

맥락 정보와 물리적 속성 부여가 가능한 모바일 증강 현실 콘텐츠 조작 방법

A Contextual Information and Physics-based Mobile Augmented Reality Contents Manipulation Method

홍동표, Dongpyo Hong*, 이정규, Jeonggyu Lee**, 채창훈, Changhun Chae***,
이종원, Jongweon Lee**, 고광희, Kwanghee Ko***, 우운택, Woontack Woo****

요약 본 논문에서는 맥락 정보와 물리적 속성 부여가 가능한 모바일 증강 현실 콘텐츠 조작 방법을 제안한다. 유비쿼터스 컴퓨팅 개념의 확산과 더불어 센서와 모바일 장치의 급속한 발전은 고성능 PC에서만 가능했던 증강 현실 시스템들이 모바일 장치에서도 동작 가능하게 되었다. 또한, 최근에는 다양한 센서 정보를 활용하여 보다 현실 공간이나 사용자의 정보를 증강 현실 콘텐츠에 반영하는 증강 현실 시스템들이 소개되고 있다. 특히, 일반 사용자가 모바일 장치를 이용하여 보다 사실적인 증강 현실 콘텐츠를 손쉽게 저작하기 위해서는 모바일 장치의 제한적인 사용자 인터페이스를 극대화하고, 센서 정보를 이용하여 사용자와 환경의 맥락 정보를 활용할 수 있는 방법이 요구된다. 따라서 제안된 방법은 모바일 증강 현실 저작 시스템에 있어서 콘텐츠 조작에 필요한 시각적 큐(cue)를 제공하여 사용자가 모바일 장치의 터치 스크린을 통해서 증강된 콘텐츠를 자유롭게 조작할 수 있도록 한다. 뿐만 아니라, 센서 정보를 콘텐츠의 속성에 부여할 수 있도록 하여 사용자가 직접 센서 조작을 통해서 증강된 콘텐츠를 직접 조작하거나 환경 정보가 증강된 콘텐츠에 반영될 수 있도록 한다. 그리고 증강된 콘텐츠들 간의 사실적인 충돌을 위해서, 물리 속성 부여가 가능한 물리 콘텐츠 로더(physics contents loader)를 구현하고, 증강 현실 공간과 물리 공간 간의 좌표 일치를 통해서 증강된 콘텐츠들 간의 물리 충돌이 가능하도록 한다. 제안된 방법의 유용함을 검증하기 위해서 모바일 장치와 센서를 이용한 모바일 증강 현실 저작 시스템을 구현하였다. 따라서 제안된 방법은 향후 모바일 증강 현실 저작 시스템에 요구되는 맥락 정보와 물리 속성 부여가 가능한 콘텐츠 조작 방법으로 기대된다.

Abstract In this paper, we propose a contextual information and physics-based contents manipulation method for a mobile augmented reality authoring system. Due to proliferation of ubiquitous computing in information technology (IT) and advances in sensor technology and mobile devices, AR systems that were only possible in PC can be now feasible on mobile devices. In addition, many AR systems have been proposed that utilize sensory data and reflect them into. Thus, the proposed method provides appropriate visual cues for 3D manipulations of the augmented contents. In addition, users can manipulate the augmented contents with sensory information through the assignment of sensors to the contents. Moreover, it supports not only a physics-based contents loader that enables users to specify physics properties into the contents, but also the transform matrix between AR and physics engine coordinates. To show the feasibility of the proposed method, we implemented a mobile augmented reality authoring system. We believe that the proposed method can be a key factor for context-aware mobile AR authoring system.

핵심어: *Mobile Augmented Reality Authoring, Physics-based Contents Manipulation, Sensor-based Contents Manipulation.*

본 연구는 각각 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육성사업의 연구결과와 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2008-C1090-0804-0002).

