

특집

# 가상현실시스템을 위한 HCI의 현황과 발전방향

박 찬 중<sup>†</sup> 김 동 현<sup>††</sup>

◆ 목 차 ◆

- |                      |            |
|----------------------|------------|
| 1. 서 문               | 4. 기 다 장 치 |
| 2. 입 력 장 치           | 5. 결 론     |
| 3. 출 력 장 치 - 시 각 중 심 |            |

## 1. 서 문

대부분 응용프로그램(시스템)의 HCI는 사용자가 필요에 따라 그것을 조작하거나, 그 결과를 봄으로써 시스템과 상호 작용할 수 있는 길을 제공하는 장치와 프로그램의 한 부분이다. 이 부분은 관련된 장치의 용도와 시스템의 성능에 따라서 단순하고 쉽게 구현될 수도 있지만, 그것이 매우 크거나 복잡해서 구현하거나 수정하는데 매우 어려울 수도 있다.

하지만, 근본적으로 시스템으로의 입력은 사용자의 뇌에 있는 의도(또는 정보)를 시스템(컴퓨터) 내부로 이동시키는 수단이라는 것과 시스템의 출력은 내부의 처리 결과를 사용자의 뇌까지 전달해주는 수단이라는 점에서 보다 자연스럽게 편리해야 한다는 의무감이 입출력 인터페이스를 개발하는데 있어서 가장 큰 부담일 것이다.

오늘날 사용 가능한 이러한 입출력 인터페이스를 이용하여 컴퓨터 내부의 상태를 직접 조작할 수 있도록 도와주는 것이 매우 중요하며, 이 부분을 구현하는데 기울이는 노력이 전체 시스템 디자인과 구현에서 차지하는 비중이 얼마나 큰지는 최근의 연구조사와 논문에서 많이 다루어온 주제라는 점에서 쉽게 알 수 있다. [2]

다행히 컴퓨터가 현재의 HCI의 형태를 가지면서 지금까지 발전해온 데에는 1970년대 중반에 Xerox PARC에서 개발한 신개념의 UI(User Interface)를 기반으로 1980년대 초반에 선보인 Macintosh의 (당시로는) 획기적인 GUI(Graphical UI)와 그것을 '추종'해온 Microsoft의 Windows 시스템이 공헌한 바가 매우 크다. 당시만 해도 컴퓨터의 시간과 메모리를 효율적으로 사용하여 프로그램의 효율을 높이는 것이 최대의 목표였으나 오늘날에 와서는 하드웨어 가격의 하락과 컴퓨터 프로그램의 발달로 점점 사용자의 효율성에 초점이 맞춰지고 있다.

현재 보편적으로 사용중인 컴퓨터 인터페이스

† 정회원 . 시스템공학연구소 선임연구원  
 †† 정회원 : 시스템공학연구소 책임연구원

를 보면 키보드, 마우스, 조이스틱 등이 입력부분에 장착되어 있으며, 출력 부분에는 프린터와 모니터가 주류를 이루고 있다. 이러한 장치는 현재 대부분의 응용프로그램용으로는 가격대 성능면에서 매우 효율적이다. 하지만, 이러한 장비들은 가상현실 기술과 같이 새로운 개념을 시도하는 데에는 상당히 미비한 것이 사실이다. 이에 따라 HMD (Head Mounted Display)나 Data Glove와 같이 신체의 일부에 밀착되어 정보를 얻거나 제공하는 장비가 속속 개발, 발전되고 있다. 이에 본 논문에서는 입력과 출력 기반으로 크게 나누어 현재의 HCI의 상태와 향후 VR분야에서의 효율성을 중심으로 살펴보고자 한다.

## 2. 입력 장치

### 2.1 입력장치 성능

지금까지 시스템의 입력부는 사용자의 손에 의해서 조작되는 키보드 입력이나 마우스에 의한 메뉴 선택이 대부분을 차지하였다. 이와 같이 컴퓨터와 상호작용을 위해서는 상당히 낮은 수준에서 명령어를 입력하거나 선택하였다. 물론 같은 입력 장치라 하더라도 용도에 따라 다른 형태로 쓰이기도 하였다. 예를 들어 마우스는 메뉴에서 명령어를 선택할 때도 쓰이지만 디자인 도구에서는 원이나 사각형을 그리기도 하고 특정 부분을 선택하고자 할 때에는 영역을 지정할 수도 있는 것이다.

