

가상현실기반 낙하훈련시스템 개발

유재정¹ · 강석중^{2*}

Virtual Reality Based Fall Training System

Jae-Jeong Ryu¹ · Seok-Joong Kang^{2*}

¹Ph.D, Graduate School of Management of Technology, Korea University, Seoul, 02841 Korea

^{2*}Professor, Graduate School of Management of Technology, Korea University, Seoul, 02841 Korea

요약

가상현실은 게임, 오락, 통신, 스포츠, 건축 분야에서 활발히 적용되고 있다. 특히 교육 분야에도 많은 가상현실 기반의 교육 시스템이 개발되고 있어 효율적인 학습효과를 만들어내고 있다. 그러나 기술적 한계, 콘텐츠의 부족, 이론적 연구 부족 등으로 인해 아직은 군사용 교육 훈련 부분 적용되기에는 수준이 부족한 상태이다. 본 논문에서는 군사용 집단 강하 훈련에 적용 가능한 수준 높은 낙하훈련시스템을 개발하고, 개발에 필요한 핵심 기술과 구현방법을 연구하였으며, 개발 결과에 따른 효과를 분석하여 군사용 훈련시스템으로서의 가상현실기반 교육 시스템의 발전에 이바지하고자 한다.

ABSTRACT

Virtual reality is actively applied in the fields of games, entertainment, communication, sports, and architecture. In particular, many virtual reality-based education systems are being developed in the field of education, creating efficient learning effects. In addition, virtual reality-based education is used in areas such as maintenance, fighter control, medical care, and firefighting as it can maximize the educational effect through the mastery process of the function itself through the curriculum as well as indirect experiences of dangerous situations that are difficult to experience. However, due to technical limitations, lack of contents, and lack of theoretical research, the level of application of military education and training is still insufficient. This paper aim to contribute to the development of a virtual reality-based education system as a military training system by developing a high-quality drop training system applicable to military group descent training, studying key technologies and implementation methods necessary for development.

키워드 : 가상현실, 낙하훈련시스템, 모션베이스, 동작감지 센서, 집단 강하

Keywords : Virtual reality, Fall training system, Motion base, Motion sensor, Mass parachute drop

Received 1 October 2021, Revised 11 October 2021, Accepted 14 October 2021

* Corresponding Author Seok- Joong Kang(E-mail:sjkang64@korea.ac.kr, Tel:+82-2-3290-4874)

Professor, Graduate School of Management of Technology, Korea University, Seoul, 02841 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.12.1749>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

1.1. 연구 배경

슬라이드나 필름과 같은 초기 영상 매체를 활용한 교육 훈련 분야의 시도는 세계 2차 대전 이후에 군대와 산업 분야에서 단기적으로 다수의 인력을 양성하려는 목적에서 출발하였다.[1] 이러한 매체는 더욱 구체적이고 현실적 경험을 제공할 수 있는 가상현실(Virtual Reality, VR) 기술을 이용하는 단계까지 발전되고 있다. 가상현실은 컴퓨터 등을 사용한 인공적인 기술로 만들어진 실제와 유사하지만, 실제가 아닌 어떤 특정한 환경이나 상황 혹은 그 기술 자체를 의미한다.[2]

그림 1과 같이 데일(Dale, 1969)의 ‘경험의 원추’ 모델에서 제시된 학습의 세 가지 유형을 살펴보면, 언어기호나 시각기호 등 상징적 문제를 이용한 학습 유형과 영화, 전시, 견학 등 시청각적 경험과 관찰을 통한 학습 유형, 극화된 경험, 구성된 경험, 직접적 목적적 경험을 이용한 행동에 의한 학습 유형 중 행동적 경험에 의한 학습이 가장 큰 효과가 있음을 말해주고 있다.

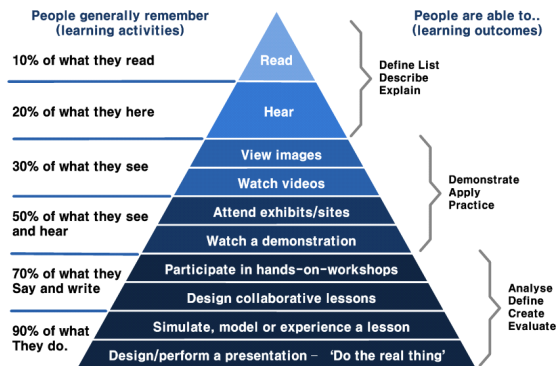


fig. 1 E. Dale's Cone of Experience

즉 가상현실 기술은 행동을 통한 실제적 경험을 제공하는 측면에서 매우 효과적인 교육수단임을 알 수 있다.

