

가상 공간 개념 스케치를 위한 음향 반향을 포함하는 새로운 곡선 모델링 도구

최상민[†], 김학수^{**}, 채영호^{***}

요 약

본 논문에서는 공간 스케치에 일반적으로 나타나는 깊이 입력 오차를 줄이는 효과적인 공간 입력을 구현하기 위해 깊이 값 인지를 도와주는 한 면 혹은 두 면의 가상 음향 반향판을 통한 새로운 상호작용 기술을 소개하고, 다양한 실험을 통해 음향 반향판을 가진 가상의 벽이 현실적인 가상 개념 디자인을 위한 효과적인 피드백으로 사용된 것을 보여 준다. 제안된 아이디어를 이용하여 깊이 값이 일정한 평면에서는 한 면 가상 음향 반향판의 피드백을 이용하여 모델과의 일치도를 약 35% 높일 수 있었고, 기울어진 평면에서는 두 면 반향을 이용하여 한 면에 비해 약 4%의 일치도를 증가시킬 수 있었으며, 곡면 꽃병에서는 약 15%의 일치도를 증가시킬 수 있었다.

A New Curve Modeling Tool with the Acoustic Reflection for the Virtual Spatial Conceptual Sketch

Sang Min Choi[†], Hark Su Kim^{**}, Young Ho Chai^{***}

ABSTRACT

In this paper, a new interaction technique with the virtual single or dual acoustic reflection tablet is proposed to support the perception of depth cue and implement the effective spatial input systems of reducing the depth errors in general spatial sketching tasks. And several experiments show that the virtual wall with acoustic reflections can be thought of as a meaningful feedback for the plausible virtual conceptual design. By using the proposed idea, the degree of agreement to the target model is increased by 35% due to the single acoustic reflection tablet in the constant depth plane. In the slanted plane, the degree of agreement is increased by 8% due to the dual acoustic reflection compared to the single acoustic reflection and the degree of agreement is increased by 15% on the curved vase.

Key words: Acoustic Reflection(음향 피드백), Virtual Sketching(가상 스케치), Virtual Reality(가상현실)

1. 서 론

오늘날의 디자인 과정은 사용자의 의도를 조형적으로 실제화하기 위해 2차원의 평면적 개념 디자인 과정을 거친 직관적인 2차원 이미지를 엔지니어링

디자인 과정을 통해 3차원 정보로 전환하는 방법을 사용하고 있다. 그러나 이러한 분업화된 과정을 통해 제품 주기의 연장, 생산비용 증가, 인적 자원의 비효율적 분배, 엔지니어링 디자인 과정에서 사용하는 프로그램의 짧지 않은 교육기간 등의 문제점이 있다.

※ 교신저자(Corresponding Author) : 채영호, 주소 : 서울시 동작구 흑석동 221(156-756), 전화 : (02)820-5335, FAX : (02)812-0817, E-mail : yhchai@cau.ac.kr

접수일 : 2008년 9월 3일, 완료일 : 2008년 11월 5일

[†] 준회원, 중앙대학교 첨단영상대학원 (E-mail : gamemyth@nate.com)

^{**} 준회원, 중앙대학교 첨단영상대학원 (E-mail : harksu@gmail.com)

^{***} 정회원, 중앙대학교 첨단영상대학원 교수

※ 본 연구는 서울시 산학연협력사업으로 구축된 서울 미래형콘텐츠컨버전스 클러스터 지원과 2009년도 중앙대학교 우수연구자 연구비 지원으로 수행되었습니다.

이와 같은 문제점을 해결 또는 보완하고 2차원 작업 환경이 갖는 평면적인 한계를 뛰어넘어 3차원 공간상에서 사용자의 의도를 표현하고 상호 작용이 가능한 작업을 수행하기 위해 직관적인 표현이 가능하고 공간에 구애받지 않는 3차원 공간 입력 인터페이스 시스템[1]에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 이에 적합한 투영 방식의 몰입형 가상환경 시스템[2]은 사용자의 시각적인 몰입감을 극대화시킴과 동시에 다양한 방식으로 상호 작용을 할 수 있다는 면에서 크게 부각되고 있다. 이 시스템은 투영을 위한 다양한 디스플레이 장치가 존재하며 사용자의 위치를 추적하는 장비[3]가 통합되어 있다. 추적 장비는 시스템 안에서 사용자가 작품을 제작하거나 관객이 작품과 상호 작용을 하기 위해 주로 무선 추적을 이용하여 사용자 움직임을 원활하게 해준다.

하지만 3차원 공간 입력 인터페이스 시스템은 기존의 2차원 입력 인터페이스에 비해 직관적인 표현이 가능하고 교육기간이 상대적으로 짧은 장점이 있지만 익숙한 2차원 평면 작업 공간이 아닌 3차원 가상공간과 3차원 입력 인터페이스라는 특수함 때문에 시스템에 익숙해지기 위한 시간이 필요하고 2차원 입력 시스템에 비해 입력 정밀도가 떨어진다. 때문에 3차원 공간 입력 인터페이스 시스템으로 제작되는 결과물들은 입력 정밀도에 구애받지 않는 3차원 디지털 아트 작품의 형태를 표현하는데 주로 사용된다.

