

# HMD 를 이용한 증강 현실 키보드 시스템\*

이민경, 우운택  
광주과학기술원 정보통신공학과 U-VR 연구실  
{mlee, wwoo}@kjist.ac.kr

## Augmented Reality Keyboard System Using HMD

Minkyung Lee and Woontack Woo  
KJIST U-VR Lab.  
Gwangju 500-712, S. Korea

### 요 약

본 논문에서는 ARToolKit 을 이용한 시각 기반 HMD 를 위한 증강 현실 키보드 (Augmented Reality Keyboard : ARK) 시스템을 제안한다. ARK 시스템은 Video see-through HMD 에 부착된 USB 카메라로부터 얻어진 시각 정보를 이용한 착용형 입력 장치 시스템이다. 제안된 시스템은 카메라를 통해 입력된 영상으로부터 사각 마커를 인식하고, 이를 기반으로 가상 키보드를 증강한다. 그리고, 손가락에 부착된 다른 마커를 인식하여 손가락의 3차원 위치 정보를 얻고, 이와 가상 키보드와의 충돌(collision)이 컴퓨터의 입력이 된다. 동시에 그 결과는 사용자에게 시각 및 청각으로 피드백된다. ARK 시스템은 40 fps 의 속도를 가지기 때문에 본 시스템이 인식할 수 있는 최대 문자는 대략 초당 20 자이다. 본 시스템은 고성능 차세대 착용형 컴퓨터와 결합되어 사용자에게 편리한 이동형 인터페이스를 제공할 수 있을 것으로 보인다.

Keyword : wearable input device, virtual keyboard, AR

### 1. 서 론

컴퓨터 기술의 빠른 발전으로 인하여, 사용자가 시간과 장소에 상관 없이 소형화 된 컴퓨터를 사용할 수 있게 되었다. 예를 들어, PDA(Personal Digital Assistant)나 palmtop 등은 사용자에게 익숙한 인터페이스를 제공하지 못한다. 따라서, 사용자에게 익숙한 이동형 인터페이스를 제공해야 할 필요성이 증가하게 되었다.

이러한 맥락에서 처음 등장한 장치는 이동형 키보드(Portable Keyboard)이다. 이 장치는 기존의 키보드가 이동시 부피 면에서 불편한 점을 개선하여, 접을 수 있는 형태를 띄고 있다. 그러나 이동형 키보드의 경우 사용자가 휴대용 컴퓨터와 함께,

이 장치를 이동해야 한다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위하여, 가상 키보드(Virtual keyboard) 개념이 등장하였다. 가상 키보드는 감지 영역을 물리적으로 명시하지 않은 터치 타이핑(touch-typing)장치로 정의되어 진다 [1]. 즉, 버튼처럼 동작하는 감지 영역은 그 자체가 버튼이 아니라 하나로 동작하도록 프로그램 되어진 것이다. 그래서 감지 영역은 광전 센서, 고성능 손가락 추적 방법, 또는 터치 패드(touch pad) 등을 사용하여 인식되어 질 수 있다. 삼성 스킨리(SCURRY)는 손등에 얹혀지는 손등센서와 손가락에 끼여지는 반지센서로 구성된다 [2]. 손등센서와 반지센서에는 극미세전자기계시스템(iMEMS) 기술과 센서

\* 본 연구는교육부 BK21 사업 및 ICU 니지널 미디어랩의 지원에 의해 수행됨

검출 기술이 적용되어 실제 키보드를 차지않고도 허공에서 손과 손가락 움직임을 감지, 입력기능을 수행하게 된다. 그러나 사용자의 손과 손가락의 움직임을 감지하기 위해서는 사용자가 센서를 착용하여야 하기 때문에, 자연스러운 인터페이스를 제공하지 못하는 단점을 가진다. VKB Ltd.의 Virtual Keyboard 는 어떠한 평면에서든지 레이저를 이용하여 키보드 영상을 투사 시키고, 이 영상과 손의 상호 작용을 감지하는 장치이다 [3]. 본 시스템에서는 적외선 카메라가 모든 손가락의 키 눌림을 감지한다. VKB 의 경우에는 키보드가 디스플레이 되는 부분이 편평하지 않은 경우, 올바른 테이블 영상을 보지 못할 뿐만 아니라, 테이블의 색상이 광선과 유사한 색인 경우, 사용자가 키보드를 보기 어렵다. 또한 사용자가 원하는 위치에 키보드를 디스플레이 하기 위해서는 프로젝터가 일정 거리만큼 떨어져서 위치하여야 하기 때문에, 많은 공간을 필요로 한다.