1.2. 연구 목적

그러나 기술적 한계, 콘텐츠의 부족, 해당 분야의 이론적 연구 부족 등으로 인해 아직은 교육 훈련 효과가 실제 훈련 상황에 비해 많은 부분에서 현실감이 떨어지고, 실질적 훈련 효과가 부족하다는 지적이 있는 것도 사실이다. 이러한 이유로 전술 훈련을 목적으로 한 군사

교육 훈련 분야에서의 가상현실기반 교육 시스템은 전투기나 헬리콥터용 조종 시뮬레이션 분야를 제외하고는 게임 시장이나 민간 산업 분야의 활용도에 비해 그 보급률이 미미한 실정이다.

본 논문에서는 가상현실기반 낙하훈련 시스템의 개발 과정을 분석하여 군사 분야의 전술 훈련에 적용될 수 있는 가상현실기반 교육/훈련시스템의 모범적 모델을 제시하고, 개발 결과에 대한 전문가 그룹(훈련 교관 위주)의 정성적 평가를 바탕으로 향후 개선 방안을 도출하고자 한다.

II. 본론 1(이론적 배경)

2.1. 가상현실 기술의 활용 및 교육 시스템 적용 예

가상현실은 가상의 공간에서 실제 환경과 유사한 시각 및 인체 감응 효과를 제공하여 몰입감 있는 실감 체험을 가능하게 하는 기술로, HMD (Head Mounted Display) 장치를 통해 입체적인 영상 및 음향이 제공되며, 장착된 센서를 활용하여 가상환경에서의 인간 대 컴퓨터의 상호작용을 수행함으로써 사용자에게 더욱 실감 나는 경험을 가능하게 한다.[3]

다양한 분야에 적용되는 가상현실 기술은 교육 훈련 시스템에도 적용이 확대되고 그 수요가 증가하고 있다. 가상현실이 적용되는 주요 분야는 게임, 오락, 통신, 스포츠, 건축 및 교육 분야로서 분야별 적용 사례는 다음 표 1과 같다.

table. 1 Cases by field of application of virtual reality. [4]

Field.	Case
Game	- Virtual reality platform and contents. - Provide 3D Game space.
Entertainment	- Changes in content consumption across the entertainment industry. - The ride combines virtual reality technology and physical devices.
Communication	- Provide vivid communication experience. - Realize the conference hall and a party hall in a virtual space.
Sports	- Rehabilitation program, virtual trainer.
Architecture	- Reduce unnecessary costs by verifying stability before actual start of construction. - Improving the completeness of the construction and strengthening the maintenance function.

표2. 와 같이 가상현실 기반의 교육은 교육과정을 통한 기능 자체의 숙달 과정은 물론 쉽게 경험하기 곤란한 위험한 상황에 대한 간접 경험을 통해 교육 효과를 극대화할 수 있어 정비, 전투기 조종, 의료, 소방 등의 분야에서 이용되고 있다.[5]

table. 2 Using a virtual reality-based education system. e.g. [5]

Item	Contents
Aircraft Engine (Rolls-Royce)	- Adoption of VR for engine maintenance /repair education & virtual practice. - Q&A with the instructor in a virtual space.
Automobile (BMW Group)	- Adoption for parts assembly training in the production process.
Military (F-35)	- Replacing fighter pilot training from head-up display (HUD) to head-mounted display (HMD)
Medical (Teoldo University College of Medicine, Korea University College of Medicine..etc)	- Providing sufficient practice for surgery that requires high concentration and expertise.
Sports (STRIVR)	- Virtual training environment and production of training programs. Develop content to analyze the training results of athletes.
Telecommunication (LG U Plus)	- Visiting cultural properties, attractions, animals, and plants vividly through AR and VR content platforms.