음향을 통한 정보전달에 관한 연구는 시각을 통한 정보전달이 어려운 상황, 혹은 시각 장애인의 대상 인식을 도와주기 위하여 진행되었다[4]. 시각은 시간을 뛰어넘어 존재하지만 청각은 공간을 뛰어넘어 존재할 수 있다. 이러한 두 감각양식의 장점만을 취할 수 있다면 시각적으로 정보를 제시하기 힘든 불안정한 상황이나 직접적으로 볼 수 없는 대상의 인식이 청각을 통해 가능해 질 수 있다. 이러한 것을 청각이미지의 형태소라고 하고, 이러한 형태소들을 조합하면 삼각형, 사각형, 원, 반원 등의 청각이미지를 만들어 낼 수 있다. 정보를 전달할 소리를 기본음의 주파수를 조절하여 4가지로 만들고 그림 1에서와 같이 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ 의 순서로 도형이 기본적으로 그려지는 순서를 이용하여 만든 청각 이미지를 3차원 음향으로 만든 후 실험자들을 반복 연습시킨 결과 소리만으로 도형의 판단이 가능하다는 사실을 보였다. 하지만 이 연구는 미리 만들어진 도형을 단일 음으로 표

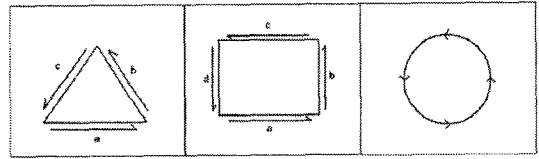


그림 1. 도형이 그려지는 순서

현하여 실험을 진행하였기 때문에 도형이 복잡할수록 음의 조합에 어려움이 있었다.

CAD와 같은 3차원 컴퓨터 응용프로그램에서 느끼기 어려운 깊이 값에 음향 피드백을 연결하여 깊이 값의 인지에 도움을 줄 수 있다[5]. 이 연구에서는 세 가지의 방법(Tonal, Musical, Orchestral)을 사용하여 실험을 하였다. 음색 방식(Tonal)은 X, Y, Z 세 가지 방향에 따라 X는 스피커 혹은 헤드폰 좌우, Y는 음 높이의 변화, Z는 음량의 크기를 연결하였다. 음악 방식(Musical)은 음악의 일부를 들려주고 음색 방식과 같이 X는 좌우균형, Y는 높낮이, Z는 음량을 사용하여 위치의 변화를 나타나게 하였다. 오케스트라 방식(Orchestral)은 여러 가지 악기 소리를 준비하여 해당 위치에서 설정된 악기 소리가 나게 하였다. 이와 같은 실험은 깊이 값의 오차를 줄이는 것은 성공하였으나 소리를 듣고 위치를 파악해야 하기 때문에 작업 시간의 증가를 가져왔다. 본 논문의 실험에 앞서 음색 방식을 이용하여 실험을 하였다. 음색 방식은 소리가 단순하여 기억은 잘 할 수 있고, 한 음의 좌우균형, 높낮이, 음량의 변화를 수월하게 줄 수 있지만, 소리에 민감한 사람과 그렇지 못한 사람의 차이가 많고 실시간으로 깊이를 인식하는데 어려움이 있었다.

본 논문에서는 3차원 공간 입력 인터페이스 시스템을 이용할 때 가상공간에서 사용자의 의도에 부합되는 스케치를 할 수 있게 도와주는 가상 음향 반향판을 제시하고 이를 적용했을 때 사용자 입력 정밀도에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 실험결과를 보여 준다. 본 논문에서 제시하는 가상 음향 반향판은 깊이 값이 동일한 가상 음향 반향판, 깊이 값의 변화가 일정한 가상 음향 반향판 그리고 곡면을 이용한 가상 음향 반향판이 있다. 본 논문의 결과를 통하여 사용자가 3차원 인터페이스 시스템을 이용할 때 가상공간에 대한 낮은 접근성과 3차원 입력 인터페이스가 갖는 이질감을 완화시키고 가상 음향 반향판을 이용하여 보다 정밀한 입력을 가능하게 하여 복잡한 모델링, 최종 제품 디자인 및 정교한 예술 작품 디자인

등이 3차원 공간상에서 용이하게 구현 될 수 있게 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 공간 입력의 오차에 관한 관련연구를 기술하고, 3장에서는 적외선 추적 시스템과 가상 음향 방향 시스템에 대해 설명하고, 4장에서는 이를 이용한 실험을 평면과 곡면으로 나누어 진행한 결과를 보여준다. 5장에서는 결론 및 향후 연구진행방향에 대해 기술한다.

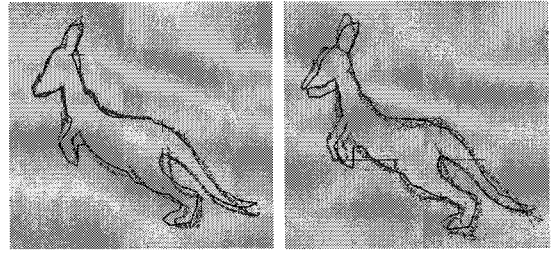
2. 관련 연구

공간입력의 오차를 측정 한 SpaceXperiment 시스템은 공간 입력할 때 의도와는 다르게 생성되는 정점의 오차 거리에 관한 연구이다[6]. 반사 마커를 이용한 트래킹 시스템을 통한 SpaceXperiment 시스템으로 사용자와 작업 공간의 거리, 한 점의 입력할 때의 필요한 시간 등의 여러 환경적인 요인을 적용하여 공간상의 한 점을 입력할 때 발생하는 오차를 분석하였는데, 표 1은 SpaceXperiment 시스템을 이용하여 한 점을 찍을 때 발생하는 오차 거리의 평균값을 나타낸다. 실험결과에서 알 수 있듯이 공간상의 한 점을 입력할 때에 수평, 수직 값 보다는 깊이 값에서의 오차 값이 가장 두드러지게 나타난다. 또한 포인팅 외에도 직선을 그려 이동하였을 때에도 수평, 수직 이동에 비하여 깊이 방향 이동은 많은 오차가 발생하였음을 보여준다.