이러한 입력 장치나 시스템을 평가하는 지표로서 Fitts의 법칙을 쓴다. 이 법칙은 손으로 조작하는 장치의 입력 성능은 대부분 목표물까지 도달하는 사용자의 손놀림에 의해 좌우되는데, 목표물까지의 거리와 크기로부터 수행 시간이 예측 가능하다는 것을 기본으로 하고 있다. 이 법칙은 1954년에 개발된 것으로 사람의 정신 운동적인

행위를 모델링하는 강력한 도구이다. 이 법칙에 의하면 목표물까지의 도달 시간은 거리를 목표물의 너비로 나누고, 이것을 로그로 취한 것에 비례한다는 것이다. (아래 식 참조)

$$MT = a + b \log_2 \left( \frac{2A}{W} \right)$$

여기서, MT는 movement time, a와 b는 regression coefficients, A는 시작점과 목표물 중앙과의 거리, W는 목표물의 너비로 정의된다. 따라서, 이 식에 의하면, 거리와 목표물의 크기와는 서로 tradeoff관계에 있음을 알 수 있다. 이 법칙은 입력장치의 성능을 평가하거나 작업자에 일을 할당하고 조립라인에서의 움직임을 평가하여 작업자의 작업 수행도를 평가할 때에 쓰일 수 있다. 하지만, 이 법칙이 1차원적인 움직임에 근간을 두고 있어 다차원에서의 움직임에 적합하게 모델링하여 특정장치를 평가하기가 그리 쉽지는 않다. 최근에는 이 법칙을 이용하여 3차원 가상공간에서의 특정 입력 장치의 성능을 평가하고자 하는 시도가 있다.

### 2.2 입력장치 구분

위와 달리 입력장치의 control-display 비율(입력장치의 움직임에 따른 컴퓨터 내부 물체의 움직임의 비율)에 의해 성능을 구분하는 방법도 있다. 예를 들어 마우스를 책상 위에서 1 cm 움직임으로써 화면에서 조종되는 커서나 물체가 2 cm 움직인다면, 이 장치의 control-display 비율은 1:2가 되는 것이다. 이 비율은 클수록 미세조종에 유리하나 속도면에서는 손해를 감수해야 하며, 작을수록 빠르지만 정확도면에서 뒤떨어진다.

전통적으로 컴퓨터 입력장치로는 키보드와 마우스가 사용되고 있다. 하지만, 이 키보드를 가상현실 기술에 사용하기에는 부적당하며, 마우스 또한 상당한 어려움이 따른다는 것을 다들 인정하

고 있다. 여기서는 대부분 키보드와 같이 비연속적인 입력 장치와 마우스와 같은 연속적 입력장치로 구분하고, 주로 연속적인 입력장치를 다음과 같은 기준으로 구분하기로 한다. [2,4]

- 선형 대 회전형 운동: 마우스는 2차원의 선형 움직임을 측정하며, 트랙볼은 회전값으로 움직임을 측정한다.
- 절대치 대 상대치 측정: 마우스는 상대적 움직임을 측정하며, Polhemus Sensor는 절대적인 위치를 측정하는데 쓰인다.

C 측정값의 종류: 마우스는 위치에 따른 변화를 측정하며, isometric joystick은 힘의 변화를 측정한다.

- 차원: 1,2,3차원의 선형적 차원과 1,2,3차원 각 변위적 차원으로 구분한다. 마우스는 2차원 선형 값을 측정하며, Polhemus는 3차원 선형 값과 3차원 각 변위 값을 동시에 측정할 수 있다.
- 직접 대 간접 조종: 마우스는 커서를 움직이기 위해서 책상 위의 마우스를 간접적으로 움직이고, 터치스크린은 직접적으로 원하는 곳을 화면 상에서 지정한다.
- 위치 대 속도 조종: 마우스는 커서의 위치를 조종하며, rate-control joystick은 stick의 움직임에 따라 커서의 속도를 조종할 수 있다.
- 통합형 대 분리형: 마우스는 2차원을 하나의 장치에 통합하고 있으나 트랙볼은 상하 좌우의 움직임을 따로따로 가지고 있다.

