

협업 환경에서 작업 효율 향상을 위한 새로운 형태의 HMD 시스템 설계 및 사용성 검증

신정훈^{1*}, 권희주²

¹대구가톨릭대학교 컴퓨터소프트웨어학부, ²대구가톨릭대학교 컴퓨터공학전공

Design and Validate Usability of New Types of HMD Systems to Improve Work Efficiency in Collaborative Environments

Jeong-Hoon SHIN^{1*}, Hee-Ju KWON²

¹School of Computer Software, Daegu Catholic University

²Department of Computer Engineering, Daegu Catholic University

요 약 4차 산업 혁명 시대의 기술 발전에 따라 다양한 분야에서 HMD를 활용하는 기술이 응용되고 있다. HMD는 AR/VR 등의 가상현실 분야에서 특히 유용하게 활용되고 있으며 원격지에 위치한 사용자가 현장의 생생한 감동을 전달받는 데 매우 효과적이다. 이러한 특성에 따라 협업과 관련한 분야에서도 HMD를 활용하는 빈도가 커지고 있다. 그러나 HMD를 협업에 적용 시 원격지에 위치한 전문가와 현장에 위치한 작업자 사이의 의사소통이 원활하지 못하여 사용성 측면의 다양한 문제점을 야기하기도 한다. 본 논문에서는 원격지 전문가와 현장의 작업자가 HMD를 활용하여 협업 시 발생하는 다양한 문제점을 해결하고, 보다 효율적인 협업의 진행이 가능한 새로운 형태의 HMD 구조 및 기능을 설계/제안하며 SUS 평가 기법을 활용하여 사용성을 검증한다. SUS 평가 결과 본 논문에서 제안한 새로운 형태의 HMD 구조 및 기능은 86.75점을 나타내었으며, 이는 기존 HMD 구조가 가지는 협업 시 제약사항, 사용성의 불편함 등을 크게 해소한 것으로 판단된다. 향후 본 논문에서 제안하는 HMD 구조 및 설계가 실질적으로 적용될 시 HMD를 활용한 응용 기술은 급격하게 확장될 것으로 기대된다.

• 주제어 : VR/AR, HMD, 협업, 사용성, SUS평가

Abstract With the technological development in the era of the 4th Industrial Revolution, technologies using HMD are being applied in various fields. HMD is especially useful in virtual reality fields such as AR/VR, and is very effective in receiving vivid impressions from users located in remote locations. According to these characteristics, the frequency of using HMD is increasing in the field related to collaboration. However, when HMD is applied to collaboration, communication between experts located in remote locations and workers located in the field is not smooth, causing various problems in terms of usability. In this paper, remote experts and workers in the field use HMD to solve various problems arising from collaboration, design/propose new types of HMD structures and functions that enable more efficient collaboration, and verify their usability using SUS evaluation techniques. As a result of the SUS evaluation, the new type of HMD structure and function proposed in this paper was 86.75points, which is believed to have greatly resolved the restrictions on collaboration and inconvenience in use of the existing HMD structure. In the future, when the HMD structure and design proposed in this paper are actually applied, it is expected that the application technology using HMD will expand rapidly.

• Key Words : VR/AR, HMD, Collaboration, Usability, SUS evaluation

Received 03 March 2023, Revised 13 March 2023, Accepted 16 March 2023

* Corresponding Author Jeong-Hoon Shin, School of Information Technology, Dae-gu Catholic University, 13-13, Hayang-ro, Hayang-eup, Gyeong-san, Korea. E-mail: only4you@cu.ac.kr

I. 서론

4차 산업 혁명 시대의 도래에 따라, 기술 발전이 급격하게 이루어지고 있으며, 이로 인하여 다양한 분야의 기술을 한 사람이 모두 습득하는 것은 불가능한 일이 되었다. 이러한 현상은 특정 기술의 개발 시 타 분야 전문가와의 협업을 필수적으로 요구하게 되었으며, 협업 시에는 해당 협업에 가장 효율적으로 활용할 수 있는 다양한 매체(음성, 동영상, 텍스트)를 활용한다.

특히, 협업의 종류에 따라 일부 협업의 경우 현장의 사실감 전달이 중요하며, 이러한 경우 사용자들은 HMD(Head Mounted Display)를 착용하고 AR/VR 기술을 활용한 협업을 진행한다.

HMD란 웨어러블 디바이스 중 하나로 사용자가 머리에 착용하여 AR/VR 등의 다양한 콘텐츠를 제공받을 수 있는 장치이다. HMD는 디스플레이 패널로 LCD와 LED를 사용하고, 실제 눈에 비치는 영상의 크기를 광학렌즈를 통해 조절하는 방식을 선택함으로써 고해상도 디스플레이와 가벼운 무게가 특징이다. 이전까지 HMD를 가장 잘 활용했던 분야는 군사용이다. 하지만 최근에는 HMD가 의료용 모니터, 항공 우주개발 등의 가상현실을 구현해 주는 차세대 디스플레이로 각광받고 있으며 교육용, VR 체험, 웨어러블 PC, 영화 감상 등 다양한 환경에서 활용되고 있다. HMD는 사용자의 눈에 근접한 위치에 디스플레이가 설치되어 영상을 보여주기 때문에 몰입도가 높은 것이 특징이다. 이러한 특징으로 인하여 현장감이나 사실감을 요구하는 다양한 분야에서 널리 활용되고 있다[1].

특히, 현장 작업자가 원격지 전문가와 서로 다른 장소에 위치할 경우 기존의 일반적인 HMD 구조에서는 협업의 효율이 떨어질 수 있으며 이를 보완하기 위한 새로운 형태의 HMD 구조가 필요하게 된다. 즉, 기존의 일반적인 HMD 구조 및 기능은 원격지에 있는 전문가와 현장에 있는 작업자 사이의 원활한 의사소통을 지원하지 못하고, 또한 현장 작업자의 의도하지 않은 움직임 등으로 인하여 원격지 전문가가 확인하고자 하는 영역의 확인을 어렵게 만드는 문제점을 가지고 있다. 예를 들어, 서울에 위치하는 외과 전문의와 지방에 위치하는 내과 전문의가 협진할 시 각 전문가는 환자의 신체 부위 중 자신의 전문 영역에 해당하는 부위를 우선적으로 관찰하려 하며, 이러한 형태의 협진에서 기존의 일반적인 HMD 구조는 효율을 저하시키게 된다.

