

# 비주얼 가이드 : 몰입형 가상세계에서의 공간지각 보조도구

조 은\* · 박 주 영\*\* · 김 명 희\*\*\*

## 요 약

몰입형 가상현실 시스템에서는 실제로 가상세계가 입체적으로 가시화된다 할지라도 현실에서와 같이 정확한 거리 및 깊이 단서가 제공되지 않기 때문에, 사용자가 가상객체들과 원활한 상호작용을 하는데 많은 불편함이 있다. 본 논문에서는 이 점을 개선하기 위하여 몰입형 가상세계에서 사용자가 효과적으로 시공간지각을 할 수 있도록 지원해 주는 *Visual Guider*를 제안한다. *Visual Guider*는 사용자가 가상객체들 간의 상대적 거리 정보를 신속하고 정확하게 파악할 수 있도록 3차원 윈도우 어플리케이션에서 활용되는 눈금자 개념을 도입하여 삼차원 가상공간 상에 적용한 것이다. 본 논문에서는 제안 기법을 CAVE™-like 시스템 상에서 구현된 실험용 가상공간 상에 적용하여 사용자의 위치 이동과 가상객체의 선택 및 조작에 활용한 결과를 보인다.

## Visual Guider : Space Perception Aid Tool in Immersive Virtual World

Eun Cho\* · Joo-Young Park\*\* · Myoung-Hee Kim\*\*\*

## ABSTRACT

In immersive virtual reality system, since virtual worlds do not supply users with sufficient spatial information as real world does, the users frequently experience clumsiness and roughness while manipulating virtual objects. To overcome this problem, we propose *Visual Guider* in this paper as a tool for enhancing user's visual space perception in immersive virtual worlds. The *Visual Guider* aids users to recognize exocentric distances between different scene points and egocentric distances from the observation point to other points in the scene fast and precisely. Its concept is imported from the rectangular grids frequently used in two-dimensional windows applications. We applied the proposed technique to an experimental virtual space implemented in CAVE™-like system and tested its effectiveness while users grasp and move virtual objects.

**키워드 :** 몰입형 가상현실 시스템(Immersive Virtual Reality), 상호작용(User Interaction), 시공간지각(Visual Space Perception)

### 1. 서 론

가상세계에서 몰입감을 증진시키고 사용자와 가상객체들 간의 자연스러운 상호작용을 도모하기 위해서는 가상세계에서도 실제세계에서와 유사한 시공간지각(visual space perception)이 가능해야 한다[1]. 컴퓨터에 의해 렌더링된 영상에서 확실한 공간감을 제공하기 위해서는 원근(perspective), 음영(shading), 가려짐(occlusion), 운동감(motion), 양안 간 차이(binocular disparity) 등 여러 가지 요소들이 결합되어야 한다[2]. 그러나 현재 사용자들은 객체의 크기, 가상공간 안에서 서로 다른 지점들 간의 거리(exocentric distances), 관찰자와 가상공간 내 한 지점 간의 거리(egocentric distances)에 대한 정확한 판단을 하기가 어렵다[3, 4]. 특히, HMD(Head-Mounted Display)나 CAVE™-like 시스템과 같은 몰입형 가상현실(immersive virtual reality) 장비를 사용

하는 경우, 사용자는 공간지각 단서의 결여로 인해 가상객체에 대한 단순한 조작에도 종종 실패를 반복하게 된다.

이와 관련해서 가상세계에서의 공간지각이 실제세계에서의 공간지각과 어떠한 차이를 보이는지에 대해 연구되었다. Loomis와 Knapp[3]은 거리 인식에 관한 심리학적 연구의 일부로써 HMD를 이용한 가상세계에서의 거리인식을 연구하였는데, 가상세계에서 피실험자들은 실제보다 거리를 더 짧게 인식한다고 보고하였다. Willemsen과 Gooch[5]는 실제세계와 가상세계에서 거리인식 차이에 대한 연구를 수행하여 가상세계에서는 실제세계에서 보다 거리를 짧게 인식하는 것으로 보고하였고, 실시간 컴퓨터 렌더링과 몰입형 디스플레이 기술이 그 요인이라고 분석하였다.

또한 가상공간과 사용자에게 인식된 공간 사이의 차이를 극복하기 위하여 가상공간을 조정하는 방법들을 제시되었는데 Yoshida 등 [6]은 가상공간을 사용자의 인식에 맞추어 인간 시각 인식에 대한 범용 모델을 설계하였다. 그러나 이와 같은 접근에서는 모델이 매우 주의 깊은 측정에 따라 얻어져야 하며, 모든 사용자들에게 허용될 만한 범위 내에서 가상공간과 사용자 인식 사이의 차이를 충분히 조정할

\* 정 회 원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과

\*\* 정 회 원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 전임강사

\*\*\* 총신회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 교수

논문접수 : 2004년 9월 14일, 심사완료 : 2005년 2월 7일

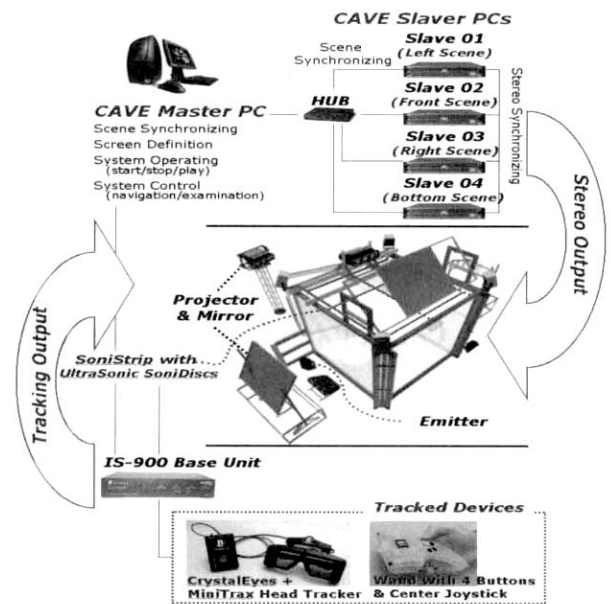
수 있는 정확한 모델을 얻는 데는 부족하였다. Kakusho 등 [7]은 사용자가 가상객체를 미리 시험 조작하는 동안에 가상공간과 사용자 인식사이의 차이를 측정하여 다시 실패를 반복하지 않도록 가상공간을 조정하는 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법은 사용자마다 사전 조작에 의한 맞춤 조정 과정이 필요하다는 점에서 일반적으로 적용되기에는 번거로움이 있고, 사용자의 시각적 인식이 가상공간에 적응되어지면서 변화될 수 있는 문제점이 있다.

