

증강 현실에서의 장난감 블록 결합을 위한 큐브형 사용자 인터페이스

Cubical User Interface for Toy Block Composition in Augmented Reality

이형묵, Hyeongmook Lee*, 이영호, Youngho Lee**, 우운택, Woontack Woo***

요약 본 논문에서는 증강현실 환경에서의 장난감 블록 타입의 가상 객체 결합을 위한 큐브형 사용자 인터페이스(CUI)를 제안한다. 가상 객체 결합에 의한 새로운 객체 생성은 다양한 증강현실 콘텐츠의 효과적 구성을 가능하게 한다. 하지만 대부분의 GUI 방식은 오랜 학습 시간을 요구하거나 사용자의 행위와 제공되는 인터페이스 간에 직관성이 결여되어 있다. 증강현실 인터페이스들의 경우에도 주로 한 손 상호작용만을 지원하기 때문에 객체 간 결합의 특성을 크게 고려하지 않고 있다. 따라서, CUI는 증강현실 환경에서 가상 장난감 블록 모델의 결합을 위한 조작도구인 감각형 큐브를 제시한다. 다수 마커, 자석, 그리고 버튼이 부착된 감각형 큐브는 가상 객체의 자유로운 회전, 결합, 그리고 버튼 입력을 지원한다. 또한 본 논문에서는 CUI 기반의 두 가지 양 손 결합 상호작용 기법을 제안한다. 첫째는 가상 객체의 3차원 위치조정이 가능한 스크류 드라이빙 결합 방식이며 둘째는 시각적 안내를 지원하는 빠르고 직관적인 블록 조립 결합 방식이다. 제안하는 인터페이스는 교육, 오락, 그리고 디지털그북 콘텐츠 등을 구성하기 위한 저작 시스템에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract We propose Cubical User Interface(CUI) for toy block composition in Augmented Reality. The creation of new object by composing virtual object is able to construct various AR contents effectively. However, existing GUI method requires learning time or is lacking of intuitiveness between act of user and offered interface. In case of AR interfaces, they mainly have been supported one handed operation and it did not consider composition property well. Therefore, the CUI provide tangible cube as the manipulation tool for virtual toy block composition in AR. The tangible cube which is attached multi-markers, magnets, and buttons supports free rotation, combination, and button input. Also, we propose two kinds of two-handed composing interactions based on CUI. First is Screw Driving(SD) method which is possible to free 3-D positioning and second is Block Assembly(BA) method which support visual guidance and is fast and intuitive. We expected that proposed interface can apply as the authoring system for content such as education, entertainment, Digilogbook.

핵심어: *Virtual Object Composition, Tangible Cube, Tangible User Interface, Augmented Reality*

본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육상사업의 연구결과로 수행되었음

*주저자 : 광주과학기술원 정보통신학과 정보기전공학부 석사과정 e-mail: hmooklee@gist.ac.kr

**공동저자 : 광주과학기술원 정보통신학과 정보기전공학부 박사후 연구원 e-mail: ylee@gist.ac.kr

***교신저자 : 광주과학기술원 정보통신학과 정보기전공학부 교수 e-mail: wwoo@gist.ac.kr

1. 서론

일반적으로 증강현실 콘텐츠에 사용되는 3D 모델은 GUI 기반의 상용 모델링 툴을 사용하는 전문가에 의해 사전 제작 완료된다. 따라서 일반 사용자가 직접 툴을 사용하여 모델을 제작하거나 고급 모델링 기능을 이용하기 위해서는 많은 학습 시간이 요구된다. 일반 제작자를 고려한 장난감 블록과 같이 단순한 형태의 가상 객체 간 결합을 증강현실 환경에서 지원할 경우, 콘텐츠 구동환경과 동일한 제작 환경으로 인하여 제작과 동시에 테스트가 가능하고 감각형 객체의 충분한 활용을 통해 가상 객체의 빠르고 직관적인 조작을 통한 결합을 기대할 수 있다. 하지만 이를 위해서는 객체 결합에 적합한 사용자 인터페이스가 우선적으로 요구된다.

