

## 가상환경 향해 활동의 현실감 평가를 위한 실증적 연구

김현정<sup>1,3</sup>, 서형준<sup>1,2</sup>, 고희동<sup>1</sup>, 최윤철<sup>2</sup>, 김진우<sup>3</sup>

한국과학기술연구원, 연세대학교 컴퓨터과학과, 경영학과  
서울시 성북구 하월곡동 39-1

### Toward Measuring Presence of Navigation in Virtual Environment

HyunJung Kim<sup>1,3</sup>, Hyungjun Seo<sup>1,2</sup>, Heedong Ko<sup>3</sup>, Yunchol Choi<sup>2</sup>, Jinwoo Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Science and Technology(KIST), <sup>2</sup>Dept. of Computer  
Science, <sup>3</sup>Dept. of Business, Yonsei Univ.

E-mail: hjkim@kist.re.kr

#### 요 약

본 논문은 가상현실기술을 이용한 감성측정평가 시뮬레이터 구축의 일환으로 개발한 3차원 시청각 환경 제시기를 대상으로 가상환경의 현실감 정도를 평가하여, 최적의 현실감을 제공함과 동시에 사용자들의 Performance를 효율적으로 지원할 수 있는 디자인 요소들을 제시하고자 하는데 목적이 있다. 이를 위하여 두 가지 세부 연구가 실시되었으며, 첫 번째 실증적 연구에서는 여러 가지 방법론을 통해 가상환경과 실제환경에서의 현실감을 비교하였으며 두 번째 연구에서는 첫 번째 실험을 보강하여 앞의 연구 결과에서 현실감에 중요하다고 추정된 디자인 요소들을 추출, 주요 디자인 요소들과 현실감 간의 인과관계를 규명함과 동시에 각 과업에 따른 성과에 미친 영향정도를 분석하고자 하였다. 본 논문의 의의로는 감성측정평가를 위해 구축된 가상환경의 현실감 수준을 평가하여, 최적의 현실감 및 사용자의 용이성을 지원할 수 있도록 가상 환경시스템의 보완 및 발전과 본격적인 감성공학 분야의 활용을 위한 지침을 마련하는데 있다.

#### 1. 서론

##### 1.1. 연구배경

1992년 10월 5일자 Business Week지는 가상현실(Virtual Reality)을 특집으로 다루면서 부제를 'How can technology amplify the human mind?'라 표현하였다. 즉 강력한 체험전달수단으로서의 가상현실은 짧은 시간 내에 보다 생생한 경험이나 지식의 전달을

가능하게 하여 기존의 교육방식에 일대 혁신을 일으켜 인류문화에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되고 있으며, 기존의 인간과 컴퓨터 간의 의사소통이라는 패러다임을 인간과 컴퓨터가 실시간적으로 일치가 되었다는 새로운 패러다임의 시작을 알리고 있는 것이다.

그러나, 지난 몇 년 간 가상환경을 위한 소프트웨어와 하드웨어는 급속하게 발달하였음에도 불구하고 시스템에서의 이론적이고 실증적인 인간요소에 관한 이슈는 부족하였다. 디자이너들은 단지 자신들의 경험에 의존하였으나, 최근 들어 가상 환경에서의 사용자의 과업의 종류에 상관없이 모든 퍼포먼스를 향상시킬 수 있는 시스템을 디자인하는 것이 가장 중요하다는 관점이 활발해져 가고 있다.