Hu 등 [4]은 몰입형 가상현실 시스템에서 물체 간 접촉을 효과적으로 판단할 수 있도록 하기 위한 가지적 단서로써 양안 간 차이, 음영, 상호반사(interreflections)가 어떠한 영향을 미치는지 실험을 수행하였다. 그 결과 양안 간 차이가 물체 조작에 필요한 가장 중요한 거리 단서를 제공하고, 음영은 한 물체가 다른 물체의 표면에 가까이 있다는 단서를 제공하며, 상호반사도 접촉 여부 판단을 위해 부가적인 영향력을 행사할 수 있음을 밝혔다. Sinai 등[8]은 가상공간에서 텍스처(texture) 정보가 거리인식에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였는데, 바닥면에 있는 텍스처는 거리인식에 상당히 도움을 주며 특히 텍스처 형태는 사각형 패턴을 가질 경우에 가상 정확한 거리 추정을 가능하게 한다고 밝혔다.

[9-13]에서는 가상환경에서 상호작용의 편의를 도모하기 위한 보조적 도구들을 제안하였다. Ray casting 기법[9]은 객체를 향해 빛을 보내서 선택할 수 있도록 하는 방법인데, 원거리에 있는 작은 객체의 경우 선택이 어렵고 객체의 이동이 자연스럽지 못한 단점이 있다. Spotlight 기법[10]은 원뿔을 이용하여 객체를 선택하고 조작하는 기법으로 원거리의 작은 객체의 선택이 용이하지만, 원뿔 안에 다수의 객체가 동시에 존재하게 될 때 선택이 곤란하게 된다. 원뿔의 반경을 조절하여 이와 같은 단점을 보완한 Aperture 기법[11]은 선택의 모호함이 적지만 객체 조작이 어렵다는 한계를 지닌다. Go-Go 기법[12]은 비선형 방정식을 이용한 arm-extension 기법으로써 넓은 범위에서 객체조작을 할 수 있지만, 가상공간 전체에 적용하지 못하며 거리가 멀어질수록 미세한 조작이 힘들다. 원거리 객체를 사용자의 가까운 곳으로 이동시켜 객체를 조작하여 다시 제자리로 돌려놓는 방법인 Scaled World Grap 기법[13]은 객체의 실제 크기를 판단하기 어려운 단점이 있다.

본 연구에서는 Sinai 등[8]의 연구 결과를 토대로 하여, 가상세계에서 거리 및 깊이 단서를 제공하기 위한 보조 도구로써 정확한 거리 인식에 효과적인 사각형 패턴의 "Visual Guider"를 제안한다. Visual Guider는 이차원 원도우 어플리케이션에서 종종 보조 도구로써 사용되고 있는 눈금선이나 눈금자와 같은 표상을 삼차원 가상공간의 특성에 맞게 설계한 것이다. Visual Guider는 사각 격자 형태의 틀로 사용자가 본인의 위치로부터 가상공간 상의 특정 위치까지의 거리 및 방향을 쉽게 판별할 수 있도록 도와주기 때문에, 가상공간에서의 이동이나 가상객체의 선택 및 조작 시에 일어날 수 있는 시행착오를 최소화할 수 있게 한다. 또한 Visual Guider가 제공하는 격자의 크기를 가상객체에

맞게 조절할 수 있기 때문에 작은 객체의 선택이나 이동도 수월하게 수행할 수 있다. 단, 가상공간 상에 항상 인위적인 사각 격자 틀이 디스플레이 될 경우 오히려 사용자의 몰입감을 저해하는 요인이 되므로 Visual Guider는 필요시에만 활성화 될 수 있도록 하였다.



(그림 1) CAVE™-like 시스템 구성도

가상세계에서의 상호작용을 사용자 위치 이동(movement) 및 가상객체의 선택/조작(selection/manipulation)으로 분류하고, 상호작용 종류에 따라 다른 형태의 Visual Guider가 활용될 수 있도록 설계하였다. 그리고 몰입형 가상현실 장비인 CAVE™ like 시스템에서 실행 가능한 실험용 가상공간을 제작한 후, 이에 Visual Guider를 실험하였다. 실험용 가상공간에서 네비게이션(navigation) 및 가상객체와의 선택/조작을 위해 Visual Guider를 활용한 결과, 사용자의 공간지각력이 향상되어 반복된 실패를 경험하지 않고도 쉽고 빠르게 원하는 상호작용의 결과를 얻을 수 있었다.

## 2. 몰입형 가상현실 시스템 : CAVE™-like 시스템

본 연구의 실험환경인 이화여대 컴퓨터그래픽스/가상현실 연구센터의 CAVE™ like 시스템[14]은 (그림 1)과 같이 좌측면, 정면, 우측면, 바닥면 총4면의 스크린으로 2.4m \* 2.4m \* 2.4m의 물리적 공간을 구성하고 있으며, 각각의 스크린에 컴퓨터에서 생성한 영상을 투사하기 위한 4대의 프로젝터와 전면코팅거울이 설치되어 있다. 거울은 컴퓨터에서 생성한 영상을 반사면에 프로젝션한 뒤 반사된 빛이 스크린에 투영되게 함으로써 한정된 공간상에서 최소한의 프로젝션 거리를 확보하기 위해 사용된다. 4대의 슬레이브(slave) PC는 각각 1대의 프로젝터에 연결되어 각 스크린에 맞는 영상을 생성하여 보내준다. 마스터(master) PC는

4대의 슬라이브 PC를 통합하여 각도가 다른 4면 스크린의 각 장면들을 하나의 장면으로 이을 수 있도록 동기화하고, 트래킹 시스템과 연결되어 있어서 사용자의 움직임이나 인터랙션에 따른 가상세계의 변화를 영상에 반영한다.

