



Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700

<http://www.kkits.or.kr>

The Development of Gun-Shaped VR Haptic Controller and Virtual Environment Application for Immersive First Person Shooting Game

Tae-Hoon Kim, Hye-Sun Lee, Sang-Youn Kim*

Interdisciplinary Program in Creative Engineering, Interaction Laboratory of Advanced Technology Research Center, Korea University of Technology and Education

ABSTRACT

In this paper, we propose a gun-shaped VR haptic controller and an immersive First Person Shooting (FPS) game based on the haptic controller. The proposed VR haptic controller is composed of a bluetooth module for remote communication, a vibration motor for tactile feedback, an inertial measurement unit for motion recognition, a microprocessor, an input button, a battery. The proposed gun-shaped VR haptic controller enables remote communication with virtual environment applications in real-time. Furthermore, the proposed controller generates haptic information and conveys it to user in real-time when he/she shoots a gun in virtual reality game. We inserted two vibrotactile actuators : one is mounted inside the rail cover and the other one is embedded in the vertical handle of the controller in consideration of the position of the user's two hands in order to maximize the haptic effect. In addition, the proposed VR haptic controller has an inertial measurement unit so that the viewpoint of the virtual camera in the game application is changed according to the tilt of the VR haptic controller. In this paper, the objective of virtual haptic game is to kill zombies using the proposed gun-shaped haptic controller. When a character in a virtual game fires a bullet to a zombie, the gun-shaped haptic controller provides a realistic tactile sensation to a user. Therefore, the proposed FPS game is expected to create rich sensations (visual, auditory, and haptic feeling) and to immersively interact with virtual game through a gun-shaped VR haptic controller.

© 2020 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Haptics, Gun-shaped haptic controller, Immersive virtual reality, First person shooting game, Tactile feedback

ARTICLE INFO: Received 2 March 2020, Revised 23 March 2020, Accepted 10 April 2020.

*Corresponding author is with Interaction Laboratory, Advanced Research Technology Center, Korea University of Technology and Education, 1600 Chungjeol-ro,

Byeongcheon-myeon, Dongnam-gu, Cheonan, ChungNam 31253, Korea.

E-mail address: sykim@koreatech.ac.kr

1. 서론

컴퓨터 소프트웨어, 하드웨어 기술의 비약적인 발전과 문화산업에 대한 대중의 관심이 높아짐에 따라 전 세계적으로 게임 시장의 성장세가 두드러지고 있다. 게임 시장조사업체 뉴주(Newzoo)는 '2019 세계 게임 시장 보고서'에서 올해 게임 시장이 전년 대비 9.6% 증가한 1,521억 달러(한화 약 178조 5천만 원)에 이를 것으로 전망했다[1]. MMO RPG(Massively Multi-player Online Role Playing Game), MOBA(Multi-player Online Battle Arena), FPS(First Person Shooting) 게임과 같은 다양한 장르의 게임들이 적극적으로 개발되고 있으나, 이 중에서도 FPS 게임은 오랜 기간 대중적인 인기를 얻고 있다. FPS 게임이란 캐릭터의 일인칭 시점으로 가상환경을 누비면서 총기와 같은 발사 무기로 적을 공격하는 형태의 게임이다[2]. 1992년 울펜슈타인프 3D로 시작된 FPS 게임은 둠 시리즈, 서든 어택, 오버워치, 배틀그라운드 등이 출시된 바 있으며, 2020년 1월 기준 인기 게임 순위 10위 내에 3개의 FPS 게임이 자리할 정도로 꾸준히 높은 인기를 얻고 있다[3].

기존의 PC 기반 FPS 게임에서 사용자는 주로 키보드, 마우스 등의 인터페이스를 통해 총기와 같은 발사 무기를 조작할 수 있었다. 그러나 키보드나 마우스와 같은 인터페이스는 사용자가 가상환경에서 다루는 발사 무기의 형상과는 큰 차이가 있으며, 사용자에게 키압(key壓), 키감(key感) 외에 반동감 같은 사실적인 촉각 정보를 제공해주지 못하는 한계가 있었다. 한 연구는 키보드나 마우스와 같은 직관적이지 않은 인터페이스를 활용한 게임에서 사용자의 몰입도가 현저히 떨어진다고 보고하기도 하였다[4].