공간 스케치 시스템은 2, 3차원 모델을 공간상에 그려 내는 것이 목적이므로 모델을 생성하고 그 모델의 원 모델과의 오차를 비교 해야만 공간 스케치 시스템의 오차 거리를 비교한 것이라고 볼 수 있다. 관련 연구[7]는 무수히 많은 점들의 집합체인 선을 입력하는 방식을 통하여 오차 거리를 측정하였다. 실제로 공간상에 2차원 모델을 그려도 평면상의 2차원 모델과는 많은 차이가 나타난다[8]. 이는 2차원 화면에 의해 깊이 값을 인지를 못하게 됨으로 발생하는 시각적인 오류이다. 측정 방법은 가상 공간상에서 3개의 좌표축 중 하나의 좌표값을 일정하게 유지하는

표 1. SpaceXperiment 시스템에서의 평균 오차 값

| | Total | 수평오차 | 수직오차 | 깊이오차 |
|-----|-----------|----------|----------|-----------|
| 최대값 | 17.31(mm) | 7.28(mm) | 9.53(mm) | 19.50(mm) |
| 평균값 | 6.21(mm) | 4.81(mm) | 5.29(mm) | 10.12(mm) |



(a) 평면 스케치 (b)공간 스케치

그림 2. 평면 스케치와 공간 스케치로 생성한 모델

물리적인 타블렛을 이용하여 모델을 그려내는 평면 드로잉(Tablet Drawing)과 3좌표축을 모두 이용한 공간 스케치(Spatial Sketching)로 원 모델과의 평균 오차를 비교 측정하였다.

사용자는 공간스케치 시스템에서 그림 2와 같이 원 캥거루 모델을 보며 가상공간의 정면에서 캥거루의 모델을 스케치 한다. 이때 일반적인 스케치와 동일하게 스케치를 할 수 있도록 여러 번의 선을 입력하는 다중 스트로크를 이용하여 모델을 그린다. 평면 드로잉에서는 공간상에서 물리적인 지지대를 이용함으로 자연스럽게 한 차원의 값이 일정하게 고정되어있는 모델로 그리고 공간 스케치는 물리적인 지지대가 없는 공간에서 모델을 그린다. 이렇게 평면 드로잉과 공간 스케치에서 그려낸 모델들은 원 모델과의 평균 오차거리를 구하고 부분별로 원 모델과 입력된 점들과의 오차거리를 측정한 결과 평균 오차 거리는 평면 드로잉에서 7.84(mm), 공간 스케치에서 9.58(mm)로 차이를 보이고 편차도 공간스케치에서 큰 것을 그림 3을 통해 알 수 있다.

위의 캥거루 모델은 각 정점에서 깊이 값이 일정하게 적용된 모델이다. 하지만 공간 스케치 시스템의 목적은 사용자가 2차원 평면 스케치와 같이 깊이 값이 포함된 모델을 용이하게 그려내는 것이다. 이를 비교하기 위하여 깊이 값이 일정한 캥거루의 모델을 변환시킨 형상을 원 모델로 하여 입력 후 발생하는 오차를 측정하였다.

첫 번째 변환은 그림 4(a)와 같이 X 축으로 일정 각을 회전시킨 캥거루의 모델을 다중 스트로크로 재현하였다. 이 모델은 깊이 값이 일정한 모델의 스케치와 비슷한 9.5(mm)의 평균 오차를 보였지만 표준 편차는 깊이 값의 변화에 따라 많은 차이를 보였다. 두 번째 변환은 그림 4(b)와 같이 캥거루 모델을 원통

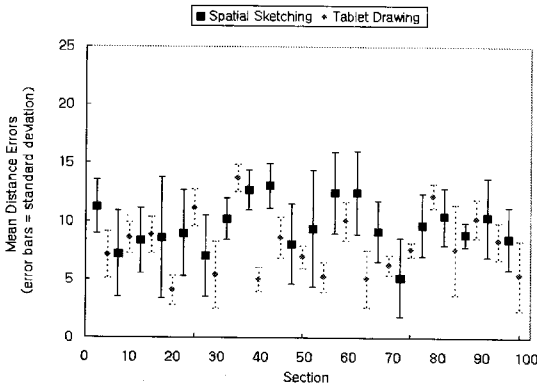


그림 3. 평면 드로잉과 공간 스케치에서의 오차와 표준편차

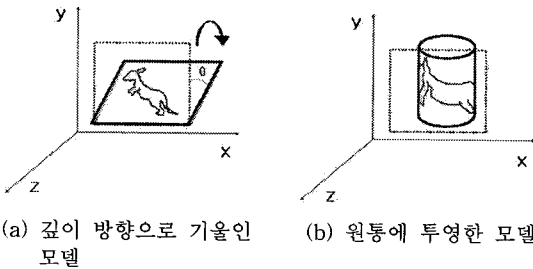


그림 4. 변환된 캥거루 모델

위에 투영시켜 만든 깊이 값이 수평방향으로 다른 모델이다. 측정된 평균 오차는 10.73(mm)로 가장 많은 오차를 보였으며 이를 통하여 깊이 값의 복잡한 모델일수록 디자이너의 인지 오류도 커진다는 것을 알 수 있다. 그림 5는 회전된 모델과 투영된 모델의 오차거리와 표준편차를 보여준다.

