

재난 탈출 협동 훈련 기능성 게임의 메타버스 플랫폼 구현

¹이상호, ²하규태, ³김홍석, ^{4*}김시호

A collaborative Serious Game for fire disaster evacuation drill in Metaverse

¹Sangho Lee, ²Gyutae Ha, ³Hongseok Kim and ^{4*}Shiho Kim

요약

기능성 게임은 사용자에게 재미와 함께 특정한 학습 목표를 달성하기 위한 훈련 또는 교육의 경험을 제공하는 것이다. 본 연구에서는 몰입형 메타버스 플랫폼에서 여러 훈련생과 감독자 등이 서로 실시간 동기화된 자신들의 아바타들 간 협업을 통해 화재 탈출 훈련을 제공하는 기능성 게임을 제안하고 구현하였다. 제작된 시스템 아키텍처는 착용형 동작 센서와 헤드 마운트 디스플레이로 구성되어 메타버스 사이버 공간에서 각 사용자의 의도된 행동을 사용자의 아바타의 동작과 동기화시킨다. 개인화된 착용형 시스템은 사이버 체험 기반의 화재 대피 훈련 시스템에 편리한 사용자 인터페이스와 몰입형 환경을 저렴한 구성 비용으로 제공할 수 있도록 한다. 본 연구의 기능성 게임은 건물의 화재 현장에 대해서만 구현되었으나 제안하는 플랫폼은 공공의 안전을 위한 다양한 재난 상황에 대해 구성을 확장할 수 있다. 본 시스템의 실험 결과를 통하여 제작된 시스템이 화재 탈출에 필요한 능력을 향상시키는 훈련 효과를 검증하였다.

Abstract

The purpose of Serious games in immersive Metaverse platform to provide users both fun and intriguing learning experiences. We proposes a serious game for self-trainable fire evacuation drill with collaboration among avatars synchronized with multiple trainees and optionally with real-time supervising placed at different remote physical locations. The proposed system architecture is composed of wearable motion sensors and a Head Mounted Display to synchronize each user's intended motions to her/his avatar activities in a cyberspace in Metaverse environment. The proposed system provides immersive as well as inexpensive environments for easy-to-use user interface for cyber experience-based fire evacuation training system. The proposed configuration of the user-avatar interface, the collaborative learning environment, and the evaluation system on the VR serious game are expected to be applied to other serious games. The game was implemented only for the predefined fire scenario for buildings, but the platform can extend its configuration for various disaster situations that may happen to the public.

Keywords: Serious Game, Collaborative Learning, Immersive VR, Fire evacuation drill, Metaverse

¹ 연세대학교 융합공학과 박사과정(sangholee@yonsei.ac.kr)

² 연세대학교 융합공학과 석사(tellme@yonsei.ac.kr)

³ 서강대학교 신문방송학과 대학원(bk21sg@gmail.com)

^{4*} 연세대학교 융합공학과 교수(shiho@yonsei.ac.kr)

Received: Sept. 08, 2021, Revised: Sept. 27, 2021, Accepted: Sept. 27, 2021

I. 서론

교육 또는 훈련과 같은 특정한 목적을 위하여 개발된 기능성 게임을 기능성 게임(Serious game)이라고 정의된다 [1-3]. 일반적으로 가상현실 게임은 엔터테인먼트 용으로 널리 보급되고 있으나[4], 몰입감을 주는 가상 환경과 초공간 적인 경험을 제공하는 메타버스의 환경에서 기능성 게임의 효과와 활용도가 매우 주목받고 있다 [5-6]. 비대면 환경에서 사용자를 훈련 콘텐츠에 몰입시켜서 학습 효과를 높이기 위해서는 몰입도가 높은 메타버스 환경에서의 기능성 게임의 개발이 중요하다. 3D head mount display (HMD)와 같은 VR 기기의 발전으로 인해 실제 현실 환경에서 재현하기 어려운 상황을 저가의 디바이스를 적용하여 실감형 환경을 구축할 수 있게 되었다 [6-7]. 사용자는 HMD 를 통해 가상 환경에서 실제 화재 현장에 놓인 것과 같은 경험을 가질 수 있으므로, 재난 탈출 대비를 위해서 필요한 현실적인 재난 상황에 대한 경험을 할 수 있다 [5-6].

