

스프레이 모델링: 증강현실 기반의 실체적인 3차원 모델링 인터페이스 제안

Spray Modeling: An Augmented Reality Based Tangible 3D Modeling Interface

주저자 : 정희경 (Jung, Hee-Kyoung)

한국과학기술원 산업디자인학과

공동저자 : 남택진 (Nam, Tek-Jin)

한국과학기술원 산업디자인학과

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (No.R08-2003-000-10179-0)자원으로 수행되었음.

1. 서론

- 1-1 연구 배경
- 1-2 연구 목표
- 1-3 연구 방법

2. 모델링 인터페이스에 관한 문헌 조사

- 2-1 2차원 CAD 인터페이스
- 2-2 가상 및 증강현실의 활용
- 2-3 관련 연구 분석 종합

3. 모형 제작 과정에 관한 현장 조사

- 3-1 디자인 모형 제작
- 3-2 찰흙 조소 모델링
- 3-3 나무 조각
- 3-4 유리 공예
- 3-5 조형 과정 및 도구에 관한 이해

4. 증강현실 기반의 모델링 인터페이스 제안

- 4-1 스프레이 모델링 개념의 제안
- 4-2 스프레이 모델링의 프로세스
- 4-3 증강현실 기반의 프로토타입 구현
- 4-4 모델링 인터페이스 사용성 조사
- 4-5 인터페이스 개선을 위한 향후 과제 토의

5. 결론

- 5-1 연구의 의의 및 향후 과제
- 5-2 다양한 분야에서 응용 가능성

참고문헌

(要約)

본 논문에서는 다양한 조형작업의 프로세스 및 도구에 대한 현장조사를 바탕으로 직관적이며 사용자 인지모델에 친숙한 3차원 모델링 인터페이스를 제안한다. 전문적인 디자인 모형 제작, 찰흙 조소, 나무 조각, 유리 공예 등의 모델링 현장을 방문하여 조형작업의 과정, 도구, 작업행태 등을 관찰 분석하였다. 이러한 현장조사를 바탕으로 스프레이 메타포(Spray Metaphor)에 기반 한 스프레이 모델링(Spray Modeling) 인터페이스를 제안하였다. 이는 스프레이 건(Spray Gun)의 입자 분사 방식과 찰흙 조소의 모형제작 프로세스를 결합한 가상 혹은 증강현실 공간상의 3차원 모델링 인터페이스 방식이다. 찰흙 조소에서 덩어리를 덧붙여가듯이 가상의 단위입자를 대략적인 프레임 위에 분사하면서 형태를 발전시킬 수 있다. 또한 실제 공기분사 반작용을 느낄 수 있는 스프레이 장치를 활용함으로써 실제적 사용자 인터페이스를 제공한다. 프로토타입 개발과 사용자 평가를 통해 스프레이 모델링이 새로운 형식의 형태 발상과 표현을 지원함을 알 수 있었다. 또한 구체적인 조작 인터페이스, 보조적인 도구의 사용 등의 개선 사항을 파악하였다. 본 연구는 가상 및 증강 현실에서의 디자이너들이 활용할 수 있는 새로운 인터페이스에 대한 가능성을 검토하였다는 점에서 의의를 갖는다. 이는 디자인 혹은 예술분야의 3차원 모델링 뿐만 아니라, 컴퓨터 작업공간의 인터페이스 방식으로 응용, 게임, 교육, 미디어 아트 등에 적용할 수 있으리라 기대된다.

(Abstract)

This paper presents an intuitive 3D modeling interface based on a field study and prototype development. The process and tools of modeling were observed in workshops of professional design model making, clay modeling, wood carving and glass crafting. The Spray Modeling interface was developed from the observational analysis of the field study. It is a 3D modeling interface which combines particle spraying and clay modeling in Virtual or Augmented Reality space. Virtual volume particles are sprayed on frames in Augmented Reality space as clay modeling. It adopts a real air spray gun as a tangible interface device which provides coherent sound and air-force feedback. The prototype development and a user study showed that the interface supports new patterns of form development and expression. Control interfaces and requirements of auxiliary devices were found to be improved. This study examines the potential of the new interface for designers working in 3D virtual and augmented reality. The new spraying interface is also expected to be used as an alternative interface in 3D computer workspace, games, education software and media art.

(Keyword)

3D Interface, Interactive Modeling, Augmented Reality, Computer Aided Industrial Design

1. 서론

1-1. 연구 배경

제품 디자인 작업에서 스케치 및 모델링을 통한 초기 형태의 전개는 컨셉의 순환적인 발전을 위해 필수적인 과정이다. 디자이너들은 시각화된 이미지를 지속적으로 변형하면서 다양한 형태를 비교하고 최적의 디자인 결과물을 구체화 해간다. 생각의 과정은 지각과 분리된 다른 차원의 정신적인 작업이 아니라 지각 자체의 중요한 구성 요소로써, 디자인 아이디어의 즉각적인 시각화가 효과적인 개선과 긴밀한 관계를 가진다 [1]. 또한 모델링을 통한 컨셉의 표현은 구체적인 커뮤니케이션의 매개체로써 활발한 디자인 그룹 작업을 지원하기도 한다 [2]. 이처럼 디자인 과정에서 모델링은 중요한 의미를 가지며 이를 위하여 스케치를 비롯해 컴퓨터 모델링, 물리적 디자인 모형(예: 소프트모형, 클레이모델) 등 다양한 방법이 활용되고 있다. 특히, 컴퓨터의 발달에 따른 3차원 컴퓨터 그래픽스 및 CAD(Computer Aided Design) 모델링은 시간과 비용을 절감하며 3차원 모형을 효과적으로 시각화할 수 있는 디자인 지원 도구로 널리 활용되고 있다. 하지만 현재의 3D CAD 도구들은 최종 결과물의 표현에 주로 활용되고 있으며 다듬어지지 않은 초기의 아이디어를 직관적으로 표현하고 순환적으로 개선하기에는 여전히 많은 어려움이 있다. 기존의 키보드나 마우스를 사용한 3차원 형태의 평면적인 모델링은 사용자의 펜달 모델과 행동 패턴의 불일치로 조작을 혼란스럽게 하며[3] 점, 선, 면 등의 기하학적 요소를 기반으로 한 시스템 중심의 모델링 프로세스는 자유로운 형태의 발상과 수정을 제약한다. 따라서 디자이너의 행동 습관과 작업 맥락을 고려한 직관적인 모델링 인터페이스에 관한 사용자 중심의 접근이 요구된다. 그러한 의미에서 3차원 모델을 공간에서 조작하는 새로운 인터페이스에 관한 연구는 활발한 디자인 형태 발상과 표현의 지원이라는 점에서 중요한 의미를 가진다.

1-2. 연구 목표

위와 같은 배경을 바탕으로 본 연구에서는 직관적인 형태 발상과 표현을 위해 가상 혹은 증강현실(Augmented Reality)을 기반으로 한 실체적인 모델링 인터페이스(Tangible Modeling Interface)를 제안하고자 한다. 이는 가상의 모델을 현실 공간의 연장에서 다루며 현실감 있는 조작과 자유로운 네비게이션으로 효과적인 모델링을 지원할 수 있는 방식이다. 뿐만 아니라 3차원 공간에서의 직관적인 인터랙션 가능성에 대한 모색을 통해 새로운 컴퓨터 작업환경과 그 환경 하에서 새로운 인터페이스 방식의 응용에 대한 가능성을 검토하고자 한다.