깊이 값이 고정되어 있지 않은 모델을 공간에서 그리는 사용자는 2차원 화면을 사용하는 결과로 원

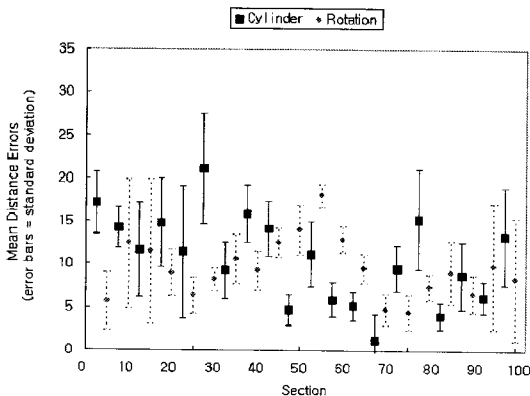


그림 5. 회전과 투영한 모델의 오차와 표준편차

모델과 많은 오차를 보이는 모델을 생성하게 되는데 특히 깊이 값의 변화가 복잡해질수록 더욱 큰 오차가 발생되며 이는 일정하게 변화하지 않은 깊이 값을 인지 못하는 결과이다. 따라서 깊이 값이 복잡해질수록 오차는 증가하며 이는 기존의 연구와 마찬가지로 공간에서의 스케치가 어렵고 또한 깊이 값 인지가 쉽지 않음을 보여준다.

3. 가상 음향 반향 시스템

CAD와 같은 3차원 컴퓨터 응용프로그램에서 사용자는 종종 깊이 값 인식의 어려움을 느낀다. 기존에 3차원 환경에서는 소리를 이용하여 위치를 파악하거나 물체의 형상을 알 수 있게 하는 연구가 있었지만, 실시간이 불가능하거나 소리를 이용하여 위치를 파악하는데 그치고 있다[9,10].

그림 6은 사용자 입력을 받아 곡선 모델링 도구를 통하여 가상공간 개념 스케치를 하는 일련의 흐름을 보여준다. 이때 시각적으로 보이게끔 렌더링된 가상 음향 반향판은 음향 피드백을 통하여 사용자가 깊이 정보를 인식하는데 도움을 준다. 평면 가상 음향 반향판이 각도 변형이 가능한 것처럼 다양한 가상 음향 반향판을 이용하여 우리가 실생활에서 그림을 그리듯이 원하는 모양의 빠른 스케치를 가능하게 할 수 있다.

그림 6(a)는 4.2절에서 사용된 한 면의 가상 음향 반향판, 그림 6(b)는 4.3절의 두 면의 가상 음향 반향판 그리고 그림 6(c)는 4.4절의 곡면에서의 실험을 위해 준비된 꽃병 모양의 가상 음향 반향판이다. 가상 음향 반향판에 완드의 좌표가 닿기 직전에 경로를

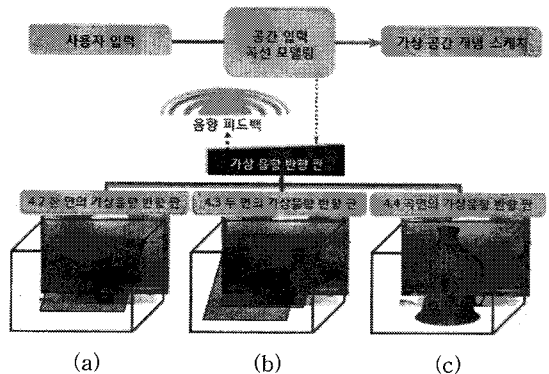


그림 6. 가상 음향 반향판 작동 흐름도

한번 울리고 반향판을 통과하게 되면 다른 정보를 울리게 하여 목표된 가상 반향판위에 스케치를 할 수 있게 된다. 3차원 공간 입력 인터페이스 시스템에서 사용자가 3차원 인터페이스인 완드(Wand)를 움직여 공간상의 가상 음향 반향판이 닿았을 때 생성되는 소리를 통하여 사용자는 가상의 평면감을 느끼면서 스케치를 하게 된다.

그림 7은 적외선 카메라와 적외선 반사 마커가 부착된 완드를 이용한 가상 스케치 인터페이스 시스템이다. 두 대의 적외선 카메라의 범위 안에서 완드를 이동하거나 완드로 스트로크 할 때 적외선 추적 시스템이 완드에 부착된 마커를 인식하여 얻게 된 위치정보를 이용하여 가상의 공간에 그림을 그리게 된다. 그림 7의 양쪽의 카메라의 범위 안과 상하로는 모니터 높이가 가상 스케치 인터페이스 시스템의 작업 공간이다.

그림 8(a)는 NaturalPoint[3]사의 카메라로서 30개의 적외선 LED로 적외선을 비추고 카메라는 적외선 필터를 이용하여 초당 100프레임의 이미지 캡처를 할 수 있다. 그림 8 (b)는 카메라에서 비추는 적외선을 반사하는 적외선 반사 완드의 모습이다. 적외선 카메라 두 대를 이용하여 마커의 위치를 추적하여 공간상의 마커의 위치를 파악한다. 카메라 렌즈의 왜곡이 보정되면 3차원 공간상의 한점 P는 두 개의 카메라에 $\bar{X}_L = [X_L Y_L Z_L]^T$ 과 $\bar{X}_R = [X_R Y_R Z_R]^T$ 로 표현되고, 두 개의 카메라 사이의 관계는 (1)식과 같다.

$$\bar{X}_L = R\bar{X}_R + T \tag{1}$$

이때 R은 카메라 사이 회전행렬이고 T는 이동벡터이다. 영상의 좌표는 $\bar{x}_R = \bar{X}_R/Z_R = [x_R y_R 1]^T$ 과 $\bar{x}_L = \bar{X}_L/Z_L = [x_L y_L 1]^T$ 로 표현할 수 있다. 삼각 측량