### 3. Visual Guider

*Visual Guider*는 몰입감의 저해를 최소화하면서 사용자의 상호작용을 원활히 할 수 있도록 설계되어야 한다. 본 연구에서는 문서나 그림 편집, 모델링 등을 위한 소프트웨어에서 이차원 평면 또는 삼차원 공간 상의 정확한 위치 및 거리 파악을 위해 보조 수단으로 제공하는 눈금선 기능을 가상공간 상에 적용하였다.

*Visual Guider*는 바둑판 눈금선과 같이 그리드 형태로 구성된다. *Visual Guider*의 그리드는 이차원 평면 구조로 사용자의 필요에 따라 높이와 방향을 자유롭게 조정할 수 있다. *Visual Guider*는 가상공간 상에서 사용자의 상호작용 도구와 가상객체 간의 상대적인 거리를 신속하고 정확하게 인식할 수 있는 단서를 제공함으로써, 경험이 없는 사용자도 원하는 결과를 얻기 위해 취해야 할 위치 이동 방향 및 상호작용의 강도를 적절히 조절할 수 있게 해준다.

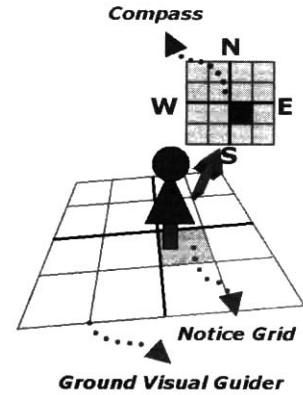
*Visual Guider*의 크기, 위치 및 기능은 사용자의 상호작용 종류에 따라 달라질 수 있다. 본 논문에서는 상호작용의 종류를 이동, 선택, 조작으로 나누되 선택과 조작을 같은 범주로 간주하였다. 따라서 상호작용 종류에 따라 *Visual Guider*는 사용자가 가상공간을 이동할 때 사용하는 *Ground Visual Guider*와 가상객체를 선택하거나 조작할 때 사용하는 *Space Visual Guider*로 구분된다.

#### 3.1 Ground Visual Guider

CAVE<sup>TM</sup>-like 시스템 상에서 사용자가 실제로 이동할 수 있는 물리적인 공간은 2.4m \* 2.4m \* 2.4m로 제한되지만, 그 안에서 경험할 수 있는 가상세계에는 크기 제한이 없다. 사용자는 Wand<sup>TM</sup>를 이용해 가상세계에서 위치 이동을 하게 되는데, 가상현실 장비에 의해 디스플레이되는 실제 화면상에서는 두 가상 지점사이의 거리가 현실에서처럼 시각적으로 느껴지지 않기 때문에 위치 이동시에 많은 시행착오를 경험하게 된다.

*Ground Visual Guider*는 가상공간 상에서 사용자가 현 위치와 목표표 하는 지점 사이의 거리 및 이동 방향을 정확히 파악하게 하여 사용자의 위치 이동을 보다 빠르고 용이하게 하기 위한 것으로써, 가상공간 상의 기저면에 고정된 그리드 형태로 제시된다(그림 2). *Ground Visual Guider*는 가상공간의 기저면을 다 덮을 수 있는 크기로 설계하고, 가상공간의 중심을 *Ground Visual Guider*의 중심에 일치시킨다. 사용자는 기저면을 덮고 있는 *Ground Visual Guider*의 그리드 간격을 통해서 가상공간 상에 놓인 자신의 위치와 다른 가상객체들 간의 상대적 위치를 판단할 수 있다. 또한, *Ground Visual Guider*의 그리드는 원거리일수록

그 간격이 조밀하고 단거리일수록 그 간격이 넓게 보이기 때문에 사용자에게 원근감을 제공한다.



(그림 2) Ground Visual Guider

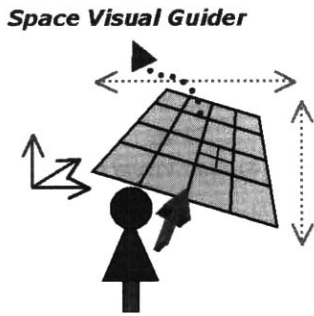
그러나 가상세계에서 인위적인 그리드 표시에 의해 일어날 수 있는 몰입감 저해를 최소화하기 위해서, *Ground Visual Guider*는 사용자가 Wand<sup>TM</sup>의 조이스틱을 이용하여 공간상 이동을 시도하는 경우에만 화면상에 표시되도록 하였다. 선택 및 조작을 하는 경우나 사용자가 한 지점에서 멈추어 있을 경우에는 *Ground Visual Guider*가 화면에 표시되지 않는다. 그리고 가상공간이 넓어서 그리드의 일정 패턴이 수없이 반복되는 경우는 상대적 위치 파악에 혼란을 줄 수 있기 때문에, 이를 피하기 위하여 전체 *Ground Visual Guider*의 중심점을 기준으로 십자 중심선을 굵은 그리드로 표시하였다(그림 2) 중앙).

'Notice grid'는 *Ground Visual Guider* 상에서 현재 사용자의 위치를 표시하기 위한 것이다(그림 2) 중앙). 가상공간 상에서 헤드 트래커에 의해 사용자의 물리적 위치가 입력되면, 그 위치에 해당하는 *Ground Visual Guider* 상에서의 그리드는 다른 색으로 표시하여 활성화된다. *Notice grid*의 위치는 사용자가 움직일 때마다 헤드 트래커의 좌표값 변화된 실시간으로 반영하여 계산된다. 이를 통해 사용자는 가상공간 상에서 현 위치 및 이동 방향을 정확히 파악할 수 있다.

