증강현실 콘텐츠 제작을 위한 감각형 상호작용 기반 3D 모델 조립 시스템

이형묵, 우운택
광주과학기술원 U-VR 연구실

Tangible Interaction based 3D Model Assembly System for Generating Augmented Reality Content

Hyeongmook Lee and Woontaek Woo
GIST U-VR Lab.
E-mail : {hmooklee, wwoo}@gist.ac.kr

Abstract: 본 논문에서는 증강현실 환경에서 3D 모델을 결합하여 새로운 복합 모델 제작이 가능한 감각형 상호작용 기반 3D 모델 조립 시스템을 제안한다. 증강현실 콘텐츠 제작을 위한 기존의 저작도구는 주로 미리 완성된 3D 모델을 배치하는 기능에만 초점을 두고 있어 사용자가 원하는 형태로의 모델 재구성에 한계가 있다. 제안된 시스템은 이러한 제한점을 극복하기 위하여 3D 모델 데이터베이스인 팔레트, 양손 기반 조립 도구인 두 개의 큐브, 그리고 완성된 복합 모델 저장소인 스테이지로 구성되며 이를 이용한 직관적인 3D 모델 복사 및 삭제 상호작용 기법, 3D 모델 간 세부 결합 상호작용 기법, 그리고 선택 상호작용 기법을 구현하였다. 사용자는 이러한 감각형 상호작용 기법들을 이용하여 보다 직관적으로 조립 과정을 수행할 수 있으며 원하는 복합 모델 제작이 가능하다.

Keywords: 증강현실, 감각형 상호작용, 감각형 사용자 인터페이스, 조립 시스템

Ⅰ. 서론

증강현실(Augmented Reality)은 현실 공간에 가상의 객체를 정합하는 기술로 가상현실 보다 높은 현실감을 제공할 수 있다. 초기에는 증강을 위해 현실 공간의 특정 위치를 인식하고 추적하는 기술과 증강된 가상객체들간의 상호작용을 위한 기술에 초점이 맞추어져 연구가 진행되어 왔다. 하지만 최근 들어 이러한 기술들을 적극 활용할 수 있는 다양한 증강현실 응용 프로그램 혹은 콘텐츠 저작도구에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

이러한 증강현실 저작도구에서 3D 모델은 콘텐츠를 구성하는 가장 기본적인 요소이다. 3D 모델은 증강현실 콘텐츠에서 이야기의 중심이 되는 등장인물 혹은 이와 상호작용하기 위한 주변 객체의 역할을 하게 된다. AMIRE는 재사용 가능한 컴포넌트 기반 저작환경을 지원하는 증강현실 응용 프로그램 저작도구이며 스크립트를 이용하여 각 컴포넌트가 지니는 3D 모델의 위치 및 속성 변경이 가능하다[1]. DART는 디자이너를 위한 매크로미디어 디렉터, 즉 그래픽 사용자 인터페이스 기반 증강현실 콘텐츠 저작도구로 스토리보드 작업을 통해 콘텐츠 프로토타입을 제작할 수 있다[2]. 하지만 이러한 저작도구는 모두 3D Max, Maya 등의 모델링 소프트웨어에 의해 미리 완성된 3D 모델을 불러들여 배치하고 속성을 변경하는 정도의 기능만을 제공하기 때문에 사용자의 의도가 반영된 새로운 복합 모델 생성이 어렵다. 또한 그래픽 사용자 인터페이스 혹은 스크립트 기반의 저작환경을 제공하기 때문에 프로그래밍이나 컴퓨터 이용 경험이 부족한 일반 사용자들이 친숙하게 다가가기 어려운 단점이 있다. TARM[3]은 감각형 인터페이스 기반 증강현실 모델링 시스템으로 직관적인 인터페이스를 제공하나 연결성이 약한 상호작용 기법을 제공함으로써 단순한 모델링 작업에도 적지 않은 시간을 필요로 한다.