1-3. 연구 방법

새로운 모델링 인터페이스 컨셉 제안에 앞서 관련 연구를 비교 분석하였다. 그리고 디자인과 연관된 실제 모형제작의 과정들을 조사 분석하여 작업 맥락을 이해하고 사용자들에게 직관적인 모델링 메타포를 탐색하였다. 이를 바탕으로 증강현실을 활용한 스프레이 모델링 인터페이스를 제안하고 프로

토타입을 개발하였다. 모델링 시나리오와 프로토타입을 활용하여 제안된 모델링 인터페이스에 대한 타당성과 개선점을 검토하였다.

2. 모델링 인터페이스 관련 연구

컴퓨터 그래픽스 분야의 발전으로 다기능의 CAD시스템이 출현하는 가운데 기존 CAD 모델링의 한계를 보완, 개선하기 위한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 2차원적인 데스크탑 인터페이스를 기반으로 익숙한 조작의 메타포를 활용하는 CAD 인터페이스, 가상 및 증강현실을 활용한 3차원 CAD 시스템, 그리고 물리적인 인터페이스 활용에 관한 연구들을 비교 분석하여 본 연구에서 목표로 하는 직관적인 3차원 모델링 인터페이스의 기본 방향을 모색하였다.

2-1. 2차원 CAD 인터페이스

데스크탑 인터페이스를 기반으로 하는 CAD 시스템은 3차원 모델을 2차원적인 컴퓨터 화면과 입력장치로 조작해야 하는 점 때문에 사용자의 자연스러운 아이디어 발상을 제약하고 자유로운 형태창작이 용이하지 않다는 어려움이 있다. 그러나 많은 상용화된 CAD 시스템들이 기존 데스크탑 기반으로 발전되어 왔기 때문에 점진적인 개선을 위해 2차원 데스크탑 환경하에서 직관적인 3차원 모델링 인터페이스 지원하는 것이 여전히 중요하며 다양한 시도가 이루어지고 있다. 프리핸드 스케치 방식의 3D 모델링 인터페이스는 종이 위에 스케치를 하듯이 형태를 그리면 평면 스케치로부터 입체적 모양을 추측하여 3차원 모델 데이터가 변환 생성된다. 이는 스케치의 라인(line)과 셰이딩(shading)정보 분석을 기본으로 하기 때문에 스케치 패턴에 관한 면밀한 조사가 필수적이며, 변환 가능한 형태는 실루엣이 뚜렷하게 나타나는 닫힌 한 덩어리의 입체로 제한된다는 제약이 있다[4, 5, 6]. 싱(Singh)은 기존의 전문 디자인 드로잉에서 매끄러운 곡선을 그리는데 사용하는 프렌치 커브 도구를 조작장치의 메타포로 화면 안의 3차원 공간에서 곡선을 편집하기 위한 프렌치 커브를 제안하였다 [7]. 하지만 이는 정교한 곡선의 표현을 위한 전문적 도구로써 디자인 초기의 대략적 형태를 표현하기에는 평면적 인터페이스를 통한 입체 핸들러의 조작이 복잡하게 느껴질 수 있다.

위의 연구들이 라인이나 면의 평면적인 단위를 기본으로 3차원 형태를 만들어가는 방식이라면 볼륨이나 덩어리의 공간적인 단위(Unit)를 활용하여 직관적인 형태를 발전시키는 방식의 연구도 이루어지고 있다. Skin은 파티클을 기반으로 한 서페이스 모델링 방식으로 기본 단위의 파티클을 덧붙여 표현하고자 하는 대략의 형태를 만든 후에 표면을 정교하게 다듬어 전체의 형태를 완성하는 과정을 거친다[8]. 비슷하게 Volume Sculpting은 라인으로 전체 모양을 미리 계산하여 형태를 만들고, 찰흙을 다루듯이 부피를 덧붙이고 매끄럽게 다듬는 과정을 거쳐 형태를 만든다[9]. 이러한 방식은 쉽고 직관적인 형태 발전과정을 지원하지만 사용자가 직접 조작하는 인터페이스는 여전히 평면에 제한되어 있어 모델과 조작의 분리 에 따른 사용상의 어려움이 해결해야 할 문제로 남아있다.

2-2. 가상 및 증강 현실의 활용

데스크탑 환경하에서 이루어지는 3D 모델링의 근본적인 한계를 해결하기 위해 3차원 모델을 공간에서 직접 다루기 위한 연구들이 시도되고 있다. 특히 가상현실 및 증강현실 기술의 발전으로 이를 활용한 다양한 방식의 3차원 CAD 시스템과 공간 네비게이션 방식이 제안되었다. 대표적으로 3차원의 형태를 공간에서 그리는 3차원 라인스케치 방식[10]과 손짓과 같은 제스처로 공간을 분할하며 면을 만드는 3차원 서페이스 모델링 방식[11]의 연구가 있다. 실제와 같은 작업 방식 및 도구의 메타포를 취하거나 그에 맞는 물리적 피드백을 지원하는 것도 제안되고 있다. Virtual Sculptor[12]는 조각을 메타포로 가상의 덩어리를 깎아가며 형태를 만들게 되고 이 과정에서 PHANTOMTM 장치를 이용한 햅틱 피드백(Haptic Feedback)을 지원함으로써 조각의 현실감을 더해준다. Virtual painting[13]도 같은 장치를 활용하여 브러시를 누르는 압력에 따라 그 효과를 세밀하게 표현하고 대응되는 물리적 피드백을 지원하는 가상의 페인팅이다. Cave Painting[14]은 사용자 조각의 위치를 추적하고 그에 맞는 3차원 입체 영상을 지원하는 CAVE 시스템 안에서 브러시의 공간 드로잉 패턴을 파악하고 이를 3차원으로 표현한다.

한편 공간상에서 세부적인 형태를 만들고 수정할 때 제공되는 물리적 피드백에 대한 연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 형태를 만드는 모델링 과정보다는 이미 만들어진 모델을 실제감있게 검토할 수 있도록 지원하는 네비게이션 시스템이 메디컬 데이터의 비주얼라이제이션(Medical Data Visualization)[15]과 도시 계획 시뮬레이션[16] 등을 위해 개발되었다.

2-3. 관련연구 분석 종합

관련 문헌의 분석 결과, 모델링에 관한 연구들은 대부분 초기의 자유로운 형태 발상 과정보다는 이미 형태가 정해진 정교한 모델링을 목적으로 진행됨을 알 수 있었다. 따라서 디자인 초기 단계의 형태 창작 지원을 위해서는 실제 조형 작업에 대한 이해와 사용자에게 직관적인 인터페이스에 관한 조사가 선행되어야 한다는 점을 파악하였다. 또한 사용자의 직관적인 조작성을 위해서는 입체 모델과 조작 차원의 일치가 무엇보다 중요한 이슈임을 알 수 있었다. 3차원 공간을 활용한 조작 방식의 제안에 초점을 맞추어 공간 조작의 어려움을 해결하고 효과적인 모델링을 지원할 수 있는 방법을 모색할 필요가 있다. 그리고 가상의 모델을 직접 생성하고 변형하는 방식에 대한 연구는 부족함을 알 수 있었다. 가상의 모델을 실제적으로 조작하기 위한 물리적인 인터페이스와 피드백의 중요성을 파악하였다.

3. 모형 제작 관련 현장 조사 및 분석

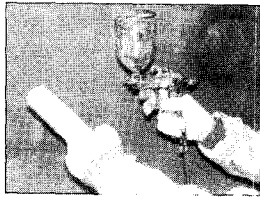
새로운 3차원 모델링 인터페이스를 제안하기에 앞서, 디자인과 전통 모형 제작의 작업 과정 및 방식에 대한 현장조사를 진행하였다. 이를 통해 다양한 3차원 조형 방식 및 도구에 대해 이해하고, 각 조형 방식의 장단점을 파악하며, 적절한 모델링 프로세스와 인터페이스 컨셉의 메타포를 탐색하였다.