복잡한 컨텐츠의 경우 가상공간은 사용자가 한 눈에 전체 공간을 둘러보기 힘들게 설계되어 있다. 또한 가상공간을 자유롭게 탐험하는 동안 사용자는 방향을 잃기가 쉽다. 이러한 문제를 개선하기 위해 본 연구에서는 *Ground Visual Guider*가 활성화될 때에 가상공간상의 지도 역할을 하는 'Compass'도 동시에 활성화될 수 있도록 하였다(그림 2) 상단). *Compass*는 *Ground Visual Guider*의 축소된 형태로 전체 가상공간 맵 상에서의 사용자 위치를 한 눈에 파악할 수 있도록 해주고, 동서남북의 방위가 표시되어 있어서 사용자의 이동 방향도 쉽게 파악할 수 있게 해준다. *Compass*는 항상 상호작용 도구 Wand<sup>TM</sup>의 현 위치를 나타내는 지시자의 상단 우측에 위치하여 사용자가 이동할 때 마나 같이 움직이고 사용자의 시선을 벗어나지 않도록 하였다.

3.2 Space Visual Guider

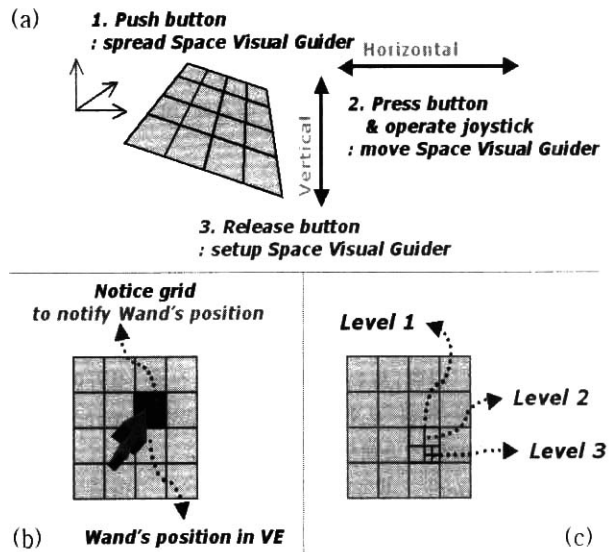
가상공간을 움직여 이동하는 것 외에 가상객체를 선택하거나 조작하는 것은 가상세계에서 일어날 수 있는 사용자의 주된 오퍼레이션 중 하나이다. *Ground Visual Guider*는 가상세계의 기저 평면상에서 두 지점간의 상대적 거리 및 위치 파악을 돕는 반면, *Space Visual Guider*는 기저면 상위의 3차원 공간상에서 두 지점간의 상대적 거리 관계 파악을 위한 단서를 제공한다.



(그림 3) Space Visual Guider

*Space Visual Guider*는 가상객체의 선택 및 조작 시에 사용하기 때문에 사용자의 상호작용 도구인 Wand<sup>TM</sup>가 위치한 높이에서 임의의 방향성을 가진 평면상에 그리드 형태로 제시된다(그림 3). 사용자가 Wand<sup>TM</sup>의 버튼을 누르면 초기의 *Space Visual Guider*가 화면에 나타난다(그림 4) (a) 1). 초기의 *Space Visual Guider*는 Wand<sup>TM</sup>의 위치를 나타내는 방향 지시자(그림 3)에서의 붉은 색 화살표)에 수평인 방향으로 나타난다. 사용자는 Wand<sup>TM</sup>의 버튼을 누른 채로 조이스틱을 움직임으로써 *Space Visual Guider*를 가상공간 상에서 원하는 위치와 방향으로 이전시킬 수 있다(그림 4) (a) 2). 그리고, 최종적으로 선택이나 조작이 필요한 가상객체가 위치한 높이에서 대상 객체가 *Space Visual Guider* 안에 위치하게 될 때, Wand<sup>TM</sup>의 눌러진 버튼을 놓음으로써 *Space Visual Guider*를 고정시킬 수 있다(그림 4) (a) 3). 위치 고정 후에는 사용자가 Wand<sup>TM</sup>를 움직이더라도 가상공간 상에서 *Space Visual Guider*의 위치나 방향이 변하지 않는다.

*Space Visual Guider*의 위치 고정 후에는 *Space Visual Guider* 위에 현재 Wand<sup>TM</sup>의 위치를 나타내는 *Notice grid*가 ((그림 4) (b))에서와 같이 다른 색으로 활성화된다. 그리고, *Ground Visual Guider*에서의 *Notice grid*와 마찬가지로 사용자가 Wand<sup>TM</sup>를 움직임에 따라 변하는 핸드 트래커의 좌표값을 입력으로 받아 *Space Visual Guider* 상에 있는 *Notice grid*의 위치도 이동하게 된다. 이때 Wand<sup>TM</sup>의 위치가 고정된 *Space Visual Guider*의 범위를 벗어나더라도, *Notice grid*는 *Space Visual Guider*의 범위를 벗어나지 않도록 제한하였다. 사용자의 Wand<sup>TM</sup> 조작에 따라 *Space Visual Guider* 상의 *Notice grid*가 선택하고자 하는 가상객체가 위치한 그리드까지 이동되었을 때, Wand<sup>TM</sup>의 선택 버튼을 누르면 가상객체가 선택된다.



(그림 4) Space Visual Guider의 위치 설정 및 Notice grid

필요에 따라서는 가상객체의 선택 및 조작 과정을 보다 정교하게 수행할 수 있도록 하기 위하여 *Space Visual Guider* 상의 *Notice grid*는 ((그림 4) (c))에서와 같이 단계별로 세분화될 수 있다. 초기에 *Notice grid*의 크기는 주어진 *Space Visual Guider*의 그리드 크기와 같지만, 초기 그리드 크기 보다 더 작은 가상객체를 선택하거나 선택한 객체를 더 세밀하게 조작해야 할 경우에는 *Space Visual Guider*의 그리드를 단계적으로 분할하여 정교한 작업을 진행할 수 있도록 하였다. 이때 *Space Visual Guider*를 구성하는 모든 그리드의 간격을 일괄적으로 세분화하게 되면 너무 밀집한 그리드로 인해 사용자의 몰입감을 저해할 수 있기 때문에, *Notice grid*만을 단계별로 세분화할 수 있도록 한다.