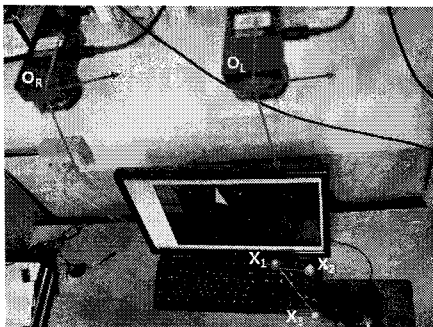
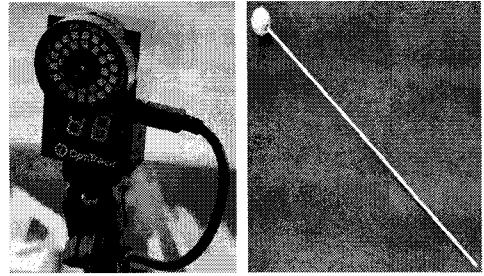


그림 7. 가상 스케치 인터페이스



(a) 적외선 카메라 (b) 위치 추적 반사 완드

그림 8. 가상 스케치 인터페이스의 구성요소

은 (\bar{x}_L, \bar{x}_R) 으로부터 3차원 좌표 (\bar{X}_L, \bar{X}_R) 를 계산하는 과정이므로 식 (1)을 다시 쓰면 $Z_L \bar{x}_L = Z_R R \bar{x}_R + T$ 로 표시되고, $\bar{\alpha}_R = -R \bar{x}_R$ 이라고 할 때, Z_R 은 식 (2)와 같이 표현된다[11].

$$Z_R = \frac{\|\bar{x}_L\|^2 (\bar{\alpha}_R \cdot T) - (\bar{\alpha}_R \cdot \bar{x}_L) (\bar{x}_L \cdot T)}{\|\bar{\alpha}_R\|^2 \|\bar{x}_L\|^2 - (\bar{\alpha}_R \cdot \bar{x}_L)^2} \tag{2}$$

4. 가상 음향 반향판을 적용한 실험

4.1 실험개요

그림 9는 실험에서 사용한 만화 인물 모델이다. 가상 음향 반향판의 깊이 값이 동일한 평면, 깊이 값의 변화가 일정한 평면 및 곡면과 같은 세 가지 형태의 가상 음향 반향판을 이용하였고, 가상 음향 반향판의 음향 피드백이 한 면에서 발생하는 경우와 두 면에서 생성되는 두 가지 상황에서 만화 인물 모델을 그려 목표 대비 오차를 비교하는 실험을 진행하였다. 이 때 실험 데이터는 수 회 반복하여 일정한 결과가 나타날 때 획득하였다.

공간상에 그림 9를 대상으로 피실험자의 스트로크와의 정확도를 측정하였다. 1차 실험은 깊이 값이 동일한 평면에서 만화 인물 모델을 이용하여 가상

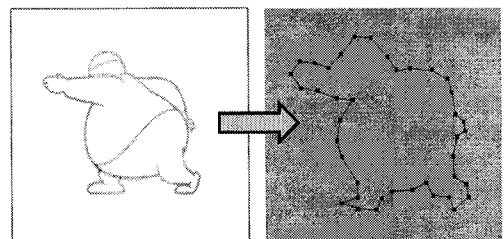


그림 9. 실험에 사용된 만화 인물 모델

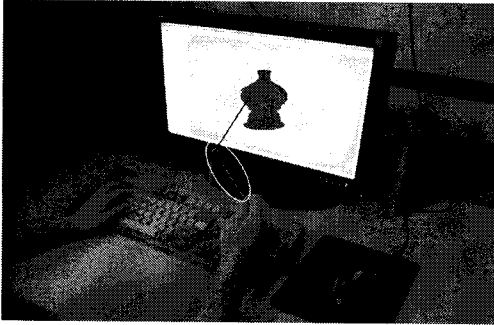
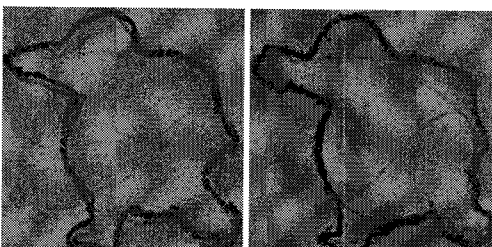


그림 10. 가상의 꽃병위에 그리는 스케치

음향 방향의 피드백에 따른 차이를 실험하였고 2차 실험은 깊이 값의 변화가 일정한 평면에서 한 면의 가상 음향 반향판과 두 면의 가상 음향 반향판의 차이를 실험하였다. 3차 실험에서는 꽃병을 이용한 곡면에서의 한 면의 가상 음향 반향판과 두 면의 가상 음향 반향판의 차이를 실험하였다. 그림 10은 꽃병 가상 음향 반향판에 실험을 하는 모습이다. 하얀 원안의 완드를 이용 화살표 방향으로 접근하여 가상 반향판에 닿게 되면 음향 피드백을 느끼게 된다.

