

---

## MyWorkspace: 몰입형 사용자 인터페이스를 이용한 가상현실 플랫폼

### MyWorkspace: VR Platform with an Immersive User Interface

윤종원, Jongwon Yoon\*, 홍진혁, Jin-Hyuk Hong\*\*, 조성배, Sung-Bae Cho\*\*\*

---

**요약** 최근 가상현실 기술이 발전하면서 몰입적인 상호작용을 위한 사용자 인터페이스가 활발히 연구되고 있다. 몰입형 사용자 인터페이스는 다양한 서비스를 제공하는 가상환경에서 사용자의 작업 효율성이나 정보처리능력을 향상시킬 뿐만 아니라 유비쿼터스나 모바일 컴퓨팅 등 다양한 응용 분야에서 효과적인 상호작용을 제공한다. 본 논문에서는 몰입형 사용자 인터페이스를 이용하여 3차원의 확장된 가상 작업 공간을 제공하는 가상현실 플랫폼인 "MyWorkspace"를 제안한다. 광학 투시 HMD, Wii 리모트 컨트롤러와 적외선 LED가 부착된 헬멧을 통합하여 몰입형 사용자 인터페이스를 개발하고 사용자 머리의 움직임 모형을 설계하여 시선의 상하 각도와 좌우 각도를 계산한다. MyWorkspace는 모니터 기반의 기존 2차원 작업 공간을 레이어 기반 3차원 작업 공간으로 확장하고, 사용자가 바라보는 3차원 가상 작업 공간의 부분을 렌더링하여 HMD를 통해 사용자에게 출력한다. 사용자는 가상 작업 공간에서 여러 작업을 배치하고 머리를 움직임으로써 작업을 전환할 수 있다. 본 논문에서는 개발된 몰입형 사용자 인터페이스의 동작성을 분석하고 사용성 평가를 통해 MyWorkspace의 유용성을 평가하고자 한다.

**Abstract** With the recent development of virtual reality, it has been actively investigated to develop user interfaces for immersive interaction. Immersive user interfaces improve the efficiency and the capability of information processing in the virtual environment providing various services, and provide effective interaction in the field of ubiquitous and mobile computing. In this paper, we propose an virtual reality platform "My Workspace" which renders an 3D virtual workspace by using an immersive user interface. We develop an interface that integrates an optical see-through head-mounted display, a Wii remote controller, and a helmet with infrared LEDs. It estimates the user's gaze direction in terms of horizontal and vertical angles based on the model of head movements. My Workspace expands the current 2D workspace based on monitors into the layered 3D workspace, and renders a part of 3D virtual workspace corresponding to the gaze direction. The user can arrange various tasks on the virtual workspace and switch each task by moving his head. In this paper, we will also verify the performance of the immersive user interface as well as its usefulness with the usability test.

**핵심어:** *immersive user interface, virtual reality, 3D workspace, head tracking, head mounted display*

---

\*주저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과 학부과정 e-mail: jwyoons@slab.yonsei.ac.kr

\*\*공동저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정 e-mail: hjinh@slab.yonsei.ac.kr

\*\*\*교신저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수; e-mail: sbcho@cs.yonsei.ac.kr

## 1. 서론

최근 가상현실과 증강현실을 위한 다양한 기술과 응용이 개발되면서, 사용자와의 보다 효과적인 상호작용을 위한 몰입형 사용자 인터페이스에 대한 관심이 높아지고 있다[1,2]. 가상현실은 사용자에게 실세계에서 직접 접하기 힘든 환경을 구현하고 제공하는데 유용하게 사용될 수 있으며, 그 중에서도 실세계에서의 사용자의 움직임을 분석해 가상환경에 반영하고 HMD(Head-Mounted Display) 등의 몰입형 사용자 인터페이스 장비를 통해 사용자에게 특화된 영상을 제공하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

특히 정보화 사회가 발달됨에 따라 사용자가 동시에 다루어야 하는 정보의 양은 증가하고 있는 반면 기존의 데스크톱 기반의 2차원 인터페이스는 작업 공간의 협소함이나 작업 전환을 위해 필요한 추가 행동 등의 한계를 지니고 있는데, 이를 극복하기 위해 몰입형 사용자 인터페이스를 이용한 가상현실이 매우 유용하게 이용될 수 있으며, 기존 인터페이스의 한계를 극복한다면 사용자의 작업 효율과 정보처리 능력은 크게 향상될 것이다.

