

# 증강현실 시스템에서 몰입감 증대를 위한 가상 및 실물 객체간의 충돌 처리 기법 개발

조인경\*, 박화진\*\*

## 요약

본 논문에서는 마커 기반의 가상 객체나 opengl 을 이용하여 구현된 가상 객체, 웹 카메라 영상 프레임을 통해 입력된 실물 객체의 충돌처리를 유효화시켜 사용자에게 보다 높은 현실성을 제공하는 증강현실 충돌기법을 제안한다. 증강현실 시스템은 현실의 환경에 가상의 객체를 추가하여 사용자에게 시각적 정보를 제공하는 시스템으로 객체간의 상호작용, 사용자와의 상호작용에 대하여 관심이 높아지고 있다. 그러나 본 논문에서 제안한 충돌처리는 상호작용에 있어서 가장 기본적인 문제가 되기 때문에 선결해야 할 문제이다. 따라서 제안된 시스템에서는 이 문제를 해결하여 마커를 기반으로 구현된 객체와 Opengl을 기반으로 구현된 가상 객체, 웹 카메라 영상 프레임으로부터 입력된 실물 객체 사이에서 객체간의 충돌을 유효화 시킴으로써 현실성과 몰입도를 증대시킨다.

## A technique of collision detection between virtual objects and real objects for increasing immersion of Augmented Reality system

In-Kyeong Cho\*, Hwa-Jin Park\*\*

## Abstract

This paper suggests a collision techniques for a higher reality in augmented reality by processing collision between a real object obtained through video frame input and a marker-based virtual object or a virtual object from Opengl. Augmented reality system is providing the visual information containing a virtual object added to the real environment and interactive interface between objects and between user and objects becomes a more concerning interest. But the collision problem is essential to the interactive interface and has to be solved first. Therefore, the proposed system suggests a solution for it to increase the realism and the immersion by validating the collision among a marker-based object, a virtual object from Opengl, and a real object obtained through web camera, that is, video frame.

Keywords : augmented reality, interactive AR, collision between real and virtual object

## 1. 서론

시각 기반 증강현실(Vision-based Augmented Reality)이란 미래를 이끌 10대 기술 중 하나로

제시되어 사용자가 인지하지 못하는 가상의 객체를 현실의 공간에 증강시켜 현실적으로 사용자에게 가상의 객체를 인지시키는 분야이다. 증강현실 시스템의 발전으로 프린터 부품 관리로 시작하여 그 활용 분야가 도시 설계, 공업, 의료 등의 전문 분야에서 현재 교육, 여행, 엔터테인먼트를 넘어 비즈니스까지 다양한 분야에서 수많은 증강현실 관련 콘텐츠가 제작되고 있다. 본 논문에서는 기존의 증강현실 기술을 비교 분석하며 이를 기반으로 실물 객체와 가상 객체간의 충돌처리 방법을 기술하여 증강현실 기술의 현

※ 제일저자(First Author) : 조인경  
접수일:2009년 12월 02일, 완료일:2009년 12월 16일  
\* 숙명여자대학교 멀티미디어학과  
gsikc102@hanmail.net  
\*\* 숙명여자대학교 멀티미디어학과 (교신저자)  
▣ 본 연구는 숙명여자대학교의 2007학년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었음

실감을 증대시킴을 목표로 한다. 관련 연구 및 서비스 현황은 2장에서 기술하고, 3장에서는 시스템 알고리즘 및 영상 입력을 통한 객체간의 상호작용에 대해 기술한다. 4장에서는 실험 및 결과를 평가한다. 마지막 5장에서는 결론과 향후 연구에 대해 기술한다.

## 2. 관련 연구 및 서비스 현황

영상 매체에 대한 대중의 관심이 증가하면서 대중성, 교육성, 오락성을 겸비한 영상 매체 관련 콘텐츠 요구와 생산, 소비가 나날이 증가하고 있다. 이에 증강현실 관련 기술에 대한 전문가와 연구시설이 증가하고 증강현실을 접목시킨 새로운 분야의 다양한 콘텐츠들이 제작되고 있다.