3-1. 디자인 모형 제작

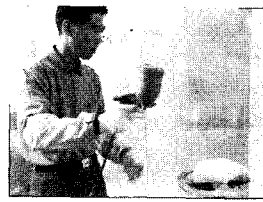
디자인 작업에서는 간단한 스케치부터 컴퓨터 그래픽스 모델링, 그리고 물리적 모형 제작까지 다양한 형태 표현의 방식이 활용된다. 디자인 단계에 따라 모형제작에 쓰이는 재료의 종류가 다양하다. 초기의 자유로운 형태 발상 단계에서는 종이나 찰흙 같이 쉽게 덧붙이면서 형태를 발전시킬 수 있는 재료를 사용하며, 좀 더 완성도 있는 표면을 만들기 위해서는 발포 스티로폼이나 합성목재 덩어리를 깎아내며 형태를 만들어 간다. 그리고 전문적인 모형제작 단계에서는 표면 마감처리가 효과적인 플라스틱 재료를 주로 사용한다. 특히 아크릴 및 ABS를 사용한 모델링 작업 과정은 전통적 모형 제작 방식과 다른 디자인 모형 제작만의 독특한 방식을 보여준다. 전문적인 디자인 모델링 과정의 이해를 돕고 3D 모델링 인터페이스 컨셉을 찾기 위해 디자인 모형제작 전문가를 대상으로 현장조사를 실시하였다. 모형제작소에서 경력 19년의 디자인 모형제작자의 작업을 관찰하고 작업방식과 도구에 대한 이해를 돕기 위한 인터뷰를 실시하였다.

디자인 모형 제작 과정에서 3D 모델링 컨셉의 제안과 관련된 흥미로운 발견점으로 목형을 활용한 자유곡면 제작방식과 스프레이를 활용한 컬러링 마무리 과정, 그리고 그에 적절한 도구의 사용을 들 수 있다. 디자인 모형 제작에서는 ABS수지나 아크릴 등 플라스틱의 가소성을 이용해 열에 의한 성형 방법으로 원하는 형상을 쉽게 만들 수 있다. 우선 나무나 찰흙으로 기본 목형으로 만들고 그 위에 가열하여 변형이 쉬운 판형의 플라스틱을 덧씌워 목형의 형태를 따라 표면을 만든다. 부분적으로 성형된 표면을 조합하여 전체 제품의 형태를 완성하게 된다.

형태 완성 이후에 컬러링 작업 과정에서는 만들어진 형태의 표면을 덧씌우고 다음에 초기에 거칠게 표현된 형태를 효과적으로 마감하게 된다. 매끄러운 컬러링을 위해서는 공기의 양과 페인트의 양을 적절히 조절하는 것이 중요하며 이러한 요소를 조절하여 다양한 표면 질감의 효과를 내기도 한다. 그리고 모형의 크기와 곡면의 형태에 따라 분사 거리와 방향을 잘 조절하는 것도 중요하다. 기본적으로 모델의 세부적인 부분을 가까운 거리에서 부분적으로 컬러링한 이후에, 다시 멀리서 모형 전체에 분사하는 과정을 반복한다. 이 과정에서 한 손으로는 스프레이 건을 제한된 범위 내에서 일정하게 움직이며 분사하고, 다른 한 손으로는 분사되는 방향에 맞추어 모델을 지속적으로 돌리며 양손의 역할이 효과적으로 나뉘짐을 볼 수 있었다[그림 1]. 이렇게 모형과 일정한 거리를 두고 다양한 형태의 표면에 입자를 분사하는 전문가들의 숙련된 스프레이 제스처는 가상의 공간에서 만질 수 없는 모델을 다루는 것과 비슷한 상황으로 3차원 공간 모델링을 위한 효과적인 조작의 가능성을 제시한다. 그리고 공기와 페인트의 분사량, 분사 거리 및 범위를 조절할 수 있는 요소들이 잘 조합된 스프레이 입력장치, 더욱 균일한 컬러링을 위해 모델을 고정하고 일정하게 회전하는 선반 장치[그림 2], 그리고 모델 표면의 일부를 분사로부터 가리기 위한 마스킹 테이프 등 다양한 도구의 사용 또한 새로운 모델링 컨셉의 모색을 위한 흥미로운 발견 사항이었다.



[그림 1] 한 손으로는 모형을 고정하고 다른 한 손으로는 스프레이 건을 움직인다.

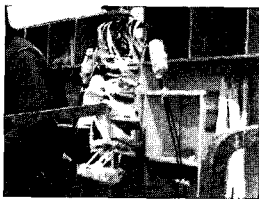


[그림 2] 회전 선반에 모형을 놓고 돌리면서 균일하게 컬러링을 할 수 있다.

3-2. 찰흙 조소 모델링

조소는 예술적 형태창작의 대표적인 3D 모델링 방식이다. 조소의 현장조사로써 대전에 위치한 예술대학 조소과 학생들의 작업 스튜디오를 방문하여 인체 조소 과정을 관찰하였다. 조소의 과정과 인터페이스 컨셉에 적용할 수 있는 조형방식과 도구에 초점을 맞추어 분석하였다.

찰흙 조소에서는 재료의 특성에 따라 형태의 발상, 수정, 확인을 즉각적으로 진행할 수 있는 자유로운 형태 전개 과정에서 3차원 모델링 방식과 연결될 수 있는 흥미로운 컨셉들을 찾을 수 있었다. 찰흙 조소의 첫 단계에서는 나무, 철사, 노끈 등으로 전체의 뼈대를 만든 후에 찰흙 덩어리로 살을 붙여간다[그림 3]. 뼈대로 대략의 형태를 만듦으로써 초기의 형태 전개는 물론, 이후에 뼈대를 중심으로 전체 덩어리를 변형할 수 있다. 즉, 전체적인 비례 및 균형을 수정할 때, 뼈대 철사를 움직이면 그 위에 덧붙여진 찰흙 등이 따라 움직여 전체의 형태가 변형된다. 그리고 찰흙이라는 재료의 특성상 덩어리를 자유롭게 붙이고 뜯어낼 수 있어 초기에 대략의 형태를 만드는 과정이 용이하다. 특히 표면에 스케치를 하고 문질러 지우는 과정을 자유롭게 반복할 수 있기 때문에 형태를 미리 예상하고, 변형하고 곧바로 수정하는 과정이 직관적으로 연결되어 활발한 조형적 실험을 진행할 수 있다[그림 4]. 찰흙을 덧붙여 대략의 형태가 드러나면, 간단한 도구를 이용해 찰흙에 바로 표시하며 수정하는 과정의 반복을 통해 형태를 구체화하고 표면을 문지르거나 누르며 매끄러운 표면으로 다듬는다. 찰흙을 덧붙이고, 뜯어내고, 문지르는 등의 단순한 조각들의 반복을 통해 지속적으로 형태를 발전시키게 된다. 대부분 손으로 직접 재료를 다루며 작업을 하지만, 상황에 따라 입체의 안쪽에 구멍을 파거나 표면을 균일하게 정리하기 위해 주걱이나 조각칼 같은 보조적인 도구를 사용하기도 한다[그림 5].



[그림 3] 나무, 철사 등을 활용하여 형태의 뼈대를 만든다.



[그림 4] 찰흙을 자유롭게 붙이거나 뜯고, 표면에 스케치를 하여 형태를 발전 시켜간다.