2.2. 가상현실기반 낙하훈련시스템

가상현실기반의 낙하훈련 시스템은 실제 낙하 공간에서 낙하자가 바라보게 되는 시선에 따른 이미지를 HMD(Head Mounted Display)를 통해 출력하며, 훈련자의 주요 부위를 제어하는 모션베이스 장치를 이용하여 낙하자의 동작(팔, 다리 등)과 aerodynamics를 통해 계산된 고공 활강 및 낙하산 활강의 실제 상황을 훈련자에게 제공하는 교육 훈련시스템이다. 훈련자에게 낙하 시와 유사한 체감 효과를 모사함은 물론 낙하산의 고장이나 임의의 기상 변화 등을 인가하여 장기간의 훈련 과정을 통해서만 경험할 수 있는 특수 상황을 가상으로 경험할 수 있게 한다. 군사용 전술 훈련인 만큼, 감지 센서의 정확성과 공기 역학적 계산 알고리즘이 중요하며, 현실감 있는 인체 감응 효과를 제공할 수 있어야 한다.

국내외에 가상현실기반 낙하훈련시스템이 개발되어

있으나 모션베이스의 현실 모사에 대한 한계, 동작감지 센서의 오동작 및 착용 불편함, 동일 공간에서의 다자간 훈련 제약 등 군사용 낙하 전술 훈련 시스템으로 사용되기에 부족한 실정이다.

Ⅲ. 본론 2(가상현실기반 집단 낙하훈련시스템 개발)

3.1. 개발 시스템의 특징

개발된 가상현실기반 집단 강하 훈련시스템의 형상은 그림2와 같고, 다음과 같은 기능을 지원한다.

- 강하해야 하는 실제 지역을 가상훈련 지역으로 설정 (3D 지도 지원)
- 훈련 시간 설정, 기상 조건 설정(눈, 비, 안개 등)
- 조강 강하 훈련 및 조원 강하 훈련기능 별도 지원
- 고도 별 훈련기능 지원, HALO(High Altitude Low Opening) 및 HAHO(High Altitude High Opening) 와 같은 고고도 훈련 기능
- 낙하산 미전개와 같은 상황 등 예기치 못한 상황을 설정하여 실제 훈련에서는 발생하기 힘든 비상조치 훈련이 가능

이러한 복합적인 훈련기능을 지원하기 위해서는 키보드나 조이스틱과 같은 조작이 아닌 영상 기반의 신체 동작 감지 센서인 Kinect 센서를 적용하여 훈련자의 동작에 따른 Aerodynamics를 구현한다.

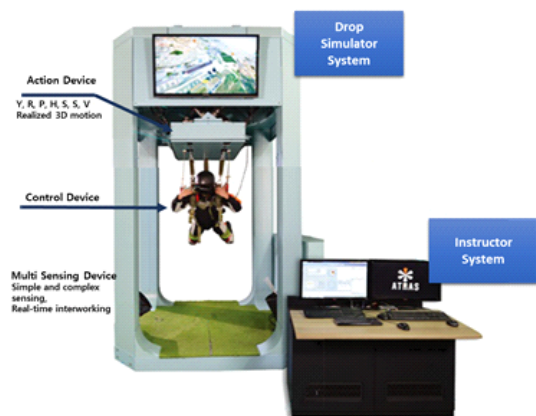


fig. 2 Virtual reality based fall training system.

또한, 집단 강하 훈련을 위한 네트워크 기능을 지원하며, 실시간으로 모든 데이터가 수집되고 동기화되어 3D 가상공간에 표현된다.

동시에 가상공간의 움직임을 실제 몸으로 느낄 수 있도록 yaw, roll, pitch 및 회전과 같은 모션 동작이 수행되어야 하는데 이를 위해 행하는 모터 제어뿐만 아니라 풍향 및 풍속을 느낄 수 있도록 하는 풍향 제어 시스템이 구현된다.

3.2. 핵심 기술 요소의 구현

집단 강하가 가능한 낙하훈련 시스템을 구현하기 위해서는 인체의 동작을 감지하기 위한 감지 센서 기술, HMD를 이용한 훈련자의 3D View 이미지 출력 및 시선 감지 기술, 인체의 현실감 있는 감응을 구현하기 위한 모션 베이스 제어기술, 컴퓨터 그래픽 엔진, 다중의 훈련자가 동시에 동일 가상 공간을 사용하게 되기 위한 네트워크 및 동기화 기술 등의 핵심 기술이 요구된다.