그 동안 가상 객체 모델링이나 결합을 위한 다양한 시스템 및 사용자 인터페이스가 연구 개발되었다. TARM[1]은 다수의 감각형 객체를 각각의 프리미티브 도형에 대응시켜 결합이 가능한 증강현실 모델링 시스템이며 ARpm[2]은 마커 패널을 이용한 다각형의 모델링이 가능한 증강현실 인터페이스이다. 두 연구에서는 단일 마커나 평면 마커를 부착한 조작도구를 사용하기 때문에 가상 객체의 회전의 한계가 있다. 또한 3DM[3]은 HMD 를 이용한 가상 객체 모델링이 가능한 시스템으로 가상 공간에서의 다양한 객체 생성을 지원한다. 하지만 앞서 언급한 연구 모두가 객체 간 부분 혹은 세부 결합 시 양 손 상호작용이 효과적인 경우에도 한 손 상호작용만을 지원하기 때문에 비효율적이다. 다수 객체 간 결합 시 양 손 결합 상호작용의 이점은 두 개의 3D 마그네틱 트래커를 사용하는 VLEGO[4]에서 잘 드러난다. 하지만 현실 공간이 아닌 가상 공간에서 결합이 이루어지기 때문에 증강현실의 장점을 얻을 수 없는 단점이 있다.

본 논문에서는 증강현실에서의 장난감 블록 결합을 위한 큐브형 사용자 인터페이스(Cubical User Interface, CUI)를 제안한다. CUI 는 조작도구인 두 개의 감각형 큐브(Tangible Cube)와 장난감 블록 객체의 데이터베이스이자 무대인 월드(World)로 구성되며 감각형 큐브는 실제 생활에서 익숙한 육면체로 조작이 쉽고 자석이 내장되어 큐브 간 결합 및 회전이 용이하며 각 모서리에 부착된 버튼을 통해 사용자가 쉽게 입력 신호를 시스템에 전송한다. 이러한 구성을 기반으로 CUI 는 카메라영상으로부터 감각형 큐브와 월드를 실시간으로 추적하고 모델 데이터베이스로부터 장난감 블록을 월드에 증강하고 선택/삭제/결합 등의 상호작용을 위한 인터페이스이다.

제안하는 인터페이스는 다음과 같은 장점을 가진다. 먼저, 큐브형 조작도구에 부착된 다수 마커에 의한 증강된 장난감 블록의 자유로운 회전을 지원하며 이는 블록의 모든 면에 사용자의 접근을 용이하게 한다. 또한, 장난감 블록 결합에 적합한 두 가지 양 손 결합 기법을 지원한다. 첫째, 스크류 드라이빙 방식은 3 차원

위치조정이 가능하여 사용자가 원하는 위치에 블록을 배치 가능하다. 둘째, 블록 조립 방식은 블록간 구조 정보를 이용한 시각 안내를 제공하며 빠르고 직관적인 결합을 지원한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 CUI 의 구성과 감각형 큐브에 대해 기술하고, 3 장에서는 결합을 위해 고안된 두 가지 양 손 상호작용 기법에 대해 설명한다. 그리고 4 장에서는 실험 및 결과 분석에 대해 다룬 뒤, 5 장에서 결론 및 향후 연구에 대해 언급한다.

2. 큐브형 사용자 인터페이스(CUI)

2.1 CUI 구성

CUI 는 크게 조작도구와 상호작용 공간으로 구성된다. 조작도구는 두 개의 감각형 큐브(Tangible cube)이고 가상 객체와 마커에 의해 추적 가능한 물리적 객체 사이의 상호작용 공간은 월드(World)이다. 그림 1 처럼 각각은 마커에 의해 독립된 좌표계를 가지며 하드웨어 입력을 제외한 장난감 블록의 선택, 삭제, 그리고 결합 상호작용은 카메라 영상 내 마커가 유효한 경우에만 이루어진다.