이차원 윈도우 어플리케이션에서 사용되는 눈금자 기능 중에는 객체의 위치 이동이나 선택 시에 눈금선에 맞추어 정렬을 시켜주는 스내핑(snapping) 기능이 있다. *Space Visual Guider*에서도 삼차원의 가상공간에서 빠르고 편리하게 가상객체를 선택하고 조작할 수 있게 위해서 스내핑 기능을 포함하였다. 본 연구에서는 가상객체를 *Space Visual Guider* 위에서 이동시킬 경우, 그리드의 끝점을 중심으로 가상객체의 위치를 정렬하도록 설계하였다. 그러나 필요에 따라 그리드의 선이나 면을 스내핑 적용 기준으로 확장 할 수 있다.

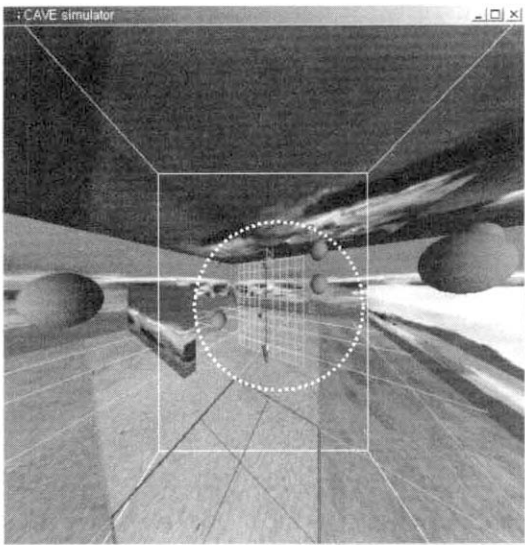
4. CAVE<sup>TM</sup>-like 시스템에서 Visual Guider 실험

본 절에서는 CAVE<sup>TM</sup> like 시스템 상에서 *Visual Guider*의 유용성 확인을 위해 제작된 실험용 가상공간과 그 가상공간 상에서 구현된 *Visual Guider*의 활용 결과에 대해 기술한다.

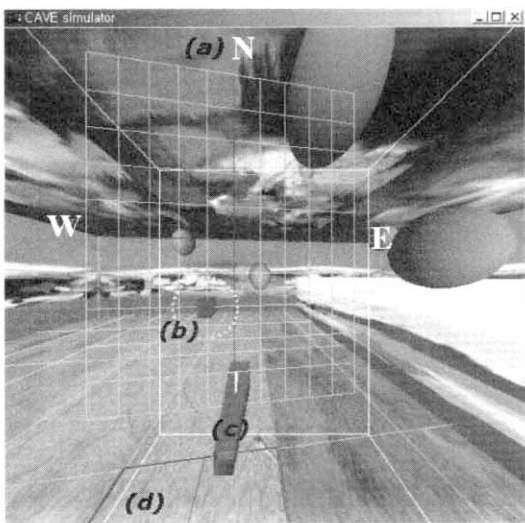
4.1. 실험 환경

실험용 가상공간은 사용자의 자유로운 이동과 객체 선택 및 조작이 복잡한 환경을 연출하기 위하여 (그림 5)와 같이

제작하였다. 전체 가상공간은 장애물에 해당하는 몇 개의 벽을 이용하여 분리시키고, 크기가 다양하고 색이 동일한 타원체들을 공중에 랜덤하게 배치시켰다. 이 가상공간 상에서 사용자가 수행할 작업은 랜덤하게 배치되어 있는 타원체들을 재배치하는 것이다. 타원체는 실험용 가상공간 상의 위치, 방향과 충돌여부탐지 플래그 속성을 갖는 가상객체로써, 사용자의 조작에 의해서 선택되어진 후 새로운 위치로 이동될 수 있다. 가상공간 상에서 Wand<sup>TM</sup>의 위치를 나타내는 지시자가 타원체와 충돌하면 타원체는 선택되어진 것으로 간주되며, 선택된 후에는 사용자가 Wand<sup>TM</sup>를 움직임으로써 타원체의 위치를 이동시킬 수 있다. 위치 이동 중에는 타원체의 색이 반투명하게 나타나고 새로운 위치로 재배치된 후에는 타원체의 색이 원래색의 보색으로 변경되어 타원체의 선택 및 조작의 진행 과정을 쉽게 판별 가능하다.



(그림 5) 사용자의 위치 이동시 활성화된 Ground Visual Guide



(그림 6) Ground Visual Guide의 Compass를 이용한 사용자의 위치 및 방위 확인 예

실험용 가상공간은 C++과 OpenGL 및 GLUT를 사용하여 구현하였으며, Trackd와 CAVELib를 이용하여 CAVE<sup>TM</sup>-like 시스템에서 구동이 가능하도록 하였다. Trackd[15]는 6DOF 트래킹 시스템이 적용된 몰입형 가상현실 시스템에서 트래커에 의해 획득된 데이터를 받아서 공유 메모리를 통해 어플리케이션에서 이용할 수 있도록 만드는 역할을 한다. CAVELib[16]는 몰입형 가상현실 시스템에서의 어플리케이션 개발에 가장 많이 사용되는 API로 사용자들이 몰입 환경을 편리하게 만들 수 있도록 윈도우와 뷰 포인트 생성, 뷰어 중심의 원근감 계산, 다중 그래픽 채널로의 디스플레이, 멀티 프로세싱 및 멀티-쓰레딩, 클러스터 동기화, 데이터 공유 및 스테레오 그래픽 뷰잉 등 다양한 기능을 제공한다.

4.2. Visual Guider의 구현

CAVE<sup>TM</sup>-like 시스템 상에서 4.1에서 제시된 실험용 가상공간을 네비게이션할 때, Visual Guider를 활용한 사용자의 움직임이나 Wand<sup>TM</sup>의 조작이 가상세계에 반영되기 위해서는 먼저 CAVE<sup>TM</sup>-like 시스템에서의 좌표계 일치가 필요하다. 따라서, 헤드 트래커 좌표계를 기준으로 생성된 사용자의 위치 좌표 값과 핸드 트래커를 통해 획득된 Wand<sup>TM</sup>의 위치 좌표 값을 좌표 변환을 통해 CAVE<sup>TM</sup>-like 시스템이 제공하는 가상공간의 기본 좌표계로 일치시킴으로써 사용자와 Wand<sup>TM</sup>의 위치 및 이동 방향을 정확히 파악할 수 있게 하였다.

