Research Paper

Journal of Aerospace System Engineering
Vol.16, No.1, pp.40-48 (2022)

EISSN 2508-7150
http://dx.doi.org/10.20910/JASE.2022.16.1.40

투시형 HMD를 착용한 재난 구조대원의 효과적인 UAV 활용을 위한 가상현실기반 시뮬레이션 소프트웨어 개발

채문교[1] · 강문혜[2] · 문용호[2,†]

[1]경상대학교 일반대학원 기계항공공학부
[2]경상대학교 공과대학 항공우주및소프트웨어공학부

Development of VR-based Simulation Software for Effective UAV Utilization of Disaster Rescuer Wearing See-through HMD

Mun Kyo Chae[1], Mun Hye Kang[2] and Yong Ho Moon[2,†]

[1]School of Mechanical and Aerospace Engineering, Gyeongsang National University
[2]Div. of Aerospace and Software Engineering, Gyeongsang National University

Abstract

Recent studies have reported about UAV-based disaster rescue system adopting AR technology. Performing a disaster rescue training in an environment similar to an actual disaster site results in high costs and risk of accidents. In this paper, we propose a simulation software using VR technology so that rescuer can safely and inexpensively train the operation of the disaster rescue system. Through the analysis of the existing system, we derived the requirements for virtualizing training, and developed the simulation software using Unreal Engine and Airsim API. Simulation results show that the proposed simulation software can effectively simulate the operation of the conventional disaster rescue system.

초 록

최근 AR기술을 접목한 UAV 기반 재난구조 시스템이 연구되고 있다. 일반적으로 실제 재난 현장과 유사한 환경에서 재난 구조 훈련을 진행하는 것은 높은 비용과 사고 위험이 야기된다. 본 논문에서는 AR 기술을 접목한 UAV 기반 재난구조 시스템의 운용을 구조요원이 저렴하고 안전하게 훈련할 수 있도록 VR 기술을 이용한 훈련 시뮬레이션 소프트웨어를 제안한다. 기존 시스템의 분석을 통하여 훈련을 가상화하기 위한 요구사항을 도출하고 Unreal Engine 및 Airsim API를 이용하여 제안하는 시뮬레이션 소프트웨어를 개발한다. 모의실험은 제안하는 시뮬레이션 소프트웨어가 기존 재난구조 플랫폼의 동작을 효과적으로 모의할 수 있음을 보여준다.

Key Words : UAV(무인비행체), Augmented Reality(증강현실), See-through HMD(투시형 HMD), Virtual Reality(가상현실), Disaster Rescue Platform(재난구조 플랫폼), Simulation Software(시뮬레이션 소프트웨어)

1. 서 론

4차 산업혁명시대의 핵심 기술 중 하나인 무인비행체는 접근이 힘든 곳의 정보를 손쉽게 획득할 수 있는 장점이 있어서 감시 및 대응 관련 플랫폼 개발에 널리 활용되고 있다[1-3]. 최근에는 재난 현장의 구조요원이 투시형 HMD를 착용하고 증강현실 기술을 바탕으로 무인비행체 및 GCS와 정보를 송·수신하는 재난구조 플랫폼이 연구되고 있다[4]. 이것은 기존의 기술보다 빠르고 효과적으로 정보를 획득할 수 있어서 임무 수행 효율을 증가시키면서 재난구조 시간을 감소시키는 효과를 보여준다.

그러나 무인비행체의 활용은 기본적으로 임무 수행 경험 부족과 조종 미숙으로 인한 사고 발생 위험을 동반하며, 일반적으로 항공분야에서 발생하는 사고의 70% 이상이 사람의 실수라고 알려져 있다[5]. 따라서 무인비행체를 안전하게 활용하기 위해서는 훈련을 통하여 조종사의 조종 실력과 임무수행 숙련도를 향상시

Received: Sep. 02, 2021 Revised: Dec. 27, 2021 Accepted: Jan. 20, 2022
† Corresponding Author
Tel: +82-055-772-1374, E-mail: yhmoon5@gnu.ac.kr
Ⓒ The Society for Aerospace System Engineering

키는 것이 필수적이며, 이러한 이유로 무인비행체 훈련을 위한 모의 시뮬레이터가 개발되고 있다[7-8].

일반적으로 시뮬레이션을 통한 모의 훈련은 시·공간적인 제약을 극복하여 훈련을 효과적으로 수행할 수 있게 하므로, 사고 위험과 비용이 감소하는 장점이 있다. 그러나 기존 시뮬레이터는 투시형 HMD를 착용한 구조요원이 무인비행체를 운용하거나 GCS와 통신하는 등의 기능들을 지원하지 못하는 한계를 지닌다. 이것은 기존 시뮬레이터가 무인비행체와 증강현실 기기를 이용한 재난구조 플랫폼의 훈련에 효과적으로 활용될 수 없다는 것을 의미한다. 따라서 실제 재난 현장과 같이 위험한 환경하에서 운용되는 재난구조 플랫폼을 안전하고 효과적으로 활용하기 위해서는 가상현실 기술을 접목한 훈련 시뮬레이터 개발이 필요하다.