1) 인체 동작 감지 센서

시스템 특성 상 훈련자의 동작을 세부적으로 인식하여야 함. 팔, 다라, 머리 등 신체의 주요 부위의 자세를 인지하여 공기 역학과 aerodynamics를 적용하여 활강 속도, 방향, 궤적 계산을 위해 다음 두 가지의 방안을 검토하였다. 적용 가능한 주요 센서는 그림 3과 같이 위치 및 동작을 감지하는 개별 센서를 인체에 직접 부착하는 방식과 그림 4와 같이 3D Depth 카메라 기반 영상 처리 기술을 이용한 동작 감지 센서를 이용하는 방법이 있다. 이 두 가지의 방법을 분석하여 개발 시스템에는 영상 처리 기술을 이용한 동작 감지 센서인 kinect 센서를 채택하였다.

(1) 위치/동작 감지 센서 부착 방식

- 모션센서(MEMS 자이로스코프, 가속계 기반) 이용
- 훈련자의 불필요한 센서 장비 장착 시간 소요
- 각 무선 센서의 개별 충전 필요, 준비 시간 및 다중화로 인한 비용 상승
- 모션센서의 특성상 변화율 측정을 기반으로 하므로 초기 제로 위치 및 방향설정이 틀어지거나, 운용 시간이 길어질 경우 누적 오차가 발생하여 정확한 인체 형태 측정이 어려워짐



fig. 3 Detection of Arm/Leg movements using motion sensors.

- (2) 영상 기반의 동작 감지 센서(Kinect 센서) 적용 방식
 - 컬러 영상과 IR을 이용한 거리(영상 depth)로부터 입체적으로 인체를 감지하고 이를 기반으로 이미 지처리를 통해 각 신체 부위, 관절 등의 위치, 벡터를 감지할 수 있는 Kinect 센서 적용
 - 훈련자의 동작, 위치를 감지할 수 있음
 - 전원 공급이 가능한 고정된 위치에 센서를 장착하므로 충전 불필요
 - 별도의 센서 착용 없이 운용 가능
 - 복잡한 자세 및 관절의 위치도 감지 가능
 - 광학 기반으로 태양광, 반사광 등에 의한 간섭 발생 가능성 있음 실내 운용 시스템 개발 시 효과적

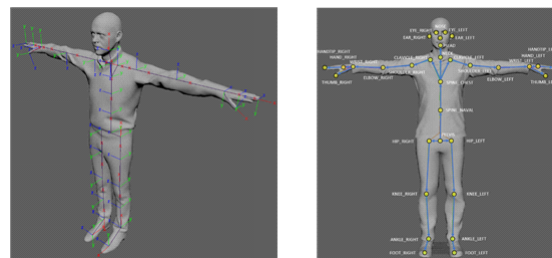


fig. 4 Human joint recognition using Kinect sensor. [6]

2) HMD(Head Mound Display) 적용

HMD는 유선 무선 방식이 모두 지원되고, full HD (1920x1080)급 이상의 해상도를 지원하는 모델을 선정하였다. HMD에는 head의 방향(시선 방향)을 감지할 수 있는 기능이 지원되는데, 자이로센서와 가속계 이용한 변화 상대 좌표만 감지할 수 있는 모델과 IR 센서가 추가로 장착되어 절대 위치를 감지할 수 있는 모델(Base

Station 장착형)이 있다. 변화량에 의한 위치 감지 기능만 지원하는 경우 초기 설정 좌표 대비 상대 시선 각 변화율만 감지하는 경우로 시간이 지남에 따라 누적 오차 발생 가능성을 고려하여 base station 장착형 모델을 적용하였다.

3) 인체 감응 현실성을 극대화하기 위한 모션 베이스

인체 감응 현실성을 극대화하기 위하여 회전형 모션 베이스를 구현하고 5개의 와이어를 이용한 모터 제어를 통해 x, y, z 각 축 방향의 회전 동작(Roll, Pitch, Yaw 동작) 및 각 축 방향의 이동 동작까지를 지원할 수 있도록 설계하였다. 이 방식을 채택하여 시각적 효과에만 의존한 방법에 추가적 인체 감응이 이루어질 수 있는 4D 기반 시뮬레이터가 제작되었다.