이러한 배경을 기반으로 하여 산업디자인의 이슈까지 변화되고 있다. 즉, 오늘날 대부분의 기업들은 점차 제품기술이 보편화 됨에 따라 종전의 품질, 기능 및 가격 중심의 제품경쟁에서 벗어나, 디자인이나 사용의 편리성과 만족성 등을 중시하는 감성중심의 제품개발에 많은 관심을 가지고 있다[1]. 의료, 교육, 오락, 군사훈련, 전자상거래 등 많은 분야에서 응용이 가능한 가상환경시스템은 무엇보다도 산업 디자인 분야에서 큰 위치를 차지하고 있다. 즉, 제품이 출시되기 전, 가상의 환경에서 사용자들의 욕구와 감성을 만족시킬 수 있는지를 측정하여 다양한 사용자 욕구에 맞는 제품을 생산이 가능하게 된다. 그러나, 감성공학에 대한 국내에서의 연구는 기업들의 감성제품 개발에 활용할 수 있는 감성 데이터베이스는 물론 감성측정평가에

필요한 시설, 장비 및 시스템 등이 전무한 실정이었다. 이러한 배경 하에서 '감성공학기술 개발 사업'의 일환으로 물리적 환경을 자유롭게 변화시켜 제품이나 환경에 대한 인간의 감성반응을 측정 및 평가할 수 있는 실험 평가 시설인 "감성측정평가 시뮬레이터 개발"을 추진하게 되었다[2]. 이 감성측정평가 시뮬레이터를 구성하는 3차원 시청각 환경 제시 기술은 가상현실(Virtual Reality) 기술을 이용하여 감성측정평가 대상 제품이나 환경에 대한 시각 및 청각 정보들을 입체적이고 현실감 있게 묘사해 주는 기술이다. 이와 같은 인간의 감성반응을 정확하게 측정하기 위한 실험환경에서는 무엇보다도 사용자가 느끼는 현실감의 정도가 가장 중요한 요소인 것이다.

### 1.2. 문제제기 및 연구의 필요성

앞에서 언급한 바와 같이 가상현실 또는 가상환경기술은 인간과 컴퓨터 시스템이 상호 대화하는 방법을 변화시키고, 인간과 가상세계 또는 실세계의 개체 간에 상호작용하는 진보된 방법을 제공할 것이다. 무엇보다도 소비자들의 다양한 욕구를 반영할 수 있는 제품을 개발하기에 앞서 다양한 제품특성이나 환경을 인위적으로 제시하여 개별 소비자들의 감성을 반영하도록 하는 역할을 하게 된 것이다. 감성을 정확하게 측정하기 위해서는 가상의 환경 안에서 사용자가 현실감을 느낄 수 있도록 해야한다.

가상환경의 현실감 평가 연구와 관련한 기존의 대부분 실험에서 도출된 결과는 가상환경에서의 Distance Estimation이 실제환경에서 피실험자의 인식치 보다 정확하지 못하다는 사실을 말해주고 있다[6]. 또한 가상환경 안에서의 Object Search 방법에 대한 실험들이 다양한 방식으로 행해졌으며,[7] Sketch Map을 이용하여 현실감과 관계성을 규명하고자 하는 연구[8]가 시도된 바 있다.

그러나 앞의 연구들은 다양한 방법들을 적용하여 현실감을 측정하고자 하였으나, 서로 다른 가상환경 시스템을 대상으로 행해져 왔기 때문에 그 한계점을 찾을 수 있다. 보다 정확한 현실감을 측정하기 위해서는 하나의 대상시스템에 대하여 다양한 방법을 통해 현실감에 대한 실증적인 실험이 필요하다.

즉, 본 연구에서는 3차원 시청각 환경제시

시스템을 대상으로 실증적인 실험을 통하여 여러 가지 방법론을 적용, 현실감을 측정하고자 한다.