증강현실(Augmented Reality) 시스템은 레이저 프린터의 유지보수 및 부품관리 업무 지원을 위해 Feiner 등이 연구하여 개발한 것이 시초이다. 이 프로그램은 사용자에게 보다 쉽고 간편하게 프린터의 부품을 교체하는 데 필요한 절차와 정보를 제공하는 지식기반의 시스템으로 등장하였다. [1]. 프린터 부품 교체에 관련하여 시작된 증강현실 시스템은 후에 의료분야와 접목되어 환자의 초음파 영상과 비디오 영상을 실시간으로 합성하여 담당 의사에게 환자의 상태에 관한 정보를 제공하거나[2] 방사선 치료를 목적으로 하는 의료 분야 증강현실 시스템[3]으로 발전하였다. 그 후에는 로봇의 원격 제어를 위한 증강현실 시스템 [4], 감각형 오브젝트를 이용한 증강현실 기반 상호작용 시스템[5]등으로 그 분야가 확장되었다. 증강현실 시스템은 현재 그 외의 많은 분야와 접목되어 다양한 증강현실 기반의 교육, 오락, 비즈니스, 공업 관련 콘텐츠 개발에 사용되고 있다.

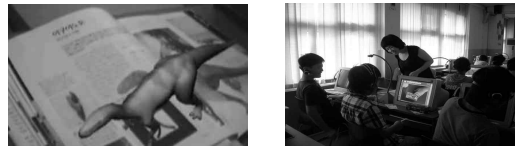
(그림 1)은 싱가포르의 맥주 브랜드인 'Tiger Beer'의 잡지 광고이다. 오프라인 페이지에 증강현실 마커를 부착하여 영상입력장치에 마커를 인식시키고 구독자의 얼굴을 캡처하면 맥주잔에 가득 담긴 맥주를 들고 있는 자신의 모습이 잡지 광고 안에 삽입된 것을 볼 수 있다. 증강현실 기술을 비즈니스 측면, 즉 마케팅 분야에 활용하여 홍보 효과를 극대화 시킨 사례이다.



(그림 1) 타이거 맥주 광고

[출처:www.tigerbeer.com]

증강현실을 이용한 분야 중 가장 큰 주목을 받고 있고 가장 발전 가능성이 높다 평가되는 분야가 바로 교육이다. (그림 2)는 교육 관련 증강현실 콘텐츠에 관한 자료이다. 증강현실은 기존의 텍스트나 2D 그래픽의 단순한 정보제공에서 벗어나 생생한 3D 그래픽 정보를 제공함으로써 사용자에게 몰입감을 증대시켜 학습자의 이해도와 학습효과를 높일 거라 기대되고 있다. 현재 미국과 일본 뿐 아니라 우리나라에서도 증강현실 콘텐츠 교육을 추진하고 있고 이미 대전의 동대전초등학교에서는 증강현실교육을 실시하는 중이다.



(그림 2) 교육분야에서의 증강현실 활용

[출처:www.vritool.co.kr(좌), 대전교육뉴스 제8회(우)]

증강현실 시스템이 주목받으면서 많은 분야에서 증강현실과의 접촉을 시도하고 있다. 의학, 공업, 마케팅, 교육 뿐만이 아니라 대중성, 오락성을 지닌 엔터테인먼트 분야에서도 증강현실에 대한 관심도가 높아지고 있다. (그림 3)은 SONY사에서 개발한 증강현실 게임 EYEPET이다. 마커를 테이블 위에 위치시키면 3D로 구현된 가상의 애완동물이 디스플레이된다. 사용자의 손짓이나 몸짓에 반응하여 다양한 액션을 선보이고 흑백으로 그린 간단한 그림을 입체적인 장난감으로 바꾸어 가상의 애완동물이 갖고 놀기도 한다. 플레이스테이션 아이를 통해 촬영된 사용자의 액션이 가상캐릭터와 상호작용하는 것이다.



(그림 3) 가상 애완동물 EyePet  
[출처:www.pochdigital.com]



(그림 5) 주변 사물 정보 제공 증강현실 시스템 (<http://layar.com/>)

증강현실은 온라인 쇼핑에서도 유용하게 쓰이고 있다. (그림 4)는 온라인 소셜 쇼핑 사이트인 Zugara의 온라인 쇼핑 애플리케이션에서 증강현실 기술을 접목시킨 화면으로 사이트 이용자가 온라인 상에서 오프라인처럼 제품을 체험할 수 있도록 도와준다. Zugara는 증강현실과 모션 캡처 기술을 이용하여 가상으로 옷을 입어볼 수 있게 해줄 뿐 아니라, 페이스북과 같은 소셜 미디어와 Zugara 사이트를 접목시켜 자신이 지금 구매하려 하는 옷이 자신과 어울리는지 등과 의견을 자신의 친구나 커뮤니티 이용자에게 피드백 받을 수 있게 하여 소셜 온라인 쇼핑을 가능하게 해준다.