<표 1> CAVE<sup>TM</sup>-like 시스템에서 Visual Guider의 적용을 위한 CAVE 매크로 정의

CAVE 매크로	기능
CAVEBUTTON 1	① Wand <sup>TM</sup> 의 왼쪽 버튼을 한 번 누르면, Space Visual Guider가 활성화하여 그 위치와 높이를 자유롭게 조절할 수 있다. ② 두 번 누르면, 그 순간 Wand <sup>TM</sup> 의 위치로 Space Visual Guider의 위치가 고정된다. ③ 세 번 누르면, Wand <sup>TM</sup> 의 위치를 투영하는 Notice grid가 분할된다.
CAVEBUTTON 2	Wand <sup>TM</sup> 의 중간 버튼을 누르면, 가상객체를 선택할 수 있다. 버튼을 누른 상태로 가상객체를 이동시킬 수 있으며, 버튼을 떼는 순간 버튼의 위치가 가상객체의 목적지가 된다.
CAVEBUTTON 3	Wand <sup>TM</sup> 의 오른쪽 버튼을 누르면, 활성화되어 있는 Space Visual Guider가 가상공간에서 제거된다.
CAVE_JOYSTICK_X CAVE_JOYSTICK_Y	Wand <sup>TM</sup> 에 있는 조이스틱의 X, Y축 좌표값 [범위 : -1.0, 1.0]을 전달하며, 조이스틱을 누르고 있지 않은 경우에는 '0'에 근접한 값을 갖는다. 조이스틱은 사용자가 가상세계를 이동할 때 사용을 하기 때문에, 이 값이 '0'이 아닌 경우 사용자가 이동하고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 Ground Visual Guider는 CAVE_JOYSTICK_X, CAVE_JOYSTICK_Y가 '0'이 아닐 때 활성화 된다.

그리고 CAVE™ like 시스템 상에서 상호작용 도구인 Wand™를 제어하고 Visual Guider를 적용하기 위해 CAVE 매크로 변수의 기능을 <표 1>과 같이 정의하였다. CAVE 매크로는 센서나 컨트롤러의 정보를 쉽게 이용할 수 있도록 CAVE™ like 시스템에서 입력과 출력 상태에 대한 다양한 정보를 전역변수의 형태로 제공하는 것이다.

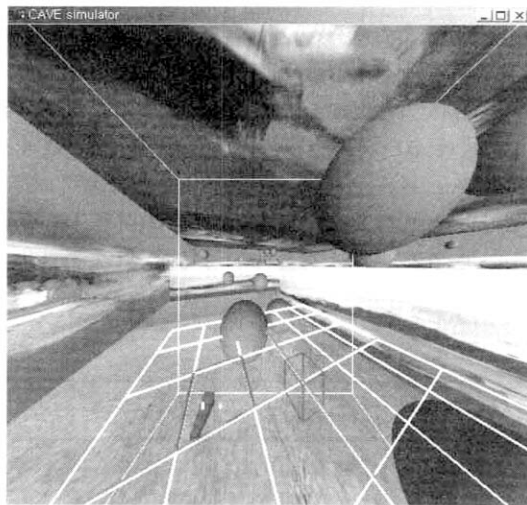
4.3. Visual Guider의 활용 결과

(그림 5)에서 (그림 7)은 사용자가 실험용 가상공간 상에서 하나의 특정 가상 타원체에 접근하고 타원체를 다른 위치로 재배치하기 위해 Visual Guider를 활용한 결과를 보인다.

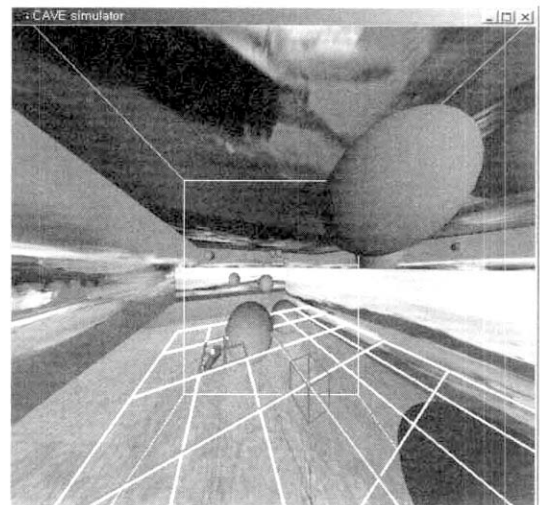
사용자가 재배치하고자 하는 타원체가 있는 곳으로 이동할 때, 가상공간의 기저면에는 Ground Visual Guider가 활성화된다. (그림 5). Ground Visual Guider와 동시에 사용

자의 시선 정면에는 Compass도 가시화된다((그림 5)의 중앙). (그림 6)은 Compass가 확대된 장면이다. Compass에는 동서남북 방향이 표시되고((그림 6) (a)), Ground Visual Guider의 Notice grid에 해당하는 대응점이 표시되어((그림 6) (b)), 전체 가상공간 상에서 사용자의 위치 및 이동 방향을 한 눈에 파악할 수 있다. ((그림 6) (c))는 가상공간에서 Wand™에 해당하는 위치를 반영하기 위한 막대형태의 지시자이다.