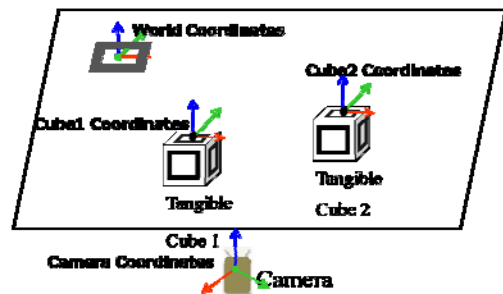


그림 1. CUI 구성

2.2 감각형 큐브(Tangible cube)

감각형 큐브는 CUI 를 위해 고안된 정육면체의 가상 장난감 블록을 위한 조작도구를 말한다. 큐브 형태를 조작도구로 선택한 이유는 다음과 같다. 먼저 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 모양이므로 일반 사용자에게 매우 친숙하다. 그리고 가상 객체의 자유로운 회전을 지원하기 위해서는 다수 마커가 적용된 3 차원 감각형 객체가 요구되는데 큐브는 이를 만족시킨다. 또한 장난감 블록 같은 단순 모델 간 결합의 경우 여섯 면의 접근만으로 충분하다.

본 논문에서 제시하는 감각형 큐브는 가공이 편한 아크릴 재질의 큐브 퍼즐과 크기가 비슷한 손에 쥐기 쉬운 크기로 제작하였다(그림 2 의 (a)). 그리고 가상 객체의 자유로운 회전이 가능하기 위하여 그림 2 의 (b)와 같이 여섯 개의 ARToolkit[5]마커를 각 면에 부착하였다. 덧붙여 결합 상호작용을 돕기 위해 각 내부 면에 자석과 각 모서리에 버튼을 부착하였다.(그림 2 의 (c)(d))

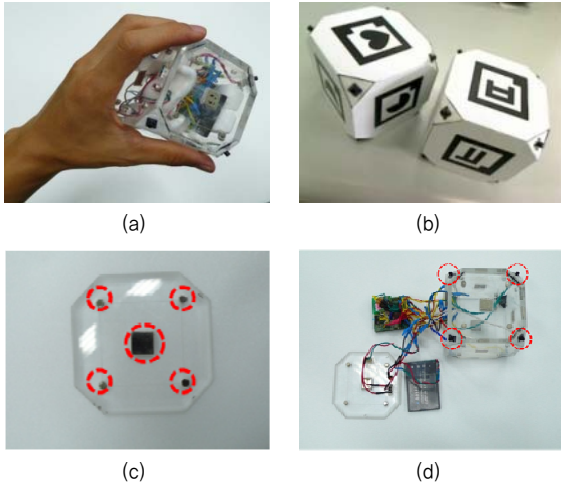


그림 2. 감각형 큐브: (a) 다루기 쉬운 큐브 크기(70x70x70mm) (b)다수 마커가 부착된 큐브 (c)내부 면에 부착된 자석 (d)버튼과 이를 위해 내장된 블루투스 모듈

3. 양 손 결합 상호작용

CUI 는 두 가지 양 손 결합 상호작용을 지원한다. 하나는 3 축 방향으로 자유로운 위치 이동이 가능한 스크류 드라이빙 방식이고 나머지 하나는 장난감 블록 간의 구조 정보를 이용하여 정해진 위치에 결합하는 블록 조립 방식이다.

3.1 스크류 드라이빙(Screw Driving, SD) 방식

스크류 드라이빙 방식은 실제 조립 환경에서 드라이버를 이용한 조립 아이디어를 결합을 위한 상호작용에 도입한 것이다. 두 개의 장난감 블록이 증강된 큐브를 자성을 이용해 결합한 뒤 보조(블록 이동을 수행하려는) 큐브의 버튼을 누르면 블록의 외각 상자와 초기 결합으로 인하여 스크류 드라이빙이 활성화됨을 확인 가능하다. 이 후 보조 큐브의 회전에 따라 증강된 장난감 블록이 정해진 단계만큼 이동된다. 주(블록 추가가 수행되는) 큐브의 버튼을 이용해 X/Y/Z 축 변경이 가능하며 이를 통해 장난감 블록의 자유로운 위치 이동이 가능하다.