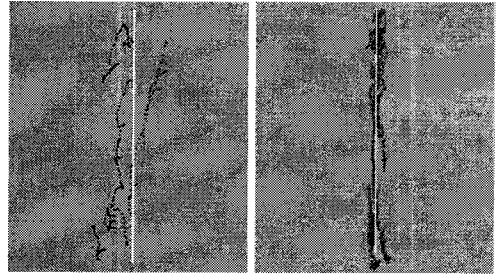
4.2 평면 가상 음향 반향

그림 11(a)와 그림 11(b)와 같이 음향 반향판의 유무가 그림 정면에서는 큰 차이를 느끼지 못하게 한다. 하지만 그림 12(a)에서와 같이 측면에서 관찰하였을 때 목표로 한 평면에 정확하게 일치 시킬 수 없는 것을 알 수 있다. 그러나 그림 12(b)에서와 같이 가상 음향 반향판을 이용하면 깊이 값 측에 대한 오차를 최소화 할 수 있게 된다. 가상 음향 반향판을 이용하면 허공에 그림을 그리고 있지만 마치 타블렛을 내고 그리는 효과를 얻게 되어 깊이 값의 오차 범위가 줄어들게 된다.



(a) 음향 방향 없는 스케치 (b) 음향 방향 포함 스케치

그림 11. 정면에서 본 만화 인물 스케치



(a)음향 방향 없는 스케치 (b)음향 방향 포함 스케치

그림 12. 측면에서 본 만화 인물 스케치

그림 13과 그림 14는 깊이 값이 동일한 평면 실험에 대한 피실험자들의 만화 인물 모델 부분별 일치도 분포를 표시한 것이다. 만화 인물 모델의 일치도는 모델의 전체 길이를 40등분하여 각 부분별 깊이 값의 평균과 원 모델의 깊이 오차 평균의 일치 정도를 나타낸다. 피실험자 A는 숙련자이고 피실험자 B는 비숙련자이다. 숙련자인 피실험자 A는 각 부분간의 정확도 변화가 크지 않지만 비숙련자인 피실험자 B는 각 부분별 정확도의 변화가 컸다. 각 피실험자들은 모두 가상 음향 반향판을 사용한 후에 정확도가 증가한 것을 알 수 있다.

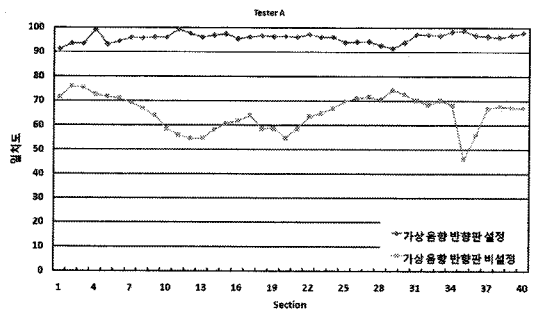


그림 13. 숙련자의 부분별 모델 일치도

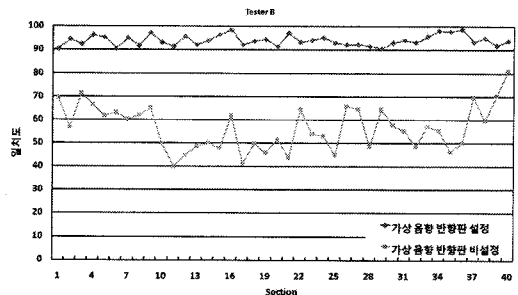
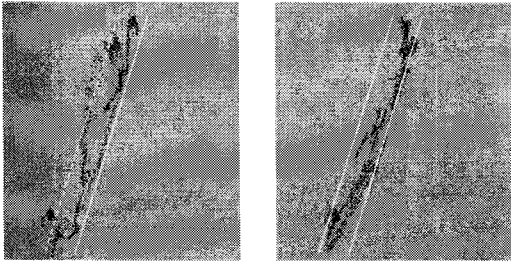


그림 14. 비숙련자의 부분별 모델 일치도

4.3 두 면의 평면 가상 음향 반향

4.2절의 깊이 값이 동일한 평면 가상 음향 반향판과 다르게 깊이가 동일한 값이 아니라면 공간상에서의 스케치는 더욱 힘들어 진다. 한 면의 가상 음향 반향판의 경우 그림 15(a)와 같이 아래보다 위쪽으로 오차가 많이 생기게 되었다. 그래서 그림 15(b)와 같이 가상 음향 반향판을 겹쳐서 한 면 더 만들어서 실험한 결과 그림 16, 17, 18과 같이 일정한 일치도의 분포를 얻을 수 있었지만 앞선 실험에서의 경험과 기울인 평면이지만 일정한 깊이 값의 변화이기 때문에 일치도의 큰 상승은 없었다.