### 2.3 VR용 입력 장치

최근에 가상현실 기술과 함께 많이 이용되는 입력장치로는 초음파 센서를 사용하는 Logitech의 3차원 마우스와 head tracker, strain gauge를 사용한 Spaceball과 DataGlove (또는 CyberGlove), 자기장 센서를 사용하는 Polhemus sensor 등을 들 수

있다. (그림 1,2,3참조)



(그림 1) 초음파를 이용하는 3차원 마우스와 Head Tracker



(그림 2) strain gauge를 이용하는 3차원 마우스 (Spaceball)와 장갑 (CybeGlove)



(그림 4) 자기장 센서를 이용한 Polhemus Long Range Sensor

초음파를 이용한 3차원 마우스와 Head tracker는 3개의 음원과 3개의 수신원 간의 위상차를 이용하여 3차원 공간에서의 위치와 방향을 감지한다. Spaceball과 CyberGlove는 strain gauge를 이용하여 볼에 가해지는 힘이나 손가락의 굽힘과 펴는 정도를 측정할 수 있게 되어 있으며, Polhemus sensor는 magnetic을 이용하여 3차원 공간에서의 위치와 방향을 측정할 수 있는 것이다. (그림4)에 있는 magnetic sensor제품은 센서를 최대 32개까지 확장할 수 있고 약60평방미터정도를 커버하는 것으로 주로 몸 동작 획득용으로 쓰인다. 물론, CyberGlove에 magnetic sensor를 붙이면 단순한 손가락의 상태 외에도 손의 위치와 방향을 감지할 수도 있다.

위에서 언급한 것을 종합해 보면, 가상현실 기술에 활용하기에 적합한 입력 장치라고 하는 것이 하나로 국한되지 않을 것이며 필요에 따라서는 여러 개를 하나의 시스템에 통합하는 Multi-modal Interface 형태를 가질 것으로 본다. 따라서, 사용자의 머리 위치와 방향을 감지 하는 데에는 magnetic tracker가 쓰이고, 사용자가 가상환경과 접촉하고 상호 작용하기 위해서는 데이터 글러브와 같은 3차원 손동작 입력 장치가 동시에 필요할 것으로 보인다.

신체의 일부를 이용한 입력 장치로는 발이나 머리의 위치를 입력하는 장치, 눈동자의 움직임을 입력하는 장치 등이 가격과 성능 면에서 보편적이지는 않지만 보다 발전된 UI의 모습으로 컴퓨터의 입력 부분에서 쓰이고 있다. 또한, 사용자의 음성을 인식하여 컴퓨터의 명령어로 쓰이고자 하는 시도가 꾸준히 진행되고 있으나 자연어 처리 부분에 까지 이르는 방대한 작업량으로 보편적인 결과를 얻는 데에는 다소 시간이 걸릴 것 같다.

향후, 우리의 눈 앞에 나타날 입력장치를 예견하기는 쉽지 않으나 현재 새로운 컴퓨터의 출현

을 거울삼아 예측할 수는 있을 것이다. 기술의 급속한 발달로 지금의 워크스테이션의 모습은 조만간 지난 과거의 산물로 전락할 것이며, 대부분의 컴퓨터가 상당히 작아지거나 커지는 양극화 성향으로 발전할 것 같다. 이러한 변화는 입력 장치의 변화를 필연적으로 요구하게 될 것이다. 그 이유는, 보다 작아진 laptop, palmtop, 심지어 wearable computer의 등장으로 당장 키보드의 무용론이 대두한 것으로 쉽게 유추할 수 있다. 동시에 보다 큰 컴퓨터의 등장이 예상되기도 한다. 이러한 컴퓨터는 보다 좋은 해상도에 보다 큰 표시장치를 사용하여 적절한 시간에 처리할 수 있는 능력을 가지게 되므로 사용자로 하여금 보다 편안한 입력장치를 사용하도록 강요하게 된다. (예를 들어, 특수 목적의 콘솔이나 비행기 시뮬레이터의 조종간 표시 장치)

가상현실의 세계에 몰입하여 보다 감각적인 상호작용이 이루어질 수 있어야만 진정한 가상현실이 구현된다고 볼 때, 가상현실 기술의 발달과 함께 할 새로운 입력장치가 개발되어야 할 필요성이 절실함을 알 수 있다. 따라서, 어떤 형태의 장치가 가장 편리한 지는 사용자에 의해서 지속적으로 선택되고 발전 되겠지만, 보다 새로운 개념을 구상하고 구현하는 것이 시스템 개발자의 몫이라고 본다. 그렇지 않고서는 손수레에 제트엔진을 달고 달나라를 여행하고자 하는 열망에 불과하다고 생각한다.