제안된 시스템은 3D 모델 저장소인 팔레트, 자석과 버튼이 내장된 두 개의 육면체 큐브, 그리고 완성된 복합 모델 저장소인 스테이지로 구성된다. ARToolKit[4] 마커가 부착된 큐브, 팔레트, 그리고 스테이지는 마커 사이의 상대 거리 정보를 추적하여 팔레트에서 큐브로의 3D 모델 복사 및 삭제, 큐브 간 모델의 초기 결합과 분리, 그리고 큐브에서 스테이지로의 복사 상호작용 기법을 지원한다. 그리고 3D 모델 간 세부 결합을 위하여 자석에 의해 결속된 두 큐브의 실시간 회전 정보 추적 및 갱신을 통한 세부 결합 상호작용 기법을 제공한다. 또한 한 손에 의해 3D 모델이 가려지는 가림 현상을 줄이고 전체 조립 과정 시간 단축을 위해 버튼을 이용한 선택 상호작용 기법을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하

본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육성사업의 연구결과로 수행되었음

는 조립 시스템의 구성요소과 감각형 상호작용 기법의 기능적 측면 및 조립 과정에 대해 설명한다. 3장에서는 시스템 및 상호작용 기법의 구현에 대해 설명한다. 4장에서는 실험을 통해 조립 시스템에 대해 고찰해보고 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구를 제시한다.

Ⅱ. 조립 시스템 및 감각형 상호작용

본 장에서는 증강현실 기반 3D 모델 조립 시스템의 구성요소 그리고 감각형 상호작용 기법에 대해 소개하고 이를 이용한 조립 과정에 대해 설명한다.

2.1 조립 시스템 구성요소

제안된 조립 시스템은 세 개의 구성요소로 구성되며 각각은 3D 모델 저장소인 팔레트, 조립 도구인 감각형 큐브, 그리고 중간 또는 완료 단계의 복합 모델 저장소인 스테이지다.

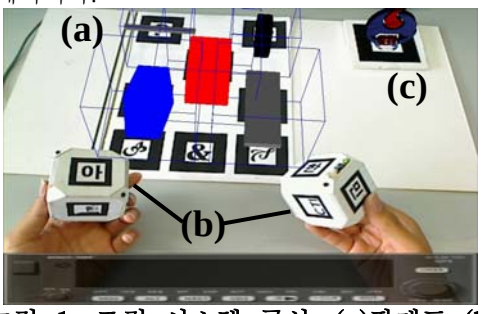


그림 1. 조립 시스템 구성. (a)팔레트 (b)감각형 큐브 (c)스테이지

팔레트는 3D 모델을 보유하고 있는 모델 데이터베이스로 그림1의 (a)와 같이 현재 조립 시스템이 사용 가능한 3D 모델을 사용자에게 제공한다. 사용자는 팔레트를 통해 다양한 모델들을 한눈에 확인하고 원하는 모델을 선택할 수 있으며 선택한 모델을 삭제할 수도 있다.

제안된 시스템은 마커가 부착 된 두 개의 큐브를 조립 도구로 제시한다(그림1의 (b)). 다수 마커에 의해 강건한 인식 및 추적이 가능하므로 큐브의 회전 및 이동에 따라 증강된 3D 모델도 같이 움직인다. 이는 각각 6면을 가지는 두 큐브 사이의 32가지의 초기 결합 위치를 가능하게 하며 나아가 3D 모델 결합의 선택범위를 넓히고 세부 결합의 시간을 단축시킴으로써 전체 조립시간을 줄인다.

두 개의 큐브를 이용한 조립은 조립 과정을 단순화시키는 장점이 있는 반면 큐브 간 모델 이동만이 가능한 순차적 조립만을 지원하는 한계점을 가진다. 이를 보완하기 위해 중간 과정을 저장하는 공간인 스테이지가 필요하다(그림1의 (c)). 즉, 스테이지는 조립 중간 과정의 복합 모델을 미리 배치하거나 결합 완료된 모델의 저장소이다.

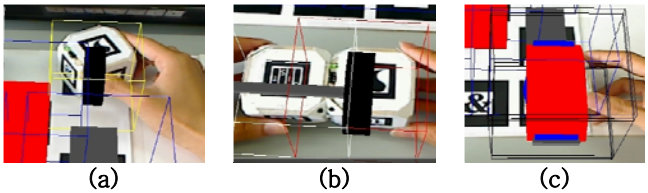
2.2 감각형 상호작용

2.2.1 복사 및 삭제 상호작용 기법

모델 복사 기능은 조립 시스템에서 가장 빈번하게 사용되는 기능으로 팔레트와 큐브, 큐브와 큐브, 스테이지와 큐브 사이에서 이루어질 수 있으며 상호작용의 방식은 목적에 따라 차이가 있다.