효율을 저하시키는 주된 요인으로는 현장에 위치하고 있는 작업자용 HMD가 촬영하는 영역만 원격지의 전문가가 주시할 수 있다는 점이며, 원격지 전문가는 음성 통신을 활용하여 현장의 작업자가 고개를 돌리도록 요청한 후 자신이 관찰하고자 하는 영역이 전송될 시 해당 영역을 확인할 수 있다. [참고문헌 2]에 따르면 상기 적시된 협업 시 문제점 이외에도 전문가와 작업자의 상이한 화면 응시로 인한 협업 효율 저하, 현장 작업자의 움직임 보상과 관련한 협업 효율의 저하, 원격지 전문가 화면의 시선 유지 방해에 따른 협업 효율의 저하, 원격지 전문가와 현장 작업자의 시선 불일치에 따른 협업 효율의 저하 등이 발생함을 알 수 있다[2].

따라서 본 논문에서는 협업 시 발생하는 원격지 전문가와 현장 작업자의 문제점을 해소하고 효율적인 협업이 진행될 수 있도록 새로운 형태의 HMD 구조와 기능을 제안한다. 특히, 본 논문에서는 현장 작업자와 원격지 전문가가 동일한 화면만 볼 수 있는 문제점과 현장 작업자와 원격지 전문가가 동시에 다른 화면을 응시할 때 현장 작업자의 움직임에 의하여 원격지 전문가의 시선이 방해받는 문제점을 극복하기 위하여 ‘특이점 알고리즘’을 제안하며, 제안된 HMD 구조의 사용성 분석을 위하여 SUS(System Usability Scale) 평가를 수행한다.

II. 관련 연구

2.1 협업 기술 동향

음성과 영상만을 활용하는 협업에서는 작업자들이 함께 작업하는 것과 같은 효과를 기대하기는 어려운 실정이다. 상대방의 표정과 손짓 등이 전달되지 않아 의사소통에 문제가 발생하기 쉽고, 실시간으로 서로의 변화된 작업 상황을 공유하기 어렵기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 최근 들어 협업 시 실시간 정보 공유가 가능한 시스템의 개발이 활발히 이루어지고 있다.

실시간 정보 공유가 가능한 시스템은 원격지의 전문가와 현장의 작업자가 동일한 공간에서 함께 일을 수행하고 있는 것과 같은 느낌을 줄 수 있으며, 상대방의 작업 상황, 존재감 등을 공유하여 자연스러운 상호작용이 이루어질 수 있다.

원격으로 진행되는 협업은 한 분야에 국한되지 않

고 다양한 분야에서 이루어질 수 있으며, 이때, 사용되는 시스템은 각 분야의 협업에 효율적으로 적용 가능하여야 한다. 다양한 분야에서의 협업을 효율적으로 지원하기 위하여 최근 들어 안경 형태의 디스플레이 장치와 소형 카메라 장치를 활용하는 증강현실 기반 원격 협업 시스템의 개발이 이루어지고 있다.

안경 착용형 증강현실 기반 원격 협업 시스템은 원격지에 있는 협업 대상자와 현장에 있는 작업자가 공존감을 느낄 수 있도록 해주며, 정보, 경험, 분위기, 자연스러운 의사소통을 지원할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

안경 형태의 착용형 증강현실 기반 원격 협업 시스템이 가지는 다양한 장점에도 불구하고 높은 가격으로 인하여 일반인들이 활용하기에는 부담스러운 측면이 존재하였으며, 이러한 문제를 해결하기 위하여 디지털 화이트보드 등을 이용하는 2D/3D 기반의 원격 협업 시스템이 개발되었다. 이와 더불어 RGB-D 카메라를 설치하여 상대방의 손동작 추적, 몸동작 인식을 활용하는 의도 추론, 시선 추적을 활용하는 자연스러운 의사소통 지원 기술 등이 개발되었으나 현장의 생생한 느낌을 전달하기에는 다소 부족한 측면이 존재한다.

다양한 형태의 의사소통 지원 기술들이 개발되었으나 현장감과 사실감의 전달에는 한계가 존재하였고, 이를 해결하기 위하여 최근 들어 일반인들이 구매하기에 부담스럽지 않은 가격이 형성된 안경 형태의 착용형 디스플레이 장치를 또다시 활용하는 AR/VR/XR 기술의 개발이 이루어지고 있다. 또한, 네트워크 컴퓨팅 환경에서 가상 및 증강현실 기반 원격 협업 시스템들의 개발이 진행되고 있으며 증강된 객체들을 활용하여, 협업에 참여하는 작업자들 간의 공존감과 효율적인 소통이 이루어지고 있다[3].

최근 들어 협업 기술의 발전은 2명 이상의 사람들이 서로 다른 공간에 위치하여도 실시간으로 정보를 공유하여 동일한 공간에서 함께 일을 수행하는 것처럼 느껴지도록 하는 등 효율성을 높여줄 수 있는 상태로 발전하였지만, 아직 협업에 대한 기술 발전은 진행 중에 있다.

향후 다가올 미래 협업 기술은 음성과 영상 같은 물리적인 현장의 전달뿐만 아니라 협업자의 생체신호를 분석하여 감성적인 정보까지 공유할 수 있는 공감형 인터페이스 형태로 발전될 것으로 전망된다[4].

2.2 HMD 기술 동향

· HMD 기술 원리

HMD의 장점으로는 양손을 사용하지 않고 하드웨어를 다룰 수 있다는 특징이 있으며, VR/AR 등에 활용되어 가상현실 속의 실감 환경을 제공 가능하다는 것을 들 수 있다[5]. 즉, HMD는 인간의 양안시차 특성을 활용하여 가상의 공간을 3D로 표현하여 상호작용하는 기술로, 거부감을 줄이면서 보다 높은 몰입감을 유도할 수 있다. HMD가 VR 환경에서 입체감을 제공하기 위해서는 2개의 디스플레이 장치를 사용하여 인간의 뇌에서 영상 정보를 조합하여 입체감을 인식하도록 한다. 또한, HMD는 착용 형태의 디스플레이 장치를 통하여 사용자가 원하는 정보를 제공할 수 있으며 Wi-Fi, 블루투스 등과 같은 무선 통신 기술을 활용하여 다양한 형태의 정보 검색에도 활용될 수 있다[6].

HMD가 AR 환경에 활용되기 위해서는 탑재된 카메라 장치를 이용하여 사용자가 위치한 실내 공간 정보를 획득하며, 여기에 가상의 3D 객체를 적절히 배치하여 새로운 가상 공간을 구성한다. 또한, 착용 형태의 디바이스 특성을 극대화하기 위하여 HMD를 착용한 사용자의 머리 움직임 등을 이용한 UI 구현이 이루어지기도 한다[7-8].

최근 들어 비대면 온라인 서비스의 증가는 HMD에 대한 관심을 증대시키고 있으나, ‘고가’, ‘고중량’ 등의 한계점과 서비스 이용 시 발생하는 사이버멀미 등의 문제점으로 인하여 여전히 제한된 범위 내에서 활용되고 있다. 향후, 디스플레이 장치, 센서, 배터리 등 HMD와 관련된 요소 기술의 발전이 이루어진다면 활용성이 더욱더 증대될 것으로 전망된다[9-10].