또한 가상환경 시스템에서 현실감과 더불어 중요한 것은 사용자의 과업에 따른 성과라고 할 수 있다. 즉, 현실감과 성과간의 관계를 입증해야하는 필요성이 존재한다. 이러한 흐름에 따라 몇몇 연구자들이 현실감과 성과간의 관계를 입증하고자 하는 연구를 실시하였으나, 방법론에 있어서 단지 피험자들의 응답을 기준으로 측정하였으므로 미흡한 면이 있다고 판단된다. 즉 가상환경에 대해 어떠한 인지모형을 가지고 있었기 때문에 그러한 결과가 나타나게 되었는지에 대한 절차적인 논의가 부족하였고 또한, 어떠한 디자인 요소들을 집중적으로 다루어야하는지에 대한 논의가 부족하였기에 다양한 방법론을 통하여 가상세계에서 느끼는 현실감을 실생활과 비교한 후, 보다 현실감을 최적으로 제공하면서 사용자들의 성과를 효율적으로 지원해 줄 수 있는 디자인 요소들을 도출해 낼 수 있어서 사용자들의 인지 모형에 근거를 두어야 할 필요성이 있는 것이다.

### 1.3. 연구 목적

본 연구의 최종 목표는 인간화를 지향하는 가상현실시스템을 활성화시키기 위한 방안으로써 사용자들의 감성요소를 반영할 수 있는 최적의 가상현실 시스템 설계를 위한 디자인 요소들을 도출하여 가상세계의 현실감을 최적화하는 동시에 사용자들의 과업을 효율적으로 수행할 수 있는 인터페이스 제시방법에 대하여 실증적으로 탐색하고자 하는 것으로써 이러한 최종 목표를 달성하기 위한 세부 목적은 크게 2가지로 구성된다.

본 연구의 1차적인 목적은 "3차원 시청각 환경 제시 시스템"을 본격적으로 활용하기에 앞서 개발한 시스템이 생성 및 제시해주는 가상환경이 어느 정도의 현실감을 갖는지에 대해 평가하는 것이다. 이 과정을 통해 제시된 가상환경을 인식하고 해석하는데 있어서 참고할 수 있는 지침을 마련함과 동시에, 가상환경의 현실감 향상을 위해 추가적으로 구현해야 할 인터페이스 요소들을 도출하는 것이 궁극적인 목표가 된다.

본 연구의 두 번째 목적은 1차 연구에서

실시된 실험결과를 통해 현실감에 가장 큰 영향을 미치는 디자인 요소들을 추출하여, 최적의 현실감을 제공하는 동시에 사용자들의 Performance를 효율적으로 지원할 수 있는 가상환경 시스템의 인터페이스를 제시하고자 하는 것이다. 즉, 다른 디자인 요소들이 제공된 상황에서 현실감과 Performance에 어떠한 영향을 미치는지를 파악하여, 가장 이상적인 가상시스템 환경을 제안하고자 하는 것이다.

## 2. 관련 연구

### 2.1. 가상현실에서의 현실감

최근 주로 시각적인 요소가 가상환경에서 사용자들의 현실감에 미치는 효과에 관한 연구가 이루어지고 있다. 대부분이 사용자에게 보여지는 화면이 현실에 좀 더 가까울수록 가상환경에서 느끼는 현실감은 증가한다는 것들이었다. 그러나, 화면을 현실에 가깝게 모델링한다는 것은 많은 비용을 요구할뿐더러 현재 기술에서는 시스템 반응 속도가 느려지게 되는 주원인이기 때문에 현재의 기술 수준 하에서 사용자들이 나타내는 인지 및 행위특성을 중심의 연구가 대두되고 있다.

### 2.2. 가상 환경에서의 사용자의 인지모형

본 연구에서는 가상 환경에 대한 사용자들의 표상을 보기 위해 Cognitive map을 이용하게 되었다. 가상 환경에서 주어진 어떤 특정 문제를 해결한다는 것은 사용자가 이해 및 적용이 쉽도록 표상을 형성해 주어야 한다는 것인데, 가상 환경에서는 사용자들이 가상환경이 어떻게 제공되느냐에 따라 표상에 영향을 미치게 되고, 표상을 통해 현 지식을 형성하게 되며, 그 지식을 기반으로 문제해결을 하게 되며, 또한 사용자가 느끼는 현실감의 정도가 달라지게 되므로 가상환경의 인터페이스 제공 방법은 커다란 이슈가 될 수 있는 것이다. 현재까지의 연구들을 종합해 보면 가상환경에서 나타나는 사용자의 행위는 5가지 활동(Navigation, Object selection, Object manipulation, Object creation and modification, Changing the mode)으로 세분화되는데 이 중 Navigation(항해)이 가장 중요한 Task이다. 본 연구에서는 Navigation이라는 사용자 활동을 초점을 두어 성과를 측정하고자 한다.