첫째로 팔레트와 큐브 사이의 복사 상호작용의 목적은 조립 준비를 위한 사용자에 의한 모델 선택이다. 선택할 모델의 위치로 큐브를 이동한 후 모델을 선택한다. 활성화 조건은 증강된 모델 주위의 지정된 범위 내에 큐브를 가까이 가져가는 경우이며 사용자는 3D 모델의 외곽박스가 노란색으로 변경되는 시각적인 피드백을 통하여 이를 직관적으로 확인할 수 있다(그림 2의 (a)). 두 번째 큐브와 큐브 간 복사는 조립 과정 중 세부 결합을 위한 준비단계인 초기 결합을 의미한다. 따라서 큐브 간 간격이 임계치 이하로 가까워지는 경우가 활성화 조건이며 외곽박스가 빨간색으로 변경되는 시각적 피드백을 제공한다(그림 2의 (b)). 마지막으로 스테이지와 큐브 사이의 복사는 조립 완료한 모델을 사용자가 원하는 실제 공간으로 직접 이동시켜 재 정합하는 작업이다. 이는 조립완료 된 제품을 전시할 장소에 두는 방법처럼 3D 모델이 증강된 큐브를 원하는 곳에 놓고 오는 상호작용 기법을 적용한다.

삭제 상호작용 기법은 스테이지와 큐브 사이에서 이루어지는 복사 기법을 팔레트의 지정 범위 내에서만 활성화 되도록 제공하고 모델을 삭제하며 검은색의 외곽박스를 시각적 피드백으로 제공한다(그림 2의 (c)).



(a) (b) (c)

그림 2. 외곽박스 변화에 따른 시각적 피드백. (a)파란색→노란색 (b)녹색→빨간색 (c)흰색→검은색

2.2.2 세부 결합 상호작용 기법

세부 결합 상호작용 기법은 실제 가구나 완구 제품 등의 조립 상황에서 흔히 볼 수 있는 드라이버를 이용한 나사 죄기 메타포를 적용한다. 큐브 간 복사를 통한 초기 결합이 완료되면 세부 결합 상태로 변경되고 이 시점부터 3D 모델의 이동을 통한 조립이 가능하다. 결속된 두 큐브는 초기 결합 상황에 따라 각각 나사와 드라이버에 대응되며 드라이버에 해당하는 큐브가 회전하는 방향에 따라 3D 모델의 이동이 수행된다. 그림3은 오른손에 쥐고 있는 큐브가 시계방향으로 회전함에 따라 바퀴 모양의 3D 모델이 안쪽으로 이동하는 모습을 순차적으로 보여준다. 여기서 큐브를 반 시계방향으로 회전하면 3D 모델이 바깥쪽으로 이동한다.

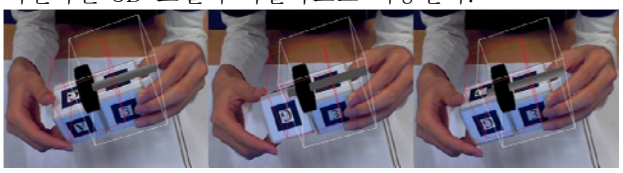


그림 3. 세부 결합 상호작용 화면 (시계방향 회전)