최근 사용자의 게임 몰입도를 향상시키기 위해 가상현실(VR: Virtual Reality) 기술이 주목받고 있

다[5-9]. VR 기술이란 사용자가 컴퓨터가 생성한 가상의 공간과 객체와의 상호작용을 마치 현실처럼 인식하도록 인간의 오감을 의도적으로 속이는 일련의 기술을 의미하며[10,11], 특히 시각, 촉각, 청각 등의 오감에 대한 표현 및 상호작용 기술은 VR 구현을 위한 필수 기술 요소로 강조되고 있다[12]. 따라서 사용자가 마치 가상환경에 존재하는 것 같은 직관적이고 감각적인 경험을 제공하기 위해서는 오감표현 및 상호작용을 제공하는 몰입형 VR 인터페이스와 애플리케이션으로 구성된 몰입형 FPS의 개발이 필요하다.

오감표현 및 상호작용 관련 VR 기술을 활용한 몰입형 FPS 게임에 관한 선행연구들을 살펴보면, Krompiec 등은 상용화된 HMD와 컨트롤러를 활용하여 가상환경-사용자 간 시각 및 촉각 상호작용이 가능한 몰입형 VR 기반 FPS 게임을 제안하였다[13]. Berna-Moya 등도 상용화된 HMD와 컨트롤러를 이용하여 총의 무게감과 총알이 발사될 때의 반동 효과를 사용자에게 전달할 수 있는 VR 기반 몰입형 FPS 게임을 제안하였다[14]. 또한, Choi 등은 VR 기반 FPS 게임에서 방아쇠 조작에 따른 근감각 피드백을 사용자에게 제공해줄 수 있는 Exo-skin 유형의 VR 컨트롤러를 제안하였다[15]. 이 연구들에서 컨트롤러는 사용자에게 FPS 게임 환경 및 상황에 적합한 촉각 정보를 제공함으로써 촉각 정보를 제공하지 못하였던 키보드나 마우스 등의 기존 인터페이스와 비교할 때 사용자의 감각적 몰입감을 높여줄 것이다. 하지만 상용화된 컨트롤러의 경우 FPS 게임에서 사용자가 조작하는 발사 무기의 형상과는 차이가 있다. 이에 일부 연구가 발사 무기 형상을 가진 Exo-skin 유형의 VR 컨트롤러를 제안하였으나, 무게가 무거워서 사용자의 조작이 쉽지 않을 것으로 예상된다.

이에 본 연구는 경량 액추에이터 및 센서를 활용한 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러와 가상환경에

플리케이션으로 이루어진 몰입형 FPS 게임을 제안한다. 제안하는 게임은 모션 인식과 진동 생성 기능을 제공하는 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러를 활용하여 가상환경의 좀비를 제거하는 FPS 게임이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 몰입형 FPS 게임의 시스템 구성 및 흐름도를 설명한다. 제3장에서는 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러의 구성요소 및 회로도를 기술하고, 제4장에서는 가상환경 애플리케이션의 전체 맵 구조 및 게임 시나리오에 대해 설명한다. 마지막으로, 제5장에서는 본 연구의 결론을 기술한다.

2. 몰입형 FPS 게임의 시스템 구성

2.1 시스템의 구성요소

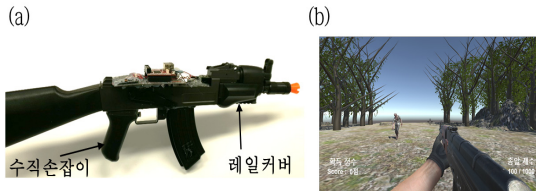


그림 1. (a) 제안하는 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러, (b) 가상환경 애플리케이션

Figure 1. (a) The proposed gun-shaped VR haptic controller, (b) Virtual environment application

본 연구의 몰입형 FPS 게임은 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러와 가상환경 애플리케이션으로 구성된다. 사용자가 컨트롤러의 입력 버튼을 조작하면 <그림 1. (b)>의 가상환경 애플리케이션에서의 캐릭터가 총기의 방아쇠를 당겨 총알이 발사된다. 총알이 발사되는 순간의 진동 감각을 구현하기 위해 <그림 1. (a)>의 제안하는 총기 형상 VR 컨트롤러의 레일 커버와 수직 손잡이 내부의 두 지점에 진동 모터를 각각 부착하였다. 또한, VR 햅틱 컨트롤