본 논문에서는 무인비행체와 증강현실 기반 재난구조 플랫폼의 안전하고 효율적인 훈련을 위하여 증강현실 기기와 무인비행체를 가상화한 시뮬레이션 소프트웨어를 제안한다. 효과적인 시뮬레이션 수행을 위해서 가상현실의 필수요소[9]를 기반으로 시뮬레이터의 요구사항을 도출하고, 이를 토대로 가상화 시뮬레이션 소프트웨어를 개발한다. 제안된 소프트웨어는 Unreal Engine 4와 AirsimAPI를 이용하여 가상 무인비행체와 시뮬레이션에 필요한 영상정보를 수집하며, UMG 기능을 활용하여 가상 AR기기와 컨트롤러를 구현하였다. 그리고 제안된 소프트웨어를 검증하기 위하여 기존 재난구조 플랫폼에서 제공하는 기능들을 모의 수행하고 결과를 분석하였다. 분석 결과는 제안하는 훈련 시뮬레이션 소프트웨어가 실전 훈련 이전 단계의 초도 훈련을 수행하는 데 활용될 수 있음을 보여준다.

2. UAV와 증강현실 기반 재난구조 플랫폼

기존의 무인비행체 기반 재난구조 플랫폼에서는 구조요원이 음성으로 정보를 전달하면, 조종사는 사고 현장과 떨어진 곳에서 간접적인 정보만으로 무인비행체를 조종하면서 임무를 수행한다. 따라서 임무 수행이 효율적이지 않고, 돌발 상황에 대한 즉각적인 대처가 힘든 한계가 존재한다. 이를 극복하기 위하여 기존 무인비행체 기반 재난구조 플랫폼에 증강현실 기술이 접목된 새로운 재난구조 플랫폼이 개발되고 있다. 구조요원은 시야를 확보하면서 무인비행체와 GCS로부터 전송되는 정보를 신속하고 효율적으로 확인하기 위해 투시형 HMD를 착용한다. 투시형 HMD를 통하여 무인비행체의 상태 및 현장 상황 정보를 GCS로 전달하는 동시에 무인비행체를 직접 조종하여 원하는 정보를 신속하게 수집함으로써 급박한 상황에서 효과적으로 임무를 수행할 수 있다.

Fig. 1 Overview of AR-based disaster rescue platform[4].

Fig. 1은 무인비행체와 증강현실 기반 재난구조 플랫폼의 기본 구성 및 운용을 보여준다. 구조요원이 착용한 투시형 HMD는 GCS와의 정보 공유와 무인비행체 조종 관련 기능들을 지원하는 인터페이스를 포함한다. 따라서 구조요원은 투시형 HMD의 인터페이스를 통하여 GCS 및 무인비행체와 정보를 송·수신하는 동시에 무인비행체를 직접 조종할 수 있다. 이러한 기능들은 구조요원이 사고 현장으로 이동하는 동안에 임무를 숙지하여 현장에 도착하는 즉시 구조 활동을 전개할 수 있게 하므로 효과적인 초동대처를 가능하게 한다. 또한 GCS는 구조요원이 제공하는 정보를 토대로 무인비행체의 사각지대를 파악하여 긴급하게 변화하는 전체 현장 상황을 손쉽게 인지할 수 있다. 이처럼 무인비행체와 증강현실 기술을 활용한 재난구조 플랫폼은 증강현실을 지원하지 않는 기존 재난구조 플랫폼에 비해 우수한 성능과 실용성을 지닌다.

일반적으로 재난구조 플랫폼은 위험한 재난 상황에서 운용되기 때문에 시뮬레이션을 통한 모의 훈련을 수행하기 위해서는 무엇보다도 먼저 재난 환경을 구축해야 한다. 그러나 이것은 막대한 비용이 드는 동시에

훈련 중 사고 발생으로 인한 인명피해와 재산 손실의 위험을 수반한다. 따라서 사고 위험과 비용 부담을 감소시키고 훈련 효과를 증대시킬 수 있는 가상 시뮬레이터 소프트웨어 개발이 중요한 의미를 지닌다.

3. 제안하는 시뮬레이션 소프트웨어

3.1 요구사항

본 논문에서는 무인비행체와 증강현실 기반 재난구조 플랫폼의 효과적인 모의 훈련을 위하여 가상현실 기술을 이용한 시뮬레이션 소프트웨어를 제안한다. 제안하는 시뮬레이션 소프트웨어는 기본적으로 재난구조 플랫폼에 필요한 증강현실 기기와 무인비행체를 가상화하여 훈련 시뮬레이션을 제공해야 하므로 가상현실의 필수요소를 토대로 먼저 요구사항을 도출한다. 가상현실의 필수요소로는 가상이미지, 몰입감, 상호작용성이 존재한다[9]. 일반적으로 가상현실은 이들 요소들의 결합으로 구성되어 그 품질이 결정된다.