(그림 4) Zugara's Augmented Reality & Motion Capture Shopping App  
[출처:<http://www.zugara.com/>]

이 외에도 현재 위치에서 가장 가까운 ATM 기의 위치를 모바일상에서 제공하거나 (그림 5), 암스테르담 주변사물을 인지하여 정보를 제공하는 콘텐츠가 개발되었다[그림 6].



(그림 6) ATM 위치 제공 증강현실 시스템  
[출처:<http://wegwijzer.ing.nl/>]

Wikitude drive 같은 어플리케이션도 증강현실 시스템을 활용한 새로운 형식의 네비게이션을 선보이는 등 증강현실 시스템은 다양한 분야에서 활용되고 있고 그 분야도 점점 다양해지고 있는 추세다.

### 3. 증강현실의 상호작용 시스템

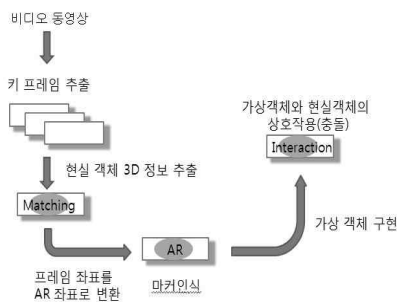
현재 서비스되는 증강현실 시스템에서의 현실 환경과 가상 환경 상호작용은 현실 환경에 가상의 객체를 추가하여 시각적 정보를 전달하거나 사용자의 액션에 반응을 하는 수준에 머물러 있다.

예를 들어 마커를 통해 구현된 A라는 객체를 B의 위치로 옮겨야 할 경우 A와 연동된 마커를 B의 장소까지 사용자가 직접 이동시켜야 하거나 사전에 이동 경로를 애니메이션으로 지정해두어야 하고 이럴 경우 객체는 미리 정의된 액션만을 취하여 제 2, 제 3의 액션은 취할 수 없게 된다. 또한 마커를 통해 구현된 서로 다른 2개 이상의 가상 객체는 다른 객체가 존재함을 인지하

지 못하고 가상 객체간에 서로가 서로를 통과하게 되는 현상이 발생한다. 즉 객체간 충돌처리가 이뤄지지 않는다. 그리하여 현재 아동 학습지에서 간단한 건물들과 도로로 도시 내부를 표현하고 마커를 통해 구현된 3D 자동차가 목적지를 찾아가는 프로그램에서는 사용자가 직접 마커를 목적지까지 이동시켜야하는 번거로움이 있는 동시에 지정된 도로가 아닌 건물을 통과하여 임의로 목표지점에 도달하여도 아무런 예러 없이 프로그램이 성공적으로 종료된다. 그리하여 3장에서는 기존의 증강현실 시스템의 기술을 한 단계 높여 가상객체를 키보드나 간단한 버튼으로 이동 가능케 하며 나아가 상호작용 수준 또한 높여 가상의 객체와 가상 혹은 실물 객체간의 충돌처리를 중점적으로 다룬다.

### 3.1 시스템 알고리즘

본 논문에서는 증강현실(Augmented Reality) 시스템을 기반으로 OpenCV를 이용하여 입력받은 동영상 키프레임을 이용해 인식된 마커와 연결된 가상 객체와 Opengl을 이용하여 구현된 가상 객체간의 상호작용을 가능케 한다. 즉, 충돌처리를 유효화 시켜 몰입감을 증대시키고 마커의 위치를 수정하지 않고도 키보드나 마우스 또는 기타 입력장치를 통해 사용자가 간단히 가상 객체의 움직임을 제어할 수 있도록 구현하여 사용자로 하여금 보다 현실적인 증강현실 체험이 이뤄질 수 있도록 한다.