· 활용 분야에 따른 HMD 특성

HMD의 활용 분야로는 국방, 의료, 제조, 교육, 문화, 유통 등이 있다[11]. 국방 분야의 사례로는 실전 상황과 유사한 훈련 환경의 구축 및 다양한 작전 상황에 따른 훈련을 진행하기 위하여 활용되고 있으며, 이로 인하여 훈련 중 장병들의 부상과 사고를 줄일 수 있다. 또한, 대규모 연합 훈련을 작은 예산으로 언제나 수행할 수 있다는 장점이 있다.

HMD를 착용 시 양손이 자유롭다는 장점으로 협업을 필요로 하는 의료 분야에서 응급 시 전문가와의 소통을 위하여 의료 분야에서도 널리 활용되고 있다. 또

한, 의료 기술의 전수를 위하여 그림 1과 같이 학생들의 실습 및 원격 수술에 활용되기도 한다[12].

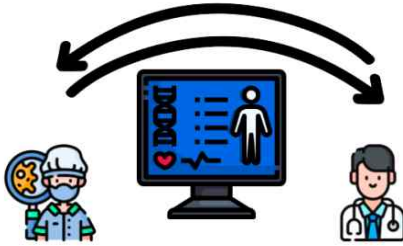


Fig. 1. Remote surgical collaboration using HMD

제조 분야에서도 HMD는 널리 활용되고 있으며 특히, 해외에 위치하는 벤츠 사의 대리점 정비사들이 필요한 차량 정비 정보를 제공받는 데 활용되고 있다. 정비사들은 사내에 위치하는 원격지 전문가와의 연결을 통해 새로운 기술과 정보를 지원받게 된다[13][14].

교육 분야에서는 교실 수업환경에서 증강현실을 이용한 수업과 다양한 형태의 실감 교육을 위하여 HMD가 활용되고 있으며, 피교육자가 보유한 지식, 피교육자의 학습 스타일 및 개인적 특성을 기반으로 맞춤형 상호작용이나 정보를 제공하는 기술에 활용되기도 한다.

문화 분야에서는 HMD가 가상 공간을 기반으로 살아가는 커뮤니티 형태의 삶을 지속하는 데 활용되기도 한다. 최근 들어 페이스북을 비롯한 다양한 기업에서 가상의 공간을 구현하고 아바타를 활용하여 사용자들 간의 소통을 지원하고 있으며 여러 가지 형태의 문화 생활을 제공하기도 한다. 이로 인하여 사용자들은 자신이 원하는 가상의 환경에서 상상 속의 자기 자신을 직접 구현할 수 있게 되었으며 꿈을 현실로 맞이할 수 있는 서비스를 경험하기도 한다.

유통 분야에서도 현실 세계를 실감 표현하여 사용자들에게 실제감을 부여하기 위하여 다양한 형태로 HMD 시스템을 활용한다. 특히, 아마존의 경우 판매하는 가구 제품들을 가상의 공간에 배치하여 시뮬레이션할 수 있는 서비스를 제공하고 있으며, 사용자들이 실제 공간의 크기와 느낌 등을 체험하기를 희망하는 부동산 거래 분야에서도 HMD 시스템은 널리 활용되고 있다 [15~17].

III. 협업 효율 향상을 위한 새로운 형태의 HMD 시스템

[참고문헌 2]와 같이 협업 시 협업 효율을 극대화하기 위해서는 다음과 같은 4가지 요구사항을 충족하여야 한다.

첫째, 원격지의 전문가가 희망 시 작업자와 전문가는 서로 다른 화면을 볼 수 있어야 한다.

둘째, 원격지의 전문가가 자신이 보고 싶은 영역을 보기 위해 카메라를 제어할 때 카메라 제어가 현장 작업자의 움직임에 영향을 받지 않도록 해야 한다.

셋째, 원격지 전문가가 한 영역을 지속적으로 주시하고 있을 때, 현장 작업자의 움직임에 의하여 주시하고 있는 화면이 벗어나지 않도록 해야 한다.

넷째, 원격지 전문가와 현장 작업자는 서로 다른 사람의 시선이 어느 영역을 향하고 있는지 확인할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 상기 제시된 4가지 요구사항을 충족하기 위하여 다음과 같은 형상의 HMD 구조와 알고리즘을 제안한다.

3.1 제안시스템의 형상

본 논문에서는 제시된 4가지 요구사항 중 첫 번째 요구사항인 ‘원격지 전문가와 현장의 작업자가 서로 다른 화면을 주시할 수 있어야 한다.’를 충족시켜주기 위하여 복수 개(협업에 참여하는 원격지 전문가와 현장 작업자의 총수)의 카메라가 탑재된 HMD 구조를 제안한다.

즉, 그림 2와 그림 3에 도시된 바와 같이 두 명 이상의 현장 작업자와 원격지 전문가의 협업을 고려하여, 원격지 전문가가 착용하는 HMD 상에는 하나의 카메라가 탑재된 구조를 제안하며, 현장 작업자가 착용하는 HMD 상에는 협업에 참여하는 원격지 전문가의 수보다 한 개 더 많은 카메라(협업에 참여하는 원격지 전문가와 현장 작업자의 총수)가 탑재된 HMD 형상을 제안한다.

그림 2에 따르면 원격지 전문가가 착용하는 HMD 구조는 1개의 카메라 모듈과 센서 모듈, 제어 모듈, 통신 모듈, 입출력 장치로 구성되어 있다. 카메라 모듈은 협업 시 원격지의 상황을 현장 작업자에게 전달하여야 할 시 활용되며, 센서 모듈(자이로센서 등)은 원격지 전문가의 움직임을 감지하여 화면 제어 시 인터페이스 수단으로 활용할 수 있다. 제어 모듈은 현장 작업자가 착용한 HMD 상의 보조 카메라를 제어할 때 사용되며,

통신 모듈은 원격지 전문가와 현장 작업자의 카메라 장치를 활용한 영상 전송 및 의사소통에 활용된다. 입출력장치는 원격지 전문가가 착용한 HMD 상의 센서 모듈 또는 원격지 전문가가 활용하는 컴퓨터 장치의 신호를 입력받아 현장 작업자의 보조 카메라 제어 및 원격지 전문가의 사용자 인터페이스에 활용된다. 특히, 디스플레이 장치의 경우 작업 효율의 향상을 위하여 화면을 분할하여 메인 카메라와 보조 카메라가 비추는 영역을 동시에 나타낼 수 있도록 한다. 이러한 구조는 기존 형태의 HMD가 가지는 원격지 전문가의 의사소통 한계를 극복할 수 있으며 원격지 전문가가 관심을 가지는 영역을 임의로 제어 가능하도록 하여 협업 효율을 높여준다.

