

투시형 HMD를 이용한 효율적인 UAV 운용을 위한 증강현실 기반의 인터페이스 기법에 대한 연구

조완주¹ · 장현준² · 문용호^{2,†}¹경상국립대학교 항공우주특성화대학원 항공우주공학과²경상국립대학교 일반대학원 기계항공우주공학부

A Study on AR-based Interface Technique for efficient UAV Operation using a See-through HMD

Wan Joo Cho¹, Hyun Joon Chang² and Yong Ho Moon^{2,†}¹Div. of Aerospace Engineering, Gyeongsang National University²School of Mechanical and Aerospace Engineering, Gyeongsang National University

Abstract

In order to effectively prevent and respond to disasters, several techniques have been developed in which the pilot wearing a see-through Head Mounted Display (HMD) performs disaster-related rescue activities using images transmitted from an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). However, these techniques have limitations in quickly determining and executing tasks appropriate to the on-site situation because the pilot cannot recognize the entire field in an integrated manner. In order to overcome these problems, we propose an AR based-interface technique that allows the rescuer wearing a see-through HMD to operate a UAV efficiently. Simulation results show that the proposed interface technique allows the rescuer wearing a see-through HMD to control the gimbal and flight of the UAV at a high speed based on finger gestures in a visibility situation.

초 록

재난 및 재해를 효과적으로 예방하고 대응하기 위하여 투시형 HMD를 착용한 조종사가 무인항공기에 서 전송되는 영상을 이용하여 재난 및 재해 관련 구조 작업을 수행하는 기법들이 개발되어 왔다. 그러나 투시형 HMD를 착용한 조종사는 현장 전체를 통합적으로 인지할 수 없기 때문에 현장 상황에 적합한 작업들을 신속하게 결정하고 실행하기에는 한계가 존재한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 투시형 HMD를 착용한 구조요원이 무인항공기를 효율적으로 운용할 수 있는 증강현실 기반의 인터페이스 기법을 제안한다. 모의실험 결과는 시야가 확보되는 상황에서 투시형 HMD를 착용한 구조요원이 손가락 제스처를 기반으로 짐벌과 무인항공기의 비행을 고속으로 제어할 수 있음을 보여준다.

Key Words: UAV(무인항공기), See-through HMD(투과식 헤드 마운트 디스플레이), Augmented Reality(증강현실), GUI(그래픽 사용자 인터페이스), Disaster Response System(재난 대응 시스템)

1. 서 론

지난 10여년동안 무인항공기는 미래를 선도할 대표적인 혁신 기술로서 감시 및 경찰, 물류 운송, 시설물

관리, 재난 및 재해 예방 등의 활용에 관하여 연구되어왔다[1]. 최근에는 통신, IoT(Internet of Things) 부품, 전자장치 등의 성능 향상과 자율 비행, 군집 비행, 장애물 회피 등의 기술 발전에 힘입어 다양한 유형의 무인항공기 기반 응용 시스템 및 서비스가 개발되고 있다. 이와 같이 무인항공기의 활용은 전 세계적으로 광범위하게 확대되는 동시에 고도화되고 있다.

특히, 무인항공기는 이동성, 확장성, 비용 효율성 등

Received: Aug. 18, 2023 Revised: Nov. 27, 2023 Accepted: Nov. 29, 2023

† Corresponding Author

Tel: +82-55-772-1374, E-mail: yhmoon@gnu.ac.kr

© The Society for Aerospace System Engineering

의 특징으로 인하여 재난 및 재해 발생을 예방하고 나아가 신속하게 대응할 수 있는 효과적인 해결책으로 많은 관심의 대상이 되어왔다. 이러한 이유로 카메라, Lidar(Light Detection and Ranging), GPS(Global Positioning System) 등의 다양한 센서들이 탑재된 무인항공기가 현장에 투입되어 GCS(Ground Control Station)와의 협력을 토대로 현장 상황 파악 및 관리, 수색 및 구조, 현장 복구 등을 수행하는 데 필요한 기술들이 꾸준히 연구되었다[2-4]. 그러나 이러한 기술들은 조종사가 무인항공기를 원격 조종하는 방식에 기반하고 있기 때문에 정확하고 신속한 임무를 효과적으로 수행하는 데 한계를 지닌다.