러의 내부에 관성 측정 장치(IMU; Inertial Measurement Unit)를 탑재함으로써 사용자가 컨트롤러를 상하좌우로 기울일 때 그에 맞춰 가상환경의 카메라 시점이 변경되도록 하였다. 가상환경 애플리케이션은 동서남북 네 곳의 좀비 출현 지역에서 무작위로 좀비가 생성되며, 가상환경 내 캐릭터는 총기를 이용하여 출현하는 좀비들을 제거하여 점수를 획득한다.

2.2 시스템의 신호 흐름도

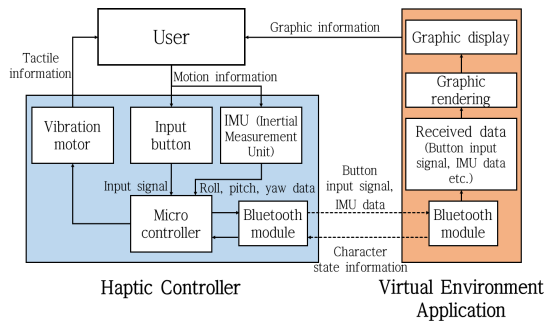


그림 2. 전체 시스템의 신호 흐름도
Figure 2. Signal flow diagram of entire system

<그림 2>는 전체 시스템의 신호 흐름도를 보여준다. 제안하는 VR 햅틱 컨트롤러의 입력 버튼을 사용자가 누르면 버튼이 입력되었다는 신호가 마이크로 컨트롤러에 전달된다. 마이크로 컨트롤러는 블루투스 모듈을 통해 입력 신호를 가상환경 애플리케이션에 전달한다. 가상환경 애플리케이션에서는 이 버튼 입력 신호를 바탕으로 캐릭터에게 총알 발사를 명령하는 동시에, 마이크로 컨트롤러가 진동 모터를 구동시키도록 한다. 이로 인해 입력 버튼을 누른 사용자는 가상환경으로부터는 캐릭터가 총알을 발사하는 시각 정보를, 동시에 컨트롤러에서는 촉각 정보를 전달받는다.

햅틱 컨트롤러에 탑재된 IMU는 컨트롤러의 기울기를 감지하여 롤(Roll), 피치(Pitch), 요(Yaw) 데이터를 마이크로 컨트롤러에 전달한다. 마이크로 컨트롤러에서는 블루투스 모듈을 통해 IMU에서 감지된 데이터를 가상환경 애플리케이션에 전달함으로써 애플리케이션의 카메라 시점이 전환된다. 카메라 시점은 마이크로 컨트롤러에서 전달받은 IMU 데이터에 따라 실시간으로 변경되며, 이에 따라 사용자는 컨트롤러의 기울기에 맞춰 실시간으로 변경되는 시각 정보를 제공받는다.

3. 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러

<그림 3>은 제안하는 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러의 구성요소와 회로도를 보여준다. VR 햅틱 컨트롤러는 <그림 3. (a)>와 같이 리튬폴리머 배터리(JP6333348), 마이크로 컨트롤러(Cortex-M4 STM32F407IGT6), 블루투스 모듈(HC-05), IMU(EBIMU-9DOFV3), 입력 버튼, 두 개의 진동 모터(C0832), 그리고 총기 모양의 하우징으로 구성된다. 본 연구의 컨트롤러는 완구용 총기(Academy Science Assault Rifle)의 하우징을 활용하여, 하우징 내부에 만능 기판(PCB: Printed Circuit Board)을 부착한 구조로 제작되었다. 또한, 진동 모터는 사람의 손에 강력한 진동 감각을 제공하기 위해서 사용자의 양손이 총기를 파지하는 지점인 레일커버와 수직손잡이 내부의 두 곳에 각각 탑재하였다.

탑재된 만능 기판에는 IMU, 블루투스 모듈, 마이크로 컨트롤러, 두 개의 진동 모터를 <그림 3. (b)>와 같이 탑재하였다. 총알을 발사하는 느낌을 더욱 생생하게 표현하기 위해 하우징의 방아쇠 부분에 입력 버튼을 장착하였다.