본 논문에서는 사용자의 작업효율을 개선하기 위해 기존의 2차원 작업공간을 몰입형 사용자 인터페이스를 이용하여 3차원으로 확장하는 가상현실 플랫폼인 “MyWorkspace”를 제안한다. 사용자는 3차원의 확장된 가상 작업공간 안에서 자유롭게 작업을 생성, 배치하고 수행할 수 있다. 또한 제안하는 인터페이스에 대해 사용성 평가를 수행하여 제안하는 인터페이스의 유용성을 검증하였다.

## 2. 배경 및 관련연구

Aoki 등은 가상현실을 활용하여 우주선 조종사들의 비행 전 항법 교육을 위한 시스템을 제안하였다[3]. 제안된 시스템을 통해 우주선 조종사들은 현실에서 수행하기엔 많은 비용과 시간이 소모되는 항법 교육을 가상현실을 이용하여 구현된 실제와 유사한 우주선 환경 속에서 항법 교육을 받는다. 또한 Regenbrecht 등은 2차원의 데스크톱을 증강된 3차원 공간에 통합하는 증강 현실 데스크톱 환경을 고안하였다[4]. 3차원 공간에 2차원 데스크톱 상의 콘텐츠를 포개어 제공할 때 콘텐츠들이 위치할 곳을 정하기 위해 기준 마커를 사용하였다. 기준 마커는 현실 세계에 위치하며, 카메라를 통해 전달된 현실 세계의 영상 정보 속에서 기준 마커를 인식 한 뒤 기준 마커의 방향에 맞추어 2차원 데스크톱의 콘텐츠를 회전시켜 렌더링 한 후 HMD를 통해 사용자에게 제공하였다. Kry 등은 사용자 손의 형태를 인지하여 가상현실상에 사용자의 손 모양을 렌더링 시키는 HandNavigator를 제안하였다[5]. 사용자는 센서를 손으로 직접 만지게 되면 센서는 사용자의 손 형태를 인식하고, 가상현실 상에 사

용자의 손 모양과 동일한 가상의 손이 생성되어 가상의 물체를 만지거나 움직일 수 있다.

본 논문에서는 몰입형 사용자 인터페이스를 이용해 가상현실을 구현한 기존 연구에 착안하여 가상현실을 사용자의 작업 공간에 접목시켜 사용자의 머리 움직임을 측정하고 그에 따른 가상의 확장된 3차원 작업 공간 서비스를 제공하는 인터페이스를 제안한다.

## 3. MyWorkspace

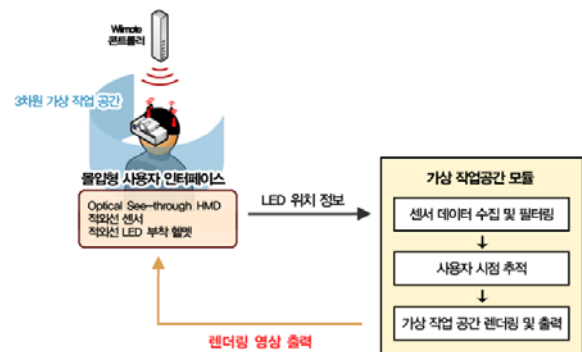


그림 1. MyWorkspace 구조

MyWorkspace는 몰입형 사용자 인터페이스를 이용하여 실제 사용자의 머리 움직임을 가상의 작업공간에 연결시키고 실세계로부터 인식된 물체와 연관된 서비스를 제공하는 작업공간 플랫폼이다. 시스템은 그림 1과 같이 착용가능한 몰입형 사용자 인터페이스와 3차원 가상공간을 생성하고 각종 응용 어플리케이션을 배치하는 가상 작업공간 모듈로 구성된다.