본 논문에서는 기존의 가상현실 기성 게임보다 발전된 메타버스 환경에서의 협력 학습 화재 탈출 훈련 기능성 게임의 메타버스 플랫폼 구현을 제안한다. 제안하는 메타버스 훈련 플랫폼은 다음 두 가지 특징을 가지고 있다. 첫번째는 화재 상황에서 사용자가 아바타의 상태를 파악할 수 있도록 하는 게임적 요소의 배치이다. 최근 몇년간 착용형 HMD 의 사용자의 실시간 표정인식[7-8]과 표정 인식을 이용한 제어 기술[9-11]의 발전으로 사용자 인터페이스 환경이 많이 편리하게 되었으나, 아직 현재의 VR 기술로는 상황의 긴박함을 시각적 자극 외의 방법으로 전달하는데 어려움이 있다. 이를 개선하기 위하여 화재 공간 속에서 아바타의 위급한 상태를 알려주는 게임적 요소를 도입하여 사용자가 긴박함을 느끼고 상황에 몰입할 수 있도록 하였다. 두번째는 사용자의 화재 대응의 적절성을 점수로 객관화해주는 평가 시스템이다. 사용자의 훈련 과정을 점수화함으로써 사용자가 자신의 실력에 대해서 파악할 수 있도록 하고, 더 높은 점수에 대한 목표 의식과 다른 사용자와의 경쟁 의식을 가질 수 있도록 하였다. 그리고 여러 체험자들을 대상으로 한 훈련 체험자 평가 결과를 통해서 기존 방법에서는 하지 못 했던 가상 훈련 게임이 사용자의 화재 탈출 대처에 미치는 영향에 대한 파악을 하고자 하였다.

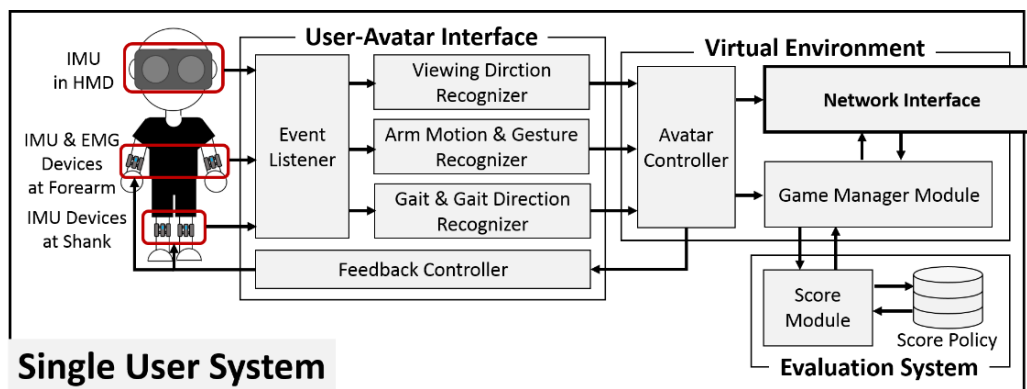


Figure 1. The proposed Configuration of single user system with wearable sensors, user-avatar interface, virtual environment, and user evaluation system

그림 2. 제안한 개인 사용자 시스템 구조도

II. 플랫폼의 구성

제안하는 시스템은 사용자 한명의 시스템 구성과 여러명이 동시에 접속하기 위한 시스템 전체 구성을 제시하였다. 그림 1에서는 제안하는 시스템은 가상 환경 관리시스템(Virtual Environment (VE) Management System), 사용자 아바타 인터페이스 (User-Avarta Interface), 훈련 성과 평가 시스템(Trainee Evaluation System)의 세 가지 서브 시스템으로 구성된다.

- 1) 가상 환경 관리시스템은 구현된 구성 요소들의 작동을 관리하는 서브 시스템.

2) 사용자 아바타 인터페이스 : 사용자가 착용하는 웨어러블 디바이스에는 IMU(Inertial Measurement Unit)를 포함한 VR HMD, 팔에 착용하는 IMU와 EMG(Electromyography) 센서 기기, 정강이에 착용하는 IMU 기기가 있다. 각 센서 데이터는 event listener 를 거쳐서 센서 위치에 따라 알맞은 recognizer 로 입력된다. HMD 에 포함된 IMU 는 Viewing Direction Recognizer 로 입력되며, 사용자의 시선 방향과 아바타의 시선 방향을 동기화하는데 사용된다.