이와 같은 한계를 극복하기 위하여 증강현실 기술이 적용된 재난 대응 시스템이 개발되었다[5-7]. 증강현실 기반 재난 대응 시스템에서는 HMD를 착용한 조종사가 무인항공기에서 전송되는 현장 영상을 통하여 재난 현장을 인지한다. 따라서 조종사가 재난 상황 분석 및 관리, 수색 및 구조, 현장 복구 등에 필요한 작업들을 수행하는 것이 가능하다. 그러나 투시형 HMD를 착용한 조종사가 재난 및 재해 관련 작업을 신속하게 결정하고 효율적으로 수행하기에는 여전히 한계가 존재한다. 왜냐하면 무인항공기에서 전송되는 영상은 재난 현장의 일부만을 보여주기 때문이다. 따라서 조종사는 현장 전체 상황을 통합적으로 인지하고 정확하게 파악하는 것이 불가능하여 상황에 적합한 작업을 효과적으로 수행하지 못할 수 있다.

반면에 재난 현장에 투입된 구조요원은 현장 상황을 통합적으로 손쉽게 인지할 수 있기 때문에 정확한 상황 파악과 효과적인 대처 방안을 신속하게 결정할 수 있다. 따라서 구조요원이 효과적으로 동작하는 스마트 헬멧 개발이 연구되었다[8]. 그러나 이것은 구조요원이 무인항공기에 탑재된 카메라를 제어하는 기능만을 제공하고 있다. 따라서 투시형 HMD를 착용한 구조요원이 보다 효율적으로 구조 작업을 수행하기 위해서는 다양한 기능들이 제공되는 것이 필요하다.

본 논문에서는 투시형 HMD를 착용한 구조요원이 무인항공기를 효율적으로 운용할 수 있는 증강현실 기반의 인터페이스 기법을 제안한다. 본 논문에서는 구조요원이 무인항공기와의 협업을 효과적으로 수행하는데 필요한 핵심 기능들을 정의하고 이를 지원하기 위한 GUI(Graphical User Interface)를 설계한다. 그리고 무인항공기 운용을 위한 GUI 구동 방식을 구현한다. 모의실험 결과는 투시형 HMD를 착용한 구조요원이 제안하는 인터페이스 기법을 활용하여 고속으로 무인항공기를 효과적으로 운용할 수 있음을 보인다.

2. 투시형 HMD와 증강현실 개요

머리에 장착하는 디스플레이 장치로 알려져 있는 HMD는 다양한 센서 및 컴퓨팅 장치가 결합되어 가상현실과 증강현실을 손쉽게 제공하는 특징을 지닌다. HMD는 디스플레이 화면만 볼 수 있는 폐쇄식과 현실세계와 디스플레이 화면을 동시에 볼 수 있는 투과식으로 분류된다. 폐쇄식 HMD와 투과식 HMD는 각각이 지닌 특징들로 인해 가상현실과 증강현실에 사용된다.

그리고 투과식 HMD는 비디오 투시형(Video See-through)과 광학 투시형(Optical See-through)으로 세분된다[9]. 비디오 투시형은 폐쇄식 HMD에 카메라를 장착함으로써 현실 영상과 가상 물체를 합성하여 증강현실을 구현한다. 반면에 광학 투시형은 Fig.1과 같이 안경과 같은 투명한 화면에 가상의 물체를 합성시켜 증강현실을 제공한다[9]. 광학 투시형 HMD는 착용자의 실제 시야를 방해하지 않으면서 디스플레이 되는 가상 물체의 형태를 왜곡하지 않는다. 또한 다른 유형의 HMD에 비해 가볍고 크기가 작아서 구조 활동에 적합하다고 알려져 있다. 따라서 본 논문에서는 광