(a)한 면의 평면 음향 반향 (b)두 면의 평면 음향 반향
그림 15. 측면에서 본 기울어진 만화 인물 스케치

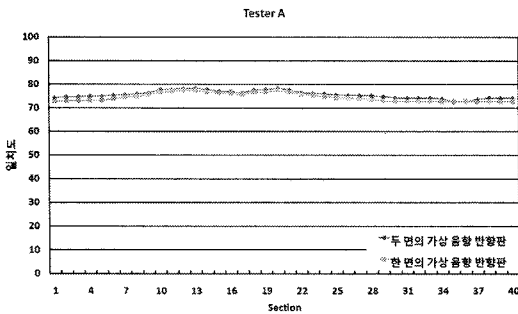


그림 16. 속련자 A의 경사면 입력 부분별 모델 일치도

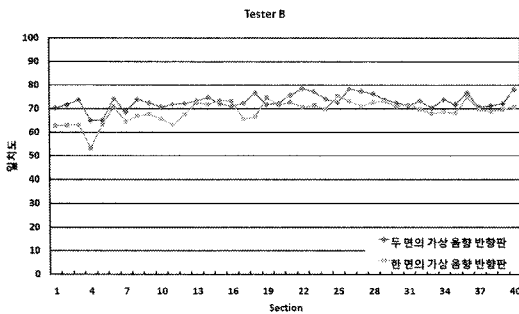


그림 17. 비속련자 B의 경사면 입력 부분별 모델 일치도

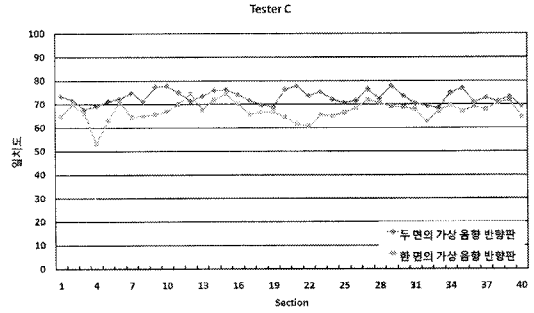


그림 18. 비속련자 C의 경사면 입력 부분별 모델 일치도

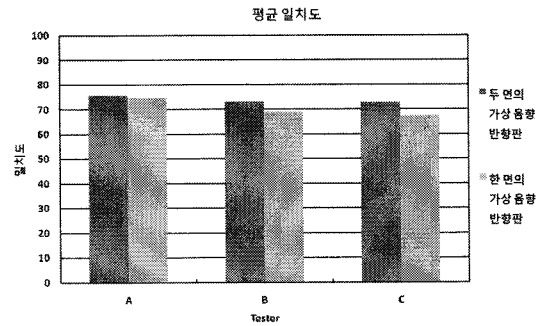


그림 19. 기울어진 평면 입력에 대한 평균 일치도

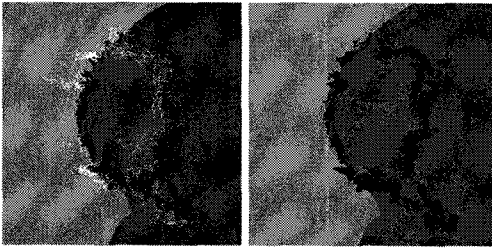
숙련자인 피실험자 A는 그림 16과 같이 완만한 일치도 분포를 보여 준 반면 비숙련자인 피실험자 B와 C는 그림 17, 18과 같이 상대적으로 일치도 분포가 고르지 못 했다. 그림 19 그래프는 깊이 값의 변화가 일정한 평면에서 두 면의 가상 음향 반향판과 한 면의 가상 음향 반향판의 평균 일치도를 비교한 것이다. 피실험자 A, B, C 각각 1.13%, 3.96%, 5.66%의 일치도 증가를 보여 주었다. 일치도 증가가 적은 이유는 한 면의 가상 음향 반향판을 사용하였지만 일정한 깊이 값의 변화로 인해 깊이 값의 오차가 두 면의 가상 음향 반향판을 사용할 때와 크게 다르지 않았기 때문이다.

4.4 곡면 가상 음향 반향

그림 20(a)와 같이 만화 인물 모델을 가상의 꽃병에 그리는 곡면위의 스케치에 대한 실험을 하였다. 그림 20(b)와 그림 20(c)는 각각의 가상 음향 반향판 위에 스케치를 한 후 확대 한 그림이다. 대상 모델을 꽃병 모양의 가상 음향 반향판의 도움으로 얼마나 근접하게 꽃병 위에 그려 넣을 수 있는지를 평가하였다.



(a) 곡면 만화 인물 모델



(a)두 면의 음향 반향 스케치 (b)한 면의 음향 반향 스케치

그림 20. 곡면 위의 스케치

그림 21과 같이 한 면의 가상 음향 반향판의 오차 평균은 56.3 두 면의 가상 음향 반향판의 오차 평균은 38.4이다. 그림 22는 곡면위에 두 면의 가상 음향 반향판과 한 면의 가상 음향 반향판을 설치하고 만화 인물 모델을 그려 평균 일치도를 비교한 것이다. 곡면에서의 실험에서는 평면에 비하여 일치도 분포가 불규칙하고 낮았다. 이는 깊이 값이 불규칙하게 변하기 때문에 반향을 통하여도 깊이 값을 정확하게 느끼기 어렵기 때문이다.

두 면의 가상 음향 반향판을 적용한 곡면의 스케치 실험에서 일치도는 피실험자 A, B, C 각각 18.71%, 14.44%, 10.54%의 증가를 보여 주었다. 한 면의 가상 음향 반향판에서는 소리가 나지 않는 반향