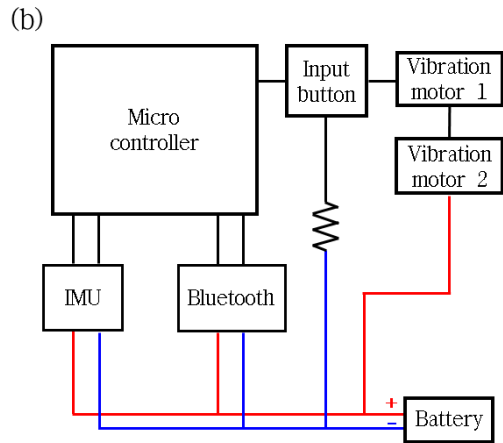
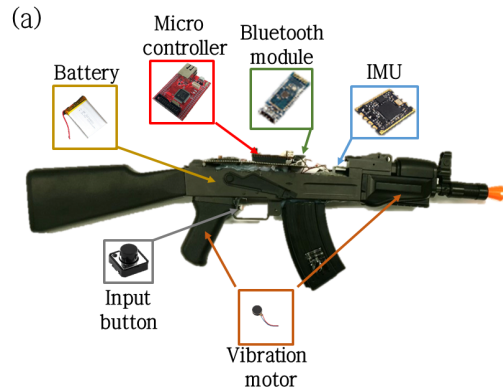


그림 3. (a) 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러의 구성요소, (b) 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러의 회로도
Figure 3. (a) The component of gun-shaped VR Haptic controller, (b) The electric circuit of gun-shaped VR Haptic controller

4. 가상환경 애플리케이션

4.1 전체적인 맵 구조

본 연구에서 제안하는 가상환경 애플리케이션은 Unity 2018 3D와 Visual studio 2017 프로그램을 사용하여 C# 언어를 기반으로 개발되었다. 가상환경 애플리케이션은 동서남북에 각각 위치한 준비 출

현 지역에서 무작위로 생성되는 좀비 객체를 제거하여 점수를 얻는 가상환경 기반 FPS 게임이다.

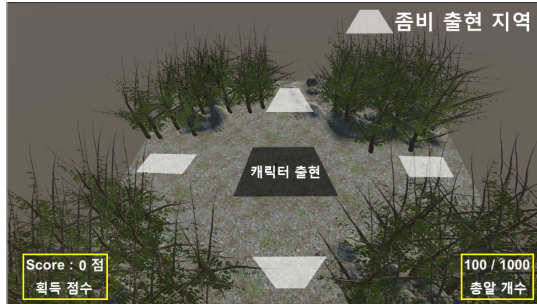


그림 4. 가상환경 애플리케이션의 전체적인 맵 구조
Figure 4. The overall map structure of virtual environment application

<그림 4>는 제안하는 가상환경 애플리케이션의 전체적인 맵 구조를 보여준다. 캐릭터는 맵 중앙의 검은색 지점인 캐릭터 출현 지역에서 나타난다. 캐릭터 출현 지역을 기준으로 하여 동서남북의 네 곳에 위치한 흰색 지점은 좀비 출현 지역으로, 무작위로 좀비 객체가 생성된다. 게임이 시작되면 캐릭터는 동서남북 지점 중 한 방향을 바라보면서 출현하지만, 360도로 회전하면서 사방의 좀비 출현 지역들을 확인할 수 있도록 구현되었다. 네 곳의 좀비 출현 지역에서는 무작위로 10초에 1마리씩 새롭게 좀비들이 출현하며, 지형 장애물 사이의 좀비를 제거할 때마다 1마리당 10점을 획득하게 된다. 총알은 총 1,000발이 주어지며, 캐릭터가 주어진 총알을 전량 소진하면 게임이 종료된다.

4.2 일인칭 카메라 시점

<그림 5>는 제안하는 가상환경 애플리케이션의 일인칭 카메라 시점을 보여준다.



