행 장치에 따른 고도 오차 경향을 분석하였다.

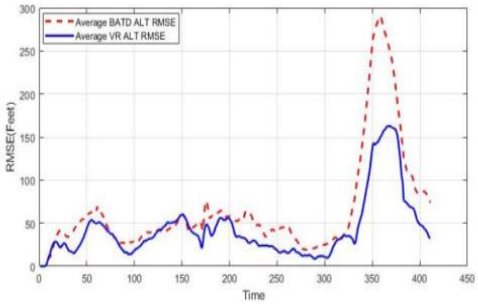


Fig 30. BATD vs VR BATD ALT RMSE Data

Table 11. ALT RMSE Analysis Table

Time	BATD RMSE	VR RMSE	Change
50	59.83	43.87	*-15.96*
100	28.09	17.54	*-10.55*
150	60.13	59.97	*-0.16*
200	58.43	54.93	*-3.5*
300	25.07	10.88	*-14.19*
350	258	136.4	*-121.6*
390	106.4	68.86	*-37.54*

계기 착륙 절차의 데이터는 울산 공항 활주로 36번 계기 착륙 절차 시 평가 기준이 되는 로컬라이져 편차(LOC Deviation) 와 글라이드 슬롭 편차(GS Deviation)를 비교 분석하였다.[5]

로컬라이져 편차의 분석은 ILS 계기에만 의지하는 최초 접근(5.5마일)부터 활주로 1마일 까지 접근 하는 각 조종사의 LOC Deviation 분석을 하는 케이스와 활주로 1마일부터 시계 착륙까지 모든 조종사의 LOC Deviation 분석으로 총 두 가지의 편차 분석 케이스로 진행이 되었다.

Fig 31. 및 Table 12.은 조종사 및 모의 비행 장치에 따른 활주로 1마일까지의 최초 접근 LOC Deviation에 관한 그래프 및 분석 결과이다.

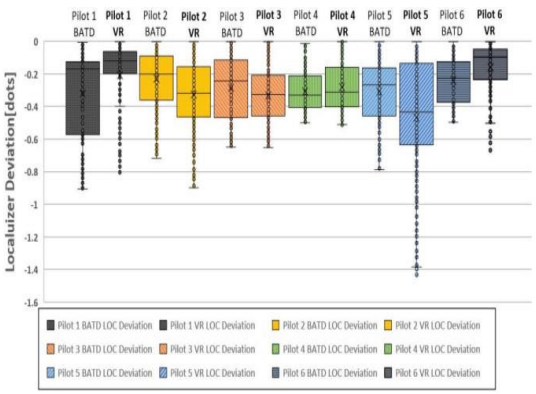


Fig 31. Initial Approach Pilot LOC Deviation Data

Table 12. Initial Approach LOC Deviation Analysis Table

Time	MAX Deviation	Average Deviation	Minimum Deviation
Pilot 1 BATD	0.90	0.32	0.019
Pilot 1 VR	0.80	0.205	0.013
Pilot 2 BATD	0.716	0.22	0.019
Pilot 2 VR	0.855	0.32	0.012
Pilot 3 BATD	0.64	0.28	0.012
Pilot 3 VR	0.64	0.33	0.005
Pilot 4 BATD	0.49	0.32	0.028
Pilot 4 VR	0.51	0.28	0.022
Pilot 5 BATD	0.77	0.30	0.024
Pilot 5 VR	1.4	0.46	0.030
Pilot 6 BATD	0.48	0.23	0.030
Pilot 6 VR	0.49	0.15	0.015
BATD AVG	*0.665*	*0.27833*	*0.022*
VR AVG	*0.7825*	*0.290833*	*0.016167*

Fig 32. 및 Table 13. 는 활주로 1마일부터 시계 착륙까지에 관한 LOC Deviation 그래프 및 분석표이다.

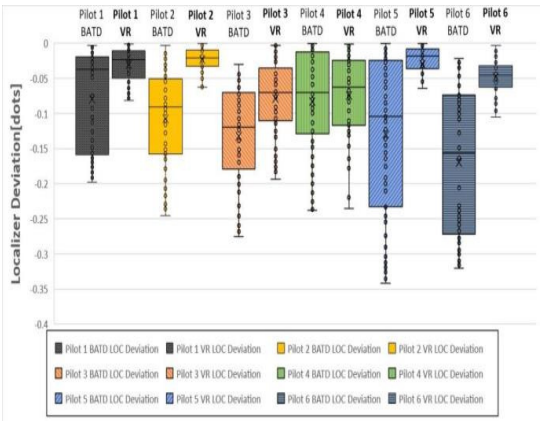


Fig 32. Final Approach Pilot LOC Deviation Data

Table 13. Final Approach LOC Deviation Analysis Table

Time	MAX Deviation	Average Deviation	Minimum Deviation
Pilot 1 BATD	0.019	0.15	0.006
Pilot 1 VR	0.078	0.03	0.002
Pilot 2 BATD	0.245	0.108	0.014
Pilot 2 VR	0.061	0.023	0.003
Pilot 3 BATD	0.275	0.13	0.044
Pilot 3 VR	0.19	0.07	0.003
Pilot 4 BATD	0.238	0.082	0.003
Pilot 4 VR	0.235	0.074	0.0013
Pilot 5 BATD	0.34	0.13	0.008
Pilot 5 VR	0.064	0.03	0.003
Pilot 6 BATD	0.329	0.163	0.027
Pilot 6 VR	0.10	0.04	0.0034
BATD AVG	*0.241*	*0.127*	*0.017*
VR AVG	*0.1213*	*0.0445*	*0.00261*

활주로부터 LOC Deviation 편차 분석 후 활주로 36번에 대한 Glide Slope Deviation에 대한 비교 및 분석을 진행하였다.