그림 3은 본 논문에서 제안하는 현장 작업자용 HMD 구조를 나타낸다. 현장 작업자용 HMD 구조는 N (협업에 참여하는 원격지 전문가와 현장 작업자의 총 수) 개의 카메라 장치와 연동되는 제어 모듈, 통신 모듈, 센서 모듈(자이로센서, 가속도 센서, 시각 센서)과 디스플레이 장치로 구성된다. 제어 모듈은 원격지 전문가가 착용한 HMD 상의 제어 신호를 수신받아 N 개의 카메라 장치를 제어할 때 활용된다. N 개의 카메라 장치 중 하나인 메인 카메라는 작업자가 현재 보고 있는 화면을 촬영하며, 메인 카메라를 제외한 나머지 카메라(보조 카메라)는 제어 모듈의 제어에 따라 작동한다. 통신 모듈과 센서 모듈은 상기 제시된 원격지 전문가의 해당 모듈과 동일한 기능을 수행하며, 디스플레이 장치는 메인 카메라가 현재 촬영하고 있는 범위를 현장 작업자에게 알려주는 기능 및 원격지 전문가의 시선이 어디에 위치하고 있는지를 알려주는 데 활용된다. 이러한 구조는 기존 HMD가 가지는 ‘현장 작업자와 원격지 전문가의 시선 불일치 문제’, ‘원격지 전문가의 시선 유지 및 자유로운 영역 관찰’ 을 가능하게 함으로써 협업의 효율을 증대시킨다.

그림 2 및 그림 3과 같은 형상의 ‘협업을 위한 HMD 구조’ 를 제안함으로써, 본 논문 3장에서 제시된 첫 번째 요구사항이 충족되며, 협업의 효율을 높여줄 수 있을 것으로 기대된다.

다만, 현장 작업자와 원격지 전문가가 서로 다른 시선 방향을 가질 시, 상대방의 시선이 어느 곳을 향하는지 알 수 없게 됨으로써 의사소통 및 협업 효율의 저하를 야기할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 디스플레이 장치에 현재 자신이 주시

하고 있는 관찰 영역 대비 상대방의 시선이 위치하는 영역을 화살표를 활용하여 나타낼 수 있도록 한다. 이와 관련한 세부적인 알고리즘은 본 논문 3.2.1에서 새롭게 제안한다.

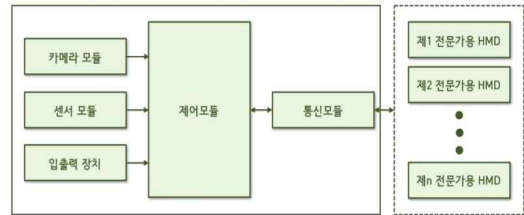


Fig. 2. HMD Structure for Remote Experts - Proposed Systems

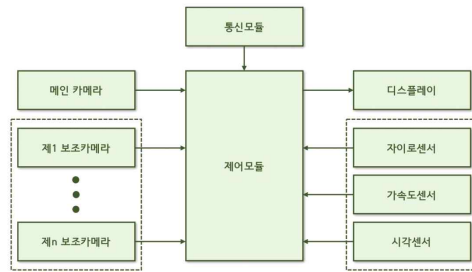


Fig. 3. HMD Structure for Field Workers - Proposed Systems

3.2 제안시스템의 알고리즘

서로 다른 공간에 위치하는 전문가들이 협업 시, 현장에 위치하지 않은 원격지 전문가는 현장 상황을 파악하기 위하여 현장에 위치한 작업자의 움직임에 의존할 수밖에 없었으며, 이러한 요인은 협업 효율의 저하를 야기한다. 본 논문에서는 참고문헌 3에 제시된 협업 효율을 저하하는 다양한 요인을 해결하기 위하여 3.2.1절에서부터 3.2.3절까지 새로운 알고리즘을 제시한다.

3.2.1 현장 작업자의 움직임에 영향받지 않는 카메라 제어를 위한 보상 알고리즘

원격지 전문가가 협업을 위하여 자신이 관심을 두는 영역으로 현장 작업자의 HMD 상에 탑재된 카메라를 원격지에서 제어하고자 할 때, 해당 카메라는 현장 작업자의 움직임에 영향을 받게 된다. 만일 현장 작업

자의 움직임 방향과 원격지 전문가의 카메라 제어 방향이 동일할 시, 원격지 전문가가 제어하는 카메라는 현장 작업자의 움직임으로 인하여 가속도가 붙게 되며 이는 원격지 전문가가 정밀한 제어를 하는 데 있어서 방해 요인으로 작용하게 된다. 마찬가지로 현장 작업자의 움직임 방향과 원격지 전문가의 카메라 제어 방향이 반대 방향일 경우, 원격지 전문가가 제어하는 카메라는 현장 작업자의 움직임으로 인하여 감속되게 되며 이는 원격지 전문가의 제어를 방해하는 요소로 작용하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 원격지 카메라의 제어 속도를 가변으로 구현하여 원격지 전문가가 HMD 상의 카메라 제어 시 현장 작업자의 움직임에 영향을 받지 않도록 제안한다.

즉, 현장 작업자의 HMD 상에 탑재된 자이로센서가 현장 작업자의 머리 움직임 방향과 속도를 분석하여 원격지 전문가의 카메라 제어 방향과 일치하는지를 판단하고 일치 여부에 따라 카메라 제어 속도를 가감하여 원격지 전문가가 체감하는 카메라 이동 속도는 현장 작업자의 움직임이 없을 때와 동일하게 느낄 수 있도록 한다. 현장 작업자의 머리 움직임은 3축으로 분해하여 속도와 방향을 계산하며 원격지 전문가의 카메라 제어 또한 3축으로 분해하여 현장 전문가의 머리 움직임 속도와 합산하여 각 방향의 카메라 움직임 속도를 다음과 같이 결정한다.

현장의 작업자 고개 움직임 속도: V_w

전문가용 보조 카메라 움직임 속도: V_c

라고 할 때, 현장 작업자의 고개 움직임과 원격지 전문가의 카메라 제어 방향에 따른 보정된 카메라의 움직임 속도는 수식 1의 V_{ca} 로 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} \vec{V}_w &= \vec{V}_{wx} + \vec{V}_{wy} + \vec{V}_{wz} \\ \vec{V}_c &= \vec{V}_{cx} + \vec{V}_{cy} + \vec{V}_{cz} \\ \vec{V}_{ca} &= (\vec{V}_{wx} + \vec{V}_{cx}) + (\vec{V}_{wy} + \vec{V}_{cy}) + (\vec{V}_{wz} + \vec{V}_{cz}) \end{aligned}$$

Equation. 1 Camera control speed for remote professionals to compensate for movement of field workers

3.2.2 원격지의 전문가가 고정된 영역을 관찰할 수 있도록 하는 카메라 보상 알고리즘

협업 진행 시 원격지에 위치하고 있는 전문가가 특정한 영역을 고정하여 주시하고자 함에도 불구하고 현장 작업자의 움직임에 의하여 원격지 전문가의 시선이 영향을 받는 경우가 발생한다.