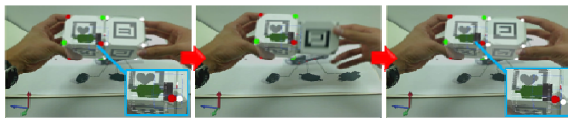


그림 3. 보조 큐브 시계방향 회전에 의한 장난감 블록의 이동

3.2 블록 조립(Block Assembly, BA) 방식

블록 조립 방식은 실제 Lego[6]같은 장난감 블록의 조립 아이디어를 결합 상호작용에 적용하려고 한 시도이다. 본 상호작용은 두 큐브 간 결합 수행 시 증강된 블록 사이의 위치와 방향으로 결합 가능여부를 판별하고 결합 가능한 경우 임의의 버튼을 이용해 결합이 수행된다. 따라서 사용자는 눈으로 블록의 결합 가능여부를 판단하여 결합 위치를 결정한 뒤 버튼만 누르면 신속하게

결합이 완료된다. 위치 및 방향 고려를 위해서는 블록 간의 구조정보가 요구되며 이러한 구조는 상대적인 위치, 회전, 그리고 계층 정보를 포함한다. 그림 4 는 장난감 블록의 구조 예를 도식화 한 것이다. 그림 4 의 구조에 따르면 차축은 회전 값은 없고 임의의 위치 값을 가진다. 그의 하위 계층인 바퀴는 큐브의 결합 상태에 따라 오른쪽 또는 왼쪽 바퀴가 될 수 있다.

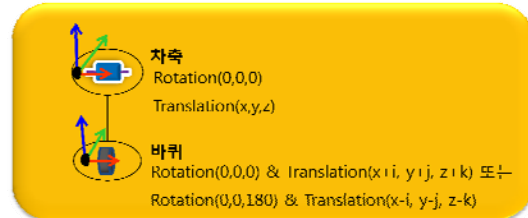


그림 4. 차축과 바퀴 결합을 위한 구조정보 예

미리 정의된 구조를 사용함으로써 얻을 수 있는 또 다른 장점은 시각 안내(Visual guidance)의 지원이다. 사용자가 장난감 블록을 선택함과 동시에 인터페이스는 미리 정의된 구조로부터 결합가능 위치 및 방향 판별이 가능하기 때문에 이러한 지원이 가능하다. 블록 조립 방식에서는 움직이는 화살표로 결합 위치를 알려주는 사전 안내(Before-guidance)와 사용자의 결합 행위에 대해 색상으로 피드백을 주는 사후 안내(After-guidance)를 제공한다.(그림 5,6)

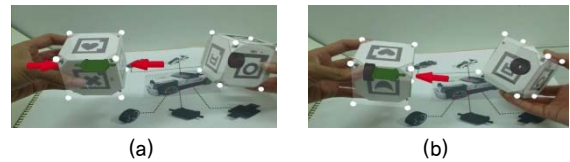


그림 5. 결합 가능 경우 사전 안내: (a)두 가지 (b)한 가지

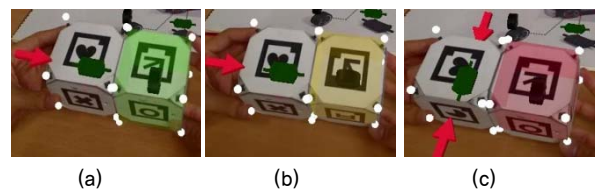


그림 6. 사후 안내: (a)바른 위치와 방향(녹색) (b)바른 위치, 잘못된 방향(노란색) (c)잘못된 위치(빨간색)

4. 실험 결과 및 분석

4.1 가상 객체의 자유로운 회전

사용자가 블록을 다양한 각도에서 관찰하고 결합하기 위해서는 회전이 용이해야 한다. CUI 가 가상 객체의 자유로운 회전을 지원하는지 확인하기 위해 감각형 큐브에 장난감 자동차 덮개 모델을 증강시켜 회전 실험을 수행하였다. 잡는 느낌을 향상시키기 위해 큐브 크기와 동일한 박스를 씌웠으며 가상 객체의 중심과 큐브의 중심을 일치하였다.