(그림 7) 시스템 알고리즘 순서

(그림 7)는 본 논문의 전체적인 시스템 알고리즘 순서도를 간략히 나타낸 것이다. 먼저 웹카메라와 같은 영상 입력 기기에서 영상을 입력하면 시스템은 입력받은 영상 입력으로부터 키

프레임을 이용해 실물 객체의 3D 정보를 추출한다. 3D 정보는 평면측에서 동영상을 순간캡처하여 캡처된 영상으로부터 RGB 정보를 이용하여 실물 객체의 X, Y 길이 정보를 구한다. 또한 측면측에서도 같은 작업을 수행하여 X, Z 길이 정보를 구한 후 X, Y, Z 길이 비율을 구한다. 현실 객체의 3D 정보 추출이 완료되면 실물 객체의 좌표를 영상 프레임의 좌표가 아닌 증강현실 시스템의 절대 좌표로 변환시켜 적용한다. 웹 카메라가 마커를 인식하면 가상 객체가 구현되고 구현된 가상객체와 실물 객체 혹은 또 다른 가상 객체간의 충돌처리가 유효화된다.

### 3.2 가상 객체간 충돌처리

본 논문에서는 사용자의 가상 객체 조작의 편리성을 위해 MFC의 버튼을 통하여 가상 객체의 움직임을 제어하였다. 상, 하, 좌, 우 버튼을 생성하여 움직임을 반영하는 객체의 동작을 간단히 제어한다.

시스템은 매순간 변하는, 고정되지 않은 가상 객체의 좌표와 사용자에게 의해 움직이는 가상객체의 좌표를 증강현실 시스템의 좌표를 기준으로 하여 절대좌표를 계산함으로써 객체간의 충돌처리를 유효화 시킨다. 이는 웹 카메라로부터 입력받은 동영상으로부터 좌표를 계산하여 적용시켰을 경우 객체가 시스템 상에서는 같은 위치에 존재하나 웹 카메라 렌즈의 위치에 따라 시시각각변하는 가상 객체의 좌표를 계산하는데 비해 웹 카메라 렌즈의 이동 유무에 상관없이 마커의 절대좌표를 기준으로 객체마다 절대좌표를 부여하여 계산에 따른 시스템의 경제적 손실을 감소시킨다.

본 논문에서는 사용자의 다른 조작없이 웹카메라로부터 입력된 영상에 가상객체가 구현됨으로써 야기되는 사용자의 혼란을 사전에 방지하고 프로그램의 일관성을 위해 시스템이 마커를 인식해야만 마커와 연동된 가상 객체와 함께 또 다른 가상 객체를 구현하도록 하였다.

충돌처리를 유효화시키기 위해서는 몇 가지 방법이 존재한다.

- ◆ AABB(Axis Aligned Bounding Box) 바운딩 박스가 겹쳐져 x, y, z 축에 대하여 겹쳐진 부

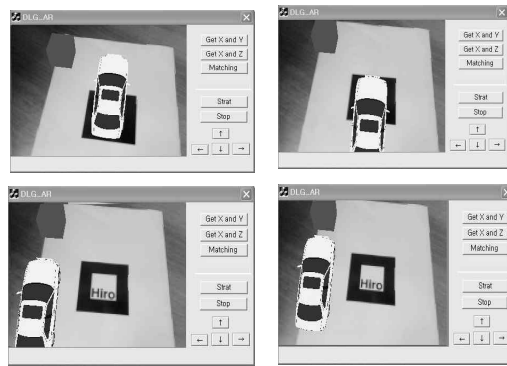
분을 검사한다. 겹쳐진 부분으로의 접근을 제거하여 충돌처리를 유효화 시킨다[6].

- ◆ OBB(Object Bounding Box) 캐릭터(오브젝트) 주축과 단축이 존재하여 주축과 단축 모든 축에 대해 겹쳐진 부분이 존재하는지 검사한다. 주축과 단축은 캐릭터(오브젝트)가 회전하는 방향에 따라 바뀐다[7].
- ◆ 경계구(Bounding Sphere) 가장 간단하고 많이 쓰이는 방법으로 캐릭터(오브젝트)에 경계구를 씌운다. 두 캐릭터(오브젝트)간의 각각의 반지름을 더한 것보다 두 캐릭터(오브젝트)간의 원점의 거리가 작으면 충돌을 유효화 시키고 원점의 거리가 크면 충돌하지 않는다[8].