이러한 문제를 해결하여 효율적인 협업이 진행될 수 있도록 본 논문에서는 원격지 전문가가 고정된 영역을 관찰할 수 있도록 하는 카메라 보상 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 보상 알고리즘은 카메라 촬영 영역 내의 특이점을 활용하는 알고리즘으로 현장 작업자의 움직임과는 별개로 현장 작업자의 HMD 상에 탑재된 카메라가 촬영하는 영역이 고정될 수 있도록 한다.

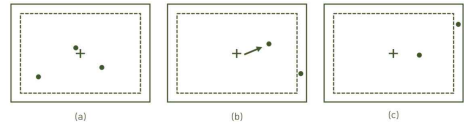


Fig. 4. Camera control process to maintain the perspective of a remote expert

그림 4에 현장 작업자의 HMD 상에 탑재된 원격지 전문가용 카메라가 촬영하는 영역을 표시하고 있으며, 이때, 원격지 전문가의 카메라 제어가 이루어지지 않으면, 원격지 전문가는 특정 영역을 주시하는 것으로 판단하며, 현장 작업자의 움직임에 의하여 원격지 전문가의 관찰이 영향을 받지 않도록 한다. 본 논문에서 제안하는 고정된 영역 관찰을 위한 새로운 알고리즘은 다음과 같다.

• 단계 1

그림 4의 (a)와 같이 현재 촬영되고 있는 화면 중 주변의 영역과 구분되는 특정 영역을 선정한다. 특정 영역은 하나의 영역일 수도 있고, 복수 개의 영역이 선정될 수도 있으며, 복수 개의 특정 영역이 선정될 시 기준점은 화면의 중앙부에 가까운 특정 영역을 기준으로 한다. 본 논문에서 제안하고 있는 새로운 알고리즘에서는 이러한 특정 영역을 특이점이라 정의한다.

• 단계 2

현장 작업자의 HMD 상에 탑재된 원격지 전문가용 카메라 제어를 위한 신호가 발생하지 않을 시, 원격지 전문가는 특정 영역을 지속적으로 관찰하고자 하는 것으로 판단하며, 이러한 상황에서 카메라 촬영 영역이

이동된다면 원격지 전문가의 특정 영역 관찰이 방해받는 것으로 판단할 수 있다. 현장 작업자의 불필요한 움직임으로 인하여 발생하는 카메라의 움직임은 특이점을 활용하여 검출할 수 있다. 즉, 그림 4의 (b)에서 나타난 바와 같이 특이점이 화면의 중앙에서 우측 상단으로 이동하면 현장 작업자의 고개 움직임이 좌측 하단 방향으로 움직였음을 알 수 있고 이러한 움직임을 상쇄할 수 있는 원격지 전문가용 카메라 제어 신호를 자동 생성한다.

• 단계 3

그림 4의 (c)와 같이 현장 작업자의 움직임이 과도하게 발생하여 기설정된 특이점이 일정 영역 밖으로 벗어나게 되면 현장 작업자의 추가적인 움직임에 대비하여 화면 중앙 주변의 새로운 특이점을 생성하여 기존 특이점을 대체한다.

• 단계 4

새롭게 생성된 특이점은 단계 2에서의 움직임을 따르며 이를 통하여 연속적인 원격지 전문가용 카메라 보정 신호를 발생한다. 아래 그림 5에 특이점 생성 알고리즘을 플로 차트로 나타내며, 그림 6에는 특이점의 움직임에 따른 새로운 특이점을 생성 알고리즘을 나타낸다.

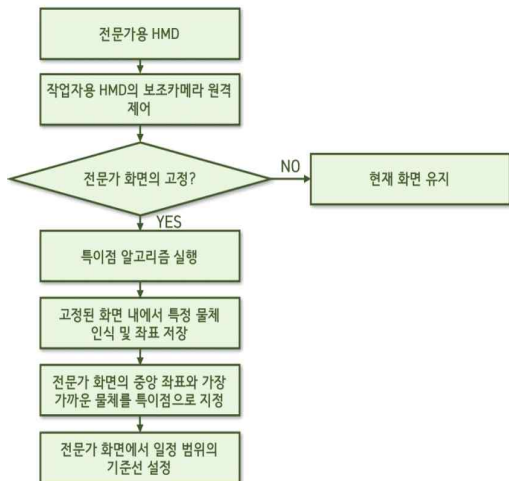


Fig. 5. Specific Point Generation Algorithm Flowchart

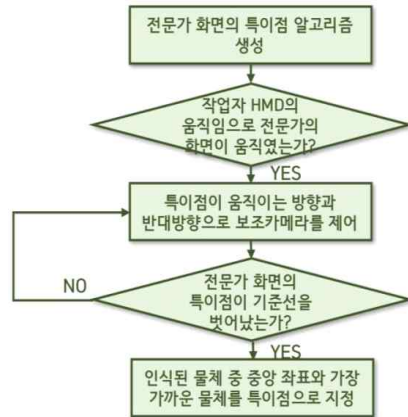


Fig. 6. Additional Specific Point Generation Algorithm Flowchart

3.2.3 협업 상대방의 시선이 위치하는 곳을 인지하도록 하는 보조 알고리즘

복수 개의 카메라를 활용하여 협업을 진행함에 따라 현장 작업자가 시선을 위치하는 곳과 원격지 전문가가 보조 카메라 제어를 통하여 응시하는 영역이 서로 달라질 수 있으며, 협업이 지속적으로 진행됨에 따라 또 다른 경우에는 두 협업자가 동일한 영역을 함께 바라보아야 할 경우도 발생할 수 있다. 예를 들어, 서로 다른 영역을 바라보고 있는 상황에서 현장 전문가가 자신이 바라보고 있는 특정 영역을 원격지 전문가에게 바라보도록 요청할 시 원격지 전문가는 자신이 활용하는 보조 카메라를 어느 방향으로 이동시켜야 현장 전문가와 동일한 영역을 응시할 수 있게 될지 알지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 원격지 전문가의 카메라 제어 신호와 현장 작업자의 움직임 신호를 기반으로 하는 협업자들의 상대적 시선 위치 알고리즘을 제안한다.