[그림 5] 구멍을 파거나 표면을 다듬기 위해 다양한 보조도구를 사용한다.

3-3. 나무 조각

조각은 다양한 도구의 사용으로 섬세하고 정교한 부분의 표현이 가능하다. 형태의 구체화 방식에 중점을 두고, 대전시 유촌동에 위치한 수림 목각원을 방문하여 경력 25년 전문가의 불상조각 작업을 관찰하였다.

나무 조각에서는 정확한 형태를 구체화하는 과정과 그에 따른 도구의 사용을 참고할 수 있다. 표면에 변형하고자 하는 부분을 정확한 스케치로 표시하고 실제 다양한 조각도로 세심하게 나무를 깎아가며 점진적으로 세부를 마무리하는 과정은 찰흙 조소에서 활발하게 대략적인 형태를 발전시키는 과정과 비교할 수 있다. 실제 불상을 조각하는 작업에서는 먼저 대패와 톱으로 나무를 적당한 크기로 자른 후에, 나무에 대략의 형태를 스케치를 하고 깎아내며 형태를 구체화하는 작업을 반복하게 된다. 나무 조각에서는 다양한 도구가 선택적으로 사용된다. 우선 대략의 형태를 깎기 위해 망치와 끌을 사용하고, 20여 가지가 넘는 조각도를 표현하고자 하는 세부적인 형태에 맞게 수시로 바꾸어가며 작업을 한다[그림 6]. 이 과정에서도 나무 덩어리를 깎아내는 단순한 조각의 반복으로 원하는 형태를 만든다. 조각은 순환적인 수정이 여의치 않아서 표면 스케치를 통한 비교가 신중하고 찰흙작업에 비해 형태의 표현이 조심스러움을 발견할 수 있었다[그림 7]. 한편 나무의 종류에 따른 결이나 단단함 등은 조각도를 사용할 때 힘의 조절과 긴밀한 관련이 있기 때문에 원하는 만큼의 형태를 깎아내기 위해서는 도구를 통한 물리적인 피드백이 매우 중요함을 알 수 있었다.



[그림 6] 표현하고자 하는 세부 형태에 따라 다양한 조각도를 활용한다.



[그림 7] 깎아내고자 하는 부분을 스케치로 표시하고 끌과 망치를 사용하여 조각을 한다.

3-4. 유리 공예

유리 공예는 찰흙 조소나 나무 조각과 같이 덩어리를 붙이거나 깎아내는 방식이 아니라, 표면을 다루면서 전체의 형태를 만들어가는 점이 특징이다. 유리 공예의 현장 조사는 대전에서 활동하는 경력 32년 유리 실험 기구 제작 전문가의 작업을 방문하여 관찰 및 인터뷰를 하였다.

유리 작업은 덩어리를 직접 덧붙이거나 깎아내는 직관적인 방식과 비교해서 표면을 가열하고 부풀리면서 변형하는 방식

이 흥미로웠으며 전문가의 숙련된 작업 방식과 다양한 도구로부터 새로운 관점에서 모델링 인터페이스의 컨셉을 찾을 수 있었다.

유리 기구 제작 과정은 우선 프라스크나 실린더 등 적당한 크기의 단위 입체를 가지고 변형하고자 하는 부분을 가열하는 것으로 시작된다(그림 8). 유리 용기의 입구를 입으로 불면서 가열되어 액체 상태로 변한 부분을 원하는 대로 부풀리거나 얇아진 표면을 니퍼 등으로 뜯어내면서 대략의 형태를 만든다. 새로 덧붙이고자 하는 다른 형태가 있을 경우 이 부분을 본체의 구멍에 접촉시킨 채 계속 가열하면 두 개의 부분이 서로 붙게 되며, 두 부분이 서로 자연스럽게 이어질 때까지 공기를 불어넣으면서 매끄럽게 다듬는다(그림 9). 그리고 도구를 이용해 양손의 조작이 간밀하게 연결됨을 알 수 있었다. 즉, 보조적인 한 손은 선반을 이용하여 가열되는 물체의 표면을 지속적으로 회전시키고 주요한 다른 손은 니퍼나 도구를 이용하여 그 부분의 표면을 변형시킨다. 이를 통해 실제 형태를 변형시키는 직접적인 모델링 인터페이스뿐만 아니라, 입체의 모델을 모든 면을 골고루 뜯리면서 볼 수 있는 공간에서의 직관적인 네비게이션 방식을 참고할 수 있다.



[그림 8] 모형을 돌려가면서 변형하고자 하는 부분의 표면을 골고루 가열한다.



[그림 9] 가열로 접합한 용기에 입으로 공기를 불어넣어 표면을 정리한다.

3-5. 조형 과정 및 도구에 관한 이해

현장조사를 통해 다양한 물리적 조형 작업과정과 도구에 대한 이해를 높일 수 있었고 동시에 새로운 모델링 인터페이스에 대한 여러 아이디어를 도출할 수 있었다.

찰흙 조소와 같이 형태를 덧붙여 가는 조소의 방식은 초기의 대략적 형태 표현에 효과적으로 적용할 수 있으며, 나무 조각과 같이 다양한 조각 도구를 활용하여 형태를 깎아가는 방식은 대략의 덩어리가 만들어진 이후에 보다 정교한 세부 표현에 효과적으로 적용될 수 있다. 한편 유리 공예에서 표면을 부풀리거나 매끄럽게 다듬는 방식은 모형의 표면을 정리하는 마무리단계에 적절한 방식으로 적용할 수 있다. 이는 모델링의 과정을 자유로운 형태 전개, 세부적인 구체화, 그리고 마무리 및 정리와 같은 일련의 단계로 구분할 수 있으며 각 단계에 따라 적절한 방식을 조합하여 적용하는 것이 효율적임을 시사한다.

한편 찰흙을 지속적으로 덧붙이거나 문지르거나 나무를 계속 깎아내는 것과 같이 형태의 발전이 간단한 조작의 반복을 통해 이루어짐을 알 수 있었다. 또한 모델의 표면에 직접 스케치를 해봄으로써 변형할 모양을 계획하고 미리 예상해볼 수 있어 형태 발달과 전개가 활발하게 이루어졌다. 이는 기존의 모델링 어플리케이션에서 점, 선 등의 기하학적 요소로 형태를 계산하는 방식과 비교했을 때, 실제적인 인터페이스를 통해

모델의 표면을 직접 다루는 방식이 보다 직관적이고 즉각적인 조작을 가능하게 함을 시사한다.

모형 제작 방법이 사용되는 재료의 특징 및 도구도 모델링 방식에 큰 영향을 미친다는 점을 파악하였다. 컴퓨터상의 3차원 공간 모델링에서도 가상의 모델에 재료의 특성을 부여함으로써 새로운 모델링의 인터페이스를 제안할 수 있다. 즉 실제 물리적 형태를 다루는 것과 같이 단위의 형태끼리 서로 붙으려는 점성이나 가열에 따라 표면 변형이 쉬워지는 물리적 변화 등을 모델링 인터페이스에 적용함으로써 같은 조작으로 다양한 효과를 얻을 수 있다. 또한 실제 재료를 문지르거나 깎아내는 듯한 촉각적인 피드백을 지원함으로써 조작의 정도를 효과적으로 조절할 수 있다. 재료의 실체가 없는 3차원 모델링에서 이러한 효과를 지원하기 위해서는 가상 모델의 재료 속성, 조작 및 결과에 대한 피드백을 반영할 수 있는 적절한 도구의 사용이 중요하다고 볼 수 있다.