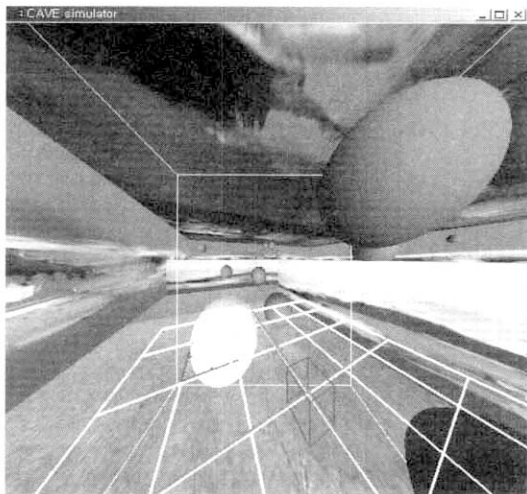
Ground Visual Guider를 활용한 결과, 전체 가상공간의 기저면에 격자형 그리드가 나타나고 그 중에서 사용자의 현재 위치는 다른 색을 가진 Notice grid로 표시되어 사용자는 가상공간 상의 다른 객체들로부터 얼마나 떨어져 있는지를 쉽게 파악할 수 있었다. 따라서 사용자는 벽과 같은 장애물에 부딪히지 않고 원하는 위치로 빨리 이동할 수 있었다.



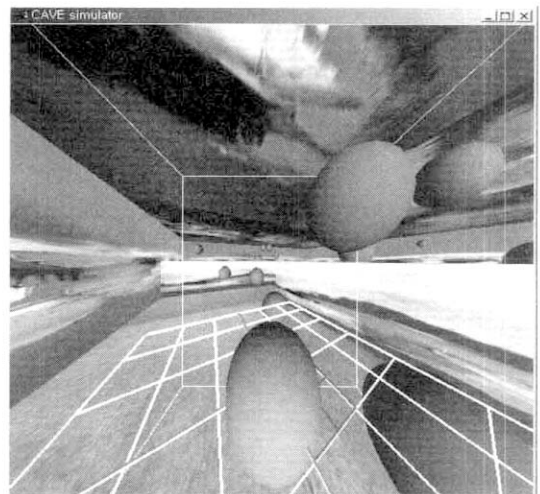
(a) Space Visual Guider 위치 고정



(b) Wand™ 지시자의 위치 이동 및 Notice grid의 분할



(c) 가상 타원체의 선택



(d) 가상 타원체의 이동 및 재배치

(그림 7) Space Visual Guider를 활용한 가상 타원체의 선택 및 조작

(그림 7)은 *Space Visual Guider*를 사용하여 하나의 가상 타원체를 선택한 후 새로운 위치로 재배치하는 일련의 과정을 보인다. 먼저 사용자는 특정 가상 타원체가 *Space Visual Guider*의 범위 안에 포함될 때까지 *Space Visual Guider*의 높이, 방향 및 위치를 이동시킨 후 고정한다((그림 7) (a)). 그리고 고정된 *Space Visual Guider* 상에서 Wand™에 해당하는 지시자를 특정 타원체가 있는 그리드로 이동시킨다. Notice grid는 Wand™ 지시자의 움직임에 따라서 이동하게 된다. 이어서 가상 타원체의 선택을 위해 Notice grid를 한 단계 세분화시킨 후((그림 7) (b)), 분할된 Notice grid 중에서 가상 타원체를 포함하고 있는 그리드 쪽으로 Wand™를 이동시킨다. 이 때 Wand™에서 가상객체 선택 버튼을 누르면 해당 타원체가 선택되어 투명한 색으로 바뀐다((그림 7)(c)). 객체 선택 버튼을 누른 상태에서는 가상 타원체가 계속 투명하게 보인다. 객체 선택 버튼을 누른 상태로 선택된 가상 타원체를 *Space Visual Guider* 위에서 원하는 위치로 이동시킨 후, 선택 버튼을 해제하면 가상 타원체는 원래 색의 보색으로 변화된다((그림 7)(d)). 스테핑 기능에 의해 위치 이동을 한 가상 타원체는 *Space Visual Guider*상에서 가장 가까운 그리드의 끝점을 타원체의 중심점으로 하여 정렬된다.

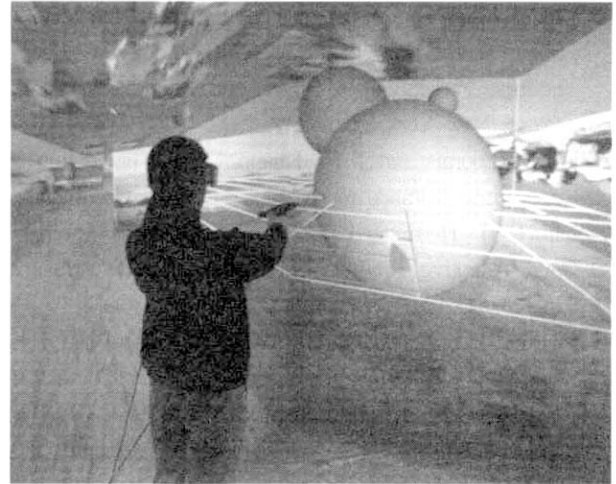
*Space Visual Guider*의 활용 결과, 사용자는 *Space Visual Guider* 상에서 Notice grid를 통해 Wand™ 지시자의 현 위치로부터 선택하고자 하는 가상객체 사이의 거리 및 이동 방향을 정확히 파악할 수 있기 때문에 시행착오 없이 빠르고 정확하게 원하는 객체를 선택한 후 재배치 할 수 있었다. 또한, Notice grid의 단계별 세분화에 따라 더 작고 정밀한 가상객체의 조작도 가능함을 알 수 있다.



(그림 8) CAVE™-like 시스템 상에서 Ground Visual Guider를 활용한 가상공간 탐험

(그림 8)과 (그림 9)는 CAVE™-like 시스템 상에서 *Visual Guider*를 활용하여 사용자와 가상객체 간의 상호작용을 하

는 장면이다. (그림 8)은 주어진 실험용 가상공간 상에서 *Ground Visual Guider*의 *Compass*를 활용하여 가상세계를 탐험하는 장면이고, (그림 9)는 *Space Visual Guider*를 활용하여 가상객체를 선택한 후 위치를 변경하는 장면이다.