본 논문에서는 이러한 단점들을 보완하기 위하여 시각 기반 HMD 를 이용한 증강 현실 시스템을 제안한다. 시각 기반 HMD 를 이용하는 경우, 영상 정보를 통해 사용자의 손과 손가락의 움직임 정보를 얻을 수 있다. 그렇기 때문에, 시스템은 사용자로부터 어떠한 센서 입력 없이도 그 움직임을 입력 정보로 사용할 수 있다. 또한 깊이 정보만을 이용하여 가상 키보드를 디스플레이 하므로 테이블의 색상과 관련 없이 키보드를 디스플레이 할 수 있다. 또한 사용자가 착용한 HMD 상에 디스플레이 되기 때문에, 디스플레이를 위한 추가적인 공간도 필요로 하지 않는다. 본 논문은 다음과 같

이 구성된다. 2 장에서는 전체적인 시스템 구성 요소에 대해 설명한다. 3 장에서는 실험 결과를 통해 제안된 시스템의 성능을 검증하고, 기존의 시스템들과 비교 및 분석한다. 그리고 4 장에서 결론을 맺는다.

## 2. 증강 현실 키보드 시스템

그림 1 에서 보여지는 것처럼 제안된 시각 기반 HMD 를 이용한 증강 현실 시스템은 (i) 시각 기반 인터페이스 (Vision-based Interface), (ii) 상호작용 (Interaction) 그리고 (iii) 시각 및 청각 피드백 (Visual and Sound Feedback)의 세 부분으로 구성된다. 우선, 카메라를 통해 입력된 영상으로부터 사각 마커를 인식하고, 이를 기반으로 마커 위에 가상 키보드를 증강한다. 그리고, 손가락에 부착된 다른 마커를 인식하여 손가락의 3차원 위치 정보를 얻는다. 이를 이용한 손가락과 가상 키보드와의 충돌(collision) 정보가 컴퓨터의 입력으로 동작한다. 동시에 그 결과는 사용자에게 시각 및 청각으로 피드백된다.

본 시스템의 첫번째 구성 요소인 시각 기반 인터페이스에서는, 사용자 시야의 변화에 따라 ARK 를 증강시키기 위해 ARToolKit 을 이용하여 가상 키보드가 증강될 마커의 3 차원 공간 좌표 정보를 구한다 [4]. 또한, ARK 와 사용자의 손가락의 충돌을 입력 정보로 사용하기 위하여, 다른 마커를 이용해서 손가락을 감지한다.