3) 훈련 성과 평가 시스템(Trainee Evaluation System) : 가상 환경 관리시스템의 Game Manager, Avatar Controller 와 연계되어 동작한다. Judgment Module 은 행위 및 상황 정보를 점수 계산 정책(Score Policy)과 대조하여 점수 결과값을 Game Manager 에 전달하고. Game Manager 은 전달 받은 결과값에 따라 아바타(즉, 사용자)의 체험 점수를 변화시킨다. 본 연구에서는 다른 사용자의 아바타와 동기화되어 상호작용을 할 수 있도록 multi-user virtual environment 을 구축하였다. 각 사용자의 움직임이 아바타에 반영되기 때문에, 현실에 가까운 상호작용을 할 수 있는 체험을 사용자들에게 제공한다. 아울러 제안하는 시스템은 클라우드 서버를 통해 음성 데이터를 공유하여 사용자들 간에 음성대화가 가능하도록 한다. 게임 엔진에서 지원하는 입체 음향 효과를 활용하여 아바타의 위치에 따라 사용자의 목소리가 들려오도록 함으로써 사용자간 원활한 의사소통과 상호작용이 가능하도록 하였다.

그림 2에서는 여러명의 사용자가 동시에 접속하기 위한 시스템 전체 구성을 제시하였다. 개별 사용자의 시스템이 클라우드 게임 서버를 통해서 서로 동기화되고, 원격지의 사용자는 다른 사용자와 시간에 동기화된 가상 공간에서 서로 만나서 공동의 재난 상황을 경험하면서 훈련을 할 수 있다. 클라우드 게임 서버는 Unity 3D 등 게임 개발 엔진에서 제공하는 기능으로써 각 사용자는 동기화된 메타버스 환경을 체험할 수 있다.

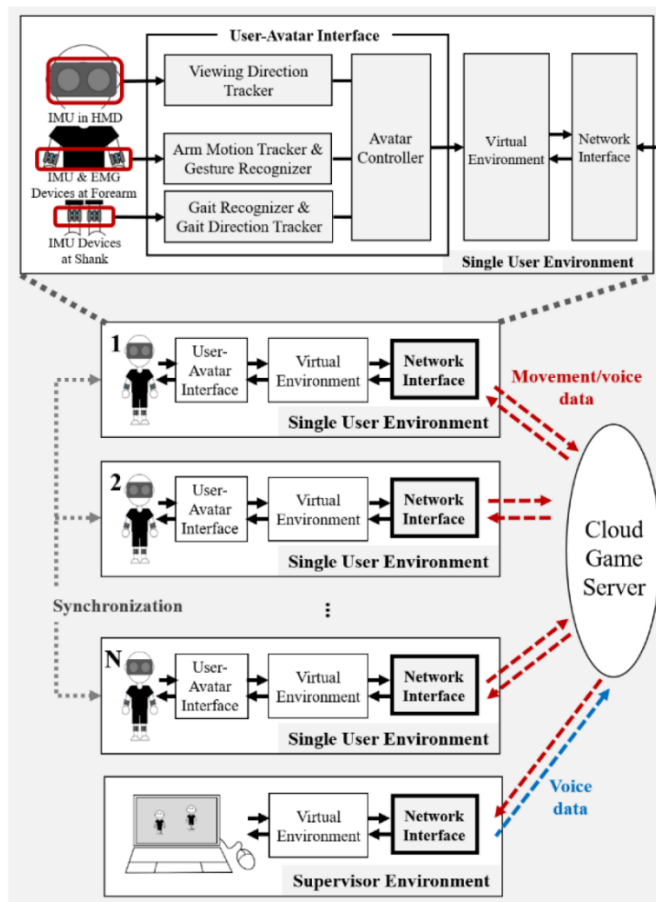


Figure 3. The proposed architecture of multiuser system with client-server architecture using cloud game server