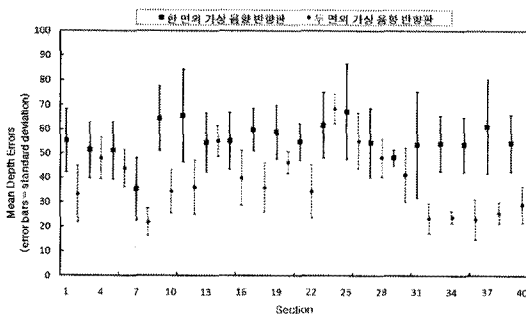


그림 21. 곡면위 스케치의 평균 오차 비교

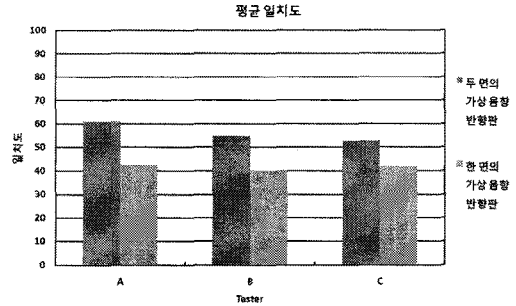


그림 22. 곡면 입력에 대한 평균 일치도

판 밖에서 오차 때문에 일치도가 떨어지지만, 두 면의 가상 음향 반향판을 사용하였을 때는 반향판 밖의 오차를 줄이게 되어 일치도가 증가하게 된다. 하지만, 곡면에서 스케치 할 때는 평면보다 약 3배 많은 점이 쓰였는데 평면보다 깊이 값의 예측이 어렵기 때문에 조금 더 많은 스트로크를 하게 되어 결국 평면에서 보다 많은 점을 사용하게 된 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 음향 반향을 이용하여 공간 스케치를 할 때 깊이 방향 오차를 줄임으로써 목표된 평면 위에서 정확한 스케치가 가능한지를 실험하였다. 먼저 음향반향 없이 타블렛 위에서 그릴 때 목표와의 평균오차인 7.84mm에 비해 공간에서 그릴 경우 9.58mm로 평균오차가 커졌지만 목표를 일정하게 기울여도 그 오차는 9.5mm로 차이가 없었고 원통위에 투영하였을 경우 10.73mm로 가장 큰 평균오차를 나타냈다. 이를 통해 공간에서 그리는 것 중 깊이에 대한 정보가 복잡 할수록 오차가 크게 나타난다는 것을 알 수 있었다.

제안된 아이디어를 이용하여 깊이 값이 일정한 평면에서는 한 면 가상 음향 반향판의 피드백을 이용하여 모델과의 일치도를 약 35% 높일 수 있었고, 기울어진 평면에서는 두 면 반향을 이용하여 한 면에 비해 약 4%의 일치도를 증가시킬 수 있었으며, 곡면 꽃병에서는 약 15%의 일치도를 증가시킬 수 있었다.

한 면의 가상 음향 반향판을 사용하였을 때 평면에서는 높은 목표 일치도를 보여 주었으나 곡면에서는 다소 일치도가 떨어지는 모습을 볼 수 있다. 이는 다른 깊이에 걸쳐서 그려져 있는 목표의 정확한 형태를 보여주기 위해서 좀 더 많은 점을 필요로 하게

되고 이 때문에 오차거리와 표준 편차의 증가가 나타나게 된다. 두 면의 가상 음향 반향판의 사용으로 기울어진 평면보다 곡면에서 상대적으로 높은 목표 일치도를 얻을 수 있었다. 이는 두 면의 음향 반향판이 깊어 정보가 복잡한 스케치에 더욱 효과적이라는 것을 보여준다.

추 후 연구에서는 좀 더 적은 점을 사용하여 복잡한 형상의 모델을 구현 할 수 있는 효과적인 가상 음향 반향판의 실현과 다양한 형태의 음향 반향을 통하여 형상과 관련 있는 반향의 가능성을 실험하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] S. Schkolne and P. Schröder, "Surface Drawing: Creating Organic 3D Shapes with the Hand and Tangible Tools," *Proceedings of CHI 2001*, Vol.3, pp. 261-268, 2001.

[2] 유충렬, "3차원 디지털 아트를 위한 몰입형 가상환경 시스템 개발," 석사 학위 논문, 중앙대학교, 첨단영상대학원, pp. 14-40, 2003.

[3] OptiTrack, www.NaturalPoint.com.

[4] 박영현, 한광희, "도형을 그리는 소리: 소리를 이용한 형태정보의 전달 가능성 탐색," HCI 학술대회 논문집, pp. 506-512, 2006.

[5] S.W. Mereu and R. Kazman, "Audio Enhanced 3D Interfaces for Visually Impaired Users," *Proceedings of ACM Computers and the Physically Handicapped*, pp. 10-15, 1997.

[6] M. Fiorentino, G. Monno, P.A. Renzulli and A.E. Uva, "3D Pointing in Virtual Reality: Experimental Study," XIIIADM-XV INGEGRAF, 2003.

[7] 최준, "가상 개념 디자인을 위한 공간 스케치의 오차 연구," 석사 학위 논문, 중앙대학교, 첨단영상대학원, pp. 13-21, 2008.

[8] E.D. Graham and C.L. MacKenzie, "Physical versus Virtual Pointing," *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Common Ground*, pp.292-299, 1996.

[9] S. Nomura, T. Shiose, H. Kawakami, O. Katail, and K. Yamanaka, "A Novel Sound

Visualization Process in Virtual 3D Space: the Human Auditory Perception Analysis by Ecological Psychology Approach," *Proceedings of Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems*, pp. 137-149, 2004.

[10] W.J. King and S.J. Weghorst, "Ear Tracking: Visualizing Auditory Localization Strategies," *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 214-215, 1995.

[11] J.Y. Bouguet, Camera Calibration Toolbox, http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/index.html.



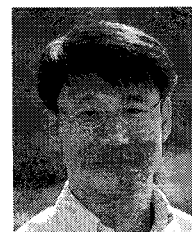
최 상 민

2006년 홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부 학사
 2008년 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 석사
 관심분야 : 음향 반향, 가상 스케치



김 학 수

1994년 건양대학교 컴퓨터공학과 학사
 2002년 건양대학교 정보전자공학과 석사
 2002년~현재 중앙대학교 첨단영상대학원 박사과정
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 가상 환경



채 영 호

1989년 중앙대학교 기계공학과 학사
 1994년 SUNY at Buffalo 기계공학과 석사
 1997년 Iowa State University 기계공학과 박사
 1998년 3월~현재 중앙대학교 첨단영상대학원 교수
 관심분야 : 가상 스케치, 형상 모델링, 가상 환경