- 가상이미지: 3차원 이미지로 구성된 공간과 그 공간에 작용하는 물리법칙을 통틀어 말한다.
- 몰입감: 사용자가 얼마나 가상공간에 집중할 수 있는지를 나타내는 것으로 이를 향상하기 위해서는 일부 감각을 차단하거나, 고화질의 영상을 사용하는 방법 등이 이용된다.
- 상호작용성: 사용자가 가상현실로 이루어진 시스템에 신호를 입력하고 시스템이 응답하는 일련의 과정을 뜻한다.

Fig. 1에 제시된 플랫폼을 모듈화하고 그 기능들을 가상 환경에서 모사하기 위해서는 가상현실의 필수요소로 플랫폼을 분석하여 요구사항을 파악하는 것이 필요하다. Table 1은 Fig. 1의 플랫폼을 훈련자, 가상UAV, GCS로 구성되는 3가지 모듈로 분해하여, 주요 요구사항을 정리한 것이다. 1행과 2행의 가상 이미지와 상호작용성은 해당 플랫폼에서 제시된 시나리오의 기능을 모사하여 훈련을 수행하기 위해서 필요한 기본 요구사항으로 기능성 분류에 해당한다. 그리고 3행과 5행의 몰입감과 상호작용성의 결합에 해당하는 동기화 항목은 소프트웨어의 전반적인 응답 속도를 좌우한다. 일반적으로 시스템의 낮은 응답 속도는 사용자에게 스트레스를 줄 수 있다고 알려져 있다[10]. 그리고 낮은 응답 속도로 인한 스트레스는 집중력과 몰입감을 저해할 수 있다. 따라서 시뮬레이션 소프트웨어는 반응속도를 일정 이상으로 유지하는 것이 중요하다.

Table 1 Requirements for virtual AR-based disaster rescue platform.

요소 \ 모듈	훈련자	가상UAV	GCS
가상이미지	가상 재난 공간	가상 비행 공간	-
상호작용성	가상 AR기기 운용 (GCS에 신호 전달, GCS 데이터 수신)	-	가상UAV 제어
몰입감	HMD 운용 (가상 공간 및 UAV 관점의 가상 영상 도시)	-	
가상이미지 & 상호작용성	가상 공간과 가상 AR 기기간 연동을 위한 인터페이스	가상UAV 비행 영상 전달	-
몰입감 & 상호작용성	가상 AR기기 및 HMD 운용의 동기화	데이터 및 명령어 전달의 동기화	데이터 및 명령어 전달의 동기화

3.2 설계 및 구현

본 절에서는 도출한 요구사항을 토대로 가상 UAV, 훈련자, GCS 모듈들을 개발하고, 각 모듈 간 동기화가 원활히 이루어지도록 제안하는 소프트웨어를 설계하고 구현한다. Fig. 2는 제안하는 소프트웨어의 전체 구조를 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 3은 제안하는 소프트웨어의 개발 과정을 보인 것이다. 먼저 가상 UAV와 훈련자 모듈에 해당하는 가상 환경을 구축하여 활동할 수 있는 영역을 확보한다. 그리고 각 영역이 담당하는 역할과 상호작용을 설계 및 구현한다. 이후 가상 UAV를 생성하고 제어하여 상호작용할 수 있는 기반을 구축한다. 마지막으로 현실의 사용자가 상호작용을 활용

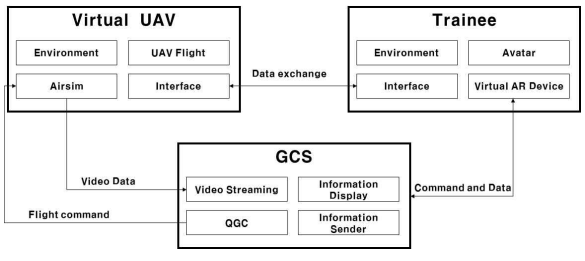

Fig. 2 Architecture of the proposed software

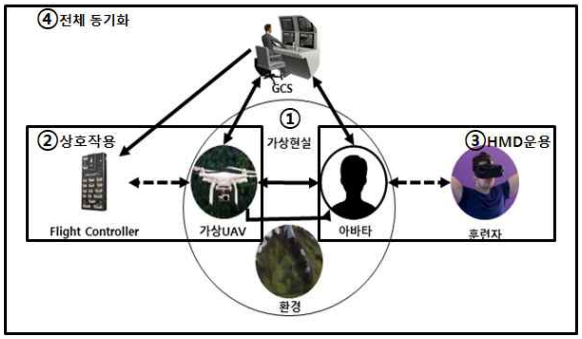

Fig. 3 Development sequence of the proposed software

할 수 있도록 HMD를 이용하여 가상현실을 구현하고 각 요소들의 동기화를 추진한다.