그림 2. 제안한 다중 사용자 시스템 구조도

훈련 성과 평가 시스템(Trainee Evaluation System)은 훈련의 효과를 평가는 기능과 화재 탈출에 필요한 적절한 기능을 배우도록 가이드하는 목적이 달성되도록 설계하였다. 기능성 게임의 평가 점수를 HP(Human Power)라는 단위로 설정하고 이 값이 0으로 떨어질 때까지 탈출을 성공하지 못하면 실패로 기록된다. HP는 생명력 수치 표기를 의미한다. 만일 탈출에 성공하면서 게임이 종료되면 게임 종료시의 HP가 획득한 점수로써 이 점수가 높을수록 효과적으로 탈출하는 능력을 습득하였다고 판단할 수 있도록 하였다. 또한, 체험자들에게 점수 취득의 동기를 부여함으로써, 기존 엔터테인먼트 게임과 유사하게 상호 경쟁심을 유발하여 게임에 몰입하도록 설계하였다. 표 1은 평가시스템의 평가 규칙(score policy)를 제시하고 있다. 게임 시작시에 100HP를 받으며 게임 진행시간 2초마다 1점씩 HP가 감소한다. 체험자가 화재 탈출 가이드라인을 위배하는 행위를 할 시에는 벌점으로 HP가 감소된다. 만일 소화기를 사용하여 화재를 진압하거나 화재 확산을 방지하는 스킬을 성공적으로 보여주는 경우에는 리워드 점수를 획득하게 된다. 벌점과 리워드 점수 획득을 통해서 체험자는 화재시 행동 규칙과 탈출 방법을 습득하게 된다. 또한 체험자 상호간에 음성 교환과 협력 행동을 통하여 다른 취약자인 다른 사람의 탈출에 도움을 주는 방법도 습득이 가능하다. 만일 감독자 모드를 설정하고 게임을 진행한다면, 감독자가 체험자들에게 효과적인 대응 방법을 알려주어서 필요한 규정이나 스킬을 더 효율적으로 습득할 수 있도록 훈련 진행이 가능하다. 감독자 모드는 옵션으로 선택 또는 해제하는 것이 가능하다.

Rmfla3은 제안하는 개인 사용자 시스템을 착용한 체험자와 그 체험자의 사이버 공간에서 아바타의 모습을 보여주고 있다. 사용자가 착용한 센서가 사용자의 동작과 자세를 실시간으로 읽어내어 아바타와 행동 표현에 동기 시키는 것을 볼 수 있다.

Table. 1 Scoring Rule with penalties and rewards
표 4. 평가시스템의 상벌 평가 규칙

	Condition	Default setting of Score (HP)
Basic rule and penalties	A trainee starts with initial health points of 100(HPs).	100
	The health points decrease with a predefined rate during a play. (The game will be over if the HP becomes 0 points, hence, every trainee must escape the fire disaster before 0 HP.)	Basic rate : - 1 HP / 2 sec
	Violation of standard guideline cause a penalty. (For example, if a player doesn't cover one's own mouth and nose with a hand to prevent toxic gas inhalation, HP decrease more rapidly.	Penalty rate : - 3 HP / 1 sec
	A trainee touches a fatal object or moves to a dangerous hazard spot.	Hazard penalty - 30 HP / 1 sec
	A Successful escape from the disaster. (Remaining HP at the moment of evacuation is the score of the game.)	+ (remaining HP) points
Reward Points	If a trainee uses a fire extinguisher.	+ 10 points
	If a trainee finds emergency flashlight and shine the torch on the route while she/he tries to escape.	+ 10 points
	If a trainee closes fire doors to prevent spreading of fire.	+ 5 points

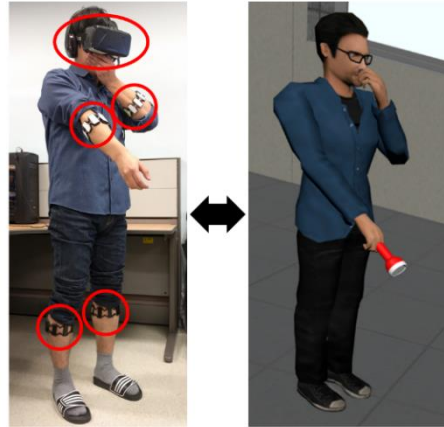


Figure 5. A trainee wearing devices of single user system and his avatar synchronized with his actions and poses at cyber space
 그림 3. 개인 사용자 시스템을 착용한 체험자와 아바타