2.2.3 선택 상호작용 기법

조립은 일련의 과정이기 때문에 매 단계마다 시스템 사용자의 선택과 결정이 따르게 된다. 이러한 선택

을 위해 마커 기반 시스템에서 가장 많이 쓰이는 기법은 마커 가림을 이벤트로 활용하는 방법이다. 이러한 방법에서는 사용자의 손이나 조명등에 의해 발생하는 인식 오류를 줄이기 위해 적절한 시간 지연을 둔다[4]. 그러나 이로 인하여 가려질 때 증강된 물체가 사라지는 문제나 전체 프로세스 시간이 지연되는 추가적인 문제가 발생하기도 한다. 따라서 이러한 단점을 감각형 큐브 인터페이스를 해치지 않는 범위 내에서 극복하기 위해서 적절한 선택 상호작용 기법을 제안한다. 사용자는 손가락을 이용하여 큐브를 결합하거나 회전하므로 카메라에 의한 마커 인식을 최대한 방해 하지 않으면서 손가락을 이용하여 이벤트 신호를 전달하기 가장 좋은 위치인 모서리에 버튼을 배치하고 사용자는 조립 과정 중 다음 단계로 넘어가기 위해 접근하기 쉬운 곳에 위치한 버튼을 누름으로써 선택 이벤트 신호를 전체 시스템에 전달한다.

2.3 조립과정

앞서 언급한 세 구성요소와 감각형 상호작용을 활용하여 조립 과정을 다음의 순서로 수행한다(그림 4).

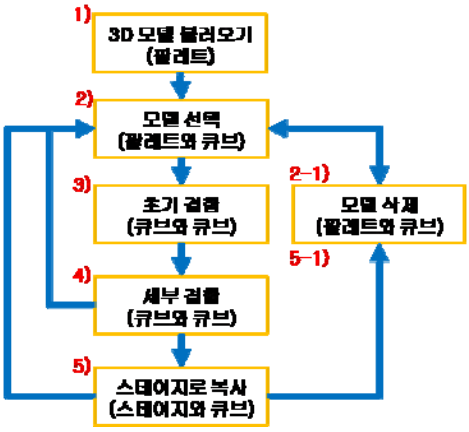


그림 4. 조립 과정 흐름도

1) 모델 팔레트로 3D 모델을 불러들인다.

2) 감각형 큐브를 이용하여 조립에 필요한 모델을 팔레트로부터 복사한다.
   2-1) 모델을 변경하려면 팔레트의 삭제 공간에서 삭제하고 단계 2로 돌아간다.

3) 두 큐브의 모델 선택이 완료되면 큐브에 내장된 자석의 자성을 이용한 초기 결합을 수행한다.

4) 결합된 두 큐브 간 회전에 의한 세부 결합 상호작용 기법을 통해 결합을 수행한다.

5) 결합된 모델을 스테이지로 복사한다.
   5-1. 새 모델에 의한 조립이 필요한 경우 팔레트의 삭제 공간에서 모델을 삭제하고 단계2로 돌아간다.

6) 2에서 4) 혹은 5)까지의 단계를 전체 조립 과정이 끝날 때까지 반복 수행한다.

Ⅲ. 구 현

3.1 조립 시스템 구현

조립 시스템의 구현 및 사용 환경은 다음과 같다. Intel(R)Core(TM)2 Duo CPU T7700 @ 2.40Ghz의 NVIDIA GeForce 8700M GT 장착 노트북, USB 카메라, USB타입 블루투스 모듈 2개, 그리고 세 개의 조립 구성요소(모델 팔레트, 감각형 큐브 2개, 스테이지)이다(그림 5).

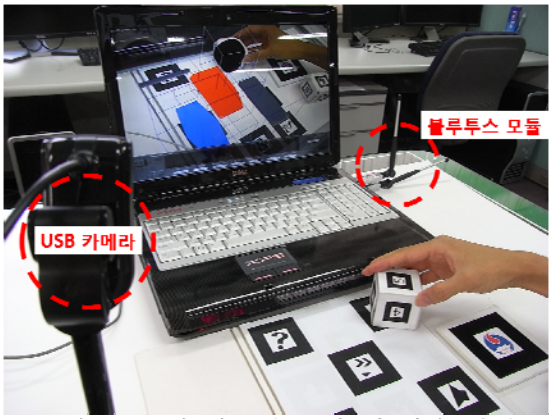


그림 5. 조립 시스템 구현 및 사용 환경

제안한 시스템에서 구현한 감각형 상호작용은 모두 큐브를 이용한 기법이므로 감각형 큐브 설계 및 구현에 가장 큰 초점을 맞추었다. 큐브를 제외한 팔레트와 스테이지는 ARToolkit에서 제공하는 마커를 조립 시스템에 맞게 응용하여 구현하였다.