*주저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 e-mail: dhong@gist.ac.kr

**공동저자 : 세종대학교 디지털 콘텐츠학과 e-mail: jglee@sju.ac.kr, jwlee@sejong.ac.kr

***공동저자 : 광주과학기술원 기전공학과 e-mail: chchae@gist.ac.kr, khko@gist.ac.kr

****교신저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 e-mail: wwoo@gist.ac.kr

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅 개념의 확산은 개발자 중심의 시스템에서 사용자 중심의 시스템으로 컴퓨팅 패러다임의 변화를 가져왔다[1]. 이와 함께 센서 기술의 발전은 사용자의 다양한 맥락 정보를 수집·가공·처리하여, 사용자에게 필요한 서비스를 언제 어디서나 제공하려는 연구를 가능하도록 하였다[2]. 한편, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용자의 인터페이스로 정보나 콘텐츠를 시각적으로 증강해서 사용자에게 실시간으로 제공하는 증강 현실 기술에 대한 관심이 고조되고 있다[3]. 그리고, 모바일 장치의 발전은 고성능 PC에서만 가능했던 다양한 증강 현실 시스템들이 모바일 장치에서도 동작 가능하게 되었다[4,5]. 뿐만 아니라, 최근에는 다양한 센서 정보를 활용하여 보다 현실 공간이나 사용자의 정보를 증강 현실 콘텐츠에 반영하는 증강 현실 시스템들이 소개되고 있다[6,7]. 특히, 일반 사용자들이 모바일 장치를 이용하여 보다 사실적인 증강 현실 콘텐츠를 손쉽게 저작하기 위해서는 모바일 장치의 제한적인 사용자 인터페이스를 극대화하고, 센서 정보를 이용하여 사용자와 환경의 맥락 정보를 활용할 수 있는 방법이 요구된다.

이와 같이 사용자들이 원하는 콘텐츠를 자유롭게 조작(콘텐츠 로딩, 변경, 움직임 등)할 수 있는 증강 현실 저작 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다[8-11]. 하지만, 기존의 증강 현실 저작 시스템의 경우 별도의 저작 도구가 필요하거나 별도의 사용자 인터페이스가 필요하기 때문에, 모바일 장치를 이용하여 콘텐츠를 저작하기에는 다소 어려움이 있다[8]. 또한, 모바일 증강 현실 저작 시스템은 키보드나 마우스와 같은 입력 장치의 제한 그리고 상대적으로 작은 크기의 스크린과 같이 출력 장치의 제한 때문에, 터치 스크린을 직접 이용하거나 기타 센서들을 이용하여 콘텐츠를 조작하는 방법과 같은 새로운 형태의 사용자 인터페이스들이 제안되고 있다[9]. 한편, 최근에는 보다 자연스러운 증강 현실 콘텐츠를 저작하기 위해서 콘텐츠에 물리 속성을 부여하려는 연구가 진행되고 있다[10,11]. 하지만, 여전히 모바일 장치에 직접 적용하기에는 계산량이 복잡한 알고리즘이거나 콘텐츠의 단순한 움직임만을 제공하는 형태이다. 따라서 모바일 증강 현실 콘텐츠의 조작을 위해서는 모바일 장치를 이용하여 콘텐츠를 자연스럽게 조작할 수 있는 기능, 센서 정보를 활용한 콘텐츠 조작 기능, 그리고 증강된 콘텐츠의 자연스러운 반응이 가능한 물리 속성 부여 기능 등이 요구된다.

본 논문에서는 모바일 증강 현실 저작 시스템 개발에 필요한 맥락 정보와 물리적 속성 부여가 가능한 콘텐츠 조작 방법을 제안한다. 일반적으로 3차원 콘텐츠 조작은 3차원 공간 정보가 필요하기 때문에, 터치 스크린과 같이 2차원 좌표만을 이용해서 직관적인 콘텐츠 조작은 어렵다. 따라서 제

안된 콘텐츠 조작 방법은 사용자가 자유롭게 직관적으로 콘텐츠를 조작할 수 있도록 사용자에게 조작에 필요한 시각적 큐(cue)를 제공한다. 또한, 콘텐츠가 맥락 정보에 반응할 수 있도록 센서 정보를 콘텐츠의 속성에 부여하여 사용자의 직접적인 센서 조작(예, 기울기)과 간접적인 센서 조작(예, 소리, 조도)을 통해서 증강된 콘텐츠를 조작할 수 있도록 한다. 한편, 증강된 콘텐츠가 물리적 속성을 가질 수 있도록 물리 콘텐츠 로더(physics contents loader)를 제공한다. 그리고 증강된 콘텐츠들 간의 물리 충돌을 보장할 수 있도록 증강 현실 공간의 좌표와 물리 공간의 좌표를 이동·회전 행렬 조작을 통해서 일치시키는 방법도 제공한다. 따라서 제안된 방법은 모바일 증강 현실 저작 시스템에 있어서 맥락 정보와 물리적 속성 부여가 가능한 콘텐츠 조작방법에 반드시 필요한 기술로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 콘텐츠 조작 방법에 대한 구체적으로 설명한다. 그리고 3장에서는 제안된 방법의 유용함을 검증하기 위해서 모바일 장치와 센서를 이용해 구현된 모바일 증강 현실 저작 시스템에 대해서 자세히 설명한다. 끝으로 4장에서는 향후 연구에 대해서 기술하고 결론을 맺는다.