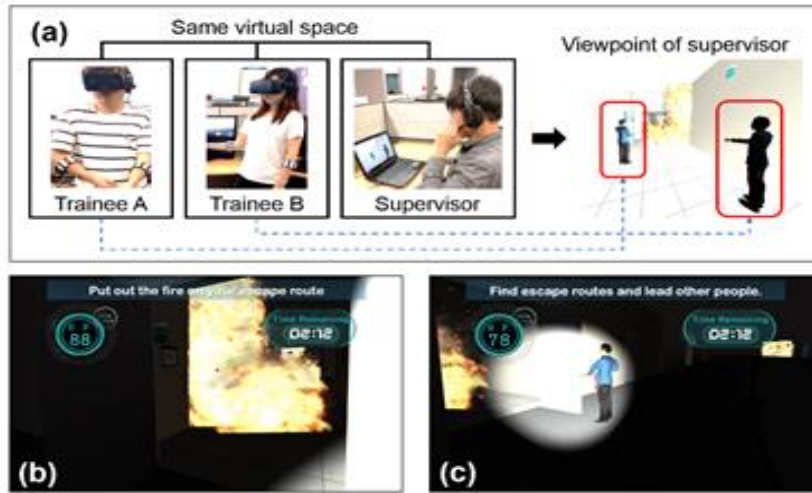


Figure 6. Snap shot scene of collaborative learning in the multi-user mode where two users try to escape in a fire together and a supervisor is monitoring the players, (b) Trainee A's view, and (c) Trainee B's view on the HMD

그림 4. 다중 사용자 모드에서의 훈련 모습

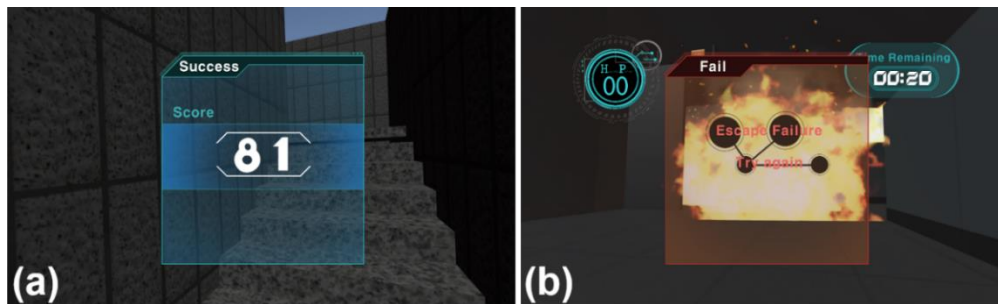


Figure 7. An example of Screen shot when game end, (a) End screen when a user escapes successfully, (b) when a user fails to escape

그림 5. 사용자의 탈출 성공(좌) 상황과 실패(우) 상황

III. 실험 결과 및 토론

3.1 훈련 방법과 실험

그림 4는 구현된 게임에서 훈련이 어떻게 이루어지는지를 보여주고 있다. 총 3명의 참여자(2명의 체험자와 1명의 감독관)가 메타버스 가상 공간에 접속한 모습과 이를 감독관의 시점에서 관찰하는 모습을 보여주고 있다. 감독자 모드는 필요시에 선택적으로 설정 또는 해제할 수 있다. 체험자들은 가상 공간 내에서 음성 대화를 통해서 서로의 역할과 상황에 대한 논의를 할 수 있으며, 이와 같은 collaborative learning 환경은 체험자들에게 화재 상황을 인지하고 대처해 나가는데 혼자서 이런 상황을 경험할 때보다 더 다양한 경험을 제공한다. 그림 5는 사용자가 81점을 취득하면서 탈출에 성공하는 상황의 게임 화면(a)과 탈출하지 못하고 게임이 종료되는 경우(b)를 보여주고 있다. 실패의 경우에도 20초의 시간이 남아 있으므로 위험한 물건을 접촉 등 금지된 행위를 하여서 HP가 0으로 감소되어 게임이 종료된 것을 알 수 있다. 게임 중 득점과 벌점은 각 사용자 개인별로 score module 기록되어서 사용자가 복습과정에서 확인할 수 있으며, 감독자가 어떤 이유로 리워드 또는 페널티를 받게 되었는지 사용자에게 알려주는 기능으로 활용하는 것도 가능하다.