인체 감응 구현 방법은 계산된 변위, 변위각을 훈련자가 감응할 수 있도록 가속도 성분을 모사하는 방법을 적용하였다. 단 지속적인 가속을 인가하기 위하여 정지 또는 등속 구간에서 훈련자가 감지하지 못하는 일정 수준 이하의 속도로 모션 베이스를 원점으로 복귀시킨다. 그림 5는 aerodynamics에 의해 계산된 위치(변위) 또는 각 변위에 대하여 모션베이스의 실제 움직임과 원점 복귀 과정을 나타낸다.

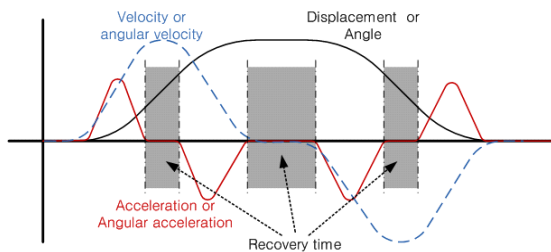


fig. 5 The actual movement of the motion base and the process of returning to square one.

그림 5에서 알 수 있듯이 사용자가 감응하는 구간은 가속도(각 가속도) 구간이므로 가속도가 발생하지 않는 구간에서는 인체가 감지하기 어려운 속도로 다시 제로 점(원점, 최초 시작 점)으로 복귀하여 이후에 발생할 가속 구간을 대비한다.

4) 고해상도의 가상현실 이미지를 구현하기 위한 그래픽 엔진

3D 그래픽 엔진을 개발하기 위한 비용부담이 크고,

그래픽 엔진이 개발되어 있지 않으면 콘텐츠가 개발될 수 없는 문제점을 해결하기 위해 자체적으로 3D 그래픽 엔진을 개발하기보다는 상용 그래픽 엔진의 라이선스를 구매하여 개발하는 방식을 선택하고 있는 추세이다.[7] 현재 상용 엔진은 유니티, 언리얼, 크라이엔진, Cocos2d 등 다양한데, 이중 가장 많이 사용되고 있는 엔진은 유니티(Unity)와 언리얼 엔진 4(UE4; Unreal Engine 4)이다.[8] 낙하훈련시스템에 적용하기 위하여 표 3과 같이 이 두 개의 그래픽 엔진의 개발 측면과 성능, 비용 측면의 장단점을 검토하였다.

table. 3 The comparison of UNITY & UNREAL

Item	UNITY	UNREAL
Development Language	C#	C++
Object Concept	- Component-based system - Easy for users to access.	- It consists of detailed components. - Complicated but has excellent performance.
Player Formation	- Support for prefab (multi-configurable, reusable lobes)	- Support for blank object characters. - Need to implement a character on a blank object.
Event Process	- Give conditions to the update event.	- Provide an event function (convenient)
Main area of Use	- Available in both 2D and 3D - Easy to implement 3D graphics and 2D GUI simultaneously.	- The engine that is mainly used to make 3D games. It has high-performance and high-quality functions.
Perceived ease of use	- Create plug-ins and various functions and distribute them to the asset store for free. - Available for projects by purchasing an asset. - The interface is intuitive and convenient.	- It can express textures such as glass, metal, and rubber, also create fire or lightning effects using particle systems.
Reference	Plentiful	Plentiful

유니티와 언리얼은 상호 장단점이 있다. 따라서 구현하는 시스템의 성격에 따라 최적의 그래픽 엔진을 선택하는 것이 중요하다. 높은 수준의 그래픽을 구현코자 한다면 언리얼의 사용이 유리할 것으로 판단된다.

낙하 훈련시스템의 경우는 3D 지도 내 건물 등의 고정 구조물에 대한 섬세한 표현보다는 광범위한 범위의 낙하 구역에 대한 3D 지형이 구현되어야 하므로 유니티

의 적용이 상대적으로 효과적이라 판단되었다. 또한 애셋스토어에 많은 플러그인이나 다양한 기능이 구현되어 있고, 이를 상대적으로 저렴한 가격으로 공급받을 수 있어, 효과적으로 활용한다면 개발 기간 단축 등의 장점이 있을 수 있다. 이러한 이유로 낙하 훈련시스템에는 유니티 엔진을 적용하였다.