입력장치의 가격은 지속적으로 하락하고 성능은 날로 커지고 있어 VR 환경의 상호작용에 알맞은 장치가 앞으로도 계속 개발될 것이다. 1960년대에 Douglas Engelbart가 마우스를 개발한 이래로 30여년 동안 대중화되어 온 결과는 지금 우리가 사용하고 있는 마우스 형태이다. 차세대 마우스 또는 입력장치가 어떤 형태일지는 아무도 예측할 수 없으나 가속되고 있는 발전의 속도로 보아 장치의 개발 주기는 빨라지리라고 본다.

### 3. 출력 장치 시각 중심

#### 3.1 HMD

대부분의 컴퓨터가 출력장치의 기본으로 모니터를 쓰고 있다. 1970년대까지만 하더라도 텍스트 일변도의 정보를 사용자에게 보여 주는 것에 치중하였으며, 1980년도 중반에 들어서서 비로소 약간의 그래픽 요소가 가미된 출력을 얻을 수 있었다. 이것은 입력장치와 UI의 발달과 무관하지 않아 화면을 통한 대화식 상호작용과 텍스트와 그래픽이 혼합된 문서의 작성 탁상출판 시대라고도 할 수 있는 가능한 시점에 들어서서 칼라화 되고 고급화 되기 시작하였다.

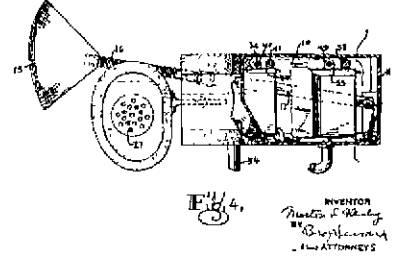
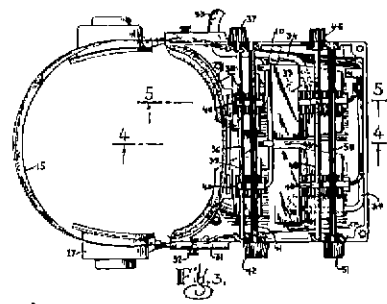
이와 같이 일반적으로 컴퓨터 출력장치의 발전은 모니터의 발전으로 대변할 수 있을 만큼 가장 대중적으로 많이 쓰여왔다. 하지만, 가상현실과 같이 컴퓨터로 만든 출력에서 몰입감을 갖기 위해서는 모니터를 약간의 거리에서 바라보는 것으로는 충분하지 않다. 하지만 모니터를 기반으로 하는 가상현실기술이 1960년대 초반부터 그 역사를 시작할 만큼 오래되었으나 당시로는 너무나 앞선 개념이었고 고가인 관계로 그리 각광을 받지 못하였다. 1962년 Morton Heilig는 머리에 쓰고 바로 눈 앞에 표시되는 장치(지금의 HMD)와 Sensorama Simulator를 만들어 특허를 출원하였다. (그림4,5참조)

이 장치를 이용하여 사용자는 오토바이를 타고 맞바람을 느끼면서 뉴욕 시내를 질주하는 것과 같은 느낌을 받을 수 있었으며, 음식점을 지날 때에는 냄새까지 느끼게 만들었다. 이 장치의 출력은 3D video (2개의 35mm 카메라로 만든 영상을 썸), 칼라, 스테레오 사운드, 진동 (의자에 주는 진동으로 오토바이를 탈 때의 느낌을 줌)을 포함하고 있어 당시로는 상당히 획기적인 제품이었다. 따라서, 이것을 RCA에 소개하고 자금과 협력을

구했지만 그들은 '젊은 친구의 너무나 황당한 제안'을 점잖게 다독거리며 거절하였다. 하지만, 30년이 흐른 지금에는 RCA는 사라지고 없고, 이 제품 아이디어는 지금 VR의 기본이 되었음을 볼 때 '이 세상에서 제일 큰 것은 인간이 가지고 있는 상상력이다'라는 말을 새삼스럽게 느낀다.