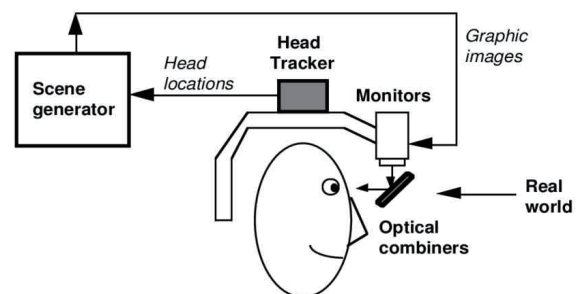


Fig. 1 Configuration of Optical See-Through HMD.



Fig. 2 A Rescuer Wearing a See-through HMD

학 투시형 HMD에 기반하여 제안 기법을 구현한다.

증강현실은 현실에 존재하는 물건, 건물, 풍경 등이 촬영되어진 화면에 관련 정보나 가상의 사물을 추가하여 함께 시현하는 기술이다. 오늘날 증강현실은 의료, 교육, 쇼핑, 광고 등의 분야에서 다양하게 연구되고 있다. 특히, 항공기 조종사의 모의 훈련에 있어서 증강현실을 이용한 비행 시뮬레이션 시스템은 조종사가 몰입감, 현실감 등을 체감할 수 있도록 하여 훈련이 효과적으로 수행될 수 있게 한다[10]. 일반적으로 HMD에 기반하여 증강현실을 제공하기 위해서는 현실 세계를 촬영하는 과정, 촬영된 화면내 물체 및 상황과 관련된 정보나 가상의 사물을 합성하여 디스플레이하는 과정, 그리고 HMD를 착용한 사용자가 정보나 가상의 사물을 선택하거나 작동시키고 이와 연동된 반응이 작동되는 상호작용 과정이 동시에 진행되어야 한다.

3. 제안하는 증강현실 기반 인터페이스 기법

투명 디스플레이 패널과 카메라 센서를 비롯한 다양한 센서들을 내장하고 있는 투시형 HMD는 착용이 용이하고 손과 발의 사용을 자유롭게 하여 착용자의 활동에 제약을 가하지 않는 특징을 지닌다. 따라서 투시형 HMD를 착용한 구조요원은 영상 정보를 수신하면서 무인항공기 운용을 동시에 수행할 수 있다[11]. 투시형 HMD를 이용하여 무인항공기를 운용하기 위해서는 무엇보다도 무인항공기의 운용에 관한 핵심 기능들을 도출하고 이러한 기능들이 효과적으로 구동될 수 있도록 하는 상호작용이 제공되어야 한다.

3.1 요구사항

일반적으로 재난 및 재해 상황에 효과적인 무인항공기 운용에 관한 인터페이스를 개발하기 위해서는 다양한 대응 시나리오들을 설정하고 각 시나리오에서 수행되어지는 작업들을 분석하는 것이 필수적이다. 그리고 이러한 분석을 토대로 증강현실을 통해 구동될 무인항공기 운용 관련 주요 핵심 기능들을 선정하는 것이 요구된다.

이를 위하여 본 논문에서는 먼저 다음과 같이 두 가지 사실을 가정한다.

- 재난 및 재해 현장에 투입된 무인항공기는 고성능의 자율 비행이 가능하다.
- HMD, 무인항공기, 그리고 GCS가 고신뢰성의 무선 네트워크망으로 연결되어 있다.

본 논문에서는 이러한 가정하에서 다양한 유형의 대응 시나리오에서 제시되는 작업들을 분류, 분석하였다. 다음은 이러한 과정을 통하여 도출된 공통 핵심 기능들이다.