5) 네트워크 기반 가상 공간에 다중의 훈련자 접속

집단 강하 훈련(다중의 훈련자가 하나의 가상 공간에 동시 훈련) 기능을 수행하기 위하여 모든 훈련 시뮬레이터는 TCP/IP 기반의 네트워크를 통해 접속되며, 각각의 시뮬레이터에 탑재되는 3D map 내에서의 훈련자 본인 및 타 훈련자의 아바타 동작은 상호 동기화 처리된다. 그림 6은 집단 강하 훈련을 지원하기 위한 다중 시뮬레이터의 구조도이다. 각 훈련자의 동기화를 위해서는 훈련자의 상태가 실시간으로 감지되어야 하는데, 이를 위한 강하자의 점프 감지, 낙하산 개산 상태 처리, 예비낙하산을 위한 센서 처리, 낙하산 조종을 위한 조종줄 감지, 공중 동작을 인지하는 키넥트 센서 처리, 낙하산 종류에 따른 동역학 적용, 풍향 풍속에 따른 aerodynamics 적용 및 착지 동작 감지 등이 수행된다.

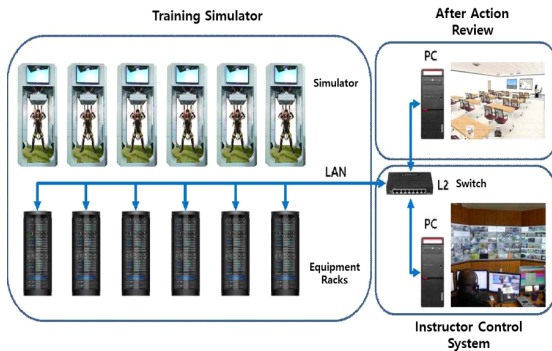


fig. 6 Group (Multiple trainees) drop simulator construction model.

3.3. 개발 결과

1) 개발 결과물

최대 12명 까지 분대 집단 강하 훈련이 가능한 낙하 훈련 시스템을 개발하였고, 4곳의 훈련 부대에 설치하였다. 시스템의 주요 결과물은 크게 세 가지의 그룹으로 나누어진다.

첫째, 다중 낙하 시뮬레이터로 그림 7과 같이 다수의

훈련 자가 동시에 훈련할 수 있는 구조이다.

둘째, 종합 통제 소프트웨어이다. 이 종합 통제 소프트웨어를 통해 훈련 모드, 환경 설정, 비상 상황 설정, 훈련 지형, 기상환경 설정은 물론 훈련 후 종합 강평까지를 지원한다. 그림 8은 GUI의 주메뉴 화면을 나타내고 있다.

셋째, 훈련자에게 제공되는 3D 그래픽 이미지이다. 훈련자의 시각(1인칭 시점) 이미지는 HMD에 제공되며, 그림 9와 같이 동일 가상 공간에서 훈련하고 있는 다른 훈련자의 모습 또한 3인칭 시점으로 확인할 수 있다. 또 모든 훈련자의 모습은 교관이 supervisor 모드로 가상 공간 내에 직접 들어가 훈련 모습을 모든 각도에서 관찰할 수 있는 기능을 지원한다.



fig. 7 The shape of the drop training system.

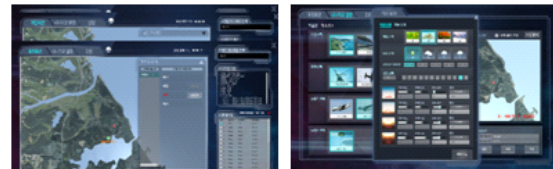


fig. 8 Screen of Control GUI.

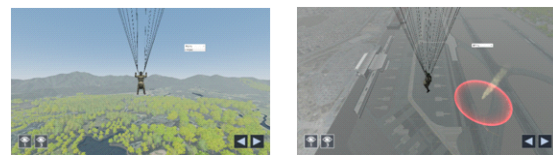


fig. 9 HMD Training image (3rd person perspective)

2) 전문가 그룹에 의한 정성적 평가

시험 평가를 위한 전문가 그룹은 현역 낙하 특전사 교관으로 구성되었으며, 개별 훈련 및 집단 강하 훈련, 위기 상황 대처 훈련기능 등에 대한 정성적 평가가 이루어졌으며, 평가 기준은 군사용 교육 훈련시스템으로 사용이 가능한 수준인가에 대한 개별적 pass/fail로 결정되었다. 주요 시험 평가항목은 다음과 같다.