그림 7에 나타난 바와 같이 협업을 진행하는 초기 상태에서 현장 작업자의 시선 위치와 원격지 전문가의 카메라 앵글은 동일한 지점을 응시하고 있다. 이때, 현장 작업자의 움직임 신호 또는 원격지 전문가의 보조 카메라 제어 신호가 발생하게 되면 발생 신호에 따른 상대적 위치를 HMD 상의 스크린에 표시함으로써 현재 협업하고 있는 상대방의 시선 위치를 인지할 수 있도록 하며, 이는 협업의 효율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

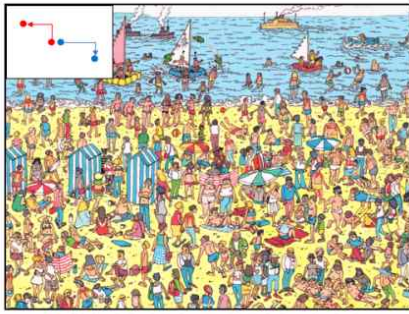


Fig. 7. Changes in the perspective of field workers and remote experts

예를 들어, 그림 7에서는 초기 상태에 동일한 지점을 응시하고 있던 현장 작업자와 원격지 전문가의 시선이, 현장 작업자가 착용하고 있는 HMD 상의 움직임 센서로부터 신호를 받아 현장 작업자의 시선이 위쪽 방향 및 좌측으로 이동하고 있음을 나타내고, 원격지 전문가의 보조 카메라 제어 신호로부터 원격지 전문가의 시선이 우측 및 아래쪽으로 이동하고 있음을 나타낸다. 또한, 최종적으로 위치하는 붉은 점 및 검은 점의 위치는 현재 자신의 시선 대비 상대방의 시선이 어느 방향을 향하고 있는지 알 수 있도록 한다.

IV. 실험 및 결과

4.1 실험구성

본 논문에서 제안하는 새로운 형태의 HMD 구조에 대한 유용성 및 사용성 검증을 위하여 오즈의 마법사 형태의 프로토타입을 활용한다. 오즈의 마법사 프로토타입은 참가자들이 실제로 작동하는 시스템 프로토타입을 사용하고 있다고 믿도록 설정하고, 실제로는 연구자가 배후에서 시스템 역할을 대신하는 형태의 프로토타입이다. 이러한 형태의 프로토타입은 개발 예정인 제품이나 서비스를 완벽하게 구현하지 않고도 유용성 및 사용성 등의 검증이 가능하다는 장점이 있다.

그림 8과 그림 9는 본 논문에서 활용하는 두 가지 형태의 프로토타입을 나타낸다. 그림 8은 원격지의 전문가가 특정 영역을 관찰하고자 할 때 현장의 작업자에게 움직임을 요청하여 현장 작업자의 HMD 상에 탑재된 카메라를 이동하여 해당 영역을 관찰할 수 있는 기존의 HMD 구조 및 기능을 모방하는 프로토타입으로서

화면 중 일부만 원형으로 표시되어 해당 화면의 관찰이 가능하다. 만일 원격지 전문가가 현재의 영역이 아닌 다른 영역을 관찰하고자 할 시에는 원격지 전문가(피험자)가 현장 작업자(실험 진행자)에게 음성으로 원형 표시 영역의 이동을 요청하여 실험 진행자의 제어에 의해 원형 영역이 이동하며, 피험자는 변화된 원형 영역의 위치에 해당하는 지점을 관찰할 수 있도록 구성하였다.

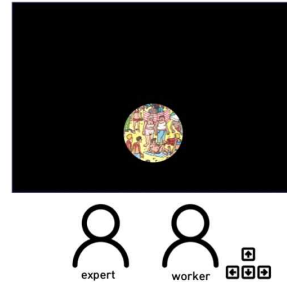


Fig. 8. Traditional HMD Architecture Prototype

그림 9는 본 논문에서 제안하는 새로운 형태의 HMD 구조와 동일한 동작이 가능하도록 프로토타입을 구성하였으며 피험자가 바라볼 수 있는 화면의 개수는 현장 작업자의 HMD 상에 탑재된 카메라의 수와 동일하게 구현한다. 현재 그림 9에 나타난 2개의 원형 영역은 현장 작업자의 HMD 상에 탑재된 현장 작업자용 카메라(메인 카메라)와 원격지 전문가용 카메라(보조 카메라)의 관찰 영역을 나타낸다. 실험이 진행됨에 따라 실험 진행자(현장 작업자)와 피험자(원격지 전문가)가 서로 다른 영역을 관찰할 수 있다.

실험 진행자는 현장에서 자신이 관찰하기를 희망하는 영역을 바라보기 위하여 고개를 상하좌우 이동할 수 있으며 이때 현장 작업자의 시야에 보이는 화면을 좌측 검은 바탕 직사각형 영역의 원으로 표시하였다. 이와 동시에 피험자는 원격지 전문가로서 현장 작업자의 관심 영역 이외에 자신이 관심을 두고 있는 영역의 관찰이 가능하며, 우측 직사각형에 존재하는 원형 영역을 활용하여 피험자의 눈에 보이는 시야를 나타낸다. 현장 작업자(실험 진행자)의 시야를 나타내는 원과 피험자(원격지 전문가)의 시야를 나타내는 원은 본 논문에서 제안하는 새로운 형태의 HMD 상에 탑재된 복수개의 카메라 장치에 의하여 구현된다. 현장 작업자와 원격지 전문가의 시선 움직임은 A, S, D, W 키와 4개의 방향키를 이용하여 움직임을 제어한다. 이와 더불어

어 본 실험에서 활용되는 프로토타입은 특이점 알고리즘을 탑재하여 현장 작업자의 움직임이 원격지 전문가의 시선(우측 직사각형 내에 존재하는 원형 영역)에 영향을 미치지 못한다. 원격지 전문가에 해당하는 피험자의 경우 자신이 제어하는 원형 영역뿐만 아니라 실험 진행자가 제어하는 원형 영역까지 동시에 관찰할 수 있다.

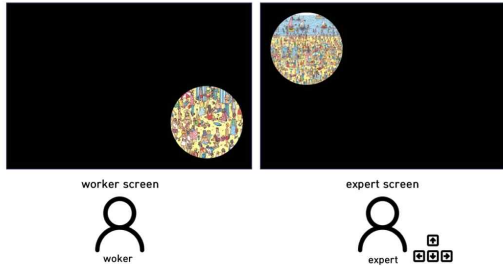


Fig. 9. HMD Prototype Proposed in this paper

4.2 사용성 테스트

본 논문에서 제안하는 새로운 형태의 HMD 구조와 기존 전통적인 방식의 HMD 구조 간의 사용성 테스트를 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 시나리오로 실험을 진행한다.