2. 맥락 정보와 물리적 속성 부여가 가능한 콘텐츠 조작 방법

본 장에서는 콘텐츠 조작, 맥락 정보 부여, 그리고 물리 속성 부여 방법에 대해서 자세히 살펴본다. 그림 1은 모바일 증강 현실 저작 시스템에서의 콘텐츠 조작, 맥락 정보 부여, 그리고 물리 속성 부여를 위한 전체 순서도이다. 전체 순서도는 3장에서 자세히 설명하도록 한다.

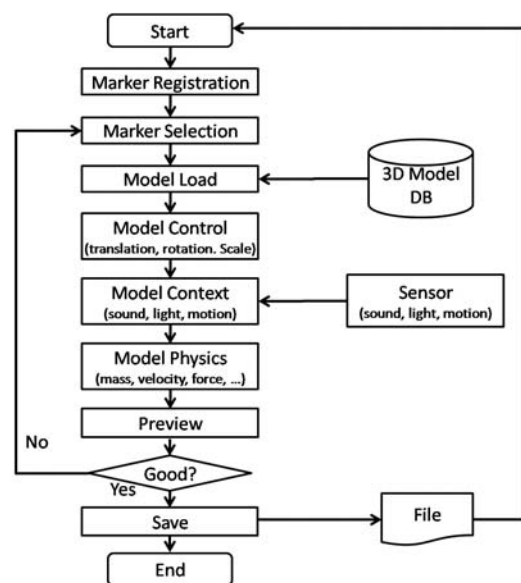


그림 1. 모바일 증강 현실 저작 시스템의 기본 순서도

2.1 콘텐츠 조작 방법

일반적으로 3차원 공간에서의 콘텐츠 조작은 콘텐츠의 이동, 회전 그리고 크기 변경으로 구성된다. 하지만 모바일 장치를 이용할 경우에는 모바일 장치의 특성상 간단한 터치(touch)와 드래그(drag)만을 통해서 콘텐츠를 조작할 수 있어야 한다. 따라서 제안된 방법에서는 조작할 콘텐츠를 선택하게 되면 조작 가능한 속성을 메뉴(크기 변환, 이동, 회전)에서 선택하여 제어할 수 있도록 시각적 큐를 그림 2와 같이 부여한다.