- HMD의 상태 정보 시현
- 무인항공기에서 전송되는 재난 현장 영상 시현
- 리턴홈, 호버링, 선회, 이동 등의 비행제어 모드
- 무인항공기에 탑재된 카메라 짐벌 제어

일반적으로 재난 및 재해 현장에서는 분진, 유해가스, 오염물질 등으로 인하여 음성을 사용할 수 없는 상황들이 빈번하게 존재한다. 이러한 경우에 투시형 HMD에 장착된 카메라 센서와 구조요원의 손가락 동작에 기반하여 무인항공기를 운용하는 것은 효과적인 대안이 될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 도출된 기능들이 Fig. 2와 같은 유형의 증강현실 기반의 GUI를 통하여 구동되어야 한다.

3.2 무인항공기 운용을 위한 GUI 설계

Figure 2와 같은 증강현실 기반의 GUI는 현실 공간 상에 제공되는 것으로 인식되기 때문에 3차원 공간을 고려하여 설계해야 한다. 그런데 손가락 제스처 인터렉션 관련 연구에서는 3차원 손가락 제스처보다 2차원 손가락 제스처가 사용성 측면에서 우수하다는 연구 결과를 발표하였다[12]. 이에 본 논문에서는 2차원 손가락 제스처의 활용을 위해 평면 화면으로 GUI를 설계하였다. 아울러 각 기능을 신속하게 사용할 수 있도록

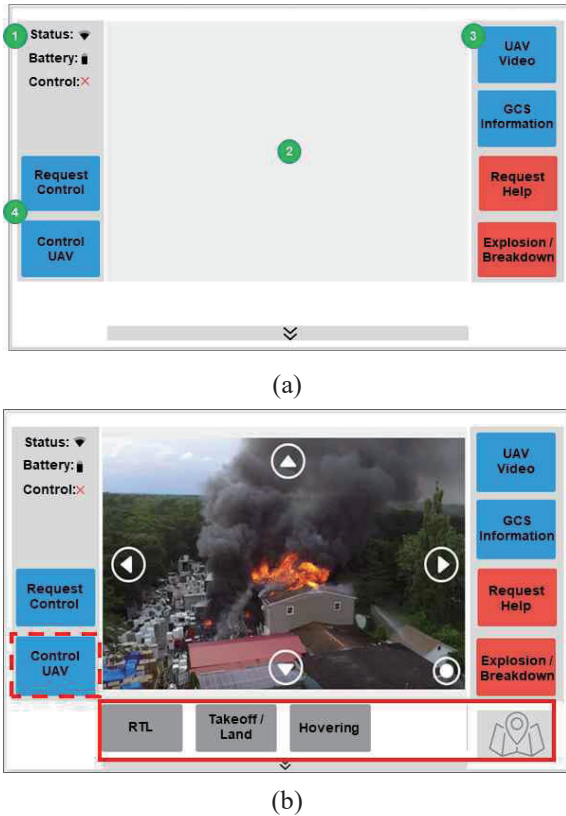


Fig. 3 GUI for Operating a UAV in Disaster Area. (a) GUI Layout and (b) Example of GUI

클릭을 최소화하는 방향으로 GUI 설계를 수행하였다.

Figure 3의 (a)는 GUI의 기본 구성을 나타내며 각 부분의 기능은 다음과 같다.

- ① 영역: HMD의 통신, 배터리 잔량, UAV 제어권 상태 등을 표시하는 상태 디스플레이 영역
- ② 영역: 무인항공기로부터 전송되는 재난 현장의 영상이 시현되는 정보 디스플레이 영역
- ③ 영역: ② 영역에서 시현되는 재난 현장 영상의 활성화 여부를 결정하기 위한 선택 영역
- ④ 영역: 구조요원이 무인항공기를 운용하기 위하여 무인항공기의 제어권을 확보하거나 비행 제어 모드를 선택하기 위한 버튼 영역