이 외에도 캐릭터(오브젝트)에 실린더를 씌운 후 Y축으로는 바운딩 박스, X, Z 축으로는 반지름을 이용하여 충돌처리를 하거나 경계구와 바운딩 박스를 합쳐서 충돌처리 하는 방법도 있다.

본 논문에서는 경계구방식을 사용하여 Opengl을 이용해 구현한 가상객체의 좌표와 실물 객체의 좌표를 증강현실시스템 좌표로 변환시켰다 그 후 가상객체와 실물 객체가 위치한 위치좌표와 X, Y, Z 축으로의 객체 중심좌표로부터의 거리를 계산하여 증강현실시스템으로 구현된 마커 기반 객체가 좌표를 이동할 때 이동한 좌표의 위치가 계산된 가상 객체의 정보와 중복되면 이를 충돌로 간주하고 그 이상의 움직임을 제어한다.

(그림 8)는 가상 객체 간 충돌처리를 나타낸다. 좌측 상단의 그림은 영상 입력 장치를 통해 시스템이 마커를 인식하여 마커와 연관된 3D 자동차 모델을 출력 영상에 구현한 그림이다. 우측 상단과 좌측 하단의 그림은 마커 기반의 가상 객체인 자동차를 자유자재로 움직여 시스템 사용자가 임의로 자동차의 위치를 변환시키는 그림이다. 마지막으로 우측 하단의 그림은 자동차가 Opengl로 구현된 또 다른 가상객체 근처로 진입하였을 경우 두 가상객체간의 충돌 처리가 유효화되어 Opengl로 구현된 가상 객체가 위치한 좌표로의 마커 기반 가상객체의 움직임을 제어하는 그림이다.



(그림 8) 가상 객체 간 충돌처리

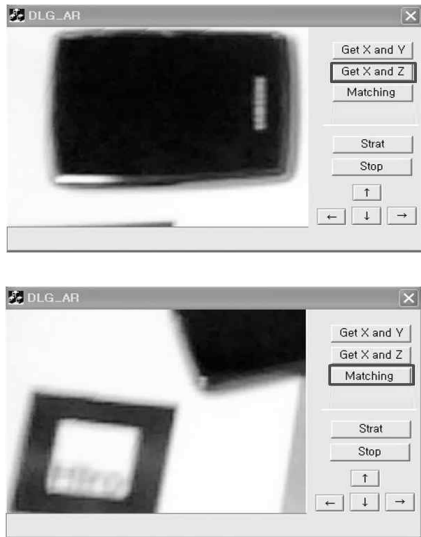
### 3.3 실물 객체와 가상 객체의 충돌처리

본 논문에서는 가상 객체간의 충돌 처리 뿐만 아니라 현실성을 높이기 위해 웹 카메라의 입력 영상에 비춰지는 실물 객체와 가상객체간의 충돌 처리도 유효화시킨다. 시스템이 웹 카메라로부터 영상 프레임을 입력받으면 먼저 실제 오브젝트의 색 정보를 추출하여 X, Y, Z의 깊이 정보를 추출한다. 추출된 실제 오브젝트의 정보를 Opengl을 이용하여 입력받은 영상 프레임의 좌표에서 증강현실 시스템의 좌표로 변환하여 적용시킨다.

먼저 MFC 로 구현된 버튼을 통해 평면샷으로 실물 객체의 X, Z 정보를 추출하고 측면 샷을 통해 Z, Y 정보를 추출한다. 추출된 X, Y 정보와 X, Z 정보의 비율 계산을 통해 X, Y, Z의 깊이 정보 비를 구한다.

마커와 실물 객체를 하나의 프레임 안에서 캡처하여 색 정보 추출을 통하여 마커의 끝부분과 실물 객체의 끝부분의 거리 비율을 구한 후 입력 영상 상의 마커 좌표를 증강현실 좌표로 적용시킨다. 그 후 이전에 구한 거리 비율과 깊이 비율을 통해 실물 객체의 위치 정보와 X, Y, Z 깊이 정보를 추출하여 절대좌표를 계산함으로써 실물 객체와 가상 객체 사이의 충돌 처리를 유효화 시킨다. 이는 웹 카메라로부터 입력받은 키 프레임 상의 실물 객체 위치 정보를 계산하여 충돌 처리를 유효화 시켰을 경우 객체가 증강현실 시스템 상에서는 같은 위치에 존재하나 웹 카메라 렌즈의 위치에 의존하여 시시각각 변하는 가상 객체의 좌표를 계산하는 데 비해 웹 카메라 렌즈의 이동 유무에 상관 없이 마커의 절

대 좌표를 기준으로 객체마다 절대 좌표를 부여하여 계산에 따른 시스템의 경제적 손실을 감소시킨다. (그림 9)는 웹 카메라로부터 입력된 영상에서부터 실물 객체의 X, Y, Z 정보를 추출하여 증강현실 시스템의 절대좌표로 매칭시키는 장면이다.