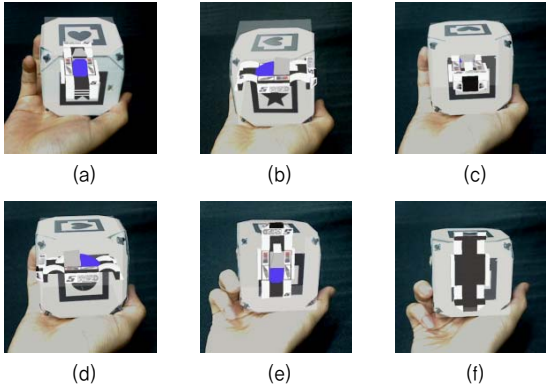


그림 7. 가상 객체의 회전 실험 결과:(a)정면 (b)좌측 (c)윗면 (d)우측 (e)뒷면 (f)아랫면

실험 결과, 가상 객체의 회전이 자유롭기 때문에 자동차 덮개 모델의 모든 면을 쉽게 돌려 볼 수 있었으며 반투명 박스에 의해 모델이 박스 안에 존재하는 느낌을 전달 할 수 있었다(그림 7).

4.2 양손 결합 상호작용

두 가지 결합 상호작용의 성능을 평가하기 위하여 비교 실험을 수행하였다. 차축과 바퀴 모델을 이용하여 그림 8 의 (a)와 유사한 결합된 결과물을 완성하는 작업을 수행하였으며 유사한 기능을 제공하는 GUI 기반 소프트웨어와 각각 수행시간을 비교하였다. 실험에 참여한 피 실험자는 총 11 명(남 8, 여 3)이고 연령대는 24- 32 사이였으며 가상/증강 현실 관련 경험의 유무는 그림 6 의 (b)와 같다.

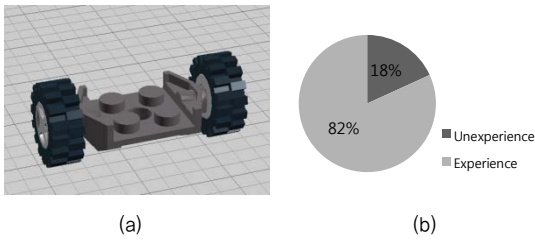


그림 8. (a)예상 결합 결과물 (b)피실험자 가상/증강현실 경험 유무

스크류 드라이빙(SD) 결합 방식의 비교 대상으로는 자유로운 3 축 위치 이동이 가능한 3ds MAX[7]를 선택하였고 다각 뷰를 지원하는 기본 환경에서 수행되었다(그림 9). 반면, 블록 조립(BA) 결합 방식의 경우 가상의 LEGO 블록의 구조를 고려하여 조립을 지원하는 LDD(Lego Digital Digisner)[8]를 비교 대상으로 실험하였다(그림 10).