Figure 3의 (b)는 ③영역의 UAV 영상 버튼이 활성화되어 재난 현장 영상이 ② 영역에 시현되는 동시에 ④ 영역의 UAV 제어 버튼이 활성화된 GUI 사례를 보여준다. Figure 3의 (b)에서 GUI 화면의 하단에 붉은 색으로 표시된 영역은 리턴홈, 호버링 등과 같은 비행 제어 모드 기능을 제공하는 부가 버튼들이다. 그리고 ②영역에서 디스플레이되고 있는 동영상 위에 표시된

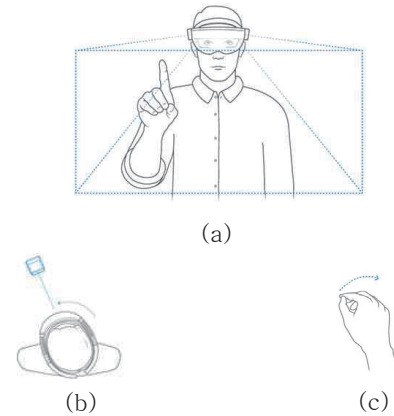


Fig. 4 Basic Concepts for Operating GUI based on MS Hololens[13]. (a) Hand-Tracking Frame, (b) Gaze, and (c) Air-Tap

버튼들은 카메라 짐벌 제어를 직관적으로 수행할 수 있게 한다. 이러한 버튼들은 짐벌 위치 초기화 및 짐벌 위치를 조정하는 기능을 수행한다.

3.3 무인항공기 운용을 위한 GUI 구동 방식

증강현실을 이용하여 무인항공기를 운용하기 위해서는 3.2절에서 설계된 GUI의 조작을 통해 무인항공기와 상호작용이 이루어져 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 MS사의 광학 투시형 HMD인 홀로렌즈를 기반으로 GUI 시현 및 구동을 구현하였다[13]. 일반적으로 홀로렌즈는 Fig. 4의 (a)와 같이 손가락 제스처를 인식할 수 있는 일정 공간을 화면 프레임으로 설정한다. 그리고 Fig. 4의 (b)와 (c)처럼 착용자 시선(Gaze)과 엄지와 검지의 접촉을 통한 Air-Tap 제스처를 통하여 프레임내 화면을 조작할 수 있게 한다.

이러한 기본 기능들을 토대로 본 논문에서는 C# Unity Engine을 이용하여 GUI 화면의 시현 및 조작을 구현하였다. 홀로렌즈는 착용자의 시선에 따라 화면 프레임이 자동으로 움직이지 못하는 단점을 지니고 있기 때문에 구조 작업에 활용하기에는 사용성과 상호작용성에 한계를 지닌다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 착용자의 시선에 따라 화면 프레임이 자동적으로 이동하는 동시에 화면 프레임내에 Fig. 3의 GUI가 디스플레이되도록 구현하였다. 따라서 본 논문에서 구현된 GUI는 항상 착용자의 전면에 GUI 화면이 시현되어지며 Gaze와 Air-Tap 제스처에 의하여 작동된다.



Fig. 5 Simulation Environment.

4. 모의 실험 및 결과

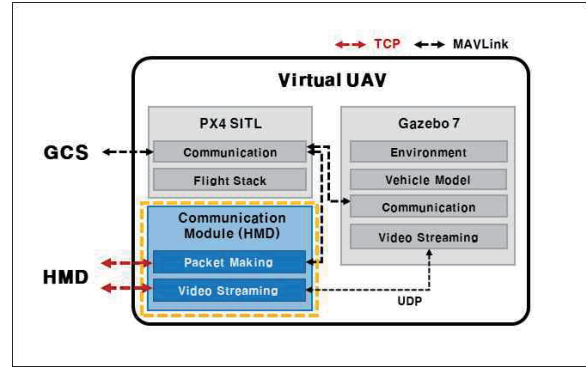
4.1 시뮬레이션 환경 구축

제안하는 증강현실 기반 인터페이스 기법을 검증하기 위하여 본 논문에서는 Fig. 5와 같이 HMD, GCS, 그리고 가상 UAV로 구성된 모의 시뮬레이션 환경을 구축하였다. Figure 5에서 HMD 모니터는 3장에서 서술한 제안 기법이 구현되어 내장되어 있는 투시형 HMD의 화면을 보여준다. 그리고 GCS와 UAV 모니터들은 Table 1의 사양을 지닌 두 대의 PC에 각각 설치된 GCS와 가상 UAV의 구동을 보여준다. 시뮬레이션 환경에서 투시형 HMD, GCS, 그리고 가상 UAV는 WiFi 및 유선랜에 의하여 네트워크를 형성하고 있다.