모델을 직접 다루는 물리적 도구뿐만 아니라 형태의 표현을 가이드 할 수 있는 보조적인 도구의 활용이 공간 조작의 어려움을 해결하는 대안이 될 수 있다는 점을 발견하였다. 예를 들어 스프레이 컬러링에서 정확하게 분사되는 경계를 지정할 수 있는 마스킹 테이프의 사용과 표면에 보다 균일한 분사를 할 수 있는 회전 선반의 사용은 실제 입력 장치의 공간 조작만으로는 모델 표면의 정확한 위치 및 범위의 지정이 어렵다는 점을 고려했을 때 3차원 공간 모델링을 보조할 수 있는 유용한 컨셉으로 연결할 수 있다.

4. 증강현실 기반의 모델링 인터페이스 제안

본 연구에서는 기존 물리적 조형 방식과 도구를 그대로 재현하기 보다는 컴퓨터를 활용한 가변적이고 인터랙티브한 3차원 공간이라는 점을 적극 활용할 수 있는 인터페이스 방식에 초점을 맞추어 컨셉을 전개하였다. 즉 현장조사에서 파악한 다양한 조형 방식의 메타포를 활용하지만 실제 물리적 환경의 제약에 구애받지 않는 조작 방식을 지원하고자 하였다. 특히, 모델링의 초기 단계에서 컴퓨터 사용이나 모형 제작에 익숙하지 않은 사용자들도 기본적인 조작으로 생각하는 형태를 공간상에 직접 표현할 수 있는 방식을 탐색하였다. 이를 위해 기본적인 조형 방식과 도구를 재해석하거나 조합하는 과정을 통해 새로운 인터페이스의 컨셉을 모색하였다.

4-1. 스프레이 모델링 컨셉의 제안

찰흙 조소와 같이 덩어리를 붙여가며 형태를 발전시키는 방식을 컴퓨터를 활용한 3차원 공간상에서 적용할 경우 단순한 작업이 반복되어 비효율적인 작업이 되기 쉽다. 또한 가상의 모델을 직접 만지는 듯한 물리적인 피드백의 부재로 실제 조소와 같은 인터페이스를 구현하는데 한계가 있다. 이에 대한 해결안으로 덩어리를 직접 만지는 대신 전체의 표면을 점진적으로 변형하여 매끄럽게 마무리하는 유리 공예나 디자인 목업의 성형 가공, 표면 가공과 같은 방식을 적용할 수 있다. 그 중에서도 특히 디자인 모형제작 과정의 표면 컬러링에서 활용되는 공기 스프레이를 활용한 입자 분사는 개별 입자가 표면에 덧붙여지는 조소의 개념을 가지고 있기 때문에 사용자들이

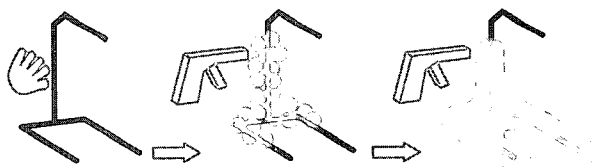
보다 직관적으로 응용할 수 있을 것으로 판단하였다.

현장조사의 발견점을 종합하여 본 연구에서는 스프레이 모델링 인터페이스를 제안한다. 이 방식은 스프레이 건(Spray Gun)의 입자 분사 방식과 촬출 조소의 모형제작 프로세스를 결합한 가상 혹은 혼한협실 공간상의 3차원 모델링 인터페이스 방식이다. 즉 대략적인 형태를 프레임으로 만들고, 그 위에 가상의 단위입자를 분사하여 촬출 조소에서 덩어리를 덧붙여 가듯이 형태를 발전시킬 수 있다. 또한 스프레이 모델링은 실제 공기가 분사되고 반작용을 느끼는 스프레이 장치를 활용함으로써 실제적 사용자 인터페이스(Tangible User Interface) [17]를 제공한다. 증강현실을 기반으로 하기 때문에 실제 선형 프레임 등의 매개체가 가상 모델의 가이드 역할을 할 수 있다. 뿐만 아니라, 스프레이 입력 장치를 활용한 조작 시 공기 반작용 피드백은 효과적인 물리적 인터페이스를 제공한다.

스프레이 모델링 인터페이스는 기존의 기하학적 모델링에서 이미 계획된 형태를 표면 모델링(Surface Modeling) 이나 솔리드 모델링(Solid Modeling) 등의 방식으로 만들어 가는 것과는 달리, 물리적 조형방식에 기초한 직관적인 조작 방식을 제공하기 때문에 초기의 다듬어지지 않은 아이디어를 자유롭게 표현하고 순환적으로 수정할 수 있다.

4.2. 스프레이 모델링의 프로세스

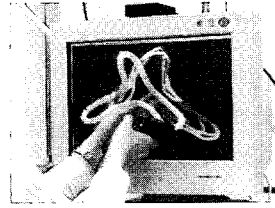
스프레이 모델링 프로세스는 프레임 그리기, 볼륨 분사하기, 표면 다듬기의 세 가지 단계로 나눌 수 있다[그림 10]. 각 단계가 서로 유연하게 연결되고 순환적으로 반복됨으로써 효과적인 형태 전개가 가능하다.



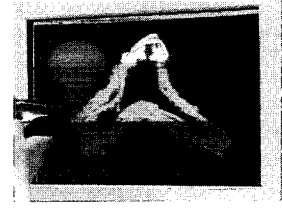
[그림 10] 스프레이 모델링은 프레임 그리기, 볼륨 분사하기, 표면 다듬기의 단계로 이루어진다.

프레임 그리기의 단계에서는 3차원 공간 드로잉 방식을 기본으로 형태의 대략적 뼈대를 공간상의 실린더형 라인으로 그린다. 이때 원하는 모양대로 구부린 실제 프레임을 가이드로 활용할 수도 있다[그림 11]. 즉 가상의 라인만으로는 실제 공간에서 위치와 크기에 대한 인지가 어려울 수 있기 때문에 철사와 같은 가변 프레임으로 초기 형태를 만들고 그 위에 가상 모델의 입체 이미지를 겹쳐봄으로써 형태 조작이 쉬워진다.

대략의 프레임을 만든 이후에는 입자를 분사하여 형태를 발전시킨다. 스프레이 입력 장치의 위치와 방향을 조절하여 단위입자들을 분사하면 분사된 입자들은 기존의 프레임, 혹은 미리 분사되어 있던 입자에 순차적으로 덧붙여지게 된다. 이때 스프레이 건의 위치로부터 입자의 분사의 크기, 방향, 밀도, 그리고 범위를 보여주는 원추형태의 표시가 나타나게 된다 [그림 12]. 사용자는 이 인터페이스 요소를 활용하여 입자 분사의 효과를 미리 보고 조절할 수 있다.



[그림 11] 물리적 프레임과 입



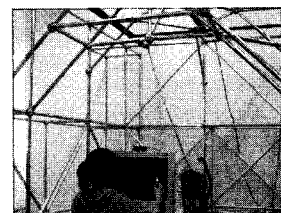
[그림 12] 분사의 범위 및 밀도가 원추 형태로 표시된다.

다음 단계에서는 단위 입자들의 분사로 만들어진 표면을 변화시켜 형태를 정리해 간다. 개별 입자들을 문지르거나 녹여서 하나의 덩어리로 만들듯이 형태를 하나로 이어주는 표면을 만들거나 입자들을 결정화 한다. 역시 실제 스프레이의 사용과 마찬가지로 분사의 범위나 세기의 정도를 조절하여 표면이 정리되는 범위와 매끄러운 정도를 바꾸어가며 마무리하게 된다.