큐브는 입방 5cm이며 내부에 자석과 버튼 제어 모듈이 내장되어 있다. 자석은 복사 상호작용 기법에서의 큐브 간 복사와 세부 결합 상호작용 기법을 지원하며 버튼은 선택 상호작용 기법을 지원한다. 자석은 각 면의 정 중앙에 배치되어 있어 사용자는 자성을 이용하여 초기 결합시 두 개의 큐브를 쉽게 결속할 수 있으며 또한 세부 결합시 결속된 상태로 쉽게 큐브의 회전이 가능하다. 버튼 제어 모듈은 마이크로 컨트롤러, 블루투스 칩, 충전용 배터리, 버튼 4개, 스위치 1개, 충전용 소켓, 그리고 LED로 구성된다(그림 6).

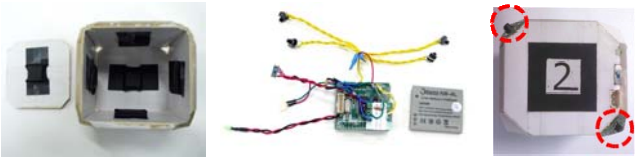


그림 6. 큐브 내부에 배치된 자석(중간), 큐브에 내장된 버튼 제어 모듈(좌), 그리고 모서리에 버튼이 부착된 큐브(우)

3.2 감각형 상호작용 기법 구현

제안된 시스템은 OSG(Open Scene Graph)[6]기반의 osgART[7] 1.0 버젼을 사용하여 구현하였으므로 모든 3D 모델은 추가되고 삭제될 때마다 신그래프(Scene Graph)를 형성한다. 복사 상호작용의 경우, 큐브와 팔레트, 큐브와 스테이지 사이에는 신그래프의 복제가 이루어지는 반면 큐브 간에는 복제가 아닌 이동이 일어나도록 구현하였다. 또한 세부 결합 상호작용 기법의 회전 인식은 아래의 의사 코드를 토대로 시스템에 맞게 구현하였다.

1) 카메라 영상으로부터 두 큐브 마커의 회전과 관련된 값을 추출하고 추출한 값으로부터 두 큐브 사이의 상대 각도를 계산한다.

2) 90도 단계별 회전 인식만을 요구하므로 실수 단위 값을 상태 단위 값으로 보정하고 이를 기준 상태로 저장한다.

3) 카메라 영상에서 두 큐브 마커의 회전을 추적하여 기준 상태로부터 시계/반시계 방향으로 임계치(±60.0도)를 초과할 경우 회전 인식 이벤트를 활성화하고 회전 방향에 따라 3D 모델을 이동시킨다.

4) 모델이 이동된 후 상대 각도를 다시 보정하고 이를 다시 기준 상태로 저장한다. 세부 결합이 완료되기 전까지 1)에서 4)의 단계가 반복 가능하다.

선택 상호작용 기법은 부착된 네 개의 버튼이 블루투스 통신을 통하여 동일한 데이터를 시스템으로 전송하도록 프로그래밍 하였으므로 사용자는 2.3절의 조립 과정 중 2)에서 5)단계를 수행할 때, 누르는 버튼의 위치에 관계없이 다음 단계로 넘어갈 수 있도록 구현하였다.

Ⅳ. 실험 및 결과

제안하는 감각형 상호작용 기반 조립 시스템의 성능을 고찰해보기 위해 블록 단위의 모델들을 조합하여 자동차를 제작해보았으며 동시에 구현된 감각형 상호작용의 조립 시간 단축 검증을 위하여 버튼이 없는 이전 버전의 조립 시스템과의 비교 실험을 해보았다. 모델 팔레트에 사용 가능한 3D 모델은 총 5개로 중복 사용을 포함하여 총 9개의 모델이 자동차 제작에 사용되었다. 그림 7은 자동차 모델 조립 과정 화면이다.