몰입형 사용자 인터페이스의 입력부에서 Wii 리모컨을 통해 수집된 적외선 센서 정보는 가상 작업공간 모듈로 전송된다. 가상 작업공간 모듈은 전송된 센서 정보를 이용하여 실세계의 사용자의 시점을 파악하고 3차원 가상 작업공간 좌표로 맵핑한 뒤 렌더링된 화면을 몰입형 사용자 인터페이스의 출력부를 통해 출력한다.

### 3.1 몰입형 사용자 인터페이스

본 논문에서 개발한 사용자 인터페이스는 사용자의 머리 움직임을 측정하기 위해 적외선 LED가 부착된 헬멧과 Wii 리모컨, 그리고 영상을 출력하는 HMD로 구성된다. 고가의 기존 머리추적 시스템과는 달리 제안하는 몰입형 사용자 인터페이스는 그림 2와 같이 저렴한 적외선 LED와 Wii 리모컨을 이용하여 사용자의 머리 움직임을 추적한다. 가상환경에서 사용자에게 몰입감을 제공하기 위해서는 실세계의 사용자의 움직임이 가상환경에서도 동일하게 적용되어야 한다.

즉, 가상환경에서의 사용자의 시점이 실제 세계에서의 시점과 일치되어야 한다[5]. Wii 리모컨은 Nintendo사에서 개발한 게임의 입력 장치로, 가속도 센서와 적외선 감지 센서 등이 내장되어 있어, 헬멧의 앞뒤에 부착된 적외선 LED의 신호를 감지하여 신호의 위치정보를 가상 작업공간 모듈로 전송한다.

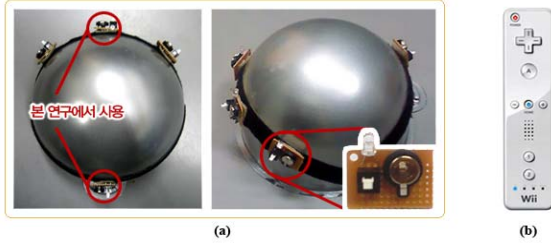


그림 2. 적외선 LED 부착 헬멧(a)과 Wii 리모컨(b)

### 3.2 가상 작업공간 모듈

가상 작업공간 모듈에서는 먼저 Wii 리모컨으로부터 수집된 적외선 LED의 위치정보를 분석하여 사용자의 시점을 측정한다. 사용자는 머리를 상하, 혹은 좌우로 회전시킴으로써 가상 작업공간을 탐사할 수 있다. 그림 3은 측정 가능한 사용자 머리의 움직임 보여준다.

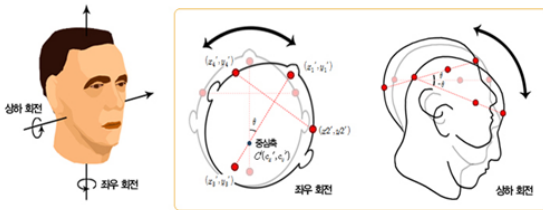


그림 3. 사용자 머리의 움직임

본 논문에서는 헬멧의 앞뒤에 부착된 두 개의 적외선 LED의 위치좌표를 바탕으로 사용자 머리의 상하 회전 각도( $\theta_v$ )와 좌우 회전 각도( $\theta_h$ )를 계산하는 움직임 모형을 설계하였다. 회전 각도를 구하기 위하여 우선 두 개의 적외선 신호의 위치 초기값  $I = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2)\}$ 을 이용하여, 신호간의 초기 거리  $d$ 를 측정한다.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

