

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2018.26.2.001>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

VR Head Mount Display를 이용한 기초 모의비행 훈련장치 조종 훈련 효율 연구

정구문*, 김무겸*, LV Thang Nguyen*, 이재우**

Flight Training Efficiency about Basic Aviation Training Device (BATD) Using VR Head Mount Display

Gu Moon Jeong*, Mu Kyeom Kim*, LV Thang Nguyen*, Jae-Woo Lee**

ABSTRACT

In this paper, pilot flight training procedure of VFR (Visual Flight Rule) flight procedure was investigated through basic aviation training device (BATD) using VR HMD (Virtual Reality Head Mount Display). In order to evaluate the efficiency of the pilot training, the experimental pilot group was divided according to the similar piloting ability, then same VFR flight procedure was carried out using both the VR BATD and the conventional BATD. The comparison of the X, Y and Z position of the aircraft from the extracted flight data was conducted. As a result, it was confirmed that the VR BATD shows better steering training efficiency tendency than the conventional BATD.

Key Words : VR Head Mount Display (가상 현실 헤드셋), BATD (기초 모의 비행 훈련 장치), Flight Training (비행 훈련), Training Efficiency (훈련 효율)

I. 서 론

1.1 연구 배경

국내 항공 산업 발전에 따라 조종사의 수요는 증가 하고 있으며 그에 따라 모의 비행 훈련 환경을 제공하는 시뮬레이터 수요는 꾸준히 증가 하고 있다. 그러나 High Level Simulator (LEVEL A급 이상) 이하 등급의 Simulator 장치는

제한적인 시계 폭을 가진 시각 시스템으로 인해 몰입감의 한계를 가지고 있다. 그로 인해 조종사 훈련 과정 중 시계 비행 훈련 절차에 있어 모의 비행 장치의 한계점을 보이고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 최근에는 사용자에게 360°의 화면과 넓은 시야각을 제공해 주는 VR HMD(Virtual Reality Head Mount Display)의 등장으로 기존 모니터 기반 시각 시스템이 가지는 한계를 극복할 수 있게 되었다.

본 연구는 VR HMD를 이용한 시각 시스템을 가진 Low Level 급 기초 모의 비행 훈련장치 (BATD:Basic Aviation Training Device)를 구축 및 활용하여 VFR 비행 훈련 절차에서 조종사의 훈련 효율에 대한 연구를 진행하였다.

Received : 18. May. 2018. Revised : 15. Jun. 2018.

Accepted : 29. Jun. 2018.

* 건국대학교 항공우주정보시스템공학과

** 건국대학교 항공우주정보시스템공학과 교수

연락처자 E-mail : jwlee@konkuk.ac.kr

연락처자 주소 : 05029 서울시 광진구 능동로 120

건국대학교 항공우주정보시스템공학

1.2 연구 방법

본 연구에서는 VR HMD의 시각 시스템을 가진 기초 모의 비행장치(BATD: Basic Aviation Training Device)의 비행 조종 훈련 효율을 파악하기 위해 모니터 기반 시각 시스템을 가진 BATD와 VR HMD를 이용한 BATD를 구축하였다. 이후 각 모의 훈련 비행 장치에 탑승하여 데이터를 추출할 실험 조종사를 선발하였으며 이들에 의하여 각 모의 비행 훈련 장치에서 동일한 VFR(Visual Flight Rule) 공항 장주비행(Airport Traffic Pattern Procedure) 절차를 수행하였다.

이후 비행 데이터를 추출하여 분석하였다.

II. 본 론

2.1 기초 모의 비행 훈련 장치 구축

미연방항공청(FAA) 조종사 시뮬레이터에 관한 세부 규정 CFR (Code Federal Regulations) Part 61 과 141에 의거하여 BATD의 필수적인 구성 요소를 파악하여 각 본 연구에 활용되는 BATD를 구축하였다.

연구용 BATD 구축을 위한 세부 요구 사항은 '조종 컨트롤 시스템', '시각 시스템', '시뮬레이션 엔진', '교관석'으로 총 4가지로 구성된다.