(그림 9) 실물 객체 정보 추출 및 증강현실 좌표로의 매칭

본 논문에서는 사용자의 지시 없이 웹 카메라로 영상이 입력되는 동시에 가상 객체가 구현됨으로써 야기되는 사용자의 혼란을 사전에 방지하고 프로그램의 일관성을 위해 증강현실 시스템이 마커를 인식해야만 마커와 연동된 가상 객체와 함께 가상 객체가 구현되도록 하였다. 또한 MFC를 통한 사용자의 지시가 있을 경우에만 상호작용과 관련된 가상 객체가 구현되도록 하며 웹카메라로부터 입력된 영상에 실물 객체가 삽입됐을 경우 실물 객체의 X, Y, Z 정보 추출과 함께 증강현실 시스템과의 매칭을 통해 실물 객체와 가상 객체의 상호작용이 이뤄질 수 있도록 한다. 또한 시작과 정지 버튼을 추가하여 사용자가 원할 경우 언제든지 프로그램을 새로 시작하거나 중단 할 수 있도록 편의성을 제공한다.

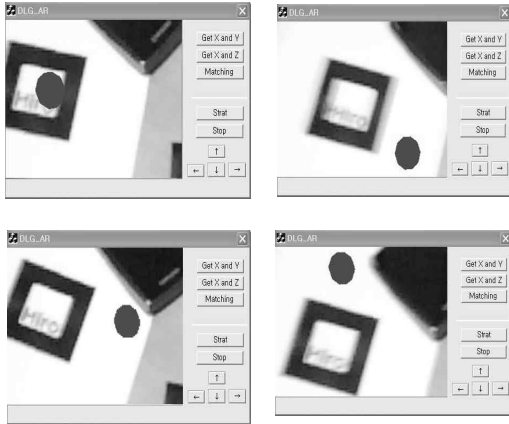
실물 객체와 가상 객체의 상호작용 역시 가상 객체와 가상 객체의 상호작용 처럼 경계구 방식을 사용하여 충돌을 유효화 시켰으며, 가상 객체의 좌표와 웹 카메라로부터 입력된 영상 프레임

으로부터 추출된 실물 객체의 좌표를 증강현실 시스템 좌표로 변환 시킨 후 가상 객체, 실물 객체가 위치한 위치좌표와 X, Y, Z 축으로의 객체의 원점좌표(중심좌표)로부터의 거리를 계산하여 증강현실 시스템으로 구현된 마커 기반 객체 좌표를 이동 할 때 이동한 좌표의 위치가 계산된 다른 객체의 정보와 중복되면 이를 충돌로 간주하고 그 이상의 움직임을 제어하여 충돌을 유효화 시킨다.

#### 4. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 증강현실 시스템은 각 객체사이의 절대 좌표 값, 사용자의 조작에 따라 위치가 바뀌는 객체의 위치 좌표 값과 사용자의 의한 조작 정보들을 인지하여 마커 기반 객체와 가상 객체, 실물 객체간의 상호작용을 충돌 처리 측면에서 강조하여 처리한다. (그림 9)는 실물 객체의 X, Y, Z 정보를 읽어 증강현실 시스템 좌표로 매칭시키는 그림이다. (그림 8)은 마커 기반 객체인 자동차를 사용자가 버튼 입력으로 움직임을 제어하고, 자동차와 가상 객체의 위치가 중복되면 충돌을 유효화시켜 가상 객체의 위치로의 마커기반 객체의 진입을 제어하는 그림이다. (그림 10)은 증강현실 시스템이 웹카메라로부터 입력받은 영상 프레임에서 실물 객체의 X, Y, Z의 깊이정보와 위치 정보를 읽어들이 실물 객체와 가상객체가 같은 공간에 존재한다 간주하여 마커기반 객체와 실물 객체와의 충돌 또한 유효화시킨 그림이다.