사용자의 머리가 움직일 경우, 새로운 적외선 신호의 위치값  $I'$ 를 측정하고, 수식 (1)을 이용하여 새로운 거리  $d'$ 를 계산한다. 이 때 상하 회전 각도  $\theta_v$ 와 좌우 회전 각도  $\theta_h$ 를 각각  $\cos$ 함수의 역함수와  $\tan$ 함수의 역함수를 이용하여 수식 (2)와 같이 계산한다.

$$\theta_v = \cos^{-1} \frac{d'}{d} \quad (0^\circ \leq \theta_v \leq 60^\circ),$$

$$\theta_h = \tan^{-1} \left( \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2} \right) \quad (2)$$

초기의 사용자 시선을 영점으로 하여 계산된  $\theta_v$ 와  $\theta_h$ 는 그림 1에서처럼 원통 형태를 가지는 가상 작업공간의 한 점에 대응되어 거대한 가상 작업공간 중 일부분을 렌더링한 영상을 사용자에게 제공한다. 사용자의 시점 방향이  $(\theta_h, \theta_v)$ 로 표현 될 때, 좌측 최하단을 (0,0)으로 기준하는 너비  $w$ 와 높이  $h$ 의 가상 작업공간 상에서 시점  $P(x, y)$ 은 수식 (3)와 같이 결정된다.

$$x = w \times (\theta_v / \theta_{vMAX}), \quad y = h \times ((\theta_h + 90^\circ) / \theta_{hMAX}) \quad (3)$$

이 때  $\theta_{vMAX}$ 와  $\theta_{hMAX}$ 는 각각 최대 상하 회전 각도와 최대 좌우 회전 각도를 의미하며, 수식 (4)와 같이 정의된다.

$$\theta_{vMAX} = \frac{1}{3}\pi, \quad \theta_{hMAX} = \pi \quad (4)$$

가상 작업공간 모듈은 계산된 가상 작업공간 상에서의 사용자의 시점을 중심으로 렌더링 된 3차원 작업 공간의 일부분을 HMD를 통해 사용자에게 출력해준다.

### 4. 구현 및 사용성 평가

MyWorkspace는 60Hz에서 (1920 × 1080) 해상도를 제공하는 Deocom사의 DG-450HP HMD를 사용하여 Microsoft Windows로 동작하는 PC 플랫폼 기반으로 구현되었다. Wii 리모컨은 머리 상단 방향의 천장에 부착하였으며, 사용자는 그림 4와 같이 헬멧과 HMD를 착용하여 시스템을 사용한다.



그림 4. MyWorkspace 사용 모습

제안하는 인터페이스의 유용성을 검증하기 위해 사용성 평가를 설계하였다. 피험자로는 기존 2차원 데스크톱 기반 인터페이스를 장기간 써온 경험이 있는 20대 남녀 대학생·대학원생 12명이 참가하였다. 피험자들은 대부분 몰입형 사용자 인터페이스에 대한 실제 사용 경험이 없었다. 사용성 평가를 위해 피험자들을 대상으로 SUS질의[6]가 제공되었다. 점수는 “강한 부정”을 나타내는 1점부터 “강한 긍정”을 나타내는 5점까지 5단계로 나누어서 평가되었다. 표 1은 사용성 평가에 사용된 SUS질의를 보여준다.

표 1. SUS질의

1	나는 이 시스템을 자주 사용할 것이다.
2	나는 이 시스템이 불필요하게 복잡하다고 생각한다.
3	나는 이 시스템이 사용하기 쉽다고 생각한다.
4	나는 이 시스템을 사용하기 위해서는 전문가의 도움이 필요하다고 생각한다.
5	나는 이 시스템의 다양한 기능이 조직적으로 잘 결합되어 있다고 생각한다.
6	나는 이 시스템이 불안정 한 것 같다고 생각한다.
7	나는 많은 사람들이 이 시스템의 사용법을 매우 빠르게 익힐 것이라고 생각한다.
8	나는 이 시스템이 큰 방해가 된다고 생각한다.
9	나는 이 시스템을 사용하는 데에 자부심을 느낀다.
10	나는 이 시스템을 계속 사용하기 위해 많은 것들을 배우야 한다고 생각한다.