## 3. 연구방법

### 3.1. 1차 실험-현실감 평가 모델

현실감을 표현하는 매체로는 음성, 문서, 음향, 이미지, 그래픽스 등이 있으며, 이 가운데 3차원 그래픽스 기술을 사용하여 표현되는 시각적 가상 환경은 Size, Length, Distance 등으로 이루어진 구조적인 정보들과 색, 조명, 질감, 텍스처(texture) 등으로 이루어진 가변적인(variable) 정보들로 나눌 수 있다. 여기서 구조적인 정보는 가상환경의 기하적인 정보들로 비교적 정적인(static) 성질을 갖는 반면에 가변적인 정보들은 필요에 따라 모델링 도구에서 손쉽게 다양하게 조정이 가능한 성질을 갖는다. 한편, 가상환경의 현실감은 이러한 2가지 유형의 정보들이 적절히 조화를 이룰 때 크게 향상될 수 있으나, 가변적인 정보들은 응용 분야와 컴퓨터 그래픽 시스템의 성능에 따라 매우 다양하게 변화하기 때문에 본 실험에서는 비교적 정태적인 성질을 갖는 가상환경의 구조적인 정보만을 대상으로 현실감 평가 실험을 실시하기로 한다.

가상환경의 구조적인 성분 요소 중에 먼저 Size는 Length로 이루어진 물체가 차지하는 평면 또는 공간적인 크기를 말하고, Length는 물체의 외관을 기술하는 변의 길이를 가리킨다. 또한, Distance는 관찰자로부터 관찰 대상 물체까지의 거리로 정의할 수 있다. 가상환경은 Length가 기본이 되어 Size와 Distance를 갖는 환경을 형성하기 때문에 3차원 시청각 환경 제시기의 현실감 평가 실험에서는 우선적으로 Size와 Distance를 측정하는 실험을 설계, 가상환경과 실제세계에서 각각 실험을 실시한 다음, 그 실험 결과들을 비교하였다[7].

또한, 가상환경의 구조적인 배치, 즉 가상환경 내의 물체간 위상적인 관계에 대해 피실험자의 인식 수준을 평가하기 위해 Cognitive Map 방법을 사용하였다[8].

한편, 실제환경과 가상환경에서의 네비게이션을 통해 경험한 과거의 정보가 피실험자의 두뇌 속에 남아 있는 정도와 목적지에 도달하는 시간 및 경로 등을 파악하기 위해서 Object Search 실험 방법을 사용하였다[9].

즉 1차 연구는 동일한 가상환경 시스템을 대상으로 상기에서 기술한 Size/Distance, Cognitive Map, Object Search 등의 실험을

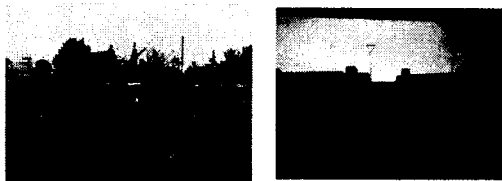
통하여 실제환경과 가상환경 사이의 현실감 차이를 규명하였다.

### 3.2. 현실감 평가 실험

본 실험에서 사용한 실험환경은 KIST 원내를 모델링하여 만들어진 가상환경을 자전거 인터페이스를 이용하여 네비게이션 하는 것으로 설정하였다.