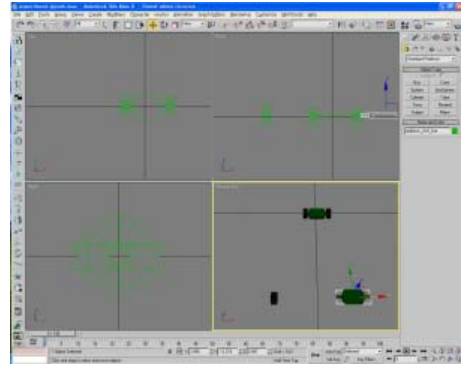


그림 9. 3ds Max 실험 수행 환경

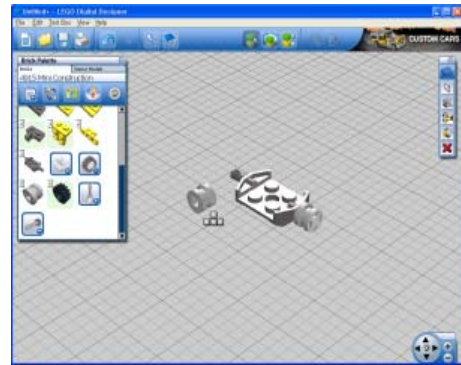


그림 10. LDD 실험 수행 환경

3ds Max 와 SD 비교 실험 결과, 그림 11 과 같이 3ds Max 는 피 실험자의 평균 수행시간이 68451(msec), SD 방식은 27510(msec)의 결과를 나타내었으며 약 40 초 정도 주어진 작업을 수행함에 있어서 SD 방식이 빠름을 보였다. 이러한 결과는 SD 방식은 한 번에 최대 2 차원 이동만을 지원하는 3ds Max 와 달리 3 차원 공간에서 빠른 위치이동이 가능하기 때문일 일 것이다. 또한, 편차가 큰 이유는 축과 바퀴의 홈을 맞추기 위한 다각 뷰 환경이 일반 사용자에게 익숙하지 않기 때문으로 생각된다.



그림 11. 3ds Max 와 SD 방식 수행시간 비교 그래프

두 번째 비교 실험 수행 결과, 그림 12 과 같이 LDD 는 피 실험자의 평균 수행시간이 10496(msec), BA 방식은 14340(msec)의 결과를 나타내었으며 약 4 초 정도 LDD 가 빨랐다. 결과적으로 블록 조립에 최적화된 소프트웨어 보다 빠른 시간을 보장하기는 역부족이었지만 사용자에게 키보드나 마우스보다 직관적인 감각형 객체를 이용하여 실제 환경에서 수행시간을 크게 저해하지 않는 수준에서 장난감 블록 조립을 지원하고 있음은 확인할 수 있었다. 추가로 시각 안내는 사용자의 인터페이스 사용에 도움을 준다는 피 실험자의 의견도 있었다.

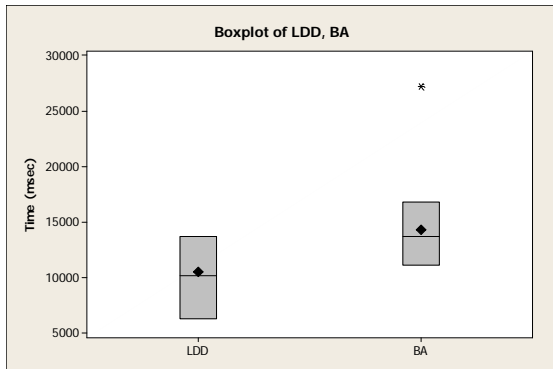


그림 12. LDD 와 BA 수행시간 비교 그래프

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 증강현실 콘텐츠에 활용될 장난감 블록 결합을 위한 큐브형 사용자 인터페이스 및 이를 이용한 두 가지 결합 상호작용 기법을 제안하였으며, 실험을 통하여 가상 객체의 자유로운 회전 그리고 제한한 양손 기반의 상호작용을 GUI 기반의 비교 대상과의 수행시간 비교를 통해 효용성을 확인하였다. 향후 연구로는 제안하는 인터페이스를 이용한 캐릭터 저작 툴로의 발전을 위해 요구되는 기능 추가 및 이에 따른 정량적/정성적 평가 또한 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] J. Y. Park and J. W. Lee, "Tangible augmented reality modeling", Lecture Note in Computer Science, Springer Berlin Heidelberg, Vol.3166, pp.254-259, 2004
- [2] P. Fiala and N. Adamo-Villani, "ARpm: an Augmented Reality Interface for Polygonal Modeling" In Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality, pp. 196-197, 2005
- [3] J. Butterworth, A. Davidson, S. Hench, M. Olano, "3DM: A Three Dimensional Modeler Using a Head-Mounted Display". In Proceedings of the International Symposium on Interactive 3D Graphics, pp. 135-138, 1992

[4] K. Kiyokawa, H. Takemura, Y. Katayama, H. Iwasa, and N. Yokoya, "VLEGO: A Simple Two-handed Modeling Environment Based on Toy Blocks," Proc.ACM VRST ' 96, pp. 27-34, 1996

[5] ARToolkit: www.hitl.washington.edu/artoolkit

[6] Lego: <http://www.lego.com/>

[7] 3ds Max: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=5659302>

[8] LDD(Lego Digital Designer): <http://ldd.lego.com/>