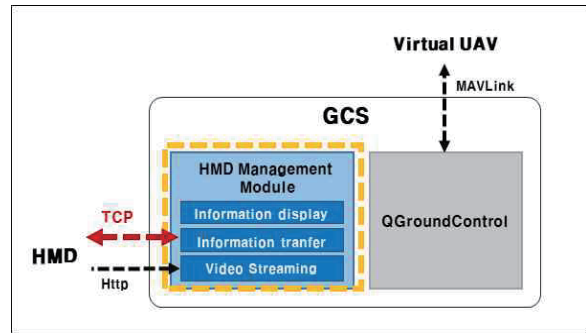
GCS와 가상 UAV는 QGroundControl, PX4 SITL, Gazebo 7 시뮬레이터와 같은 오픈소스를 토대로 구현된다. 그러나 이러한 오픈소스는 기본적으로 투시형 HMD와의 통신을 지원하지 않기 때문에 모의실험을 위해서는 추가적인 기능들의 구현이 필요하다. 이에 본 논문에서는 모의실험에 필요한 추가 기능들을 구현하고 GCS와 가상 UAV에 탑재하였다. Figure 6의 노

Table 1 Specification of PC

Case	GCS	Virtual UAV
CPU	Intel i7-3770	Intel i5-7400
GPU	GeForce GTX 1060	GeForce GTX 1050
RAM	16GB	8GB
OS	Window 10	Ubuntu 16.04 LTS



(a)



(b)

Fig. 6 Software Architecture. (a) Virtual UAV and (b) GCS

란색 점선으로 표시된 박스들은 GCS와 가상 UAV에 탑재된 모듈들을 나타낸다. Fig. 6의 (a)에서 노란색 블럭은 가상 UAV와 HMD간 패킷 송,수신 기능과 가상 UAV에서 HMD로 비디오를 전송하는 기능을 담당하는 통신 모듈이다. 그리고 Fig. 6의 (b)에서 노란색으로 표시된 HMD 관리 모듈은 GCS에서 HMD로 텍스트 정보를 전송하는 기능과 GCS와 HMD간 영상 정보를 송,수신하여 디스플레이하는 기능을 수행한다.

4.2 실험 결과

본 논문에서는 Fig. 5의 모의 시뮬레이션 환경을 토대로 하여 시험자가 직접 HMD를 착용하고 제안하는 증강현실 기반 인터페이스 기법의 검증을 수행하였다. HMD를 통하여 시험자에게 제공되는 증강현실 화면은 Fig. 5의 HMD 모니터에서 시험되도록 설정하였다. 그리고 시험자가 3장에서 제시한 요구사항 관련 기능들을 직접 실행함으로써 제안하는 인터페이스 기법이 제대로 구현되었는 지를 확인하였다.