컨트롤 시스템으로써 항공기의 기본적인 운동 Roll, Pitch, Yaw를 제어하기 위한 Yoke, Rudder 시스템과 항공기의 추력을 제어하기 위한 Throttle 시스템으로서 구성하여 구축하였다.

모니터 기반 시각 시스템을 가지는 BATD는 3개의 외부 시야용 모니터와 1개의 계기용 모니터로 구성하였으며 VR BATD는 단일 VR HMD로만 구성하였다.

시뮬레이션 엔진으로써는 양 BATD 모두 Laminar Research社의 X-Plane을 활용하였다.

교관석 시스템은 외부에서 시뮬레이터를 제어하기 위한 것으로 UDP 네트워크 통신 방식을 활용한 소프트웨어를 사용하였다.

Table 1은 구축한 BATD와 VR HMD를 활용한 BATD의 상세 정보이다.

Table 1. BATD & VR BATD Build Up Specific Condition

BATD		VR BATD	
Controls	Yoke Rudder Throttle	Controls	Yoke Rudder Throttle
Instructor Station	Network Station	Instructor Station	Network Station
Display System	Triple Visual Monitor + Instrument Monitor (Touch)	Display System	VR HMD (HTC Vive)
Flight Dynamic Model	X-Plane	Flight Dynamic Model	X-Plane

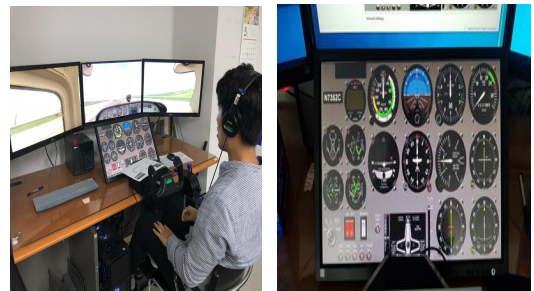


Fig 1. Monitor Display based Basic Aviation Training Device



Fig 2. VR HMD based Basic Aviation Training Device

2.2 실험군 조종사

본 연구의 조종 효율을 평가하기 위해 기초 모의비행훈련 장치에 탑승 할 두 그룹의 조종사 실험군을 선발하였다. 실험 조종사 선발 기준은 실제 면장을 보유하고, 비행 시간(Flight Log Time)이 존재하는 조종사와 면장과 실제 비행 경험은 없으나 항공 운항 지식은 보유한 예비 학생 조종사로 구분하여 선발 하였다.[4]

이후 VR BATD 탑승 그룹과 기존 BATD 탑승 그룹으로 구분하여 동일한 조건의 모의 비행을 실시하고 비행 데이터를 추출 하였으며 상세적인 비행 절차는 아래에 서술하였다.

Table 2는 실험군 조종사에 대한 표이다.

Table 2. Experiment Pilot Group Table

VR BATD Group	BATD Group
조종사 A (기 조종사_PPL 보유)	조종사 D (기 조종사_PPL 보유)
조종사 B (예비 조종사)	조종사 E (예비 조종사)
조종사 C (예비 조종사)	

2.3 표준 VFR 장주 비행 절차 정의

두 조종 그룹의 조종 훈련 효율성에 대한 데이터 추출을 위하여 각 조종 그룹이 동일하게 모의 비행을 진행할 실험 비행 절차를 설정 하였다.

실험을 위해 설정된 비행 절차는 조종사 양성 과정 중 가장 기본이 되는 자가용 조종사 자격 (PPL: Private Pilot License) 과정에서 기초적인 VFR 비행 훈련으로 활용 되어 지고 있는 공항 장주(Airport Traffic Pattern)이다.

실험용 공항 장주 비행 절차는 표준 공항 장주 비행 절차에 따라 5개의 구간(Upwind /Crosswind/ Downwind / Base / Final)으로 설정 하였으며 이후 두 조종 그룹의 데이터 비교를 위해 총 각 구간에 5개의 X,Y,Z 표준 웨이 포인트를 설정 하였다.

VFR 비행 절차에서는 항공기 계기 및 항법 장치를 참고하지 않고 조종사의 시야를 통해 비

행하는 절차이기 때문에 각 장주 절차마다 조종사가 시계로 확인할수 있는 지형지물과 저명한 시설 같은 비주얼 체크포인트(Visual Check Point)가 중요하다.