3.2.1 가상 환경

가상 환경은 훈련자와 가상 UAV 모듈 모두에 필요한 요소로서 가상의 훈련 공간이자 가상 영상을 생성하는 대상이다. 가상 공간은 가상 환경의 구성 요소 중 하나이며, 가상으로 이루어진 공간뿐만 아니라 공간에서 일어나는 물리법칙과 같은 요소를 포함한다. 따라서 각 요소를 모두 개발하고 관리하기에는 난이도와 개발 비용이 지나치게 증가한다. 이러한 이유로 일반적으로 종합 개발도구를 사용한다. 현재 사용하는 종합 개발도구로서 JAVA, VisualStudio 등이 있다. 이들은 디버그를 위한 패키지를 제공하지만 그래픽 환경, 물리 엔진 등은 제공하지 않는다. 따라서 종합 개발도구를 포함하고 있는 개발 엔진을 사용하는 것이 필요하다. 가상현실을 개발하기 위한 엔진으로 Unreal Engine4나 Unity가 주로 사용되고 있으며 비슷한 점유율을 보인다. Unreal Engine4는 Unity에 비해 컴퓨터 요구사양, 개발 난이도가 높지만 그래픽 성능과 개발 자유도가 높으므로 본 논문에서는 Unreal Engine4를 활용하여 개발을 수행하였다.

가상 환경은 가상 영상을 위한 그래픽 작업과 훈련자를 위한 그래픽 작업을 포함하기에 1대의 컴퓨터에서 동시에 수행하면 퍼포먼스에 부정적인 영향이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 2개의 가상공간을 별개로 구축하였다. 가상이미지의 성능은 가상현실의 몰입감에 직접적인 영향을 줄 수 있으므로 가능한 높은 품질의 배경을 사용하는 것이 바람직하다. 그러나 높은 품질의 배경을 제작하여 사용하는 것은 비용 소모가 크고 개발 시간이 오래 걸리므로 Unreal Engine4에서 무료로 제공하는 LandScapeMoutain이라는 에셋을 이용하여 가상공간을 구현하였다.

3.2.2 상호작용

상호작용은 훈련 소프트웨어에서 소프트웨어의 동작을 정의하고 사용자가 활용할 수 있는 기능으로 묶은 것이다. 상호작용은 사용자의 행위에 따라서 소프트웨어의 반응을 이끌어내는 영역으로 가상공간에서 훈련을 수행하기 위한 핵심적인 영역이다. Fig. 2에서 해당 부분은 훈련자 모듈의 Virtual AR Device와 Avatar이며, Table 2에서 가상 UAV열에 해당한다. 상호작용의 가장 핵심적인 요소는 Fig. 2의 virtual AR Device로 플랫폼의 기능들을 활용할 수 있으며, 증강현실 기기를 사용하는 것이 다른 재난방지 플랫폼과 차별된다.

가상 AR기기는 3.2.1 절에서 Unreal Engine4를 활용한 가상공간에 배치되는 하나의 에셋처럼 설계하였다. 왜냐하면 에셋 기능을 외부로 배치하게 되면 외부 프로그램에서 입출력되어야 하는 데이터의 양이 증가하기 때문이다. 가상현실 기기를 위한 에셋은 UMG로 만들어진다. 일반적인 렌더링을 통해 UMG 기능을 사용하면 Fig. 5와 같이 화면 깨짐 현상이 발생할 수 있으므로 프리렌더링 기능을 이용하여 깨짐 현상이 발생하지 않게 하였다. 프리렌더링 기능은 StereoLayer 기능을 이용하여 제작하였으며, Unreal Engine4에서 기본적으로 일어나는 프레임 단위의 계산에 유리하다.

기존에 개발된 재난구조 플랫폼[4]에서 사용되는

Fig. 4 LandScapeMountain asset

Fig. 5 Rendering problem and resolved image

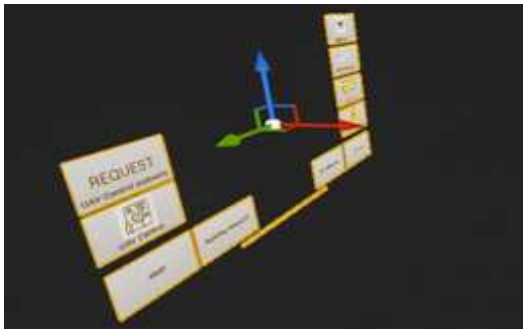

Fig. 6 Layout of UI

Fig. 7 Image displayed in virtual AR device

운용 시나리오를 토대로 가상 AR기기의 기능을 정의하였다. 운용 시나리오에서 가상 AR기기를 활용하는 기능은 다음과 같다.

- 영상데이터 도시
- 구조요원이 필요로 하는 영상데이터 전달
- GCS로 메시지 전달
- 무인비행체에 명령 전달

이러한 기능을 제공하기 위하여 UI를 설계하였으며, 영상 데이터를 도시하는 기능을 포함한 UI의 형태는 Fig. 6과 같다. 화면 가운데 위치한 영상재생 부분과 그 외 기능을 위한 아이콘으로 이루어진다.