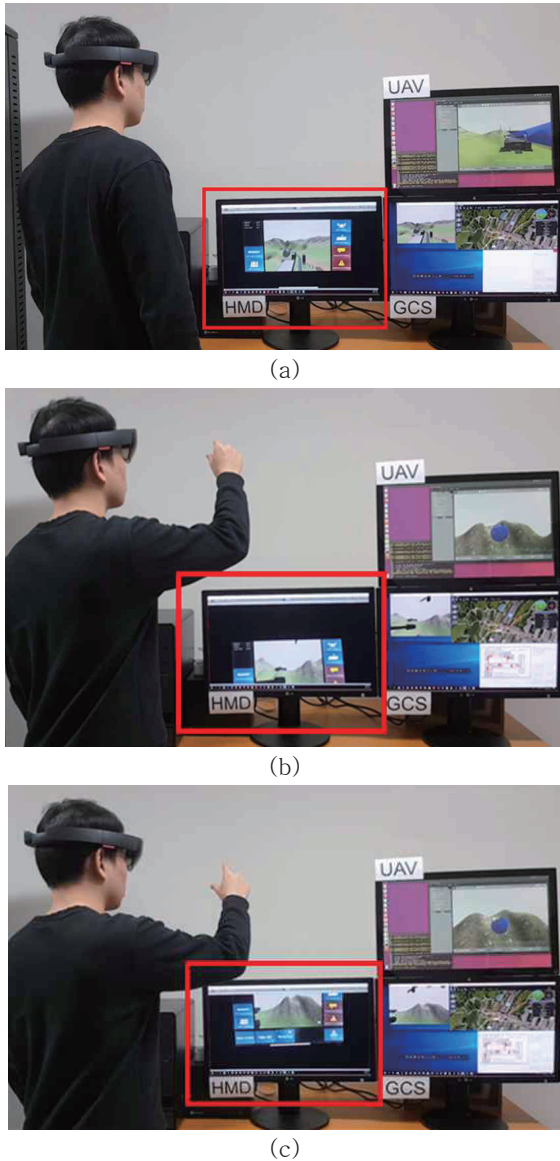


Fig. 7 Experiments on Operation of See-through HMD. (a) Displaying Video from UAV, (b) Gimbal Control, and (c) Hovering

Figure 7의 (a)는 시험자가 HMD를 통하여 디스플레이되는 GUI 내부의 UAV영상 버튼을 클릭했을 때의 실험 결과를 보여준다. HMD 모니터로부터 가상 UAV에서 전송되는 현장 영상이 GUI의 ②영역에서 시현됨을 알 수 있다. 그리고 Fig. 7의 (b)와 (c)는 구조요원이 정보를 수집하기 위하여 가상 UAV를 직접 조종하는 상황에 대한 실험 결과들이다. 짐벌 제어 기능과 비행제어 모드 기능이 올바르게 작동하는 지를 확인하

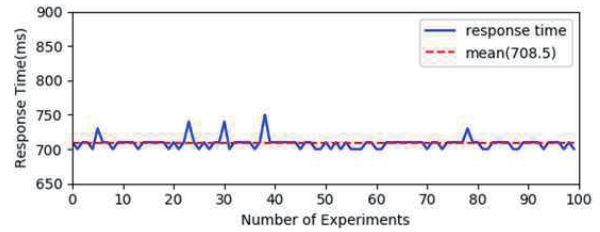


Fig. 8 Response Time between HMD and UAV

기 위하여 시험자는 손가락 제스처를 이용하여 GUI 내부의 해당 버튼들을 클릭하고 가상 UAV로부터 전송되는 현장 영상을 확인하였다. Figure 7의 (b)와 (c)는 짐벌 제어 기능 및 호버링 기능이 설계한 바와 같이 작동됨을 보여준다. 이러한 사실은 GUI 조작을 통해 투시형 HMD를 착용한 구조요원과 무인항공기간의 상호작용이 효과적으로 이루어짐을 의미한다.

본 논문에서는 제안하는 인터페이스 기법이 고속으로 동작될 수 있는 지를 확인하기 위하여 HMD에서 전송된 패킷이 가상 UAV에 도달될 때까지 소요되는 응답 시간을 측정하였다. Figure 8은 TCP 방식을 이용하여 패킷 전송을 수행한 실험에서의 응답 시간 측정 결과이다. Figure 8로부터 HMD에서 전송된 패킷이 최대 0.750sec, 평균 0.708sec 후에 가상 UAV에서 수신됨을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 제안하는 인터페이스 기법이 패킷 손실없이 고속 동작이 가능하다는 것을 의미한다.