#### 3.2.1. Size/Distance Estimation

피실험자들은 실제와 가상환경에서 여러 가지 크기의 막대들을 다양한 거리에 떨어지게 설치해 놓은 실험환경에 대해 각각 5분 정도씩 경험하게 한 다음, 정해진 위치에서 각 막대의 크기와 막대까지 거리를 평가하게 하였다. 실험에서 사용한 막대의 크기는 모두 9개 이며, 각 막대와 관찰자의 거리는 5.5, 8.3, 13m가 되게 하였다.



(a) 현실세계 (b) 가상세계  
그림. 현실과 가상에서의 실험장면

#### 3.2.2. Cognitive Map

피실험자들은 현실과 가상에서 각각 10분간 자전거를 이용하여 네비게이션을 실시하도록 하였다. 또한, 피실험자가 가상에서 자전거 인터페이스의 사용에 익숙하도록 하기 위하여 사전에 Pretest World를 만들어 10분간 시험 훈련을 실시 하였다.

#### 3.2.3. Object Search

현실과 가상세계에서 동일한 Object(쓰레기통)를 탐색하는 것으로 설정하여, 피실험자들이 현실과 가상에서 각각 제시된 쓰레기통(Object)들을 찾아가는 경로와 이에 소요된 시간, 그리고 실수로 찾지 못하고 지나치는 경우들에 대해 관찰하였다.



(a) 현실세계 (b) 가상세계  
그림. 가상과 현실환경에서의 네비게이션 장면

### 3.3. 현실감 평가 실험결과

#### 3.3.1. Size/Distance Estimation

가상과 현실 모두에서 막대의 Size가 커짐에 따라 피실험자들의 평가(estimation) 결과는 더욱 부정확한 것으로 나타났으나, 반대로 2m 이하 크기의 막대에 대해서는 가상과 현실세계 모두에서 비교적 정확하게 평가하고 있었으며, Distance Estimation에서는 가상과 현실세계 모두에서 정확하게 평가하지 못하고 있었으나, 가상환경에서의 평가가 현실세계에서 보다 더 크게 평가하고 있는 것으로 나타났다.

#### 3.3.2. Cognitive Map

Cognitive Map 분석 결과에서는 실험환경에 대한 공간 인지면에서 정보를 적게 획득하여 실험결과 값이 떨어짐을 볼 수가 있었다. 하지만, Object Search 실험까지 끝난 다음에 다시 Map을 피실험자에게 작성하도록 하였을 경우에는 현실과 가상환경 간의 차이점은 찾기가 어려웠다. 이것은 FOV(Field Of View)가 좁아 획득되는 정보는 적지만, 피실험자들이 가상환경을 경험하는 시간이 경과함에 따라 현실세계와 유사한 결과를 산출함을 알 수가 있었다.

#### 3.3.3. 사전설문 및 사후 설문 결과

가상환경 시스템에 대한 피실험자들의 느낌에 대한 설문 결과와 설문의 시각적 측면, 인터페이스의 반응속도, 그리고 Cognitive Map 실험에서 얻은 Map Goodness 등과의 상관관계를 분석해 본 결과, 해상도의 수준이 Map을 형성시키는 데 상당히 크게 작용하고 있음을 알 수가 있었다. 또한, FOV는 Map Goodness가 좋은 피실험자일수록 자전거 시뮬레이터에서 느끼는 FOV를 넓게 인식하고 있었다.

#### 3.3.4. Object Search

Object Search 실험에서는 현실세계와 가상세계에서 피실험자들은 이전에 네비게이션을 통해 경험한 장소에 있는 Object들을 모두 찾아냈으며, Object를 인지하지 못하고 지나친 피실험자는 없었다.