이러한 이유에 따라 모의 실험 비행 절차가 이루어 지는 공항은 국내에서 민간 조종사 교육 및 양성용으로 활용 되어 실제 비행 절차에 대한 참고 자료가 많으며 연구에 활용되는 비행 시뮬레이션 프로그램인 Laminar Research 社의 'X-Plane11'에서 실제 공항 데이터와 지형(Terrain) 데이터를 충분히 포함 하고 있는 울진 공항(Uljin Airport, ICAO: RKTU)으로 선정하였다.

Fig. 3과 Table. 3은 설정된 장주 비행 절차에 대한 설명이다.

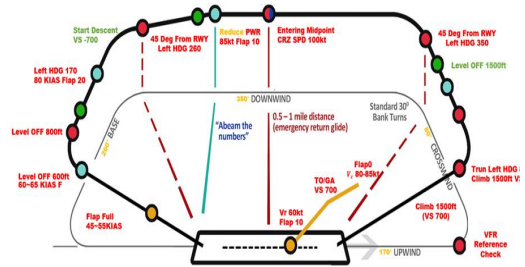


Fig 3. Standard Traffic Pattern

Table 3. Standard Waypoint information

포인트	설명	경도	위도	고도
WP1 (Upwind)	Initial Turn (Climb)	36.7578	129.4692	1000
WP2 (Crosswind)	Second Turn (Climb)	36.7575	129.4921	1500
WP3 (Abeam)	Abeam (Steady Flight)	36.7582	129.4904	1500
WP4 (Base)	Third Turn (Descent)	36.8012	129.4826	1450
WP5 (Final)	Final Turn (Descent)	36.8002	129.4572	766

Table 4번 및 Fig 4,5번은 설정된 공항 장주 비행 절차에 있어 세부적인 비주얼 체크 포인트에 대한 세부적인 내용이다.

Table 4. Specific Procedure information

Airport	RKTL
Take off RWY	Runway 17
Landing RWY	Runway 35



Fig 4. X-Plane Uljin Airport (RKTL)






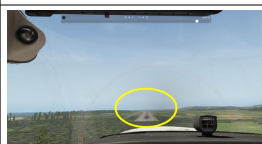
	Upwind 구간 Visual Check Point RWY 35 앞 항만
	Crosswind 구간 Visual Check Point RWY 35 와 45°
	Downwind I 구간 Visual Check Point 울진공항 항공기 계류장
	DownWind II 구간 Visual Check Point End of RWY 17
	Base 구간 Visual Check Point RWY 17 앞 능산
	Final 구간 Visual Check Point RWY 17 앞

Fig 5. Flight Procedure Check Point Procedure Visual Check Point

2.4 비행 데이터 추출

두 조종 그룹의 모의 비행을 통한 조종 훈련 척도 평가를 위해 각 실험 그룹에서 도출된 데이터 세트를 정규화 시켰다. Table 5.는 모의 비행에서 추출한 총 데이터로써 7개의 범주로 총 20개 비행 데이터가 추출되었다.

그러나 본 연구에서는 조종 효율의 척도로 모의 비행을 실시한 기체의 위치 X,Y,Z 만 비교 대상 이므로 실제 데이터 분석에 사용된 비행 데이터 자료는 Table 6.와 같이 매초(Time) 마다 고도 (Altitude) 위치(Latitude, Longitude) 로 구성 하였다.

데이터 기록은 1초에 2 세트씩 저장하였다.

Table 5. Pre Processing Flight Data Table

항목	설명	단위
Time	진행된 비행의 기록 시간	Second
Deflection	항공기 승강타 각도 항공기 에일러론 각도 항공기 러더 각도	Degree
SPEED	항공기 지시대기 속도 항공기 수정대기 속도	Knot
Aircraft Status	항공기 피치 각도 항공기 롤 각도 항공기 요잉 각도	Degree
Lat	항공기 위치 (Y축)	Degree
Lon	항공기 위치 (Y축)	Degree
Alt	항공기 고도 (Z축)	Feet

Table 6. Processing Flight Data Table

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

2.5 실험군 경로(X,Y)궤적데이터 추출

두 조종 실험 그룹의 조종 효율을 척도를 알아 보기 위하여 실험 모의 비행에서 Table 6에서 명시한 경로 데이터(Lat/ Lon)와 시간 데이터 (Time)를 각 조종사 별로 추출 하였다.