(그림 10)의 좌측 상단의 그림은 영상 입력 기기를 통하여 시스템이 마커를 인식했을 경우 3D object인 구를 출력 영상에 구현한 모습이다. 우측 상단의 그림은 구현된 가상 객체가 시스템 사용자에게 의해 자유롭게 영상 내를 이동하는 모습이며 좌측 하단, 우측 하단의 그림은 가상 객체가 현실 객체가 위치한 좌표 근처에 이동했을 때 더 이상 현실객체가 위치한 좌표로의 접근을 제어하는 그림이다.



(그림 10) 실물 객체와 가상 객체간 상호작용

구현된 시스템을 기반으로 기존의 증강현실 시스템과 비교하였을 경우 마커 인식부터 객체 구현, 실물 객체 인식까지의 시간적 차이는 없었으며 버튼을 통한 객체 조작과 충돌 처리 역시 실시간으로 이루어졌다. 반면 색 정보를 추출하여 현실객체의 X, Y, Z 값이 정보와 위치정보를 추출하기 때문에 주위 환경, 특히 조명에 매우 민감하였다.

### 5. 결론 및 향후 연구

제안된 증강현실 시스템은 기존의 증강현실 시스템과는 달리 마커의 직접적인 위치 변동 없이 마커와 연동된 객체의 움직임을 제어할 수 있었다. 또한 마커와 연동된 객체가 자신 이외의 객체를 인지하지 못하고 다른 객체와 같은 좌표의 위치를 갖음으로 2개 이상의 객체가 동시에 같은 위치좌표를 갖게되어 발생하는 문제를 해결하여 가상 객체간 혹은 가상 객체와 실물 객체간 상호작용으로 충돌을 유효화시켜 현실감과 몰입도를 증대시켰다.

추후에는 평면 샷과 측면 샷으로 실물 객체의 정보를 추출하는 번거로움이 있는 문제를 해결하여 웹 카메라 영상 프레임에 실물 객체가 입력되면 실시간으로 정보를 추출하여 실물 객체와 가상 객체간의 상호작용이 이뤄질 수 있도록 하여 사용자에게 편의성을 제공하고 시스템의 효과적인 활용도를 높일 예정이다.

### 참고 문헌

- [1] S. Feiner, B. CacIntyre and D. Seligmann, "Knowledge Based Augmented Reality." Comm. ACM. Vol. 30, No. 7, pp. 53 - 62, July 1993.
- [2] P. Wllner, "Interacting with paper on the digital dest." Comm. ACM, vik. 36, No 7, pp. 87 - 96, July 1993.
- [3] M.Bajura, H. Fuchs and R. Ohbuchi, "Merging Virtual Reality with the Real World : Seeing Ultrasound Imagery within the Patient." Computer Graphics(Proc. SIGGRAPH), ACN Press, pp. 203 - 210, 1992
- [4] J. P. Mellor, "Enhanced Reality Visualization in a Surgical Environment.", A.I. Technical Report, No. 154 4, Jan 1995.
- [5] 박영민, 우운택, "AR Table : 감각형 오브젝트를 이용한 증강현실 기반 상호작용 시스템", 한국컴퓨터 종합 학술대회 논문집, Vol. 32, No. 1(B), pp 523 - 525, 2005
- [6] Christer Ericson, "Real-Time Collision Detection", Morgan Kaufmann Pub, 4.2ch. 2005, 02, 07
- [7] David H. Eberly, "3D Game Engine Dsign : A Practical Approach to Real-Time Computer Graphics (2/E)", Morgan Kaufmann, pp. 244
- [8] Andrew S. Glassner, "Graphics Gems 1(Hardcover)", Academic Press, pp. 301



#### 조인경

2005~2009 숙명여자대학교 멀티미디어학과 학사 졸업  
2009~현재 숙명여자대학교 멀티미디어과 석사과정

관심분야 : 정보보호(Personal Information), 유비쿼터스 컴퓨팅(AR), 디지털저작권(DRM) 등



#### 박화진

1991~1997 미 아리조나주립대 (박사)  
1998 삼성SDS 선임연구원  
2000~ 현재 숙명여자대학교 멀티미디어과학과, 교수

관심분야 : 컴퓨터 그래픽, 가상현실, 게임