계기 착륙 절차에는 명확한 접근 속도가 명시되어 있지 않아 각 조종사마다 착륙 절차 수행 시간이 다르고 이로 인해 모든 조종사의 착륙 데이터 세트의 개수가 다르다. 이 점을 고려하여 Glide Slope Deviation 분석은 활주로에 접근하는 매 500m 씩 데이터를 분리하여 데이터 세트를 통일한 뒤 분석을 진행하였다. Fig 33. Fig 34. 는 각 모의비행 장치별 울산 공항 ILS 활주로 36번 Glide Slope Deviation RMSE이다.

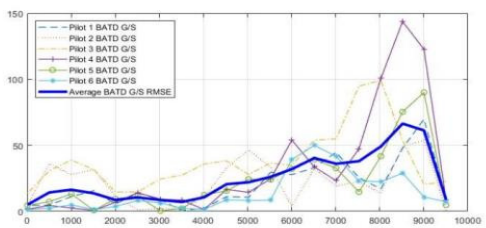


Fig 33. BATD Pilot G/S Data

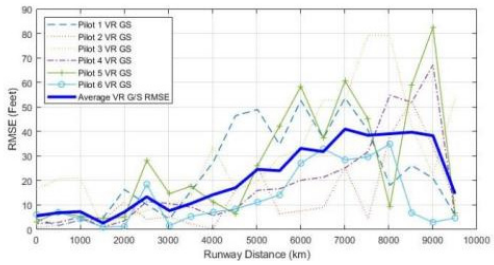


Fig 34. VR BATD Pilot G/S Data

이후 각 모의 비행 장치로부터 추출된 평균 Glide Slope Deviation RMSE 값을 하나의 그래프로 출력하여 모의 비행 장치에 따른 속도 오차 경향을 비교하였다.

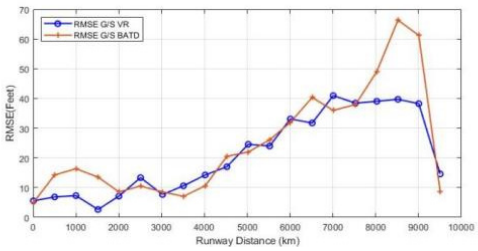


Fig 35. BATD vs VR BATD G/S RMSE Data

비교된 그래프에서 모의 비행 장치에 따른 Glider Slope Deviation을 분석하였다.

Glide Slope Deviation은 활주로 거리 별 Deviation으로 분석 되었으며 Table 14.는 세부적인 Glide Slope Deviation 분석 결과다.

Table 14. Full Approach G/S Deviation Analysis Table

Distance	BATD	VR BATD	Change
9000	61.24	38.26	*-22.98*
8000	49.09	39.05	*-10.04*
7000	36.01	40.96	*4.95*
6000	31.94	33.11	*1.17*
5000	21.98	24.57	*2.59*
4000	10.63	14.25	*3.62*
3000	8.555	7.688	*-0.867*
2000	8.579	7.143	*-1.436*
1000	16.35	7.313	*-9.037*
500	14.26	6.855	*-7.405*
0	4.978	5.565	*0.587*

마지막으로 각 모의 비행 장치별 표준 시계 이륙 출항 경로를 비교하여 비행한 궤적의 데이터는 Fig 36. 과 Fig 37. 로 표현하였다.

항공기 경로에 관한 데이터의 분석은 그래프의 경향성을 판단하여 정성적으로 VR HMD 모의 비행 장치를 탑승하여 수행한 시계 이륙 출항 절차가 더욱 표준 절차에 가깝다고 판단하였다.