- 체감 효과: 점프 충격, 낙하산 개산, 충격, 활강 시 체감 효과
- 비정상 상황 및 위기상황 인가 및 대처 방법 감지
- 기상 조건에 따른 활강 변화
- 집단 강하 훈련기능
- 강하 조장 훈련기능

기본적으로 요구되는 기능을 포함하여, 위의 각 주요 시험 평가 항목에 대한 적합 판정으로 군사용 훈련시스템으로서의 성능이 입증되었다.

3) 개선 사항

- 훈련자의 어지럼증 증상 제거
- 가상 공간 내 상대 아바타에 대한 추가적 섬세한 표현

4) 개발 결과 성과

- 2종의 특허 및 1종의 실용신안 출원 및 등록

IV. 결 론

개발된 가상현실기반 낙하훈련시스템은 실제 낙하와 유사한 체감 효과를 구현할 수 있었으며, 집단 낙하 기능 및 비상 상황에 대한 현실적 대처 훈련 등, 군 낙하 전문가 그룹에 의한 군사용 교육 훈련시스템으로서의 가치가 입증되어 가상현실 분야의 군사용 훈련시스템 적용 가능성 확대 및 낙하훈련 시스템의 수준 향상에 기여했다고 판단된다.

그러나 훈련자의 어지러움을 유발하는 HMD의 시선 처리 부분은 여전히 개선되어야 문제점으로 남아있다. 이를 위해서는 시선 처리 기술 및 HMD 영상의 초점거리 확장 기술 및 초점거리 확장과 연동된 이미지처리 기술이 적용되어야 하고, 민간 분야에서 적용되고 있는 최신 기술들의 탐색 및 활용이 수행되어야 한다고 생각된다.

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my gratitude to everyone who helped me completed this paper.

REFERENCES

- [1] S. I. Park, *Principles and Application of Educational Engineering*, Kyoyookbook, 2012.
- [2] J. W. Im. (2016, October). It's the first year of Virtual Reality...How far is VR?. *The Hankook Ilbo* [Internet]. Available: <https://www.hankookilbo.com/News/Read/201610240412671188>.
- [3] S. A. Kim, "Trends and market prospects for virtual augmented reality technology development," *Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation*, Weekly Technology Trend 1803Ho, Jul.2017.
- [4] M. S. Lee and K. S. Kim, "The rise of virtual and augmented reality (VR and AR) industries and measures to secure competitiveness," KDB BANK Monthly Research Report, Oct, 2017.
- [5] D. W. Lee, "Trends in the application of virtual/enhanced reality in the field of education," *Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation*, Weekly Technology Trend 2000Ho, Jun. 2021.
- [6] Microsoft. Azure Kinect DK User Manual 2020 [Internet]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/kinect-dk/>.
- [7] H. S. Lee, S. T. Ryu, and S. H. Seo, "The comparative study of the structure and implementation method of Unity and Unreal Engine 4," *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, vol. 25, no. 4, pp. 17-24, 2019.
- [8] IT DAILY. (2018. December). The SW industry is looking beyond creative convergence [Internet]. Available: <http://www.itdaily.kr/news/articleView.html?idxno=92038>.



유재정(Jae-Jeong Ryu)

1988년 연세대학교 학사
 1991년 New York Univ, MBA, STERN SCHOOL 석사
 2013년 고려대학교 기술경영대학원
 국방기술경영학과 (공학박사)
 현재 : (주) 신보 대표이사
 ※ 관심분야 : 방산수출, Embedded System, 센서응용기술, 전자제어, IoT



강석중(Seok-Joong Kang)

1988년 Indiana Univ, 전산학 학사
 1991년 Indiana Univ, 전산학 석사
 2003년 Univ, of California, Irvine 전자전산공학 박사
 2012년 광운대학교 교수
 현재 : 고려대학교 기술경영전문대학원 국방기술
 경영학과 교수
 ※ 관심분야 : 실시간 체계, 소프트웨어공학, 획득체계