훈련자 모듈에서 필요한 영상 데이터는 Fig. 2에서와 같이 가상 UAV 모듈에서 획득하고, 무인비행체를 제어하는 기능을 제공하기 위해서 Unreal Engine4에서 Airsim API를 활용하여 UAV 기능을 구현하였다. 이때 가상 UAV의 성능을 최대한 현실과 유사하게 구현하기 위해 PX4를 활용하여 비행 데이터를 생성하였다. PX4의 활용은 직접적으로 명령을 내리는 방법과 QGroundControl이라는 프로그램을 이용하는 두 가지 방법을 활용하였다. 가상 UAV는 가상 AR기기에서 전달되는 명령을 수행하게 되며 가상 영상 또한 가상 AR기기에서 보내는 신호에 따라 전송하게 된다.

3.2.3 HMD 운용

3.2.1절과 3.2.2절의 기능들은 본질적으로 HMD를 운용하기 위한 배경과 HMD를 이용하기 위한 기능적인 면에 집중되어 있다. 본 절에서는 3.2.1절의 배경에 3.2.2절에서 정의한 상호작용 기능을 다루기 위한 인터페이스와 HMD를 활용한 훈련에 대해 설명한다. 먼저, HMD를 활용한 훈련을 전개하기 위하여 가상현실에 실제 훈련자의 움직임을 투영하기 위한 아바타는 사람의 감각 중 가장 예민하게 사용되는 시각을 중심으로 설계하였다. 가상 공간의 자신을 인지하고 가상으로 주어진 객체를 제어하는 것을 첫 단계로 사용자의 행동에 따른 사물의 상호작용을 통해 자신이 가상 공간에 있다고 착각하는 몰입감을 느끼게 하기 때문이다. 아바타는 카메라를 통해서 얻은 영상 데이터와 HMD 주변기기를 통해 얻은 위치와 방향 정보를 토대로 아바타에 부착된 카메라를 회전시켜 사용자의 행동을 반영할 수 있도록 개발하였다. 또한, 아바타에 충돌 속성을 부여하고 움직임에 제약을 두어 현실감을 증가시켰다. 이러한 아바타의 움직임을 제어하는 블루프린트는 Fig. 8과 같다.

블루프린트는 아바타의 움직임을 제어하고, 해당 아바타가 일정 이상 가속되는 것을 방지하고 HMD 부속기기의 정보를 통해 카메라의 움직임을 반영시킨다. 그러나 블루프린트는 단순히 움직임만 제어하므로 이를 위한 인터페이스가 필요하다. 3.2.2절에서 구현한 UI를 다루기 위한 인터페이스는 UMG기능을 사용하여 외형을 구현하고 Unreal Engine4의 블루프린트 기능을 통해 동작을 제어할 수 있도록 제작하였다. UMG 기능을 활용하여 가상 AR기기를 구현하면 가상 AR기기가 아바타의 하위 객체로 삽입된다. 그리고 가상 AR기기는 아바타의 움직임에 따라 아바타 카메라의 정면에 위치하도록 설계하고, 가상 AR기기의 작동방법을 설계하였다.

실제 AR기기의 사용에는 사람의 손짓 혹은 스위치가 이용된다. 이런 기능을 가상현실 내에 구현하려면 현실에 있는 훈련자의 위치와 손 모양 등 많은 데이터를 처리하여야 하므로 컴퓨팅 파워에 제약이 따른다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 가상 AR기기를 활용하기 위한 컨트롤러를 설계 및 구현하였다. 가상 AR기

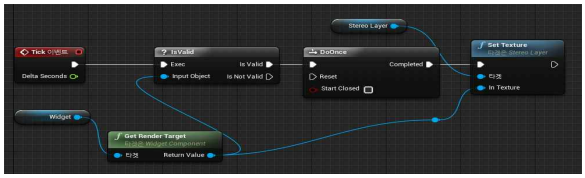

Fig. 8 Example of Blueprint for UI Control

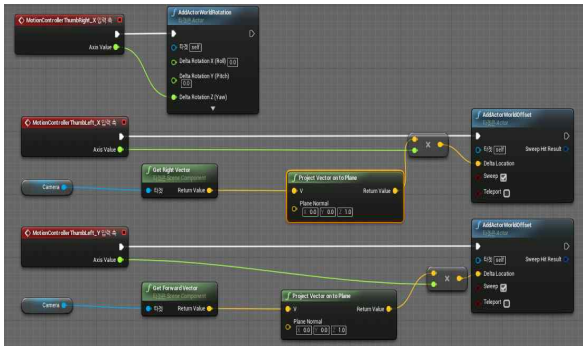

Fig. 9 Example of Blueprint for pawn movement

기는 3D 공간 내부에 2D로 이루어진 메뉴를 생성하는데 이를 이용하기 위해서는 XY좌표뿐만 아니라 깊이 또한 인식하여야 한다. 이를 위하여 Fig. 9와 같이 블루프린트를 작성하여 가상 AR기기를 제어할 수 있게 하였다. 블루프린트는 Fig. 10과 같이 XY 좌표와 깊이를 인식하여 아바타에 부착된 손을 활용할 수 있게 해준다.