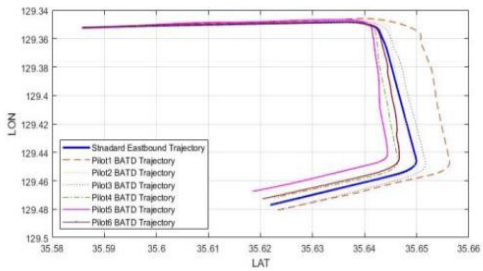


Fig 36. BATD Pilot Trajectory Data

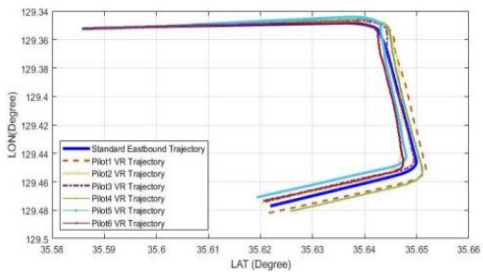


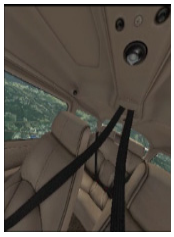
Fig 37. VR BATD Pilot Trajectory Data

2.10 시야 데이터 비교 분석

VR HMD 기반의 모의 비행 장치에 탑승하여 시계 이륙 출항 절차를 수행한 6명의 조종사의 비행 영상을 분석하여 조종사가 시계 이륙 절차 수행 시 지형 (Terrain) 및 참조점 (Reference Point)을 몇 회 참고 하였는지 확인하였다.

Table 15.는 각 조종사의 참조물을 확인한 예시 사진을 모아놓은 표이다.

Table 15. Pilot Visual Data Example

Pilot 1	Pilot 2	Pilot 3
Pilot 4	**Pilot 5**	**Pilot 6**
		

시야 데이터 추출 방법은 녹화된 비행 영상에서 조종석 시점에서 벗어난 시야를 카운트 하여 시야 데이터를 추출하였다. Table 16.는 조종사별 시계 이륙 출항 구간 중 참조점 및 지형을 확인한 횟수이다.

Table 16. Pilot Visual Data Export

	Climb I	Cruise	Climb II
Pilot1	7	20	3
Pilot2	2	9	0
Pilot3	7	11	3
Pilot4	15	15	2
Pilot5	13	9	3
Pilot6	10	15	2

III. 결 론

본 연구에서는 VR HMD의 시각 시스템을 가진 기초 모의 비행 훈련 장치의 구체적인 조종 훈련 효과를 평가 및 분석 하기 위해 고 신뢰도의 조종사를 선발 후 모니터 기반시각 시스템의 모의 비행 장치와 VR HMD 기반 시각 시스템의 모의 비행 장치를 통해 VFR 비행 절차와 IFR 비행 절차 진행 후 그에 따른 비행 데이터 및 시선 데이터 분석을 진행하였다.

데이터 분석 결과 VR BATD를 탑승하여 임무 절차를 수행한 비행 데이터의 오차가 BATD 탑승 후 수행한 비행 절차의 오차 보다 평균적으로 적은 RMSE 값을 가짐을 파악할 수 있었다.

특히 VFR 비행 절차에서의 VR BATD 속도, 고도 RMSE는 BATD 오차보다 적은 값을 가짐을 Plot 출력을 통해 확인 할수 있었으며 경로 오차는 VR BATD의 오차가 경향적으로 더 적음을 확인할수 있었다.

IFR 비행 절차의 특징적인 오차 데이터로써는 조종사의 LOC Deviation 데이터 분석을 보았을 때 최초 접근, 즉 ILS 계기를 통해 활주로에 접근 시 LOC Deviation은 VR BATD 와 BATD의 오차 큰 가시성이 없으나 시계 착륙으로 전환 후 접근의 LOC Deivation 오차는 VR BATD를 탑승한 조종사의 오차가 BATD를 탑승한 조종사의 오차 대비 약 2배 정도가 향상된 것을 확인하였다.

결과적으로 본 연구 데이터들을 통해 본 연구진은 VR HMD 기반의 모의 비행 장치를 통해 비행 훈련을 진행 하였을 때 시계 비행에 대한 항목에 있어 더욱 양호한 조종 훈련 효과를 가지며 계기 비행은 기존 시뮬레이터와 비슷한 조종 훈련 효과를 가짐을 확인하였다.

후 기

본 논문은 산업통상자원부의 산업용 무인비행장치 전문인력 양성사업 프로젝트(Project No. N0002431)와 한국연구재단의 기초연구지원 사업(Project No. NRF-2018R1D1A1B07046779)의 지원을 받아 수행된 연구이며, 2018 한국항공운항학회 추계학술대회 발표논문을 수정 보완하였습니다.

참고문헌

[1] Gu Moon Jeong, Mu Kyeom Kim, LV Thang Nguyen, Jae-Woo Lee, 2018, "Flight Training Efficiency about Basic Aviation Training Devic e(BATD) Using VR Head Mount Display",*Jour nal of the Korean Society for Aviation and Aeronau tics*, 26,1-7p

[2] http://ais.casa.go.kr/

[3] Lee, Alfred T.,2005, "Flight Simulation : Virtua l Environments in Aviation",Ashgate

[4] Jennifer K. Smith, John A. Caldwell, 2004 "Met hodology for Evaluating the Simulator Flight Performance of Pilots",USAF Report 'OMB N o,0704-0188'

[5] Andreas haslbeck, Paul Kirchner, Ekkehart Sc hubert, and Klaus Bengler, 2014, "A Flight Sim ulator Study to Evaluate Manual Flying Skills of Airline Pilots", *Proceedings of the Human Fact ors and Ergonomics Society 58th Annual Meeting*