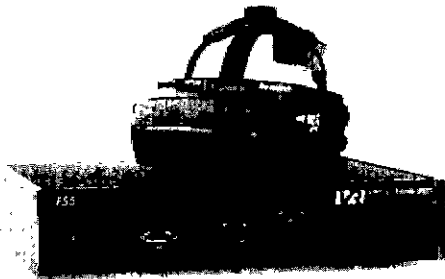
(그림 4) Heilig의 sensorama prototype



(그림 5) Heilig의 초기 HMD 특허

Heilig의 디스플레이 장치는 1966년 Ivan Sutherland에 의해 계승되어 2개의 CRT를 사용한 HMD (Head Mounted Display)로 발전하였으며, 현재 HMD로의 발전에 초석을 이루었다.

초기의 제품들은 워낙 고가이다 보니 국방, 우주관련 제품에 쓰이는 정도였다. 1981년에는 NASA에서 LCD (Liquid Crystal Display)를 사용한 HMD를 만들어 VIVED (Virtual Visual Environment Display)라고 불렀다. 이 HMD는 그 뒤로 지속적으로 발전하여 현재의 형태로 발전하였으며, 최근에는 주로 해상도와 시각 면에서의 발전이 주를 이루고 있다. (그림 6 참조)



(그림 6) HMD와 scan converter control box

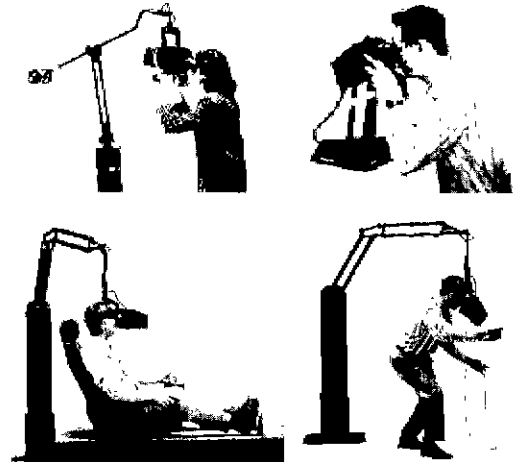
### 3.2 BOOM (Binocular Omni-Orientation Monitors)

위에서 언급한 LCD나 CRT를 사용한 HMD는 머리 위치 추적 장치의 시간 지연의 영향을 받는다. 거기에 전송 지연과 렌더링 지연이 합쳐지면 우리 눈에 보이기까지의 지연은 상당하여 이 지연시간이 클수록 HMD sickness (구토, 두통 등)가 심해질 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 사용자의 머리 위치 추적을 실시간에 하는 방법이 고안되었다. NASA에서는 VIEW라는 프로젝트를 통해 CCSV (Counterbalanced CRT-based Stereoscopic Viewer)라는 장치를 만들었다. 이 장치는 로봇 팔과 같은

기계적 장치에 CRT를 매달아 둔 형태를 취하고 있는데, 로봇 팔이 위치와 방향을 그대로 적용하고 있어 실시간에 사용자의 머리위치와 방향값으로 사용할 수 있다.

이러한 장치는 NASA Ames Research Center에서 Virtual Wind Tunnel 장치를 만들어서 공개함으로써 널리 알려지기 시작하였으며, 최근에는 Fakespace에서 Boom이라는 이름으로 이와 관련된 제품들을 만들어 팔고 있다. (그림 7 참조)

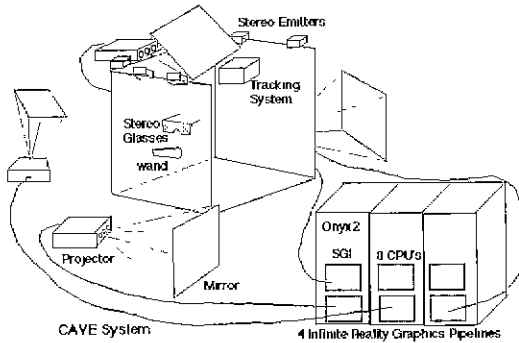


(그림 7) 다양한 형태의 Boom 제품들

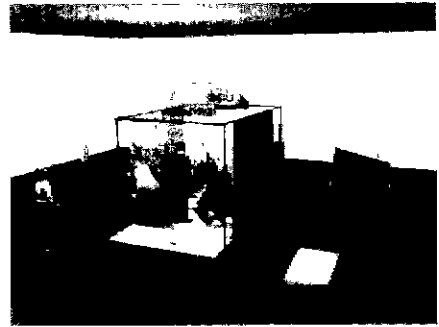
### 3.3 CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)