3.2.4 동기화

제안하는 소프트웨어는 모듈간 데이터 전달이 지연 혹은 중단되거나 정확성을 갖추지 못하면 성능이 저하될 수 있다. 이를 방지하기 위하여 본 논문에서는 데이터 및 명령어 전달을 동기화하였다. 네트워크를 통해 연결된 두 가상공간은 하나로 묘사되지만 실제로는 두 가상공간은 데이터로 연결되어 있다. 따라서 두 가상공간 사이의 괴리를 줄이고 반응 속도를 높이기 위하여 두 가상공간이 서로의 핵심 오브젝트인 가상 UAV와 훈련자의 아바타 위치를 공유하도록 하였다. 이때 모듈간 데이터 교환은 다른 프로그램에서도 별다른 조치 없이 받아들일 수 있도록 Byte형으로 구현하였다. Fig. 11은 바이트 데이터를 교환하기 위해 Ustruct로 이루어진 패킷 구조를 보여준다. 또한 가상 UAV는 최대한 현실과 유사하게 동기화되어야 하므로 실제 무인비행체에서 사용하는 MAVLink 프로토콜을 통해 데이터를 교환하도록 하였다.

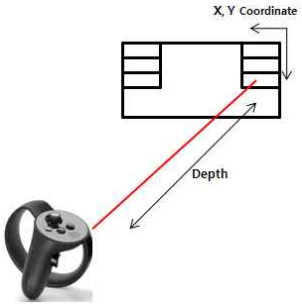

Fig. 10 Controller for input

Ustruct	Object X axis	Object Y axis	Object Z axis

Fig. 11 Definition of network packet

4. 실험 및 검증

4.1 실험 환경 구축

본 논문에서는 무인비행체와 증강현실 기반 재난 구조 플랫폼의 기본 구성 및 운용을 나타내는 Fig. 1의 아키텍처를 구축하기 위해 2대의 PC, PX4, HMD를 네트워크로 연결하여 실험 환경을 구성하였다. PC1의 경우 HMD를 연결하여 가상현실을 사용할 수 있게 하였으며, PC2는 UAV를 제어하기 위해 PX4를 연결하였다. 각 PC에 탑재되는 소프트웨어는 Unreal Engine4와 호환되도록 소프트웨어 버전을 고정하였다. 사용된 소프트웨어의 버전은 다음과 같다.

- Unreal Engine 4 – 4.18.3
- Visual studio 2017
- Airsim – 1.2.0
- QGroundControl' – 4.0.4
- Python 3.7/Python3.7 기반 flask / anaconda
- Oculus App(최신 버전)

그리고 소프트웨어의 실행에 필요한 최소 사양을 고려하여 Table 2와 같이 PC 환경을 구성하였다. 영상을 HMD와 모니터 양측으로 전송하는 PC2가 성능이 더 좋으며, PC1에는 Unreal Engine4를 이용하여 가상현실에 필요한 영상을 얻을 수 있는 소프트웨어 환경을 구축하였다. 가상 무인비행체에서 촬영되는 영상은 Unreal Engine4에 추가적으로 Airsim API를 설치하여 운용 가능한 가상의 무인비행체에서 획득할 수

Fig. 12 Experimental environment

Fig. 13 Checking transfer message

있다. 가상 UAV에서 원활하고 비교적 정확한 데이터를 얻기 위해 PX4를 직렬로 연결하고 QGround Control을 사용하였다. PC2에는 PC1에서 획득한 데이터를 활용하여 구조대원 역할을 위한 Unreal Engine4를 이용하여 가상현실을 구현하고, HMD를 연결하여 훈련을 진행할 수 있도록 하였다. PC1의 데이터 사용을 위한 파이썬 프로그램을 작성하였으며, 데이터 송수신을 위해 flask 서버를 이용하여 가상현실에서 일어나는 이벤트를 활용하였다.

4.2 소프트웨어 기능 검증

소프트웨어의 기능검증은 Fig. 3에서 동기화를 제외한 ①, ②, ③의 기능이 만족되는지 확인하는 것이다. ①은 Unreal Engine4의 모듈을 사용하였으므로 별도로 검증할 필요가 없다. 따라서 ②와 ③의 기능은 HMD를 사용하여 기존 플랫폼의 기능이 모의 되는지를 확인하는 것이다. 기존 재난구조 플랫폼에서 사용된 시나리오에서 영상 도시, 무인비행체 조종, GCS와

Table 2 Specification of PC

	무인비행체 가상공간 (PC1)	훈련자 가상공간 (PC2)
CPU	Intel i5-7400	Intel i7-3770
GPU	GeForce GTX 1050	GeForce GTX 970
RAM	8GB	16GB
OS	Window 10	Windows 10

메시지 교환 기능이 주요 기능이므로 본 논문에서는 이들 기능에 대한 검증을 수행하였다.