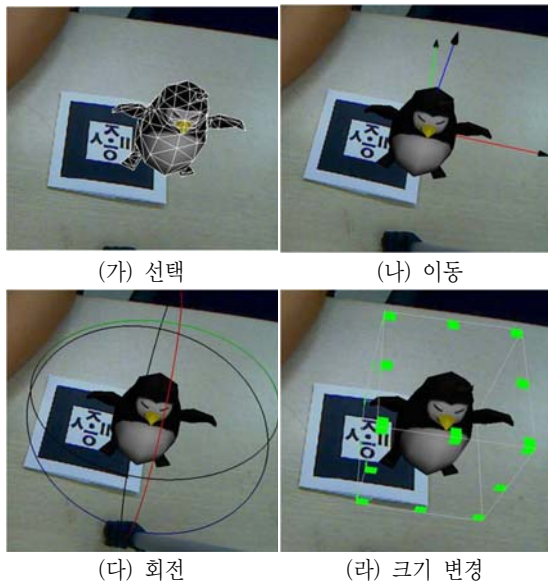


그림 2. 시각적 큐를 이용한 콘텐츠 조작

그림 2(가)에서와 같이, 사용자가 증강된 콘텐츠를 선택하게 되면 콘텐츠가 선택되었음을 프레임(frame)으로 표시한다. 일반적으로, 3차원 공간에서 콘텐츠를 선택(Picking)할 때에는 OpenGL에서 제공하는 선택 버퍼(select buffer)를 이용하여 손 쉽게 콘텐츠의 선택 여부를 판단할 수 있다. 하지만, 증강 현실에서는 화면 좌표계와 카메라 좌표계, 그리고 마커의 좌표계 모두를 고려해야 함으로 선택 버퍼만을 사용할 경우 비교적 큰 오차가 발생하게 된다. 제안된 방법은 선분 교차 검사(line segment intersection) 알고리즘을 이용하여 터치 스크린에 클릭된 좌표 점과 이 좌표 점에 위치하는 콘텐츠들을 리스트로 관리한다. 따라서 이와 같이 생성된 리스트를 사용하여 콘텐츠뿐만 아니라 마커의 선택 유무도 확인할 수 있다. 그림 2(나)-(다)는 선택된 콘텐츠의 위치와 크기 변경과 관련된 시각적 큐를 보여주고 있다. 콘텐츠를 이동시킬 경우에는 각 축을 기준으로 1차원의 움직임을 통해서 가능할 뿐만 아니라 외곽 박스를 이용한 2차원 움직임을 통해서도 가능하다. 콘텐츠의 회전은 증강된 콘텐츠의 중심을 기준으로 트랙볼(Trackball)을 만들고, 이를 제어함으로써 보다 직관적으로 콘텐츠를 회전할 수 있도록 한

다. 해당 콘텐츠의 크기를 변경할 경우에는 외곽 박스(Bounding Box)의 각 모서리에 제어 점(Control Points)을 사용한다.

2.2 센서를 이용한 콘텐츠 조작

모바일 장치의 경우 제한적인 사용자 인터페이스 (예, 입력 장치의 제한 등) 때문에, 모바일 증강 현실 저작 시스템에 있어서 2.1절에서 설명한 모바일 장치를 이용한 콘텐츠 조작과 달리, 사용자나 환경의 맥락 정보를 이용한 콘텐츠와의 상호작용도 중요하다. 제안된 방법은 사용자의 직·간접적인 정보를 센서로부터 획득하고 이를 증강 콘텐츠 조작에 활용할 수 있도록 한다. 그림 3은 임의의 센서 데이터를 콘텐츠 조작에 활용할 수 있도록 구현된 콘텐츠의 자료 구조이다.

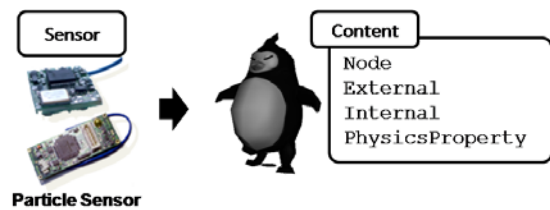


그림 3. 센서 정보 반영이 가능한 콘텐츠의 구조

그림 3과 같이, 임의의 센서로부터 획득된 정보를 콘텐츠에 반영하기 위해서 센서 데이터를 외부(External: 환경 정보)와 내부(Internal: 사용자 정보)로 구분하여 콘텐츠 조작에 활용한다. 노드(Node)는 일반적인 콘텐츠의 정보이고, 물리적 속성(PhysicsProperty)은 2.3절에서 자세히 설명한다. 본 논문에서는 외부 정보로 환경의 온도, 조도, 그리고 소음 정도를 사용하고, 내부 정보로 각 좌표축(X,Y,Z)에 대한 변화량을 사용한다(표1 참조). 그림 4는 센서 조작을 통해서 콘텐츠를 조작하는 그림이다.