### 3.4. 1차 실험에 대한 논의

실험결과를 종합해 보면 가상환경을 구성하는 구조적인 정보 중에 하나인 Size는 실제세계에서 보다 가상환경에서 평균 0.35m를 작게 인식하였고, Distance는 평균 5m 정

도 가깝게 인식하였다. 이처럼 가상세계에서 피험자들이 Size를 과소평가(under estimation)한 원인은 가상세계를 피실험자들에게 제시해 주는 프로젝터의 FOV가 좁아서 현실세계에서 피실험자가 볼 수 있는 면적에 비해 절반 수준에 불과하기 때문이라고 볼 수 있으며, 또한 FOV가 현실세계보다 좁기 때문에 실험환경에 대한 공간 인지면에서 정보를 적게 획득하여 현실감을 떨어뜨리는 결과가 나오게 되었다.

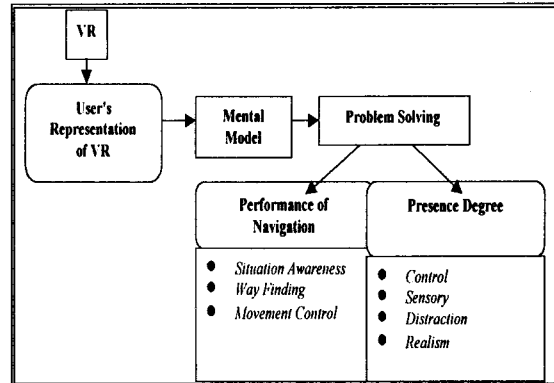
요약하면, 현실감 측정을 위한 1차 실험에 있어서는 가상 세계와 현실 세계에서의 사용자의 행위가 서로 다르게 나타난다는 실증적인 실험 결과를 도출해 내었으나, 가상 환경의 FOV가 현실세계보다 좁았기 때문에 공간 인지와 현실감 측정에 있어서 어느 정도의 제약을 두고 있었다. 또한 3차원 시청각 환경 제시기의 현실감 평가 실험에서는 보다 정확한 모델링된 가상세계가 필요하다. 무엇보다도 1차 실험에 있어서는 양적 방법을 주로 사용하여 사용자들이 가상 환경 시스템을 사용한 결과만을 논의할 수 밖에 없었기 때문에 사용자들이 시간이 흐름에 따라 어떠한 방식으로 사고하며, 문제해결을 해가면서 적응하게 되는지에 대한 질적인 연구가 부족하였다. 때문에 2차 연구에 있어서는 사용자가 가상세계에서 어떠한 표상을 가지고 있으며, 어떠한 심적 모형을 형성하게 되는지, 또한 심적 모형이 과업의 성과나 현실감과 어떠한 인과관계를 가지게 되는가를 고찰하는 질적인 접근 방법을 적용해야 할 필요가 있게 된 것이다.

### 3.2. 2차 연구

1차 연구에서 가장 문제시되었던 점은 FOV였다. 이를 보완하기 위하여 2차 연구에서는 보다 이번에 개관한 Virtual Studio에서 실험을 실시하게 될 것이다. 현재 Virtual Studio에서 제공할 수 있는 FOV는 150x40으로써 FOV로 인한 문제를 어느 정도 해소할 수 있을 것으로 예상된다.

2차 연구의 기본적인 연구모형은 다음과 같다.

위의 모형에 대한 설명을 하자면, 먼저 인간은 이전의 경험이나 개인적 경향에 의해 시스템 사용에 있어서 큰 영향을 미치게 되기 때문에 사전설문으로 Witmer가 제안한



ITQ(Immersive Tendency Question)를 실시하여 현실감을 구성하는 4가지 요소(Control, Sensory, Distraction, Realism)를 측정할 수 있는 사후설문(PQ; Presence Question)과의 인과관계를 측정하게 될 것이다.

1차 연구에서 Navigation에 초점을 두고 사용자들의 성과를 평가하고자 하였으나, Navigation을 이루는 세가지 하위 활동(Situation Awareness, Way Finding, Movement Control) 중 movement control에 대한 관찰이 불가능하였기 때문에 이를 보완하고자 한다.