ARK 시스템에서는, 사용자의 머리에 부착된 카메라로부터 획득된 영상으로부터 마커를 인식하고, 이 마커의 3차원 공간 정보를 획득한다. 카

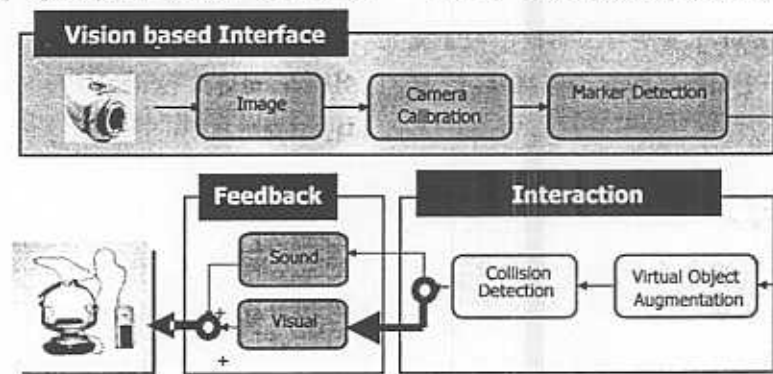


그림 1. 시스템 구성도

메라가 사용자의 머리에 부착되어 있기 때문에, 사용자의 머리가 움직임에 따라 공간의 정보도 달라진다. ARK는 이러한 점을 고려하여 실시간으로 3차원 위치 정보를 얻고, 그에 상응하는 위치에 가상 키보드를 증강시킨다. 그림 2에서 보여지는 것처럼, 가상 키보드를 증강하기 위한 마커는 6개의 마커가 하나의 마커로 인식될 수 있도록 하였다. 가상 키보드의 경우, 사용자가 마커 상에서 가상 객체와 상호 작용을 하여야 하기 때문에, 마커가 사용자의 손에 의해 가려질 수 있다. 또한 사용자의 시야가 움직여서 마커의 일부분만을 보게 되는 경우에는, 가상 키보드를 증강할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 6개의 각기 다른 마커를 하나의 평면 상에 있도록 하였다. 이 평면의 회전이나 이동을 추측하기 위하여, 평면의 각 모서리의 선 방정식을 구한다. 또한 이를 통하여 법선 벡터의 방향을 추측할 수 있다 [5].

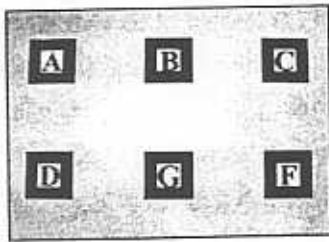


그림 2. 마커 배열

시각 기반 인터페이스에서는 사용자의 손가락과, 가상 객체 간의 충돌 정보를 얻기 위해서 필요한 손가락 모델링을 제공하기 위한 정보를 생성한다. 이를 위해서 각 손가락에 마커를 부착하고, 이들의 3차원 정보를 이용한다. 손가락 끝부분에 마커를 부착함으로써, 그 부분의 3차원 공간 좌표를 얻을 수 있다. 그렇기 때문에, 증강되어진 가상 키보드의 키가 가지는 범위 안에, 손가락 끝점이 위치하는 경우를 충돌로 가정할 수 있다.

이 시스템의 두 번째 요소인 상호 작용부분에서는, 시각 기반 인터페이스에서 얻어진 3차원 정보를 이용하여, 가상 객체를 실제 영상에 증강시키고, 이 가상 객체와 사용자의 손가락 사이의 충돌 정보를 키보드 입력으로 컴퓨터에 넘겨줄 수 있게 한다. 가상 객체와 실제 사용자의 손가락이 충돌을 일으키기 위해서는 실제 객체가 모델링 되어야

한다.

시각 기반 인터페이스에서 얻어진, 3차원 정보를 바탕으로 하여 가상 키보드를 실제 환경에 증강하고, 실제 위치 정보를 가지는 손가락 모델을 얻었기 때문에, 두 객체 간의 충돌 정보를 얻을 수 있다. 만약, 손가락이 가상 객체와 충돌하였다면, 가상 키보드가 디스플레이 된 위치의 3차원 정보와 손가락 끝의 3차원 정보가 같아진다. 이때를 충돌로 가정하고, 충돌이 일어난 텍스처(texture)에 해당하는 키를 입력으로 넘긴다.

사용자에게 보다 많은 현실감을 제공하기 위하여, 실제 환경과 똑같은 상황이 제공되어 질 수 있다. ARK 시스템에서는, 상호 작용 부분에서 넘겨진 충돌 정보를 이용하여, 사용자에게 시각 및 청각 피드백을 부여한다.