CAVE는 projection-based VR system으로서 커다란 정육면체로 사용자를 포함하도록 설계하고, 전면, 좌우, 바닥에 4개의 스크린을 설치한다. 전면과 좌우 스크린에는 후면 반사 프로젝션 방식으로, 바닥은 위에서 아래로 전면 프로젝션 방식으로 표시된다. 사용자는 6자유도의 머리 위치 추적 장치를 부착한 스테레오 안경을 쓰고 스크린에 표시되는 화면을 보게 된다. 화면과 스테레오 안경과의 주파수 일치율을 위해 stereo emitter를 이용하며, 사용자가 CAVE안에서 자유롭게 움직임에 따라 각 면을 위한 stereo perspective projection이

계산되어 각 면에 표시된다. 사용자는 wand라는 3차원 마우스를 이용하여 상호작용을 할 수도 있다. (그림 8 참조)



어를 구동하기까지 약 1초가 소요되는데, 익숙해지면 0.8초 까지 줄어들어 마우스 조작보다 0.5초 정도 빠를 것으로 보인다.



(그림 8) CAVE시스템 구성도 및 제품 상상도

최근 日本 동경대학교 Hirose교수는 천장 면까지 포함한 5면을 후면반사 프로젝션하는 방식으로 CAVE를 변형한 CABIN (Computer Augmented Booth for Image Navigation)이라는 시스템을 개발하였다. [3]

## 4. 기타 장치

### 4.1 안구 추적 장치

최근, 日本전신회사 (NTT) 기초연구소가 화면에 나타난 아이콘이나 메뉴 버튼을 응시하는 방법으로 PC를 조작할 수 있는 시스템을 개발했다. 이 시스템은 적외선으로 안구의 움직임을 파악해 마우스처럼 PC를 조작할 수 있는데, 3대의 적외선 카메라와 영상 처리용 W/S로 구성되어 있으며, 이용자는 적외선을 반사하는 재료가 부착된 특수안경을 끼고 사용해야 한다. 3대의 카메라 가운데 2대는 눈의 위치를 측정하는데 사용되고, 나머지 하나는 눈동자의 움직임을 추적해 이용자가 화면의 어디를 보고 있는지를 측정한다. 이 시스템으로 사용자는 아이콘을 응시해 그 소프트웨

### 4.2 제스춰 인식

미국 MIT Media Lab.에서는 ALIVE(Artificial Life Interactive Video Environment라는 시스템을 선 보이고 있다. 이 시스템은 사용자가 HMD, 안경, 센서와 같은 특별한 장비 없이 카메라와 대형 모니터 앞에서 가상의 생명체와 상호작용을 할 수 있음을 보여 주고 있다. 사용자는 카메라에 잡힌 자신의 이미지와 컴퓨터로 만든 영상이 조합된 것을 대형 모니터를 통해 보면서 자동화되고, 애니메이션이 되는 가상의 생명체와 상호작용을 할 수 있다. 하나의 카메라를 가지고 사용자의 머리, 손, 발의 위치를 추적하고 그 제스춰를 인식함으로써 가상의 생명체와 상호작용이 가능하게 한 것이다. (그림 9 참조)

### 4.3 향후 연구 방향

앞서 설명한 여러 장치들은 지금 현재 가상현실 기술과 접목되어 사용되고 있는 장비들으로써 지속적인 발전과 가격의 하락으로 이용이 점차 확산되고 있는 추세이다. 하지만, 여기서 깊이 있게 다루지 않은 부분 중에서 3D 사운드를 생성하



(그림 9) ALIVE 시스템과 사용자와 가상 생명체와의 합성 이미지

는 청각 부분과, 주로 손끝이나 손바닥에 주는 촉각, 아직까지 큰 진전은 없지만 간과할 수 없는 후각 부분에 있어서 많은 발전이 있어야 할 것으로 보인다. 인간의 오감 중에 주로 시각에 의존하는 바가 매우 크지만 한가지 감각으로 표현하는 것보다는 여러 개의 감각을 결합 함으로서 얻은 현실감이 훨씬 크다는 점을 감안할 때, 시각 이외의 부분에 대한 연구와 투자도 지속적으로 이루어져야 한다고 본다.