그림 5. 가상환경 애플리케이션의 일인칭 카메라 시점
Figure 5. The first person camera viewpoint in virtual environment application

사용자가 VR 햅틱 컨트롤러를 움직여 십자(+) 모양의 조준선을 좀비 객체에 맞춰 조준하고 입력 버튼을 누르면 가상환경의 캐릭터가 총알을 발사하여 좀비 객체가 제거된다. 가상환경의 카메라 시점은 VR 햅틱 컨트롤러의 기울기 및 방향에 따라 실시간으로 변경되며, 캐릭터는 방향에 구애 없이 자유롭게 360도 방향 전환을 할 수 있다. 제안하는 몰입형 FPS 게임은 주어진 총알 내에서 출현하는 좀비를 정확하게 조준하여 제거함으로써 높은 점수를 획득하는 것을 목표로 한다.

5. 결론

본 연구에서는 몰입형 FPS 게임을 위한 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러와 가상환경 애플리케이션을 개발하였다. 제안하는 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러는 무선 통신 모듈, 모션 인식 및 진동 생성을 위한 경량 액추에이터 및 센서가 탑재되었다. 따라서 제안하는 컨트롤러는 가상환경과 실시간으로 원격 통신이 가능하며, 무게가 가볍고 총알이 발사될 때의 진동 감각을 생성한다.

제안하는 몰입형 FPS 게임은 가상환경 애플리케이션에서 제공하는 시각 및 청각 정보와 제안하는

총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러에서 생성되는 촉각 정보를 활용하여 풍부하고 다양한 감각 표현 및 상호작용을 제공할 수 있다. 이를 통해 사용자에게 가상환경에 대한 높은 몰입감을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] Newzoo Global Games Market Report, <https://newzoo.com/insights/articles/newzoo-adjusts-global-games-forecast-to-148-8-billion-slower-growth-in-console-spending-starts-sooner-than-expected/>, Nov. 2019.
- [2] Z. Bučková, *Typology of game principles in digital games: A case study of mafia III*, Acta Ludologica, Vol. 2, No. 1, pp. 42-54, 2019.
- [3] Game ranking top 100(gamemeca), <https://www.gamemeca.com/popup/ranking.php?scode=O>, Jan. 2020.
- [4] D. A. Bowman, and L. F. Hodges, *User interface constraints for immersive virtual environment applications*, Georgia Institute of Technology, 1995.
- [5] H-I. Kwon, H-J. Rhee, and J-W. Park, *Exploring the immersion degree difference between 3D and 2D: Focus on action-adventure game*, The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 11, No. 1, pp. 157-164, 2011.
- [6] J. Kim, and K. Jeong, *Design and implementation of a board game using augmented reality*, Korean Society for Computer Game, Vol. 24, No. 1, 2011.
- [7] C. Park, *Development of a tangible snowboard training simulator based on virtual reality*, Journal of Korea Game Society, Vol. 14, No. 4, pp. 87-94, 2014.
- [8] H. Park, H. Kim, and S. Seo, *3D content design & implementation of VR horseback riding game*, Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 24, No. 4, pp. 73-81, 2019.
- [9] J-W. Yoon, J-K Min, and S-B. Cho, *Gesture recognition for wearable user interface of immersive virtual reality based on mixture-of-experts*, Journal of the HCI Society of Korea, Vol. 6, No. 1, pp. 1-8, 2011.
- [10] S-J. Ahn, J-Y. Yeon, *The concept of virtual reality and current trends in previous researches*, Korean Institute of Interior Design, Vol. 20, No. 1, pp. 328-331, 2018.
- [11] M. Mihelj, D. Novak, and S. Begus, *Introduction to virtual reality*, In Virtual Reality Technology and Applications, Springer, Dordrecht, pp. 1-16, 2014.
- [12] J. H. Lee, *VR System Environment technologies and user input elements*, Journal of the Korean Society of Design Culture, Vol. 24, No. 2, pp. 585-596, 2018.
- [13] P. Krompiec, and K. Park, *Enhanced player interaction using motion controllers for first-person shooting games in virtual reality*, IEEE Access, Vol. 7, pp. 124548-124557, 2019.
- [14] J. L. Berna-Moya, and D. Martinez-Plasencia, *Exploring the effects of replicating shape, weight and recoil effects on VR shooting controllers*, In IFIP Conference on Human-Computer Interaction. Springer, Cham, pp. 763-782, 2019.
- [15] I. Choi, E. Ofek, H. Benko, M. Sinclair, and C. Holz, *Claw: A multifunctional handheld haptic controller for grasping, touching, and triggering in virtual reality*, In Proceedings of

the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, p. 654, 2018.