(그림 9) CAVE™-like 시스템 상에서 *Space Visual Guider*를 활용한 가상객체의 선택 및 조작

#### 4. 결 론

본 논문에서는 몰입형 가상세계에서 공간지각 단서가 충분히 제공되고 있지 않음으로 인해 유발되는 자연스러운 상호작용의 어려움을 극복하기 위하여, 가상세계에서 거리 및 깊이에 대한 보조적인 지각 정보를 제공하는 *Visual Guider*를 제안하였다. 그리고 제안 방법을 몰입형 가상현실 시스템인 CAVE™-like 시스템 상에서 구현하여 사용자 위치 이동시와 가상 객체의 선택 및 조작을 위해 활용한 결과를 제시하였다.

*Visual Guider*는 가상공간 상에서 목표지점까지의 거리 및 방향을 쉽게 파악할 수 있게 하므로 초보 사용자들이 가상공간 상에서 원하는 동작을 수행하기 위해 겪는 오류 횟수를 줄일 수 있다. 그러나 인위적인 시각 격자 형태의 *Visual Guider*는 오히려 가상세계에 대한 자연스러운 몰입감을 저해할 수 있는 단점이 있다. 향후 연구에서는 *Visual Guider*가 가상세계에서 공간지각에 기여하는 긍정적 효과 뿐 아니라 몰입감에 미치는 부정적 영향을 평가하기 위하여, 사용자 대상을 몰입형 가상세계에 익숙한 사용자와 익숙한 사용자로 분류한 후 상호작용 종류(이동, 선택 및 조작)에 따라 각각 목표한 동작 수행시간 및 실패횟수, 몰입 정도 등을 측정할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

[1] S. R. Ellis, and B. M. Menges, "Judgments of the distance to nearby virtual objects : Interaction of



viewing conditions and accommodative demand," Presence : Teleoperators and Virtual Environments, 6, pp. 452-460, 1997.

[2] J. E. Cutting and P. M. Viston, "Perceiving layout and knowing distance : The integration, relative potency, and contextual use of different information about depth," In William Epstein and Sheena Rogers, editors, Perceptual of Space and Motion, Academic Press, New York, pp.69-117, 1995.

[3] J. M. Loomis and J. M. Knapp, "Visual perception of egocentric distance in real and virtual environments," In L. J. Hettinger and M. W. Haas(Eds.), Virtual and Adaptive Environments. Hillsdale NJ : Erlbaum, in press.

[4] H. H. Hu, A. A. Gooch, W.B. Thompson and B.E. Smits, "Visual Cues for Imminent Object Contact In Realistic Virtual Environments," IEEE Proceedings of the Conference on Visualization 2000, pp.179-185, 2000.

[5] P. Willemsen, and A.A. Gooch, "Perceived Egocentric Distances in Real, Image-Based, and traditional Virtual Environments", Proc. IEEE Virtual Reality, 2002.

[6] S. Yoshida, et al, "A Technique for Precise Depth Representation in Stereoscopic Display," Proceedings of Computer Graphics International, 1999.

[7] K. Kakusho, J. Kitawaki, S. Hagihara and M. Minoh, "Adjusting the Difference between 3D Spaces in VR Systems and Human Perception through Object Manipulation," IEEE Proceedings of the Conference on Virtual Reality, pp.99-106, 2000.

[8] M. J. Sinai, W. K. Krebs, R.P. Darken, J.H. Rowland, and J.S. McCarley, "Egocentric distance perception in a virtual environment using a perceptual matching task," Human Factors and Ergonomics Society 43, pp.1256-1260, 1999.

[9] D. A. Bowman, and L. F. Hodges, "User Interface Constraints for Immersive Virtual Environment Applications," Graphics, Visualization and Usability Center Technical Report, 1995.

[10] S. Y. Lee, J. S. Seo, Gerard J. Kim, and C. M. Park, "Evaluation of Pointing Techniques for Ray Casting Selection in Virtual Environments," VRAI, 2002.

[11] A. Forsberg, J. Herndon, and R. Zeleznik, "Aperture based selection for immersive virtual environments," Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology, 1996.

[12] I. P. Mark Billinghurst, and S. W. Tadao Ichikawa, "The Go-Go Interaction Technique : Non-linear

Mapping for Direct Manipulation in VR," ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 1996.

[13] M. R. Mine, F. P. Brooks Jr., and C. H. Sequin, "Moving Objects in Space : Exploiting Proprioception in Virtual Environment Interaction," Proceedings of SIGGRAPH97, 1997.

[14] 이선민, 박성원, 박주영, 김명희, "PC 기반 CAVE-like 시스템 구축 및 가상수수실 콘텐츠 개발 사례", HCI 학술대회논문집, 2003.

[15] Trackd, (URL)http://www.vrco.com/products/trackd/trackd.html

[16] CAVELib, (URL)http://www.siliconstudio.co.kr/products/vrco.htm

## 조 은



e-mail : fullrest@empal.com  
 2002년 이화여자대학교 컴퓨터학과(학사)  
 2004년 이화여자대학교 컴퓨터학과(석사)  
 관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 가상현실 등

## 박 주 영



e-mail : jooyoung@ewha.ac.kr  
 1991년 이화여자대학교 전자계산학과  
 (이학사)  
 1993년 이화여자대학교 대학원  
 전자계산학과(이학석사)  
 2000년 이화여자대학교 대학원 컴퓨터학과  
 (공학박사)

2001년~2002년 Harvard Medical School, Brigham and Women's Hospital, Postdoctoral Research Fellow  
 2002년~2003년 이화여자대학교 컴퓨터그래픽스/가상현실 연구센터 연구전임강사  
 2003년~현재 이화여자대학교 컴퓨터학과 전임강사  
 관심분야 : HCI, 변형 모델링, 의료영상처리 등

## 김 명 희



e-mail : mhkim@ewha.ac.kr  
 1979년 서울대학교 계산통계학과(석사)  
 1986년 독일 괴팅겐대학교 전자계산학과  
 (박사)  
 1987년~현재 이화여자대학교 컴퓨터학과  
 (교수)

1999년~현재 이화여자대학교 컴퓨터 그래픽스/가상현실 연구센터장  
 관심분야 : 영상가시화, 시뮬레이션, 컴퓨터그래픽스, 가상현실 등