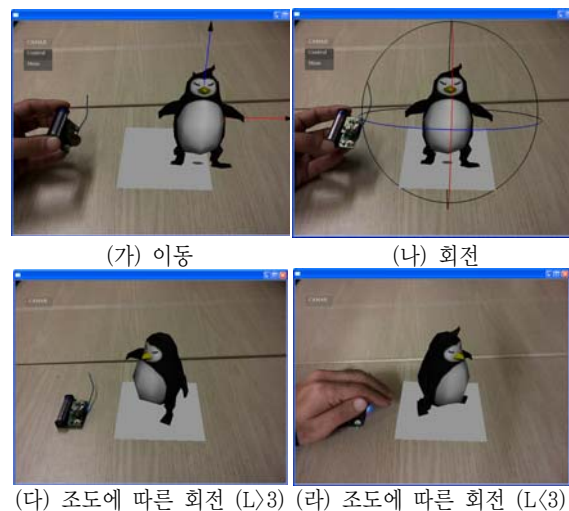


그림 4. 센서 정보를 이용한 콘텐츠 조작

그림 4에서와 같이 사용자는 센서를 이용하여 증강된 콘텐츠를 이동하거나 해당 콘텐츠의 물리적 속성을 직접 변경할 수 있다. 제한된 센서 기반의 콘텐츠 조작은 3차원 콘텐츠를 3차원 공간에서 직접 조작할 수 있기 때문에 사용자에게 보다 직관적인 콘텐츠 조작을 제공할 수 있다. 하지만, 2.1에서와 같이 자세한 조작에는 센서의 정확성 문제 등으로 인해서 어려움 점들이 있다. 또한, 주변의 소리나 조도의 변화량을 통해서 사용자가 직접적으로 콘텐츠를 조작 않아도, 콘텐츠가 주변 환경의 변화에 따라 반응할 수 있기 때문에 보다 사실적인 증강 현실 콘텐츠 제작에 활용 가능한 콘텐츠 조작 방법으로 기대된다.

2.3 물리적 속성 부여 방법

콘텐츠 제작에 있어서 자연스러운 콘텐츠의 움직임은 사용자에게 몰입감을 증대시키는 요소 기술 중 하나이다. 하지만, 일반적인 키 프레임(key frame) 방식은 미리 정해진 애니메이션 시퀀스를 갖고 있기 때문에, 콘텐츠를 변경할 때마다 새롭게 제작되는 불편함이 있다. 하지만, 물리 엔진에 기반한 콘텐츠의 경우에는 기본적인 물리적 속성만 부여하면 되기 때문에 이와 같은 번거로움을 해소할 수 있다. 특히, 증강 현실 환경에서 증강된 콘텐츠에 물리적 속성을 부여하기 위해서는 물리 공간과 증강 현실 공간사이의 좌표 일치와 동역학 시뮬레이션 단계와 렌더링 단계를 연결시키는 것이 중요하다. 그림 5는 사용된 물리 엔진(ODE¹⁾과 렌더링 엔진(OSG²⁾과의 관계 및 그 순서를 보여주는 그림이다.

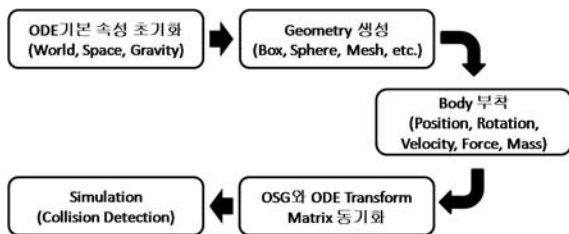


그림 5. 물리 엔진과 렌더링 엔진과의 관계도

그림 5에서와 같이, 우선 물리 시뮬레이션에 필요한 기본적인 물리 속성 (예, 중력, 마찰력, 탄성력, 등)을 초기화한다. 그리고 간단한 기하 모델 (예, 상자, 구, 실린더 등) 이나 콘텐츠의 메쉬 (mesh) 정보를 이용하여 물리 공간에도 동일한 물리 콘텐츠를 생성한다. 이와 같이 생성된 콘텐츠는 다양한 물리적 속성을 가지고 동역학 시뮬레이션을 수행한다. 특히, 동역학 시뮬레이션의 결과가 증강 현실 공간에 제대로 표현되기 위해서는 이동·회전 행렬의 동기화가 중요하다. 그림 6은 물리 엔진을 이용하여 임의의 콘텐츠에 물리 속성을 부여하는 방법과 증강된 콘텐츠들 간의 동역학 시뮬레이션 결과에 대한 그림이다.

레이션 결과에 대한 그림이다.