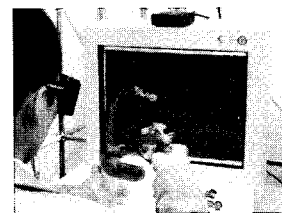
4.3. 증강현실 기반의 프로토타입 구현

스프레이 모델링 인터페이스의 프로토타입은 3차원 입체의 실제적인 조작을 지원하기 위해 증강현실 기반환경 하에서 개발되었다. 또한 직관적인 인터페이스의 중요한 요소인 직접조작(Direct Manipulation)을 적용하였다.

프로토타입 구현에서 핵심적인 부분은 증강현실 공간을 구축하는 것이었다. 입체영상을 제공하기 위해 능동적(Active) 입체영상 시스템을 구축하였다. 액티브 스테레오 글라스(Crystal Eyes)와 21인치 CRT모니터를 활용하여 증강현실 공간을 구축하였다. 3차원 위치 추적 트래커(Intersense, IS-900PC Wand Tracker, Head Tracker)를 사용해 스프레이 입력 장치와 액티브 스테레오 글라스의 위치를 추적하였다 [그림 13]. 스프레이 건의 위치와 오리엔테이션에 따라 분사되는 가상의 입자를 실제 공간 좌표에 매핑시키고 액티브 글라스의 위치를 추적하여 시선의 움직임에 따라 고정된 가상의 오브젝트 뷰를 변화시켜 실제처럼 네비게이션할 수 있도록 하였다[그림 14].

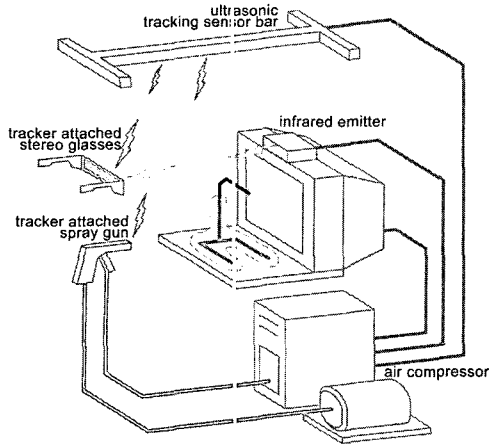


[그림 13] 트래킹 센서바 아래에서 입체 안경과 입력 장치의 위치를 추적한다.



[그림 14] 시선의 변화에 따라 입체 영상의 뷰를 변화하며 실제처럼 네비게이션한다.

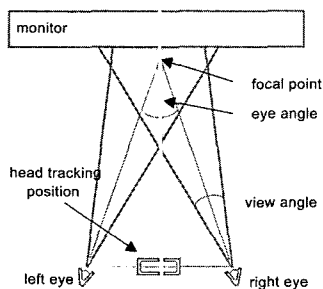
전체 작업 공간은 3차원 트래커 센서 바를 올려놓을 수 있는 메로폼 구조물로 제작하고, 그 아래 모니터 앞에서 사용하는 입체 디스플레이 안경을 착용하고 스프레이 입력 장치를 사용하여 가상의 모델을 조작하게 된다[그림 14, 15].



[그림 15] 위치 추적 장치, 입체 스테레오 글래스, 스프레이 입력 장치로 3차원 모델링을 위한 증강현실 기반 프로토타입을 제작하였다.

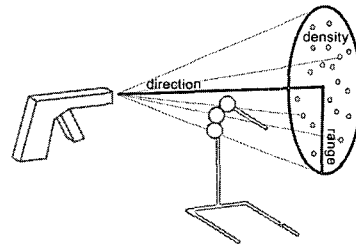
입자 분사효과의 실제적인 피드백을 위해서 에어 컴프레서와 연결된 스프레이 건을 입력장치로 사용하였다. 스프레이 분사시 소리의 정도를 마이크 센서로 감지하여 입자의 분사 정도의 값을 컴퓨터로 입력하였다. 실제 분사되는 공기의 반작용으로 조작의 실제적인 피드백을 느낄 수 있다.

소프트웨어는 VTK(Visualization Toolkit)[18] 그래픽스 라이브러리와 Visual Studio .Net 환경에서 개발되었다. VTK는 오픈소스(Open Source)로 개발된 객체지향형 컴퓨터 그래픽스 및 인포메이션 비주얼라이제이션 툴킷으로 개발자가 손쉽게 양안시차를 이용한 입체 영상시스템을 구현할 수 있는 클래스를 제공하고 있다. 가상 입체가 실제 공간에 위치하는 듯한 거리감과 입체감을 구현하기 위해 양안시차를 조절하여 두개의 스테레오 뷰를 실시간으로 렌더링 하는 방법을 활용하였다[그림 15]. 입체 영상시스템 구현에서 주요 구현이슈로 사용자 눈의 위치에 따라 입체영상을 실시간으로 업데이트 하는 것을 들 수 있다. 이를 위해 사용자의 시선(Focal Point)이 모니터의 중심점을 향한다고 가정하고 사용자의 움직임에 따라 변하는 두 눈 사이의 각도(eye angle)값을 계산함으로써 입체영상을 실시간으로 업데이트하였다. 모니터 기반의 스테레오 렌더링 방식의 입체 디스플레이를 사용하였기 때문에 실제감 있는 입체 영상을 지원하는 증강 현실 작업 공간은 21인치 모니터 화면의 면적으로부터 사용자 위치까지의 공간(40cm * 40cm * 40cm)으로 제한되었다.



[그림 15] 안경의 위치를 추적하고 양안시차를 활용한 스테레오 렌더링으로 3차원 입체 영상을 디스플레이한다.

입자가 분사되고 순차적으로 덧붙여지는 스프레이 연산 모델을 적용하였고[그림 16] VTK에서 제공되는 시각화 클래스를 활용하여 프레임 드로잉과 입자분사, 표면 다듬기의 각 과정에 대한 인터랙션을 시각적으로 구현하였다. 즉 프레임 그리기 모드에서는 입력장치의 위치 변화 경로가 그대로 실린더형 라인으로 생성되고, 입자 분사 모드에서는 입력장치가 가리키는 방향과 누르는 정도에 따라 단위 구가 분사되고 프레임의 위치나 기존에 이미 위치한 다른 구의 위치를 감지하여 그 위에 덧붙여지는 과정을 반복하게 하였다.



[그림 16] 스프레이 입력장치의 위치와 오리엔테이션을 추적하여 입자 분사의 방향을 계산한다.

4.4. 모델링 인터페이스 사용성 조사

스프레이 모델링 인터페이스의 타당성과 개선점을 검토하기 위하여 대략적인 형태를 만들어가는 초기 조형화 단계에 사용자 평가를 실시하였다. 평가에는 5명의 제품 디자이너들이 참가하였으며 이들은 모두 기존 3D CAD 시스템에 대한 사용경험을 가지고 있었다. 참가자들은 프로토타입 시스템을 활용하여 간단한 조작기 모델링, 스탠드 모델링, 기타 입체 구성 조형들 중 하나를 완성하였다[그림 17]. 새로운 인터페이스에 대한 수용도와 개선점 파악에 초점을 맞추었기 때문에 구체적인 모델링 과정의 수행과 정량적인 사용성 측정은 이루어지지 않았다. 대신 모델링 인터페이스의 기존 방법과의 비교, 새로운 응용 가능성, 개선점 등을 중심으로 인터뷰하였다.



[그림 17] 프레임 그리기, 입자 분사하기, 표면 다듬기의 단계를 거쳐 스프레이 모델링의 사용 시나리오에 맞춰 평가를 진행했다.