사용성 평가 결과, 평균 SUS점수는 100점 만점에 72.5점으로 사용자들은 대체로 제안하는 가상현실 서비스 공간 인터페이스를 이용하는 데에 있어서 긍정적인 반응을 보였다. 그림 5는 사용성 평가 결과를 보여주는 것으로, 홀수번 질의는 제안하는 인터페이스에 대한 긍정적인 면에 관한 질의이며, 짝수번 질의는 부정적인 면에 관한 질의이다.

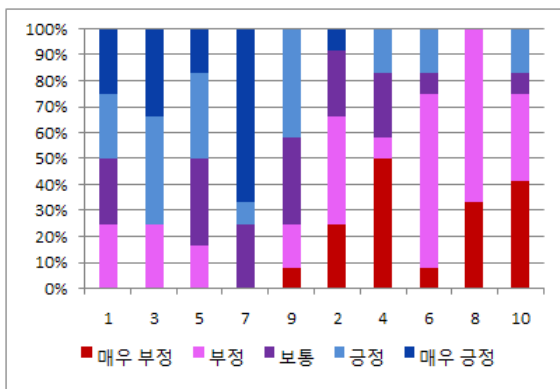


그림 5. 사용성 평가 결과 (홀수번 : 긍정적 질의, 짝수번 : 부정적 질의)

피험자 중 50% 이상의 사람들이 제안하는 인터페이스를 주로 사용하는 데에 있어서 긍정적인 반응을 보였으며 53%

이상의 사람들이 전문가의 도움 없이도 제안하는 인터페이스를 이용할 수 있다고 답하여 기존 인터페이스를 주로 사용하고 몰입형 사용자 인터페이스에 익숙하지 않은 사용자들도 어려움 없이 유용하게 사용할 수 있다는 결과를 얻었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 가상의 작업공간을 사용자에게 제공하는 MyWorkspace를 제안하였다. 몰입형 사용자 인터페이스를 구현하기 위해 저렴한 Wii 리모컨을 활용하여 사용자 머리의 움직임을 추적하였고, 레이저 기반의 3차원 가상 작업공간을 통한 가상현실 서비스를 구현하여 사용자의 작업효율을 높였다. 또한 사용성 평가를 통해 제안하는 인터페이스의 유용성을 검증하였다.

향후에는 확장된 몰입형 사용자 인터페이스를 활용하여 단순한 사용자의 머리 회전 움직임뿐만 아니라 손이나 다른 인체 부위의 움직임이나 제스처도 인식하여 사용자가 작업 공간에 더욱 몰입할 수 있게 함으로써 작업효율을 더욱 증가시키는 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre, "Recent Advances in Augmented Reality," *IEEE Computer graphics and applications*, vol. 21, no. 6, pp. 34-47, 2001.
- [2] K. Johnsen and B. Lok, "An Evaluation of Immersive Displays for Virtual Human Experiences," *Proc. of the IEEE Virtual reality conference*, pp. 133-136, 2008.
- [3] H. Aoki, C. M. Oman, D. A. Buckland and A. Natapoff, "Desktop-VR System for Preflight 3D Navigation Training," *Acta astronautica*, vol. 63, no. 21, pp. 841-847, 2008.
- [4] H. Regenbrecht, G. Baratoff and M. Wagner, "A Tangible AR Desktop Environment," *Computers & graphics*, vol. 25, no. 5, pp. 755-763, 2001.
- [5] P. G. Kry, A. Pihuit, A. Bernhardt and M. Cani, "HandNavigator: Hands-on Interaction for Desktop Virtual Reality," *Proc. of the 2008 ACM Symposium on virtual reality software and technology*, pp. 53-60, 2008.
- [6] J. Brooke, "SUS: A Quick and Dirty Usability Scale," *Usability evaluation in industry*, 1996.
- [7] M. Goebel, M. Hirose and L. Rosenblum, "Today's VR," *Computer graphics and applications*, vol. 21, no. 6, pp. 22-24, 2001.