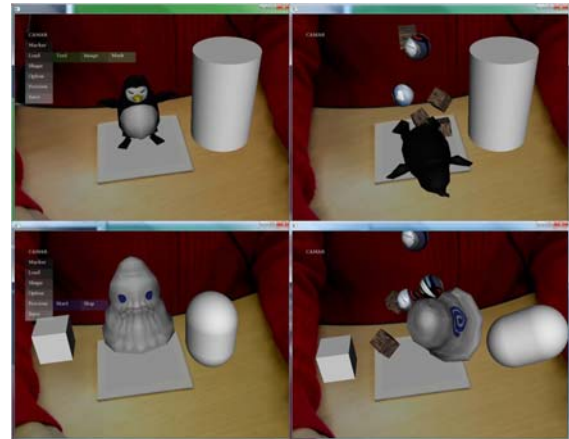


그림 6. 증강된 콘텐츠들 간의 물리 충돌 시뮬레이션 예

그림 6에서와 같이 본 방법을 통하여 증강 현실 환경에서 콘텐츠들 간에 강제 동역학 시뮬레이션과 충돌 처리가 가능하여 더욱 몰입감 있는 증강 현실을 부여할 수 있다.

3. 시스템 구현 결과

제한된 방법의 유용함을 보이기 위해서 맥락 정보와 물리적 속성 부여가 가능한 간단한 모바일 증강 현실 제작 시스템을 그림 1의 순서도를 기반으로 그림7과 같이 구현하였다.

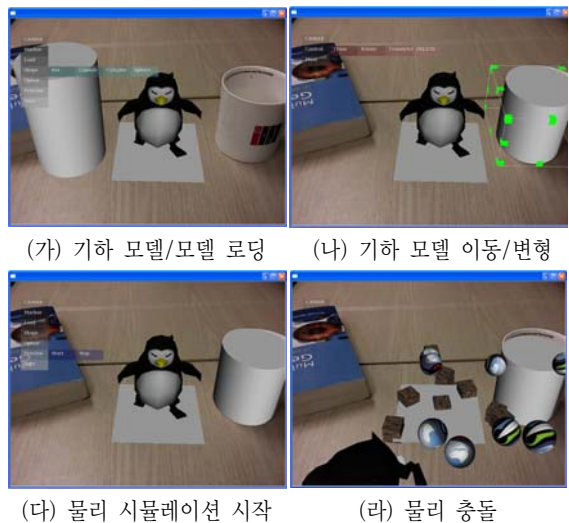


그림 7. 모바일 증강 현실 제작 시스템

그림7에서처럼, 사용자는 모바일 장치를 이용하여 특정 마커를 등록한다. 특히, 여러 개의 마커를 등록시키고, 등록된 마커에 원하는 콘텐츠를 증강시킬 수 있도록 하였다. 마커 선택과 증강할 콘텐츠 선택이 끝나면, 2장에서 설명한 방법을 통해서 사용자는 다양한 콘텐츠를 선택된 마커를 중심으로 다양한 곳에 증강할 수 있다. 또한, 콘텐츠의 크기나

1) <http://www.ode.org>

2) <http://www.openscenegraph.org>

방향 등도 조정할 수 있다. 이때, 그림 7(나)와 같이 실제 물체에 물리적 속성을 갖는 기하 모델을 위치함으로써, 그림 7(라)와 같이 콘텐츠와 실제 물체가 충돌하는 효과를 얻을 수 있다. 그리고 기본적인 콘텐츠 조작이 완료되면, 사용자는 그림 8과 같이 해당 콘텐츠에 물리적 속성 (2.3참조)을 부여할 수 있다.



그림 8. 패드를 이용한 물리 속성 부여

그림 8에서와 같이 물리적 속성 부여가 완료되면, 사용자는 물리 시뮬레이션을 해볼 수 있다. 이때, 원하는 결과가 나오지 않으면 물리 시뮬레이션을 중단하고, 다시 콘텐츠 조작이나 물리 속성을 조정할 수 있다. 끝으로, 저장된 콘텐츠는 저장 기능을 통해서 추후 다시 활용할 수 있을 뿐만 아니라 다른 사용자들과 함께 공유도 가능하다. 저장된 콘텐츠는 저작한 사용자의 정보, 등록된 마커 정보, 해당 마커에 증강된 콘텐츠의 정보가 저장된다. 특히, 콘텐츠를 저장시 각 마커에 등록된 콘텐츠들을 별도의 파일로 저장하기 때문에, 추후 사용자가 콘텐츠를 손쉽게 수정하고 공유할 수 있다. 제안된 방법을 실험하기 위해서 모바일 증강 현실 저작 시스템을 표1과 같은 하드웨어와 소프트웨어를 이용하여 구현하였다. 특히, 시스템 구현에 사용된 소프트웨어들의 경우 접근의 용이성과 타 플랫폼으로의 이식의 용이성을 고려하여 오픈소스들만을 이용하였다.