프레임을 세우고 덩어리를 덧붙이는 프로세스가 초기의 다듬어지지 않은 형태를 표현하기에 적절하였으며, 특히 초기에 형태를 전개하는 과정에서 다양한 방식으로 프레임 활용 가능한 가능성이 있었다. 프레임을 반복적으로 겹쳐서 그리 는 과정을 통해 형태를 발전시키는 과정과 확인하는 과정이 동시에 이루어졌다. 한편, 분사의 위치를 정확히 지정하기 어렵기 때문에 분사된 입자가 붙을 수 있는 프레임의 면적을 최대한 넓게 하기 위해 선형의 프레임뿐만 아니라 면적을 가지는 폴리곤 형태의 프레임의 마련에 관한 의견도 있었다. 예를 들어 큰 입자의 분사로 전체의 형태를 대략적으로 표현한 이후에 입자의 크기가 작은 입자들을 분사해서 비어있는 부분을

채워가며 세부적인 형태를 정리할 수 있다. 이를 위해서는 입자의 크기와 밀도 등을 보다 자연스럽게 빠르게 조절할 수 있는 인터페이스의 필요도 제기되었다.

스프레이 장치를 활용한 입력 장치는 물리적인 조작과 소리, 공기 등의 피드백을 제공함으로써 직관적인 모델링을 지원하였다고 참가자들이 대답하였다. 그렇지만 입력 장치 혹은 화면 인터페이스의 개선을 통해 프레임 세우기, 볼륨 분사하기, 표면 다듬기와 같은 각 모드간의 자유로운 변화와 연계가 필요하다는 지적이 있었다. 그리고 입체 이미지의 조작뿐만 아니라, 정확한 공간 조작과 자유로운 직접 조작을 위한 디지털 가이드의 필요성을 파악하였다.

4.5 인터페이스 개선을 위한 향후 과제 토의

프로토타입 개발 및 사용자 평가를 통해 다음과 같은 구체적인 인터페이스의 개선 사항이 파악되었다.

1) 실제적인 프레임 인터페이스의 제안

스프레이 모델링의 사용에서 프레임 그리기 인터페이스에 대한 개선이 필요함을 알 수 있었다. 즉 가상의 이미지만으로 허공에서 드로잉을 하기가 어렵고 라인을 한 번에 연속으로 그리지 않는 이상, 중단했던 부분을 정확히 찾아 새롭게 드로잉을 연결할 수 없어 지속적인 형태를 발전해갈 수 없었다. 물리적인 프레임을 보조적인 가이드로 지원하고 있지만 이것을 그대로 따라 그리는데 과정이 번거롭다는 의견이 있었다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 물리적인 프레임의 적극적인 활용을 고려할 수 있다. 즉 실제 철사 프레임을 손으로 변형하면 그 위치와 형태가 가상의 라인의 조절로 바로 연결되는 방식이다. 이러한 방식을 활용한다면 보다 직관적으로 프레임을 조절할 수 있고, 또한 입자 분사와 프레임 변형을 보다 순환적으로 진행할 수 있을 것이다. 예를 들어 출출 조소의 경우와 같이 프레임 위에 이미 입자가 덧붙여져 있더라도 프레임의 구부리면 그에 따라 전체의 형태를 변형해봄으로써 다양한 조정적 실험을 자유롭게 시도할 수 있다. 그러나 실제 프레임의 변형상태가 실시간으로 디지털화 되어 컴퓨터에 입력되어야 하는 기술적인 문제가 해결되어야 할 것이다.

2) 분사 효과 조절 인터페이스의 제안

현재 프로토타입의 사용에서는 입자 분사 시 크기 및 밀도의 조절 기능이 기본적인 키보드 인터페이스로 지원되고 있다. 하지만 보다 자연스러운 조작을 위해서는 이러한 인터페이스가 입력 장치의 사용과 디스플레이의 차원에서 긴밀하게 연결되어야 할 것으로 지적되었다. 해결방안으로 실제 스프레이 건에서 페인트나 공기의 양을 조절하는 것과 같은 입력 장치의 인터페이스를 그대로 연결할 수 있다. 하지만 이럴 경우 양손을 모두 사용해야 하기 때문에 수시로 작업이 끊기고 조작이 번거로울 수 있다. 입자 분사 조작의 연장에서 조절 요소를 바꾸기 위해서는 모델과 함께 디스플레이 되는 팔레트 메뉴나 드래그 방식을 고려할 수 있다. 예를 들어 3차원 작업 공간의 특정한 위치에 입자 크기, 밀도, 색깔 등을 선택할 수 있는 팔레트를 표시하고 각 요소를 입력 장치를 움직여 선택하거나, 특정한 제스처로 각 요소를 변화시키는 방식을 제안할 수 있

다. 이러한 인터페이스 요소들이 증강현실 공간에서 자연스럽게 통합되기 위해서 추가 사용성 평가가 요구된다.

3) 회전 선반을 활용한 네비게이션 인터페이스의 제안

스프레이 모델링 인터페이스 방식을 활용하는 경우 입체의 모델이 공간에 고정되어 있고 사용자의 시선과 입력 장치의 방향을 바꾸어가며 모델링 한다. 하지만 사용자가 향하는 방향이 모니터를 바라보는 방향으로 고정되어 있고 모델을 중심으로 한 시선의 움직임에 제약이 있기 때문에 사실상 모델의 뒷면이나 옆면에 작업하기가 힘들다. 실제 모형 제작 작업에서는 사용자가 직접 움직여 시선을 변화하는 것과 더불어 모델을 자유롭게 움직이거나 돌려가며 다른 면을 확인하고 변형한다. 이는 보다 자연스러운 모델링을 위해서는 모델의 방향을 쉽게 돌려볼 수 있는 인터페이스가 필요함을 시사한다. 해결방안으로 스프레이 작업이나 유리 공예 과정에서 쓰이는 선반 형태의 회전형 턴 테이블(Turn Table) 인터페이스를 도입하여 원반위에 고정된 가상의 모델을 돌려가며 모든 표면에 골고루 스프레이 하는 방식을 적용할 수 있다.

4) 선택적 분사를 위한 마스킹 및 가이드의 활용

가상의 입자 분사에 있어서 정확한 위치와 방향을 조절하기 어렵기 때문에 실제 의도했던 것과는 다른 형태로 입자가 덧붙여지는 경우가 종종 발생하였다. 이를 해결하기 위해서 분사의 효과를 가이드 할 수 있는 부가적인 도구의 사용을 고려해볼 수 있다. 예를 들어 실제 스프레이 작업에서 컬러링 되지 않는 부분을 테이프로 가리는 마스킹 방식을 응용해 입자 분사의 범위를 조절할 수 있다. 이를 통해 기하학적으로 보다 정리된 표면 및 형태의 표현을 지원할 수 있을 것이다.

위에서 제안한 사항 이외에 보다 실제와 비슷한 스프레이 분사 및 표면 정리 효과를 위해서는 모델링 알고리즘 차원의 개선이 필요하다. 현재 입자 분사를 통한 대략적인 형태 발전 이후에 개별 입자들을 연결하여 표면을 만들기 위해 VTK에서 제공되는 기본적인 표면 생성 클래스를 사용하고 있다. 따라서 본래 의도했던 매끄러운 표면이 재현되지 않고 거친 상태로 표현되어 세부적인 형태 수정에 제한이 있다. 이는 위에서 논의된 인터페이스와는 다른 차원의 개선안으로 모델링 연산에 관한 지속적인 연구가 요구된다.