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 [NRF-2018R1A6A1A03025526]. 또한, 이 연구는 2017년도 산업통상자원부 및 산업기술평가원(KEIT) 연구비 지원[10077367] 및 한국기술교육대학교 교무팀의 교육연구진흥과제 (2019-0401, 몰입형교육을 위한 가상현실플랫폼)의 지원을 받아 수행되었습니다.

몰입형 FPS 게임을 위한 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러와 가상환경 애플리케이션 개발

김태훈¹, 이해선², 김상연³

¹한국기술교육대학교 Interaction Lab. 석박사 통합과정

²한국기술교육대학교 Interaction Lab. 첨단기술 연구소 대우교수

³한국기술교육대학교 Interaction Lab. 교수

요 약

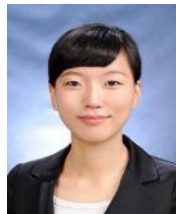
본 논문에서는 몰입형 FPS 게임을 위한 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러와 가상환경 애플리케이션을 제안한다. 제안하는 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러는 원격 통신을 위한 블루투스 모듈, 촉각 피드백을 위한 진동 모터 및 동작 인식을 위한 관성 측정 장치, 마이크로 프로세서, 입력 버튼, 배터리로 구성된다. 제안하는 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러는 가상환경 애플리케이션과 실시간으로 원격 통신을 가능하게 하며, VR 게임에서 총알을 발사할 때 사용자에게 촉각 정보를 전달한다. 컨트롤러에는 2개의 진동 모터가 탑재되었는데, 사용자의 양손 위치를 고려하여 1개는 레일 커버 내부에 장착되었고, 다른 1개는 컨트롤러의 수직 손잡이에 탑재되었다. 이를 통해 사용자에게 전달하는 촉각 효과를 극대화하였다. 또한, 제안하는 총기 형상의 VR 햅틱 컨트롤러는 관성 측정 장치가 탑재되어 컨트롤러의 기울기에 따라 가상환경 애플리케이션의 일인칭 카메라 시점이 변경된다. 본 논문에서 제안하는 VR 햅틱 게임의 목적은 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러를 활용하여 좀비를 제거하는 것이다. 가상환경 애플리케이션 내의 캐릭터가 좀비를 향해 총알을 발사할 때 총기 형상 VR 햅틱 컨트롤러는 사용자에게 사실적인 촉감을 제공한다. 따라서 제안하는 몰입형 FPS 게임은 풍부한 감각(시각, 청각 및 촉각)을 만들어내고, 총기 형상의 VR 햅틱 컨트롤러를 통해 VR 게임과 몰입도 높은 상호작용을 제공할 것으로 예상된다.



Tae-Hoon Kim received a B.S. (2019) and is a Master's and Doctorate courses student of Interdisciplinary Program in Creative Engineering at

Korea University of Technology and Education. His current research interests include Human-Computer Interaction, Virtual Reality, Haptics, Smart material, Smart sensor and actuator.

E-mail address: rlxogns94@koreatech.ac.kr



Hye-Sun Lee received a B.A. (2009), an M.A. (2013) and a Ph.D. (2018) in the Department of Education from the Sookmyung Women's University. She is

currently an acting professor (Research-focused) at the Computer Engineering at Korea University of Technology and Education. Her current research interests include Virtual Training, Usability Evaluation, Learners' Experience.

E-mail address: edumas0801@koreatech.ac.kr



Sang-Youn Kim received a B.S. (1994) from the Korea University, Korea and an M.S.E (1996) and a Ph.D. (2004) in mechanical engineering at Korea

Advanced institute of Science and Technology (KAIST). From 2004 to 2005, he was a researcher at Human Welfare Robot System Research Center. In 2005, he was a research staff at Samsung Advanced Institute of Technology (SAIT). He is currently a professor of Computer Engineering at Korea University of Technology and Education. His current research interests include Human- Computer Interaction, Virtual Reality, and Haptics.

E-mail address: sykim@koreatech.ac.kr