조종사가 직접 조종을 하는 수동 조종(Manual) 데이터 특성상 각 조종사마다 다른 비행 조종 모델을 가지고 있기 때문에 시간에 따라 같은 데이터 경향성을 가지지 않으므로 데이터 가공이 필요하다.

이러한 이유로 추출된 데이터를 1차적으로 전 구간 비행 데이터 중 이륙 직후의 데이터 구간을 추출하여 가공하였다.

이후 원활한 데이터 비교를 위해 두 조종 실험군 데이터를 표준 웨이 포인트 설정 기준을 참고하여 표준 경로 데이터와 실험군 데이터를 각각 시간과 경로에 대한 그래프로 표시하여 하나의 그래프로 출력하였다.

두 조종 실험 군으로부터 추출한 실험 경로(X,Y) 데이터와 표준 경로(X,Y)데이터는 Fig 6,7와 같다.

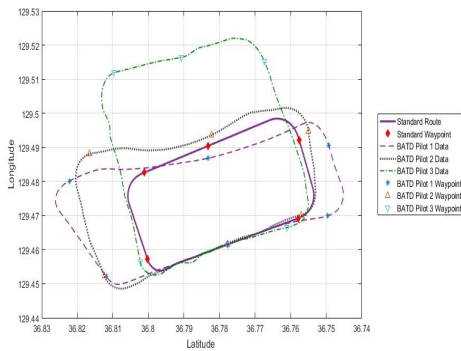


Fig 6. Standard & BATD (X,Y Position Plot)

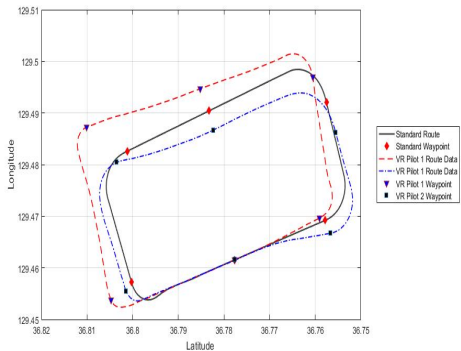


Fig 7. Standard & VR BATD (X,Y Position Plot)

2.6 실험군 고도(Z) 데이터 추출

경로(X,Y) 데이터 추출과 마찬가지로 두 조종 실험 그룹의 조종 효율의 척도를 알아 보기 위하여 Table 6에서 명시한 데이터 세트에서 고도 데이터(Alt_agl)와 시간 데이터(Time)를 각 조종사 별로 추출하였다. 앞서 설정한 표준 공항 장주 비행절차 예서는 각 웨이 포인트 별로 도달해야하는 표준 목표 고도가 존재하나 조종사의 스로틀(Throttle) 조작에 따라 상승률이 달라지므로 데이터의 정규화를 위한 가공이 필요하므로 이륙 직후의 데이터 구간을 추출하여 가공하였다.

이후 원활한 데이터 비교를 위해 두 조종 실험군 데이터를 각각 시간과 고도 정보를 표시하여 하나의 그래프로 출력하였다.

두 조종 실험 군으로부터 추출한 고도(Z)에 대한 모의 경로(X,Y) 데이터와 표준 경로(X,Y)데이터는 Fig.8,9와 같다.