5. 결론

5-1. 연구의 의의 및 향후 과제

본 연구에서는 디자인 3D 모델링 지원도구의 개발이라는 구체적인 문제에 대해 공간 조작의 어려움과 가상 모델에 대한 실제감을 해결할 수 있는 새로운 3차원 공간 모델링 인터페이스를 모색하였다. 이를 위해 물리적 조정과정을 자연스럽게 반영하는 인터페이스 컨셉의 제안에 초점을 두었다. 특히 가상 및 증강 현실에서의 새로운 인터랙션 가능성을 탐색하여 스프레이 메타포를 통한 입자 분사 방식과 공기의 반작용을 활용한 새로운 햅틱 인터페이스를 제안하였다.

프로토타입 개발과 사용자 조사를 통해 새로운 인터페이스의 가능성, 문제점 및 개선안을 파악하였다. 기존의 모델링 방식과 비교했을 때, 새로운 형태 발상과 표현을 지원하는 인터페이스로 인식되었다. 또한 증강 현실 작업 공간을 활용한 창작 매체로서의 가능성을 파악하였다. 그리고 실제적인 프레임의 활용, 분사 효과의 조절, 회전 선반을 활용한 네비게이션, 기타 보조 도구의 활용 등의 인터페이스의 개선을 위한 구체적인 향후 연구로 도출 되었다.

5-2. 다양한 분야에서 응용 가능성

스프레이 모델링은 디자인 혹은 예술 분야의 3차원 모델링 뿐만 아니라, 일반적인 3차원 공간 인터렉션 방식, 게임, 교육 등의 다양한 분야에 적용할 수 있을 것으로 기대한다.

1) 3차원 컴퓨터 작업공간(workspace) 인터렉션으로 응용

컴퓨터그래픽스, 가상현실, 증강현실 기술의 발전은 기존 데스크탑 메타포를 활용하는 2차원 컴퓨터 작업공간을 3차원 작업공간으로 변화시키고 있다. 이러한 작업공간에서 스프레이 모델링에서 제안된 3차원 직접 조작이나 공기 피드백 효과는 새로운 인터렉션 방식의 대안이 될 수 있다. 특히 공기압을 활용한 물리적 피드백 효과는 기존의 메카닉 방식의 햅틱 [19] 피드백 방식과 비교했을 때, 보다 경제적이고 효과적으로 3차원 인터렉션을 지원할 수 있는 가능성을 가지고 있다. 스프레이 모델링에서 활용한 공기의 분사뿐만 아니라, 공기압을 활용한 회전 효과나 압착 효과를 인터페이스 상황과 접목시켜 사용자에게 보다 직관적인 조작을 지원할 수 있다.

2) 새로운 드로잉 방식 및 미디어 아트로의 응용

스프레이 모델링 인터페이스는 미디어 아트 표현을 위한 새로운 매체가 될 수도 있다. 스프레이 건의 조작은 입자의 분사 효과를 물리적으로 계산하여 실제와 같이 그대로 구현할 수도 있지만, 가상의 입자와 공간이라는 점을 활용하여, 현실에서 일어날 수 없는 흥미로운 표현 효과들을 적용할 수도 있다. 예를 들어 분사되는 입자들의 크기가 점점 변하거나, 스프레이 건을 움직이는 방향이나 속도에 따라 분사의 크기나 방향이 달라지는 등 다양한 변화 요소를 접목시킬 수 있다. 이러한 새로운 표현 방법은 새로운 미디어 창작을 촉진할 수 있다는 점에서 예술 및 교육의 지원도구로써 중요한 의미를 가진다.

3) 인터랙티브 게임 디바이스로의 응용

3차원상의 직접 조작과 실제적인 햅틱 피드백의 지원은 인터랙티브 게임 시스템에 있어서도 중요한 요소가 될 수 있다. 자동차 경주 시뮬레이션에서의 충돌 효과나, 체트기 시뮬레이션의 미사일 발사와 같은 간단한 진동 효과들을 활용한 다양한 게임 기기들이 개발되고 있다. 스프레이 모델링에서 활용한 입자 분사방식과 그에 따른 공기의 피드백을 또한 다양한 게임 콘텐츠와 기기의 제안과 연결될 수 있는 가능성을 가지고 있다.

참고문헌

- [1] Arnheim, R. Visual Thinking. *University of California Press*, 1969
- [2] Michael S., Serious Play: How the World's Best Companies Simulate to Innovate. *Harvard Business School Press*, 2000
- [3] Donald A. Norman, The Design of Everyday Things. *MIT Press*, 2002
- [4] Mitani, J., Suzuki, H., Kimura, F., 3D Sketch: Sketch-Based Model Reconstruction and Rendering, From geometric modeling to shape modeling, *Kluwer Academic Publishers (2002)*, Norwell, MA, USA. 85-98.
- [5] Qin, S., Wright, D., Jirdanov, I., from on-line sketching to 2D and 3D geometry: a system based on fuzzy knowledge. *CAD 2000*, vol.31, no.14. *Elsevier Science (2000)*. 851-866.
- [6] Igarashi, T., Matsuoka, S., Tanaka, H., Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design. In *Proc. SIGGRAPH 1999*, *ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.* 409-416.
- [7] Singh, K., Interactive Curve design using Digital French Curves. In *Proc. ACM Symposium on Interactive 3D Graphics (I3DG'99)*, *ACM Press (1999)*, 23-30.
- [8] Markosian, L., Cohen, J. M., Hughes, J. Skin: a constructive approach to modeling free-form shapes. *SIGGRAPH 1999*, *ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co (1999)*. 393-400.
- [9] Andreas Bærentzen, Niels Jorgen Christensen, Volume Sculpting Using the Level-Set Method, *Proceedings of the Shape Modeling International 2002 (SMI'02)*, p.175
- [10] Sachs, E., Stoops, D., Roberts, A., 3-DRAW: A Tool for Designing 3D Shapes. *IEEE 1991*, vol.11, issue 6. *IEEE Computer Society Press*. 18-26.
- [11] Schkolne, S., Pruett, M., Schroder, P. Surface drawing:creating organic 3D shapes with the hand and tangible tools. In *Proc. CHI2001*, *ACM Press*, 261-268.
- [12] Yan-Hong Lu, Wei-The Wang, Wei-The Wang, Rung-Huei Liang, Ming Ouhyoung, Virtual Sculptor: A Feature Preserving Haptic Modeling System, *ACM 2002*
- [13] Lin, M., Baxter, W., Scheib, V., Wendt, J., Physically based virtual painting. *Communication of the ACM 2004*, vol.47, Issue.8. 40-47.
- [14] Keefe, D., Acevedo, D., Moscovich, T., Laidlaw, D., and LaViola, J. CavePainting: A Fully Immersive 3D Artistic Medium and Interactive Experience, *Proceedings of the 2001 Symposium on Interactive 3D Graphics*
- [15] Johan Partomo Djajadiningrat, Cubby: What You See is Where You Act, Interlacing the Display and Manipulation Spaces, *1998 Doctorial Thesis (Delft University of Technology)*
- [16] Morten F., Kristina L., Martin B., Fred V., Helmut K., Matthias R., Physical and Virtual Tools: Activity Theory Applied to the Design of Groupware, *CSCW2002*
- [17] Ulmer, B. and Ishii, H., emerging frameworks for tangible user interface, *ACM 2000*
- [18] Will Schroeder, et al, The Visualization Toolkit: An Object Oriented Approach to 3D Graphics 3rd Edition, *Kitware, Inc.*
- [19] Kenneth Salisbury, Haptics: The Technology of Touch, *HPCwire Special*, Nov. 10, 1995