3.2 훈련 효과와 평가

제안하는 게임이 체험자들에게 어떻게 교육적 영향력을 미치는지 확인하기 위하여 20세에서 40세 사이의 24명의 참가자들을 대상으로 user study를 수행하였다. 사용자는 가상 환경에 접속 경험이 없는 저능력자(lower-ability)와 사전에 재난 탈출에 대한 지식을 어느정도 가지고 있으며 가상 환경에 경험을 가지고 있는 고능력자(higher-ability) 그룹으로 구분하였다. User study는 최초 게임 체험과 반복 체험 후 취득하는 점수 변화에 효과에 대한 조사로 구성되었다. 그림 6은 개인 플레이(first round)와 협동 플레이(second round)에서 평균 팀 점수와 평균 개인 점수의 변화를 보여준다. 저능력자 그룹은 최초 게임에서 평균 3.75점의 낮은 점수를 취득하였고 고능력자 그룹은 87점의 높은 점수를 취득하였다. 탈출에 실패하면 0점의 점수를 받으며 게임을 마치므로 저능력자 그룹은 첫번째 개인 훈련 체험에서 대부분 탈출에 실패하였다고 보면 된다. 대부분의 참가자는 두 라운드 of 체험에서 대체로 평가 점수가 향상되는 모습을 보였고, 특히 low-ability 그룹에서 collaborative learning의 효과가 크게 향상됨을 보여준다. 고능력자 그룹도 두번째 협동 훈련에서 획득한 평균 87점에서 91.5점으로 점수가 상승하였다. 저능력자 그룹을 두번째 체험에서 점수가 67점으로 약 20배 상승하였는데 이는 제안하는 협동 훈련의 저능력자들에게 매우 높은 교육 효과가 있음을 보여주는 것이다.

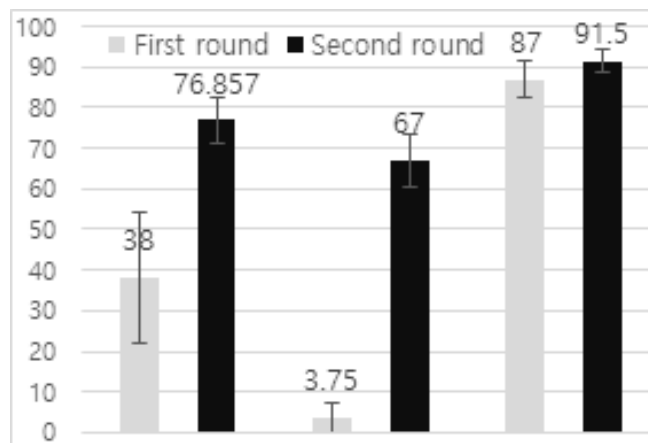


Figure 8. Training effect of trainees by group. The first round consists of individual training, and the second round consists of cooperative training

그림 6. 개인 및 협동 플레이에서의 평균 개인 및 팀 점수 비교

IV. 결론

화재 대피 훈련은 대중들의 생활 안전을 위해 꼭 필요한 것이다. 제안하는 게임의 차별점은 다음과 같다. 첫 번째로, wearable devices 를 이용하여 사용자와 가상 환경 속 아바타의 행동을 동기화함으로써 사용자가 마치 가상의 아바타가 된 것 같은 virtual body ownership 을 가지도록 하였다. 두 번째로, wearable devices 를 활용한 user-avatar interface 를 토대로 multi-user virtual environment 를 구현하여 다중의 사용자가 아바타를 통해서 현실처럼 인터랙션 할 수 있는 환경을 제공하였다. 세 번째로, 이러한 기술적 토대 위에 화재 대피 훈련을 위한 serious game contents 를 구현하면서 탈출에 주어지는 제한 시간, 아바타의 생명력 수치 표기 등 게임적 요소들을 도입하여 사용자에게 긴박감과 몰입할 수 있는 환경을 제공하였다. 네 번째로, 화재 대피 훈련의 과정을 평가하여 점수로 보여 사용자에게 줌으로써 사용자가 자신의 훈련 수준이 어느정도 인지 파악하고 더 높은 점수를 향한 목표의식을 가질 수 있도록 하였다. 이렇게 구현된 게임의 교육적 효과 및 사용자에게 미치는 영향을 파악하기 위하여 24 명의 참가자들을 대상으로 user study 를 진행하였다. User study 는 VRSG 체험과 체험 후의 사용자 survey 로 구성되었다.