ARK에서는 키가 눌려진 경우 그 키에 테두리가 생기게 함으로써, 사용자가 어떠한 키가 눌렸는지 알 수 있게 한다. 이는 실제 환경에서 키보드의 한 키가 눌려진 경우에 그것의 높이가 달라지는 것과 같은 맥락이다. 이를 통해 눌려진 키를 인식할 수 있다. 이와 같은 맥락으로, 또한 눌려진 키에 상응하는 문자를 가상 모니터에 디스플레이 함으로써, 사용자가 별도의 디스플레이 장치 없이도 컴퓨터를 사용하는 것과 동일한 효과를 누릴 수 있도록 하였다. 또한, 사용자에게 각 키가 눌릴 때의 소리도 피드백 함으로써 보다 더 실제 환경에 가까운 키보드 시스템을 제공할 수 있다.

### 3. 구현 및 응용

본 장에서는 제안된 시스템에 의한 실험 결과를 나타낸다. 본 시스템의 입력 및 출력 장치로서 USB 카메라가 부착된 대양 ENC의 cy-glasses를 사용하였다. 이 HMD는 640×480 pixel의 해상도를 가진다. 카메라 출력은 Silicon Graphics 330 visual workstation (1GHz Pentium III)에 연결하고, 컴퓨터의 비디오 출력은 다시 HMD로 연결하였다. 컴퓨터는 HMD에 부착된 카메라로부터의 비디오 영상 처리와 HMD 상에 디스플레이 하기 위한 가상 객체의 생성이 그 목적이다. 동작 속도는 평균 1초 당 40장의 영상을 처리할 수 있다. 그러므로, 1

당 입력할 수 있는 문자 수는 대략 20 자이다. 사용자가 가상 키보드와 상호 작용하는 데 불편함이 없도록 하기 위해서는, 손가락에 부착되는 마커가 사용자의 손가락 움직임에 지장을 주어서는 안된다. 그렇기 때문에, 본 시스템에서는 사용자의 손톱에 부착되어질 수 있도록, 1.5cm× 1.5cm 크기의 마커를 이용하였다.

그림 3은 증강 현실 키보드를 보여준다. (a)는 입력된 영상에서 그림 2에 보인 마커를 인식하고, 가상 키보드를 증강한 모습을 보여주고, (b)는 마커를 부착한 손가락을 보여준다. (c)에서는 손가락의 3차원 정보를 이용함으로써, 가상 키보드가 증강되는 영역에 손가락이 놓이더라도 가상 키보드보다 위에 위치한 경우 사용자의 손가락을 볼 수 있다. 그리고, (d)는 손가락과 가상 키보드와의 충돌 결과 그 키에 해당하는 문자가 가상 모니터에 디스플레이 되어진 것을 보여준다.

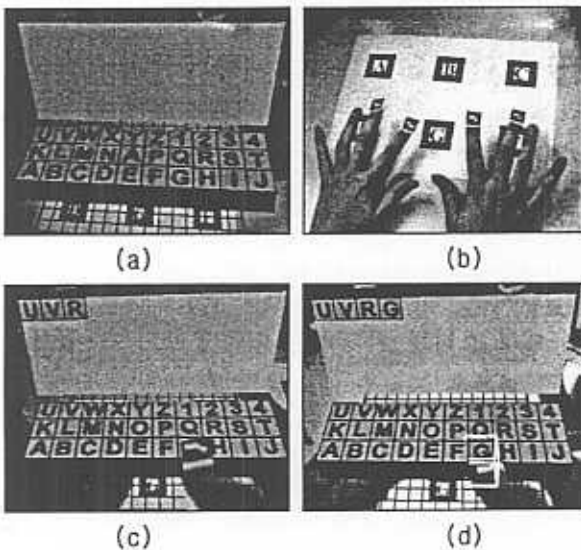


그림 3 증강 현실 키보드, (a) 마커 인식 후 증강된 가상 키보드, (b) 마커를 부착한 손가락, (c) 충돌 전 가상 키보드 위에 놓인 손가락, (d) 손가락과 가상 키보드와의 충돌

표 1에서는 본 시스템과 기존 시스템과의 성능 비교를 하였다. 본 시스템은 VKB에 비하여 정확한 키 입력이 가능하도록 하며, SCURRY에 비하여 편안한 상호 작용이 가능하도록 한다. 또한 추가적인 출력 장치를 휴대하지 않아도 되기 때문에,

기존 시스템에 비해 착용형 컴퓨팅 환경에 더 적합하다.