또한 Object Search 과제와 병행하여 가상세계에 대한 사용자의 표상을 보기 위해서 향해 및 object search과제가 모두 끝나면 피험자들은 다른 곳으로 자리를 이동해 자신이 향한 가상환경의 구조를 기억해내어 그리도록 하는 회상 프로토콜(recall protocol)을 실시하게 될 것이다. 이는 다시 말하자면, 회상프로토콜을 실시함으로써 피험자들이 자신이 향한 동안 자신의 위치를 얼마나 잘 파악하였는지 또한 전체 가상공간을 종합적으로 이해하고 있었는지를 보고자 함이다.

### 4. 결론

본 연구에서는 1차 연구를 통하여 가상환경 시스템의 현실감을 평가하기 위해 여러 가지 실험을 통해 비교/평가함으로써 현실세계와 가상환경의 차이점을 도출할 수 있었던 실증적인 연구라는 점에서 그 의의를 찾을 수 있었다. 그러나 실험 환경상 많은 제약이 있었기 때문에 보다 실제에 가까운 환경을 필요로 하며, 또한 보다 시스템의 성격상 인간의 감성이나 성과를 정확히 측정하기 위해서는 보다 사용자 중심에서 보다 개선된 방법을

적용한 연구가 필요하게 되었다. 아직 2차 연구가 완료된 것이 아니라 현재 진행 중이기 때문에 2차 연구 결과를 제시 할 수는 없었으나, 2차 연구가 완료된다면 기존에 개발된 가상환경 시스템에서 현실감을 높이기 위한 요소들을 분석함으로써 가상환경 시스템을 디자인하는 개발자들에게 사용자 측면에서 공학적인 접근이 가능한 지표를 제공할 수 있을 것이라고 본다.

#### 참고문헌

- [1] 노무수, "산업환경의 변화와 감성과 과학", 97한국감성과학회 연차학술대회 논문집, 한국감성과학회, pp. 6-10, 1997.
- [2] 감성공학기술개발 연구기획단, "감성공학기술개발사업 연구기획 최종보고서", 한국표준과학연구원, pp. 60-65, 1992.
- [3] 이남식, 박세진, "감성측정평가 시뮬레이터", 감성공학기술, 한국표준과학연구원, pp. 46-52, 1996.
- [4] 고희동, "3차원 시청각 환경 제시기의 설계 및 구현", 대한전자공학회지, 1997.
- [5] Bob G. Witmer and Paul B. Kline, "Judging Perceived and Traversed Distance in Virtual Environments", PRESENCE, Vol. 7, No. 2, April 1998, 144-167.
- [6] Lampton, D. R., Singer, M.J., McDonald, D., & Bliss, J. P. Distance estimation in virtual environment , Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting, 1995, pp1268-1272.
- [7] Evan D. Graham & Christine L. MacKenzie Physical versus Virtual Pointing , CHI 96 proc. 1996.
- [8] Billinghamurst, M. & Weghorst, S., "The Use of Sketch Maps to Measure Sketch Maps of Virtual Environments". Proc. of the IEEE '95 Virtual Reality Annual International Symposium, 1995, pp40-47.
- [9] David Waller, Earl Hunt and David Knapp The Transfer of Spatial Knowledge in Virtual Environment Training , PRESENCE, Vol. 7, No. 2, April 1998, pp129-143.
- [10] Woodrow Barfield, Thomas A. Furness III, Virtual Environment and Advanced Interface Design , Oxford Univ. Press, 1995, pp490-505.
- [11] S. Zhai, P. Milgram, Human Performance Evaluation of Manipulation Schemes in Virtual Environments, Proc. IEEE VRAIS-93, pp. 155-161, Seattle 1993.
- [12] R. Pausch, D. Proffitt, G. Williams, Quantifying Immersion in Virtual Reality, Proc. SIGGRAPH-97, pp. 13-18, August 1997.
- [13] Kay M.Stanney, Ronald R. Mourant, Robert S. Kennedy, Human Factors Issues In Virtual Environment, PRESENCE, Vol. 7, No. 4, August 1998, pp129-143.