· 과업 목표

본 논문에서는 현장 작업자와 원격지 전문가가 서로 협력하여 수많은 사람 중에서 특정 인물을 찾아내는 ‘월리를 찾아라’라는 그림책을 활용하여 프로토타입을 구현하였으며 원격지 전문가(피험자)가 그림 8과 그림 9의 프로토타입을 활용하여 월리를 찾아낼 수 있도록 한다.

· 과업 수행 방법

그림 8의 프로토타입(기존 전통적인 방식의 HMD 프로토타입)을 활용하여 과업 수행 시에는 피험자가 직접 카메라의 방향을 제어하지 못하고 다른 영역을 관찰하고자 할 시 실험 진행자에게 카메라의 제어를 음성으로 요청하도록 한다. 또한 그림 9의 프로토타입(본 논문에서 제안하는 새로운 형태의 HMD 프로토타입)을 활용하여 과업 수행 시에는 피험자가 직접 키보드를 활용하여 원하는 영역을 관찰할 수 있도록 하며 동시

에 실험 진행자도 자신이 관찰하고자 하는 영역을 자유롭게 관찰할 수 있도록 한다.

· 사용성 테스트:

그림 8과 그림 9의 프로토타입을 사용하여 실험 진행자와 피험자는 서로 협업하며 월리를 찾아내는 과업을 정해진 시간 동안 수행한다. 과업의 수행 후 사용성 평가를 위하여 그림 10과 같은 절차로 SUS 평가를 진행한다.

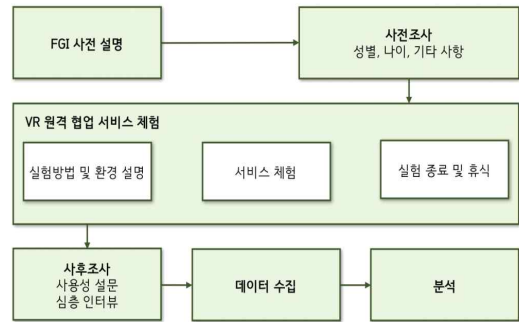


Fig. 10. Usability test procedures

본 논문에서는 동일한 조건과 환경에서 10명의 피험자를 대상으로 사용성 평가를 진행한다. 본 실험에 참여하는 피험자들은 컴퓨터 관련 지식 및 경험이 중급 정도 이상의 사용자를 대상으로 포커스 그룹을 구성한다. 사용성 평가 시에는 그림 8과 그림 9에 나타난 프로토타입을 활용하여 과업의 목표를 달성하도록 안내하며 반복적인 사용 경험을 토대로 SUS 평가를 수행한다.

· SUS 평가

SUS 평가는 사용성을 측정하기 위한 빠르고 신뢰할 수 있는 도구를 제공한다. 본 평가는 응답자를 위한 5가지 응답 옵션이 있는 10개 항목의 설문지로 구성되며, 참가자를 관리하기 쉽다는 장점을 가진다. 또한 신뢰할 수 있는 결과를 도출하여 사용하기 편리한 시스템과 불편한 시스템을 효과적으로 구별할 수 있다. SUS 평가를 통해 도출된 점수는 시스템에 대한 사용성을 수치로 표현한 것이며 100점을 만점으로 100에 가까울수록 시스템에 대한 긍정적인 반응을 보이는 것을 알 수 있다. 표 1에 SUS 평가에서 활용되는 설문 항목을 나타낸다.

Table 1. Questionnaire items used for SUS evaluation

No.	문항	매우 부동의					매우 동의				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	이 시스템을 자주 이용하고 싶다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	이 시스템이 불필요하게 복잡하다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3	이 시스템은 쉽게 사용할 수 있다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4	나는 이 시스템을 사용하기 위해서는 도움이 필요하다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5	나는 이 시스템의 다양한 기능이 잘 통합되어 있다고 생각한다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6	나는 이 시스템이 불안정한 것 같다고 생각한다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7	나는 대부분 사람들이 이 시스템의 사용법을 빠르게 배울 수 있다고 생각한다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8	나는 이 시스템을 사용하기에 매우 거주장스럽거나 어색했다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
9	나는 이 시스템을 자신 있게 사용할 수 있다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
10	나는 이 시스템을 사용하기 전에 많은 것을 배울 필요가 있다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

SUS 평가 결과를 도출하기 위해서는 다음과 같은 단계를 거친다.

- ① 긍정적 설문 항목에 대한 스코어링
 $X = \text{홀수 질문}(1, 3, 5, 7, 9) \text{의 합} - 5$
- ② 부정적 설문 항목에 대한 스코어링
 $Y = 25 - \text{짝수 질문}(2, 4, 6, 8, 10) \text{의 합}$
- ③ SUS 스코어링
 $SUS \text{ score} = (X + Y) * 2.5$

SUS 평가는 시스템 기반 사용성 평가를 위한 주관적 평가 방법으로, 정량적인 평가뿐만 아니라 사용자의 정성적인 평가를 반영하기 위한 방법이다. SUS 평가는 결과를 통해 시스템의 높은 사용성 판단 및 개선안 도출, 시스템 비교와 같은 목적으로 활용된다. 시스템에 SUS 평가를 활용하는 것에 대한 적합성을 비교하기 위해서는 단일 SUS 평가뿐만 아니라 다른 지표와의 관계 및 결과(데이터) 분석을 통한 방법을 사용하기도 한다. SUS 평가를 수행하는 결과 68점 이상일 때 평균의 사용성을 가지는 것으로 해석한다.

4.3 실험 결과

컴퓨터 관련 지식 및 경험이 중급 이상인 사용성 테스트에 참여한 10명의 피험자에 대하여 포커스 그룹을 구성한다. 본 논문에서는 구성된 포커스 그룹을 활용하여 실험 종료 후 사후 조사 단계에서 사용성과 관련한 설문(SUS 평가) 및 심층 인터뷰를 진행하였다.

본 논문에서 제안하는 새로운 형태의 HMD 시스템과 관련한 SUS 평가 결과는 표 2에 나타난다. 표 2에 따르면, 시스템의 사용성을 평가하는 긍정적인 질문 항목에서는 사용자의 대부분이 평가 척도 4점과 5점을 응답하였으며, 평가 대상 시스템의 부정적인 질문 항목에서는 평가 척도 1점에서 3점 사이의 응답이 주로 분포함을 알 수 있다. 이는 시스템의 유용함과 사용하기 편리함을 나타내는 질문과 시스템의 사용 방법이 간편함에 높은 점수를 준 것으로 판단된다.