## 5. 결 론

지금까지 VR을 위해 사용되고 있는 HCI에 대해서 장비를 중심으로 살펴보았다. 그러나, 이 논문에서 다루지 않은 또 다른 중요한 부분이 있는데, 그것은 바로 이러한 장비들과 함께 유기적으로 결합된 HCI 소프트웨어 부분이다. 이 부분의 중요성은 장비의 효율성을 높이고 사용자에게 보다 자연스러운 접근을 허용하는데 결정적인 역할을 하기 때문이다. 즉, 같은 장치라 하더라도 적용하는 시스템에 따라 다른 형태로 구현될 수 있다는 것이다. 예를 들어, 워드프로세서와 같은 소프트웨어에서도 마우스의 움직임을 텍스트 모드에서는 수직 바 형태로, 그림 모드에서는 화살표나 연필 끝 모양으

로 변하게 만들어서 사용자에게 편리함을 제공하는 것을 말한다.

결론적으로, 하드웨어 장치는 소프트웨어의 지원이 없이는 발전이 없다는 전산학적인 결론을 들 수 밖에 없다고 본다. 이러한 소프트웨어 분야는 작게는 장치의 구동에 필요한 소프트웨어에서부터 크게는 시스템 전반의 운영 소프트웨어에까지 범위를 확대할 수 있다. 거기에 덧붙여서 앞서 설명한 인식이나 변환 프로그램이 추가 된다면 HCI소프트웨어는 상당히 넓은 범위를 차지한다. 따라서, 본 논문에서는 이 부분에 대한 언급은 피하고, 지금 현재 많이 사용하거나 연구 개발 중인 VR관련 장치나 시스템의 구성에 대해서만 기술하였음을 밝힌다.

가상현실의 분야는 이제 그 시작의 단계에 있다. 따라서, 모두들 이에 관련된 하드웨어나 소프트웨어의 발달은 아직까지는 미진하다고 말한다. 하지만, 기존에 이루어 놓은 다른 분야의 연구 결과나 장치들을 효과적으로 결합 시키거나 새롭게 발전시켜나감으로써 우리의 상상력에 조금이나마 접근하는 징검다리가 되리라 본다. 그 이유는 가상현실 기술만큼은 특히 한 분야의 전문가가 헤낼 수 있는 분야가 아니라 여러 분야의 전문적 지식을 요하기 때문이다.



### 참고문헌

[1] G. Burdea and P. Coiffet, Virtual Reality Technology, Wiley Inter-Science, 1994.

[2] J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, and J. F. Hughes, Computer Graphics Principles and Practice, 2nd Ed., Addison-Wesley, 1990.

[3] M. Hirose, "CABIN A MultiScreen Display for Computer Experiments," VSMM'97, 1997, pp. 78-83.

[4] R. J. K. Jacob, "Human-Computer Interaction: Input Device," ACM Computing Surveys, Vol. 28, No. 1, March 1996, pp. 177-179.

[5] B. A. Myers and M. B. Rosson, "Survey on User Interface Programming: Human Factors in Computing Systems," Proceedings SIGCHI'92, pp. 195-202.

[6] B. A. Myers, "User Interface Software Technology," ACM Computing Surveys, Vol. 28, No. 1, March 1996, pp. 189-191.

[7] B. Shneiderman, Designing the User Interface Strategies for Effective Human-Computer Interaction, 2nd Ed., Addison Wesley, 1992.

[8] J. Ziegler, "Interactive Technologies," ACM Computing Surveys, Vol. 28, No. 1, 1996, pp. 185-187.



#### 박 찬 중

1984년 홍익대학교 전산학과 (이학사)  
 1986년 한국과학기술원 전산학과 (석사)  
 1995년-현재 한국과학기술원 전산학과 박사과정

1986년-1989년 한국표준과학연구원 연구원  
 1989년-1997년 (주)휴먼컴퓨터 개발이사  
 1997년-현재 시스템공학연구소 선임연구원  
 관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 디지털폰트, 가상현실



#### 김 동 현

1983년 연세대학교 건축공학과 (공학사)  
 1988년 H 소 오사카대학 환경공학 (석사)  
 1991년 H 소 오사카대학 환경공학 (박사)

1991년-1996년 시스템공학연구소 선임연구원  
 1997년-현재 시스템공학연구소 책임연구원 (가상현실 연구실장)  
 관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 가상현실, 증강현실, 컴퓨터 게임