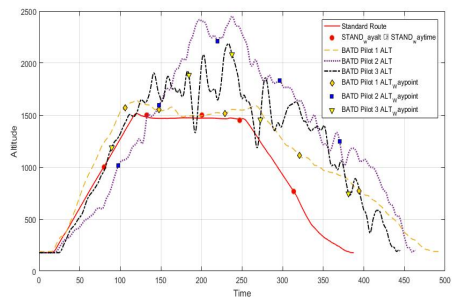


Fig 8. Standard & BATD (Time_ALT Plot)

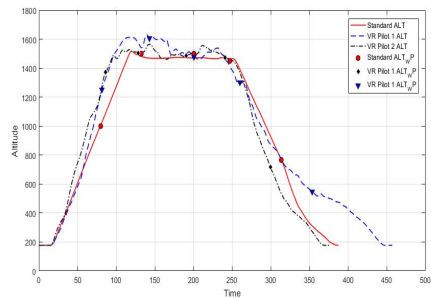


Fig 9. Standard & VR BATD (Time_ALT Plot)

2.7 비행 데이터 비교&분석

데이터 추출 이후 표준 경로(X,Y),고도(Z) 데이터와 실험 군 그룹 경로(X,Y), 고도(Z) 데이터의 거리에 대한 절대 오차를 분석 함으로써 각 기조 모의 비행 훈련 장치 및 조종 그룹에 대한 비행 정확도를 계산하였고 그 결과를 통하여 조종 효율을 파악하였다.

표준 경로 (X,Y) 웨이 포인트와 실험 데이터 간 경로(X,Y) 오차거리의 계산은 항공기의 위,경도 추출하여 계산하였다. 모의 비행장치 엔진인 X-Plane에서 위,경도 데이터를 10^{-4} 의 정확도로 출력 하였으며 3차원 지구 좌표계를 기반으로 각 표준 웨이포인트에서의 오차 거리를 다음과 같은 식으로 계산을 진행 하였다.

표준 웨이 포인트 고도(Z)와 실험 데이터 간 고도(Z)의 오차거리의 계산은 각 5개의구간 별 표준 고도(Z)에서 실험 데이터의 고도(Z)를 빼 값으로 계산을 진행 하였다.

표준 경로(X, Y)와 실험군 경로(X, Y) 오차율 계산

$$\begin{aligned}
 a &= \sin^2(lat_s - lat_e/2) + \cos(lat_s) \cdot \cos(lat_e) \cdot \sin^2(lon_s - lon_e/2) \\
 c &= 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \\
 \text{Error Distance} &= R \cdot c \tag{1}
 \end{aligned}$$

lat_s = Standard Latitude (표준웨이포인트위도)
 lat_e = Experimnet Latitude (실험군 웨이포인트위도)
 lon_s = Standard Longitude (표준 웨이포인트경도)
 lon_e = Experimnet Latitude (실험군 웨이포인트경도)

a = Haversine
 R = Earth Radius (6500km)

표준 고도(Z)와 실험군고도(Z) 오차율 계산 (2)

$$\begin{aligned}
 \text{Error Distance} &= |Alt_s - Alt_e| \\
 Alt_s &= \text{Standard Altitude (표준 웨이 포인트고도)} \\
 Alt_e &= \text{Expriment Altitude (실험군 웨이포인트고도)}
 \end{aligned}$$

데이터의 분석은 'X,Y 거리 오차'와 '고도 오차'로 총 두 가지 방법으로 비교 분석 하였다. 다음 Fig 10,11.은 데이터의 비교 분석 결과 그래프 이다.

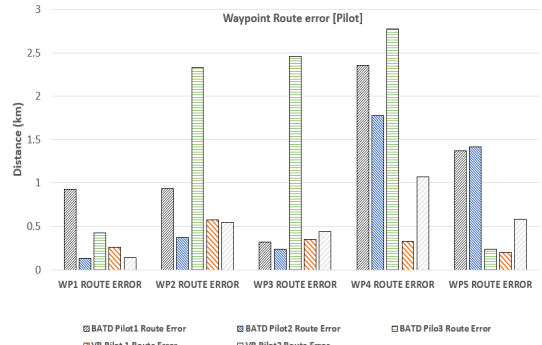


Fig 10. Waypoint Distance Error

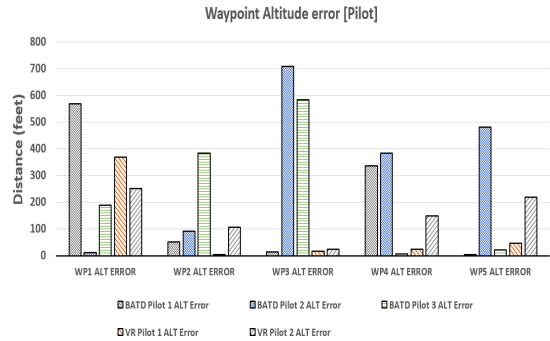


Fig 11. Waypoint Altitude Error

데이터 분석 결과 BATD 그룹의 모의 비행 오차는 상대적으로 VR BATD 그룹의 모의 비행 오차보다 크다는 것을 확인할 수 있었다. 각 실험군 조종사의 오차 데이터 평균은 Table 7.과 같다.