1) 영상 도시 기능

영상 도시 기능은 3.2.2절에서 설명한 상호작용과 3.2.3절에서 설명한 HMD를 함께 사용하는 기능이다. 즉, 구현한 UI 버튼을 클릭하여 가상 UAV와 GCS에서 전송한 영상이 HMD에서 시현되는 기능이다. 이를 위해 HMD 컨트롤러를 이용해 가상현실에 존재하는 UI를 작동시키고, 그 결과를 모니터에서 확인하였다. Fig. 14에서 컨트롤러를 이용하여 가상 AR기기를 동작시키면 화면 도시되는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 15에서는 Fig. 14와 마찬가지로 컨트롤러와 가상 AR기기를 이용하여 무인비행체를 착륙시키는 모습을 볼 수 있다. 이러한 결과로부터 컨트롤러로 화면 도시 버튼을 작동시키면 GCS와 가상 UAV에서 전송된 영상이 HMD에 시현된다는 것을 알 수 있다.

2) 무인비행체 조종 기능

무인비행체 조종 기능은 Fig. 3에서 ②번으로 표시된 기능으로서 HMD를 착용한 훈련자는 3.2.2절에서 개발한 인터페이스를 활용하여 가상현실에 존재하는 무인비행체를 조종할 수 있다. 가상 AR기기를 통해 수행할 수 있는 명령은 무인비행체의 이착륙, 호버링 기능, 지정 위치로 이동 등이 있다. 본 논문에서는 이 가운데 무인비행체 귀환명령에 대한 검증을 수행하였다. 상호작용이 정확하게 수행되는지 확인하기 위하여

Fig. 14 Checking Image View

Fig. 15 Checking UAV Control

출발 좌표와 귀환 좌표를 측정하였다. Table 3은 10회의 실험을 통하여 얻어진 귀환 좌표의 최대값과 최소값을 나탄낸다. Table 3은 소수점 네 번째 자리까지는 완벽하게 일치하며 소수점 5째 자리에서 약간의 차이가 있음을 보여준다. 이러한 오차는 일반적인 오차 범위이며 아주 미약한 이동을 의미하기에 무인비행체가 PX4에서 내린 명령을 가상공간에서 정확하게 수행한다고 볼 수 있다.

3) GCS와 상태 메시지 교환 기능

메시지를 교환하기 위해서는 Fig. 2에서 각 모듈 간 연결된 네트워크가 정확하게 작동하여야 한다. HMD에서 GCS로 보내는 메시지가 정확한지 확인하기 위해 훈련자가 가상 AR기기를 활용하여 GCS에 UAV의 상태를 통보하는 상황들을 실험하였다. 실험한 상황은 UAV 제어권 요청, UAV의 충돌 상황, 구조 요청, 위급 상황 알림이며 이것은 단순하게 GCS로 메시지를 전송하는 기능에 해당한다. 정확한 이벤트가 전달되었는지 검증하기 위해 패킷을 비교했을 때 4가지 상황에 대하여 10회에 걸친 실험에서 모두 일치함을 확인하였다.

결과적으로 소프트웨어는 기존에 사용하는 플랫폼에서 사용한 시나리오를 정확하게 수행할 수 있음을 확인하였다. 그러나 Fig. 2에서의 가상공간의 성능 향상은 달성하지 못하였다. 가상공간의 품질을 향상시키기 위해 가장 필요한 것은 가상 이미지의 품질이었으며, 가상 이미지의 품질은 높은 그래픽 품질의 오브젝트를 사용하는 것 외에는 방법을 발견하지 못하였다. 그러나 그래픽 품질을 높이기 위하여 파티클이 많이 사용된 오브젝트를 사용하였을 경우 프로그램의 속도에 관련된 퍼포먼스가 심각하게 저하되었다. 이는 3D 공간을 구현하는 Unreal Engine4의 렌더링 방식으로 인한 것으로 보인다.

Table 3 Coordinate data of the returned UAV

	출발 x좌표	출발 y좌표	출발 z좌표
	24657.8590	56352.9840	16787.3710
Max	24657.8591	56352.9843	16787.3711
Min	24657.8590	56352.9843	16787.3710

4.3 동기화 및 강건성 검증

동기화는 Table 1에서 설명한 내용 중 몰입감과 가상이미지의 품질 및 상호작용성까지 전반적으로 영향을 끼치는 요소다. 동기화는 화면에 표시되는 물체를 표현하는 데 걸리는 시간인 렌더링 주기와 소프트웨어와 상호작용하는 데 걸리는 시간인 소프트웨어 지연 시간에 영향을 받는다. 일반적으로 100ms 이상의 지연 시간은 가상현실 사용자의 스트레스를 증가시켜 악형향을 줄 수 있다[10]. 한국가상증강현실 산업협회의 VAR 이용 및 제작 가이드라인에서는 상호작용이 존재하는 소프트웨어 지연시간은 평균 20ms 이하, 렌더링 주기는 90fps 이상을 권장하고 있다.