본 논문에서 제안하는 시스템의 SUS 평가 결과는 표 2에 따르면 평균 86.75점으로 나타났으며, 이는 일반적으로 SUS 평가 결과가 68점 이상을 나타낼 시 평균 이상의 사용성을 나타낸다는 점을 감안하면 본 논문에서 제안하는 새로운 형태의 HMD 구조는 매우 높은 사용성을 나타냄을 알 수 있다.

설문조사를 통한 SUS 평가 이후 심층 인터뷰를 수행하였으며 그 결과 많은 피험자가 유용성과 사용성 측면에서 공감함을 확인하였다. 특히, 응답자의 대부분이 협업 환경에서 본 제안 시스템이 활용될 시 효율성 증대가 가능할 것으로 예측하였으나 보다 높은 협업 효율을 추구하기 위해서는 서로 다른 공간에 위치하고 있는 협업자들 간의 심리적 공감이 가능한 방법의 제시가 필요함을 답변하였다.

Table 2. SUS Assessment Results

	1번 문항	2번 문항	3번 문항	4번 문항	5번 문항	6번 문항	7번 문항	8번 문항	9번 문항	10번 문항	
피험자1	3	1	5	1	4	1	5	1	5	1	92.5
피험자2	3	3	3	5	4	4	3	4	1	5	35
피험자3	4	1	5	1	4	1	5	1	5	1	95
피험자4	5	1	5	1	3	1	5	1	5	1	95
피험자5	4	1	5	1	4	1	5	1	5	1	95
피험자6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
피험자7	3	2	5	1	4	1	5	1	5	1	90
피험자8	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	75
피험자9	5	1	5	1	3	1	5	1	5	1	95
피험자10	4	1	5	1	4	1	5	1	5	1	95

V. 결론

본 논문에서는 서로 다른 공간에 위치하는 협업자들 간의 협업 효율 향상을 위하여 새로운 형태의 HMD 구조 및 기능을 제안하였으며 제안된 시스템의 사용성 평가를 수행하였다.

본 논문에서 제안하는 HMD 구조 및 기능은 현재 이루어지는 대부분의 협업이 음성 및 영상을 기반으로 진행된다는 측면에서 사용자들에게 높은 편의성 및 사용성을 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 본 논문에서 제안하는 HMD 구조 및 기능의 실질적 구현과 더불어 포커스 그룹 심층 인터뷰 결과에서 도출된 ‘협업자들 간의 상호 공감 방안의 제시’가 이루어진다면 보다 넓은 영역에서의 활용 및 협업 효율의 증대가 가능할 것으로 예상된다. 향후 본 논문에서 제안하는 HMD 구조는 다양한 형태의 협업을 필요로 하는 미래 원격 의료, 원격 교육, 스마트 도시 등의 산업 분야에 적용되어 국가 경쟁력 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by research grants from Daegu Catholic University in 2022

REFERENCES

- [1] J. W. Hong, “A Study on Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) and Suggestions“, The magazine of KIICE, Vol. 18, No. 1, 2017, pp.36 - 42.
- [2] H. J. Kwon, J. H. Shin, “Analysis of factors that reduce collaboration efficiency when collaborating using HMD and suggestion of improvement direction” , 2023.
- [3] J. M. Yoo, U. T. Woo, “Technology Trend of Augmented Reality-based Remote Field System Using Glass-Wearing Display” , Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, v.34 no.12 = no.331, pp.29 - 33, 2016.
- [4] Y. H. Lee, S. K. Kim, “Trend of Extended Reality Remote Collaboration Technology for Augmented City” , 10, 2019.
- [5] S. H. Lee, “Log In Metabus: Human x Space x Time Revolution“, SPRI, Issue Report, IS-115, 03, 2021.
- [6] “HMD” ,Wikipedia, Available: <https://namu.wiki/w/HMD>.
- [7] S. H. Lee, “The Development and Future of VR Journalism“ KCI. 13(1), pp.43 - 65, 2017.
- [8] J. Y. Han, “A Study on VR Content Design Types Based on Mobile Removable HMD” , Journal of Korea Intitute of Spatial Design, vol.11, no.1, 37, pp. 79-87, 2016.
- [9] S. J. Kim et al, “A Study on the Development of UX Scenario for TV Service in Google Glass” , Korea HCI Conference, 2014.
- [10] M. S. Park, D. S. Han, “Video Text Analysis of Virtual Reality Journalism” , Journal of the Korean Society of Contents, 17(9), 2017.
- [11] S. H. Kim et al, “Development of Smart Space and Metaverse Exhibition Guide Technology” , Electronic Communication Trend Analysis, Vol. 29, No. 3, 2014, pp. 66-73.
- [12] J. W. No, S. K, “A Study on the Structural Features of VR HMD Interface Design - Focused Oculus Home” , Journal of the Korean Society of Design Culture v.24 no.3, 2018, pp.281-296.
- [13] S. K. Kim, “Metaverse: Digital Earth, the World of the Floating Things” , Seoul: Plan B Design, Industrial Economy Research, 2021.
- [14] “Metaverse business emerging as 5G and VR/AR/MR (XR) technology, market outlook” , CHO Alliance, 2021.
- [15] Rolland, J. P, Barlow, T., Biocca, F.A., & Kancherla,A, “Quantification of Adaptation to Vritual-EyeLocation In See-ThruHead-Mounted Displays,Proceeding of the Virtual Reality Annual International Symposium” , pp.56-66. 1995.
- [16] BPI Technology Transaction, “Analysis of major technology trends related to domestic and foreign virtual reality (VR), augmented reality (AR), mixed reality (MR), and market outlook and comprehensive corporate analysis.” , p.66. The B.P. 2018.
- [17] M. K. Kim, “A Study on the Effect of User Experience-Centered Interface Design on Brand Asset and Purchase Intention,“ Hongik University Master’s Degree Paper, pp19-22. 2008.

저자소개

신 정 훈 (Jeong-Hoon Shin)



1992년 : 성균관대학교
전자공학과(공학사)
1994년 : 성균관대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
2005년 : 성균관대학교 대학원
전기 전자 및
컴퓨터공학과(공학박사)
1994년 : SKC 중앙연구소

1995년 ~ 2002년 : DACOM 종합연구소
2006년 ~ 현재 : 대구가톨릭대학교 IT공학부 교수
2017년 ~ 2018 : 대구가톨릭대학교 IT공학부 학부장
관심분야 : HCI, BCI, 오감정보처리

권 희 주 (Hee-Ju Kwon)



2018년 3월 ~ 2019년 2월 :
대구가톨릭대학교
자율전공학부(학사)
2019년 2월 ~ 2023년 2월 :
대구가톨릭대학교
컴퓨터공학과(공학사)
2019년 7월 ~ 현재 :
대구가톨릭대학교 HCI 연구실

관심분야 : HCI, 인공지능, 오감정보처리