Table 7. Average Error of Pilot

Pilot List	X,Y Error (Average)	ALT Error (Average)
Pilot A (BATD)	1.18km	195.4 feet
Pilot B (BATD)	0.7836km	335.8 feet
Pilot C (BATD)	1.6459 km	236.5 feet
Pilot D (VR)	0.3414 km	92.2 feet
Pilot E (VR)	0.55 km	149.6 feet

III. 결 론

본 연구에서는 VR HMD를 이용한 BATD의 조종 훈련 효율 척도를 알아보기 위하여 두 개의 조종사 그룹을 선발 후 모니터 기반 BATD와 VR HMD기반의 BATD에 탑승하여 동일한 공항 장주 비행절차를 통해 비행 데이터를 추출 후 데이터 분석을 진행 하였다.

데이터 분석 결과 VR HMD 기반 BATD를 탑승한 조종 그룹의 비행 오차가 기존 모니터 기반 BATD 그룹의 오차보다 작은 수치를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과의 이유는 조종사의 시계가 가장 중요한 VFR 비행 절차에서 VR HMD 기반 BATD 그룹이 기존 모니터 BATD 그룹에 비해 시뮬레이터-조종사 모델 간 더욱 빠른 시야 동기화 및 실시간 성으로 인해 각 공항 장주 비행 절차 수행 중 웨이 포인트의 지형을 참고하는 Reference Visual Point Check가 더욱 활발히 이루어졌기 때문이라고 판단된다.

결론적으로 VR HMD의 기능이자 장점인 사용자와 시뮬레이터 간 즉각적인 시야 동기화를 통해 VR HMD를 활용한 BATD 조종 그룹이 기존 모니터를 기반으로 한 BATD 그룹에 비하여 모의 비행 평가 중 더 많은 시계 정보와 인지 능력을 가지게 되었으며 그로 인해 표준 경로 데이터와 적은 오차를 가지게 된 것으로 판단된다.

그러나 본 연구는 실험 집단의 특성 상 소수의 기성 조종사와 학생 조종사로 연구가 진행이 되어 향후 연구에는 많은 수의 기성 조종사와 훈련 학습효과 및 인적 요소(Human Factor)를 반영한다면 더욱 자세한 운항 훈련 효율에 대한 연구가 가능할 것으로 기대된다.

후 기

‘이 논문은 2017학년도 건국대학교의 연구년 교원 지원에 의하여 연구되었음’

‘2018 한국항공운항학회 춘계학술대회 발표논문 수정 보완하였음’

‘본 연구를 위해 실험에 참여 하여 주신 조종사 분들께 감사의 말씀을 전합니다.’

Reference

- [1] Yun-Sik Jung, Kyung-Su An, Chang-Su Lee, 2016, “Study on Selection for Training Subjects using Flight Training Device (FTD) in the First Flight Training (Private Pilot Courses)”, *Journal of Aerospace and Environmental Medicine* 26, 8-13
- [2] FAA, 2014, “FAA Approval of Aviation Training Devices and Their Use for Training and Experience”, AC61-136A
- [3] Jeppesen, 2015 “Private Pilot”
- [4] Chil-young Kim, Byeong-Seon Yoo, Seung-hoe Choi.(2011) “A study on Fuzzy model for flight aptitude using K-WAIS and FTD Test”, *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 19, 39-45
- [5] <http://forums.x-plane.org>
- [6] S.O.Choy, Y, K. Cho, H. B. Eun.(2001). “Study on Model of the Pilot Aptitude through the Simulated Flight using the Pilot Aptitude Research Equipment”, *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 9, 39-45