표 1. 시스템 비교

	SCURRY (SAIT)	VKB (VKB Ltd.)	ARK (KJIST)
입력 방식	관성 센서	레이저광선	마커, 카메라
출력 장치	모니터	휴대용장치	HMD
성능	정확	부정확	정확
상호작용	불편	편안	편안

#### 4. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 착용형 컴퓨팅에서의 응용을 위하여, 가상 키보드의 공간 정보 및 손가락의 공간 정보를 계산에 필요한 시간을 최소화 하기 위하여 ARToolKit을 이용하였다. 손가락의 끝점과 가상 키보드의 각 키 버튼을 이용하여 키 입력이 가능하도록 하였기 때문에, 별도의 물리적인 장치 없이도 컴퓨터와 상호작용 할 수 있다. 또한 가상 모니터에 각 키에 대응하는 문자를 디스플레이 함으로써, 추가적인 display 장치 없이도 사용자가 가상 키보드를 사용할 수 있도록 하였다. 제안된 시스템은 3차원 시각 정보를 활용함으로써 더 자연스러운 인터페이스를 제공할 수 있다. 예를 들면 3차원 정보를 이용하여 손가락에 마커를 부착하지 않고도, 가상 키보드와의 상호 작용이 가능하도록 할 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] Mathias Kölsch, Matthew Turk (2002). Keyboards without Keyboards: A Survey of Virtual Keyboards, UCSB Technical Reports 2002-21, July 12, 2002
- [2] Samsung Scurry, PCWorld article at <http://www.pcworld.com/news/article/0,aid,70568,00.asp>
- [3] VKB Ltd., <http://vkb.co.il>
- [4] ARToolKit Download Page <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [5] Kato H., Billinghurst, M. (1999). Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System, Proceedings International Workshop on Augmented Reality (IWAR99). October, San Francisco, USA

- "Ultrasonic pen-type data input device,"  
U.S. Patent 5308936, May 3, 1994.
- [4] 關口 英紀, 출원인: Fujitsu, "펜형 입력 장치," 일본특허 2000-330717, 1999.5.20.
- [5] Mark Epperson, "Autonomous computer input device and marking instrument," U.S. Patent 5247137, Sep. 21, 1993.
- [6] Zvi Orbach and Ehud Baron, Assigned: Zvi Orbach and Ehud Baron, "APPARATUS FOR READING HANDWRITING," WO 94/09447, Apr. 28, 1994.
- [7] Kenich Matsushima, Assignee: Seiko Instruments Inc., "Coordinate detecting apparatus having acceleration detectors," U.S. Patent 5587558, Dec. 24, 1996.
- [8] Lamar E. Brooks, Assignee: A.T. Cross Company, "Hand-held electronic writing tool," U.S. Patent 5434371, Jul. 18, 1995.
- [9] 高城 邦彦瀬戸 毅, 출원인: SEIKO EPSON, "필기구형 좌표 입력 장치," 일본공개특허 1999-296291, Oct. 29, 1999.
- [10] Yasuhiro Sato, Takao Inoue, Etsuko Fujisawa, Takashi Kitaguchi, Toshiyuki Furuta, Norihiko Murata, and Mitsuru Shingyouchi, Assignee: Ricoh Company, Ltd., "Pen-shaped handwriting input apparatus using accelerometers and gyroscopes and an associated operational device for determining pen movement," U.S. Patent 5902968, May 11, 1999.
- [11] D. G. Stork, M. Angelo, and G. J. Wulff, Assignee: Ricoh Company, Ltd., "Method and apparatus for tracking a hand-held writing instrument with multiple sensors that are calibrated by placing the writing instrument in predetermined positions with respect to the writing surface," U.S.

Patent 6186329, Jan. 30, 2001.