5. 결 론

재난 및 재해 발생을 예방하고 대응하기 위해서는 정확한 상황 파악을 토대로 작업을 신속하게 결정하고 실행하는 것이 무엇보다 중요하다. 이러한 관점에 현장 상황을 통합적으로 인지할 수 있는 구조요원이 무인항공기를 활용하여 작업을 수행할 수 있도록 하는 기술의 개발은 중요한 의미를 지닌다. 이에 본 논문에서는 투시형 HMD를 착용한 구조요원이 무인항공기를 효율적으로 운용할 수 있게 하는 증강현실 기반의 인터페이스 기법을 제안하였다. 제안하는 인터페이스 기법은 투시형 HMD를 착용한 구조요원이 손가락 제스처를 통하여 GUI를 구동시킴으로써 무인항공기가 운

용되게 한다. 모의실험 결과는 시야가 확보된 상황에서 투시형 HMD를 착용한 구조요원이 무인항공기의 비행과 짐벌을 효과적으로 제어할 수 있다는 사실을 보여준다. 또한 HMD와 가상UAV간의 패킷 전송이 평균 0.705sec안에 수행된다는 측정 결과로부터 제안하는 인터페이스 기법이 고속으로 동작할 수 있다는 사실을 알 수 있다.

후 기

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

References

- [1] F. Ahmed, J. C. Mohanta, A. Keshari, and P. S. Yadav, "Recent advances in unmanned aerial vehicles: A review," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 47, pp. 7963-7984, Apr. 2022
- [2] S. G. Lee, D. S. Har, and D. S. Kum, "Drone-assisted disaster management: finding victims via infrared camera and lidar sensor fusion," *Proc. of 3rd Asia-Pacific World Congress Computer Science and Engineering*, Dec. 2016
- [3] D. Câmara., "Cavalry to the Rescue : Drones fleet to help rescuers operations over disasters scenarios," *Proc. of IEEE Conference on Antenna Measurements & Application*, Nov. 2014
- [4] M. Prexl, K. Struebig, J. Harder, and A. Hoehn, "User studies of a head-mounted display for search and rescue teleoperation of UAVs via satellite link," *Proc. of IEEE Aerospace Conference*, Mar. 2017.
- [5] J. M. Teixeira, R. Ferreira, M. Santos, and V. Teichrie, "Teleoperation using google glass and AR, drone for structural inspection," *Proc of XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality*, May 2014.
- [6] R. Llasag, D. Marcillo, C. Grilo, and C. Silva, "Human detection for search and rescue applications with UAVs and mixed reality interfaces," *Proc. of 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Jun. 2019.
- [7] A. Akter, A. Islam, D. E. Widiyanti, and S. Y. Shin, "MR-Drone: Mixed reality-based drone-assisted search and rescue system," *Proc. of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, Feb. 2020.
- [8] M. G. Jeong, H. S. Lee, M. N. Bae, D. B. Shin, S. H. Lim, and K. B. Lee, "Development and application of the smart helmet for disaster and safety," *Proc. of International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, Oct. 2018.
- [9] R. T. Azuma, "A survey of augmented reality," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355-385, Aug. 1997.
- [10] J. H. Hyun, M. H. Kang, and Y. H. Moon, "Mixed reality image generation method for HMD-based flight simulator," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 17, no.1, pp. 59-67, Apr. 2023.
- [11] Hanseul Jun and Gunhee Kim, "A calibration method for optical see-through head-mounted displays with a depth camera," *Proc. of IEEE Conference on Virtual Reality*, Mar. 2016.
- [12] K. S. Ham, D. H. Lee, H. J. Hong, S. J. Park, and J. W. Kim, "An experimental research on the usability of indirect control using finger gesture interaction in three dimensional space," *Journal of Contents*, vol. 14, no. 11, pp. 519-532, Nov. 2014
- [13] MS Hololens (<https://support.microsoft.com/en-us/help/12644/hololens-use-gestures>)