V. 감사의 글

본 논문은 (사)ICT 플랫폼학회 2021 하계 학술대회 우수 논문상 (화재 탈출 훈련 기능성 게임의 메타버스 플랫폼 구현)을 Journal of Platform Technology 의 성격에 맞추어서 재편집한 논문이며, 편집위원회의 초청에 감사드립니다. 이 논문은 2021 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원(IITP)의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2017-00244, HMD 표정 인식 센서와 사이버 인터랙션 인터페이스 기술).

VI. 참고 문헌

- [1] Alvarez, Julian, and Damien Djaouti. "An introduction to Serious game Definitions and concepts." *Serious Games & Simulation for Risks Management* 11, no. 1 (2011): 11-15.
- [2] Williams-Bell, F. Michael, Bill Kapralos, Andrew Hogue, B. M. Murphy, and E. J. Weckman. "Using serious games and virtual simulation for training in the fire service: a review." *Fire Technology* 51, no. 3 (2015): 553-584.
- [3] Dionisio, John David N., William G. Burns III, and Richard Gilbert. "3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities." *ACM Computing Surveys (CSUR)* 45, no. 3 (2013): 1-38.
- [4] <https://www.stoicent.co.kr/?fbclid=IwAR10ioZKjSBTLMNrhdezGsu2fe9P58TkfbicAeiZaNruk0enqrMCF-OCCcs>, last visited 10th September 2021
- [5] Chittaro, Luca. "Designing serious games for safety education: Learn to brace" versus traditional pictorials for aircraft passengers." *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 22, no. 5 (2015): 1527-1539.
- [6] Ha, Gyutae, Hojun Lee, Sangho Lee, Jaekwang Cha, and Shiho Kim. "A VR serious game for fire evacuation drill with synchronized tele-collaboration among users." In *Proceedings of the 22nd ACM Conference on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 301-302. 2016.
- [7] Lee, Hojun, Gyutae Ha, Sangho Lee, and Shiho Kim. "A mixed reality tele-presence platform to exchange emotion and sensory information based on MPEG-V standard." In *2017 IEEE Virtual Reality (VR)*, pp. 349-350. IEEE, 2017.
- [8] Cha, Jaekwang, Jinhyuk Kim, and Shiho Kim. "Noninvasive determination of fiber orientation and tracking 2-dimensional deformation of human skin utilizing spatially resolved reflectance of infrared light measurement in vivo." *Measurement* 142 (2019): 170-180.
- [9] Cha, Jaekwang, Jinhyuk Kim, and Shiho Kim. "An IR-based facial expression tracking sensor for head-mounted displays." In *2016 IEEE SENSORS*, pp. 1-3. IEEE, 2016.
- [10] Jinhyuk Kim, Jaekwang Cha, and Shiho Kim. "Hands-Free User Interface for VR Headsets Based on In Situ Facial Gesture Sensing." *Sensors* 20, no. 24 (2020): 7206.

- [11] Cha, Jaekwang, Jinhyuk Kim, and Shiho Kim. "Hands-free user interface for AR/VR devices exploiting wearer's facial gestures using unsupervised deep learning." Sensors 19, no. 20 (2019): 4441.

저자 소개



이상호 (Sangho Lee)

2012 년 (미) 디지펜공대 (Digipen Institute of Technology) 학사
2013 년 ~ 현재 연세대학교 박사과정
2014 년 ~ 현재 그루랩 창업자

관심 분야: 가상 현실, 블록체인



하규태 (Gyutae Ha)

2013 년 연세대학교 컴퓨터공학과 학사
2017 년 연세대학교 융합공학과 석사

관심 분야: 가상 현실, 인공지능



김홍석 (Hongseok Kim)

2014 년 서강대 신문방송학과 박사 수료
2015 ~ 2017 년 한국 VR 산업 협회 (초대) 사무총장
현재 STOIC entertainment 대표이사

관심 분야: 기능성 게임, 가상현실, 메타버스 플랫폼



김시호 (Shiho Kim)

1998 ~ 2004 원광대학교 교수
2005 ~ 2010 충북대학교 교수
2011 년 ~ 현재 연세대학교 융합공학과 교수
2011 년 ~ 현재 : 연세대 STL (Seamless Transportation Lab) 운영

관심 분야: 인공지능, 자율주행차, 가상 물리 시스템