먼저 상호작용과 몰입감에 영향을 주는 소프트웨어의 지연시간을 RTT(Round Trip Time) 기법으로 측정하여 Table 4와 같은 결과를 얻었다. 결과와 같이 항상 최초 실행에 필요한 시간이 차후보다 긴 것을 확인하였는데, 첫 시행에서 통신에 필요한 각종 설정 때문으로 확인되었다. 첫 시행을 제외하면 평균적으로 20ms 이하를 유지하여 가이드라인을 만족하였다.

그리고 소프트웨어 프로파일링 기법으로 렌더링 주기를 30분 동안 측정하였다. Unreal Engine4에서는 그래픽 요소를 처리하는 GPU 시간과 화면을 그리는 Draw 시간의 병렬적인 처리를 통해 렌더링 주기가 결정된다. 실험에서는 GPU 시간은 평균 8.61ms, Draw 시간은 평균 6.77ms로 측정되어 평균 8.90ms의 지연시간 및 100fps 이상을 안정적으로 유지하였다.

또한, 잦은 명령과 장시간 수행에도 문제가 없는지 등 프로그램 강건성을 검증하기 위한 실험을 진행

Table 4 Response time for four commands

시행	제어권 요청	UAV 충돌	구조 요청	위기 알림
1	27ms	29ms	31ms	27ms
2~10	12ms	12ms	12ms	12ms

하였다. 파이썬으로 개발한 소스 코드는 무인비행체 이동 명령을 100,000회 반복하도록 구현하였으며, 해당 실험에서 프로그램에 별다른 성능저하나 비정상적인 종료는 발생하지 않았다. 또한, 12시간 이상 소프트웨어를 실행시켜도 문제가 발생하지 않았다.

5. 결 론

기존 재난구조 플랫폼을 개선하기 위하여 증강현실 기술을 이용한 플랫폼이 개발되고 있다. 그러나 실제와 유사한 환경하에서 훈련을 수행하여 기초적인 사용법을 습득하는 것은 시간, 비용, 안전성 측면에서 한계를 지니고 있다. 본 논문에서는 무인비행체와 증강현실 기반 재난구조 플랫폼의 안전하고 효율적인 훈련을 위하여 증강현실 기기와 무인비행체를 가상화한 시뮬레이션 소프트웨어를 제안하였다. 제안하는 시뮬레이션 소프트웨어는 기존 재난구조 플랫폼의 운용 시나리오를 토대로 요구사항을 도출하고 이를 토대로 소프트웨어 구조를 설계하고 AirsimAPI, Oculus rift 등을 사용하여 구현하였다. 본 논문에서는 실험 환경 구축을 통하여 제안된 시뮬레이션 소프트웨어를 기능성과 동기화 측면에서 실험하였다. 실험 결과는 개발된 소프트웨어가 요구사항과 동일한 기능을 수행하고 오류 없이 데이터 및 명령어를 송수신한다는 것을 보여준다. 이러한 결과는 제안하는 소프트웨어가 재난구조 플랫폼의 운용을 효과적으로 모의할 수 있음을 의미한다.

후 기

본 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 연구 성과임(No. NRF-2018R1D1A1B07043365)

References

[1] WonJae Sin, YoungSu Park, WonJae Lee, YongTae Lee. Disater monitoring and response platform technology using unmanned aerial vehicles. *Telecommunications Technology Association*. vol. 179, pp. 62-67. December. 2017.

[2] S. Lee, D. Har, and D. Kum. 2016. “Drone-Assisted Disaster Management : Finding Victims via Infrared Camera and Lidar Sensor Fusion,” 2016 *3rd Asia-Pacific World Congress Computer Science and Engineering*, no. C, pp. 84–89.

[3] (inc)PcubeiResearch. “A policy study on the establishment of a real-time sharing system for field response information,” National 119 Rescue Headquarters. Dae-Gu, Korea. 2014.

[4] WanJoo Cho. “AR based Information Sharing Platform for Effective Initial Response of Disaster Rescue System using UAV,” Master’s thesis. GyeungSang National University. Jinju. Korea. 2019.

[5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport. “A study on the establishment of an unmanned aerial vehicle safety management system,” Seoul. Korea. 2009.

[6] JongIl Choi. " 48 cases of military unmanned aerial vehicle crashes over 5 years“. new1, https://www.news1.kr/articles/?3452839. Sep. 2018.

[7] Jianan Wul,a Wei Wangl,b Jinhong Zhang2,c Bodong Wangl. “Research of a kind of New UAV Training Simulator Based on Equipment Simulation”. *2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology*. Harbin, China. August 2011.

[8] Wang Ting Ting, Bai Bing, Yuan Yi fang, Zhu yong Wei. “Research on UAV Simulation Training System Based on Visual Simulation”, *2018 International Conference on Mechatronics & Automation. Harbin*, China. August 5-8.

[9] Grigore C. Burdea, Philippe Coiffet. "Virtual Reality Technology" *Wieley-IEEE Press.* November. 2017.

[10] Michael Meehan, Sharif Razzaque, Mary C.Whilton, Frederick P.Brooks Jr. “Effect of Latency on Presence in Stressful Virtual Environments”. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2003*. pp. 2870-2877. March, 2003.