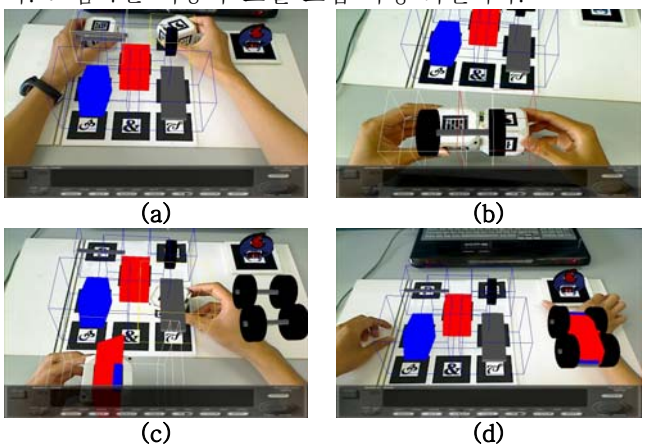


그림 7. 시간순서에 따른 자동차 모델 조립 화면 (a)모델 선택 (b)바퀴 조립 (c)차체부 조립 (d)완성

이 실험에서 제작에 이용된 감각형 상호작용 횟수는 복사 및 삭제 상호작용이 15회(팔레트와 큐브 간 6회, 큐브와 큐브 간 4회, 큐브와 스테이지 간 3회, 삭제 2회), 세부 결합 상호작용이 4회, 그리고 선택 상호작용이 19회였으며 비교 결과는 다음과 같다(그림 8).

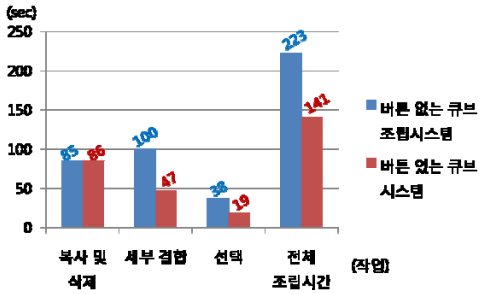


그림 8. 조립 수행 소요시간 비교

버튼이 내장된 큐브 시스템이 선택 작업의 시간을 두 배로 줄여주는 것을 확인 할 수 있었다. 그 외 세부 결합에서 현저하게 시간이 단축된 점은 구현 부분에서 단축을 지원하던 이전 시스템 방식을 3축 방향으로 세부 결합이 가능하도록 개선하였기 때문이다. 또한, 모델 팔레트 구성 변경에 따라 다양한 복합 모델 생성 및 재구성도 가능하다(그림 9).

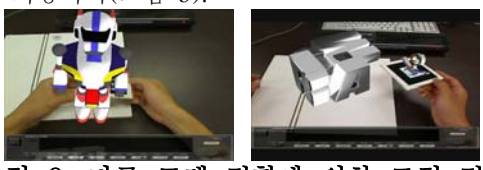


그림 9. 다른 모델 결합에 의한 조립 결과물. 3D 로봇(좌)과 3D 타이포그라피(우)

Ⅴ. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 증강현실 환경에서 3D 모델들의 결합을 통해 사용자에 의한 복합 모델 제작이 가능한 감각형 상호작용 기반 3D 모델 조립 시스템을 제안하였다. 기존의 증강현실 저작도구가 가지는 3D 모델 재구성의 제한과 일반 사용자가 이용하기 어려운 인터페이스를 가지는 한계점을 감각형 큐브를 이용한 직관적인 상호작용 기법의 구현과 복합 모델 조립 실험을 통해 보완할 수 있음을 논의해 보았다. 향후 연구로는 저작도구를 목표로 추가적인 기능 개발과 다수 사용자를 대상으로 감각형 상호작용의 직관성 정도에 대한 사용성 평가를 고려하고 있다.

참고문헌

[1] Grimm P., Haller M., Paelke V., Reinhold S., Reimann C., and Zauner J., "AMIRE – Authoring Mixed Reality," *IARTW2002.*

[2] MacIntyre B., Gandy M., Dow S., and David B. J.. "DART: A Toolkit for Rapid Design Exploration of Augmented Reality Experiences." *UIST* 2004.

[3] Park J. Y. and Lee J. W, " Tangible Augmented Reality Modeling," *ICEC* 2004.

[4] ARToolKit http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/

[5]Lee G., Nelles C., Billinghurst M., and Jounghyun K. G., "Immersive Authoring of Tangible Augmented Reality Applications," *ISMAR*2004.

[6] OSG http://www.openscenegraph.org

[7] osgART http://www.artoolworks.com/community/osgart/