표 1. 사용된 하드웨어와 소프트웨어 목록

하드웨어/소프트웨어	사양
UMPC	CPU: 1.33GHz, RAM: 1GB, Video: Mobile Intel(R) 945GM, OS: Windows XP
uPart, Particle ³⁾	온도, 조도, 사운드, X,Y,Z축에 대한 변화량
렌더링 엔진	Open Scene Graph 2.6.1
물리엔진	Open Dynamics Engine 0.9
증강현실틈킷 ⁴⁾	osgART 1.x

특히, 물리 엔진에서 표현되는 기본 기하 모델들을 시각적으로 보여주기 위해서는 렌더링 엔진의 도움이 필요하다. 따라서 물리 엔진과 렌더링 엔진에서 표현되는 기하 정보를 일치시키기 위해서 osgODE⁵⁾를 기반으로 다양한 기능들을 추가하고 변경하였다.

3) <http://particle.teco.edu/>

4) <http://www.artoolworks.com>

5) <http://sourceforge.net/projects/osgode/>

4. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 맥락 정보와 물리적 속성 부여가 가능한 모바일 증강 현실 콘텐츠 조작 방법을 제안하였다. 그리고 모바일 증강 현실 저작 시스템 구현을 통해서 제안된 방법의 유용함을 보였다. 따라서 제안된 방법은 맥락 정보와 물리적 반응이 요구되는 모바일 증강 현실 저작 시스템들에 활용 가능할 것으로 기대된다. 추후 연구로는 제안된 방법의 정량적 평가(정확성)와 함께 정성적 평가를 위한 사용자 조사(용이성)에 대한 연구도 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," *Scientific American*, vol. 265, no. 3, pp. 94-104, 1991.
- [2] G. Chen and D. Kotz, "A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research," Technical Report: TR2000-381, Dartmouth College, 2000.
- [3] R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre, "Recent advances in augmented reality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, no. 6, pp. 34-47, 2001.
- [4] G. Papagiannakis, G. Singh, and N. Magnenat-Thalmann, "A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems," *Computer Animation and Virtual Worlds*, vol. 19, no. 1, pp. 3-22, 2008.
- [5] D. Hong and W. Woo, "모바일 증강 현실 시스템에 대한 연구 동향," *한국정보과학회지*, vol. 26, no. 1, pp. 5-14, 2008.
- [6] A.-S. Gunnarsson, M. Rauhala, A. Henrysson, and A. Ynnerman, "Visualization of sensor data using mobile phone augmented reality," in *IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 233-234, 2006.
- [7] 서영정, 박영민, 윤효석, 장운제, 우운택, "Context-aware Mobile AR System for Personalization, Selective Sharing, and Interaction of Contents in Ubiquitous Computing Environments," *HCI 2007, Human-Computer Interaction, Part II*, paper LNCS 4551, pp. 966-974, 2007.
- [8] 하태진, 이영호, 우운택, "디지로그 북 저작도구 ARtalet - 3차원 객체 속성 저작," *KHCI*, 1권, pp. 314-318, 2008.
- [9] D. Hong, J. Looser, H. Seichter, M. Billinghamurst, and W. Woo, "A Sensor-based Interaction for Ubiquitous Virtual Reality Systems," in *Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Virtual Reality (ISUVR2008)*, pp. 75-78, 2008.
- [10] M. Imura, T. Amada, Y. Yasumuro, Y. Manabe, and K. Chihara, "Synthetic Representation of Virtual Fluid for Mixed Reality," in *Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Reality*, pp. 135-142, 2006.
- [11] A. Henrysson, M. Billinghamurst, and M. Ollila, "Face to face collaborative ar on mobile phones," in *IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 80-89, 2005.