

공간 증강 현실 디지털 콘텐츠 제작을 위한 효율적인 프레임워크

전영재, 오경수
송실대학교 미디어학부
{dkreformer, oks}@ssu.ac.kr

An Efficient Framework for
Making Spatial Augmented Reality Digital Contents

Young-Jae Chun, Kyoung-Su Oh
Dept. of Media, Soongsil university

요 약

이 논문은 공간 증강 현실 콘텐츠를 낮은 비용과 빠른 속도로 제작하기 위한 프레임워크를 제안한다. 우리의 프레임워크는 구하기 쉬운 장비인 웹캠과 프로젝터만으로 투영 기반의 증강 현실 콘텐츠를 제작할 수 있는 환경을 제공한다. 콘텐츠 제작자는 웹캠과 프로젝터를 설치하고 프레임워크에서 제공하는 인터페이스를 조작하는 것으로 쉽고 빠르게 공간 증강 현실 기술을 사용한 디지털 콘텐츠를 제작할 수 있다. 기존의 솔루션들은 고가인 경우가 많고 콘텐츠 제작자가 증강 현실 기술을 스스로 적용하는 것이 쉽지 않기 때문에 우리가 제안하는 프레임워크는 콘텐츠 제작자가 콘텐츠 내용 자체에 집중할 수 있도록 돕는다. 프레임워크를 통해 웹캠과 프로젝터를 한 번 설정하면 인식 가능한 실제 물체의 이동과 회전에 따른 가상 물체의 렌더링 결과를 올바르게 투영한다. 그 결과, 우리는 사실적인 증강현실 콘텐츠를 확인할 수 있다.

ABSTRACT

We introduce a new framework for making spatial augmented reality contents fast and with low cost. The framework allows us to make projection-based augmented reality using off-the-shelf webcams and projectors. Contents producers can make a projection-based augmented reality contents easy and fast by setting a webcam and a projector and then controlling user interfaces of our framework. Since most of previous solutions are expensive and it is too difficult that the producers apply augmented reality techniques themselves, the framework helps them to concentrate contents. Once we set a webcam and a projector correctly, our framework projects a virtual object contents according to the manipulation of a trackable real object. As a result we can see realistic augmented reality contents.

Keywords : Augmented Reality(증강현실), Spatial Augmented Reality(공간증강현실), Projection-based Augmented Reality(투영기반증강현실)

Received: May 22, 2013 Accepted: Jun. 12, 2013
Corresponding Author: Kyoung-Su Oh(Soongsil university)
E-mail: oks@ssu.ac.kr

© The Korea Game Society. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

1. 서론

우리는 증강 현실(Augmented reality, AR)의 복잡한 기술적 이론을 알지 못하더라도 기존의 증강 현실 시스템과 프로젝터를 사용하여 디지털 콘텐츠 제작자가 편리하게 공간 증강 현실(Spatial augmented reality, SAR) 콘텐츠를 제작할 수 있는 프레임워크를 소개한다.

증강 현실은 현실의 영상에 가상의 객체를 합성하여 직관적인 정보전달이 가능한 기술이다. 일반적으로 증강 현실의 결과는 모니터 등의 디스플레이를 통해 이루어지며 최근에는 구글 글래스 같은 휴대용 증강 현실 장비들의 개발도 활발하다. 반면에 공간 증강 현실은 보다 현실감 있는 표현이 가능하다. 공간 증강 현실은 모니터와 같은 장치를 사용하지 않고 프로젝터를 사용하여 실제 세계의 표면 또는 물체에 직접적으로 가상 물체를 렌더링한다. 사용자가 별도의 디스플레이 장치를 통해서 증강 현실을 체험하는 것이 아니라 순수하게 눈을 통해 체험하기 때문에 보다 몰입도가 높다. 또한 부피가 있는 실제 물체에 가상 물체의 색상을 입히기 때문에 더욱 사실적이고 실감나는 표현이 가능하다. 공간 증강 현실은 광고나 미디어 파사드(media facade) 제작 등의 용도로 여러 분야에서 활용되고 있다[1,2]. 하지만 공간 증강 현실 기술을 제공하는 장비는 고가인 경우가 많고 콘텐츠 제작자가 기술을 이해하고 스스로 개발하는 것은 많은 시간이 걸리거나 불가능할 수 있다. 따라서 이런 문제를 해결하기 위한 편리한 도구가 필요하다.

우리가 제안하는 프레임워크를 사용하면 마커가 부착된 실제 물체를 이동시키거나 회전시키는 동안 가상의 색상이 실제 물체에 올바르게 투영되며 사용자는 보다 사실적인 증강 현실을 체험할 수 있다. 사용자의 실제 물체에 대한 조작은 가상에서 가상 물체를 조작하는 작업을 위해 사용되며 매 프레임 갱신된다. 이런 공간 증강 현실을 표현하기 위해서는 카메라와 같은 입력장치로부터 얻어진 특정 물체의 가상 좌표축을 기준으로 임의의 방향과

거리에서 가상 물체를 렌더링할 때 프로젝터와 같은 출력 장치가 실제 물체에 올바르게 투영하는 기능이 요구된다. 따라서 가상 물체는 여러 차례 변환을 거치게 된다. 우리는 직관적이지 않은 행렬 계산 및 적용을 직관적인 인터페이스로 대체하여 제공한다. 우리가 제공하는 프레임워크는 콘텐츠 제작자가 가상의 물체와 가상의 카메라에 대한 수치 정보를 기입하고 적용할 수 있는 그래픽 유저 인터페이스(GUI)를 포함한다. GUI를 통해 가상의 물체와 가상의 카메라를 배치하고 가상 카메라의 FOV를 수정하는 것으로 실제 환경과 가상 환경을 정합을 할 수 있다. 이는 콘텐츠 제작에 요구되는 영상인식 및 프로젝션 등 기술적인 많은 문제들을 고려하지 않도록 해준다. 그 결과 콘텐츠 제작자는 웹캠과 프로젝터만 사용하여 공간 증강 현실을 적용한 디지털 콘텐츠를 빠르고 쉽게 제작할 수 있다. 우리는 카메라의 위치와 방향을 기준이 되는 사용자의 위치로 사용하므로 실제로 콘텐츠를 감상하는 사용자의 위치와 시점은 고려되지 않는다. 따라서 표면의 변화가 심한 가상 물체의 표현은 힘들다. 하지만 다수의 사용자를 위한 시스템이기 때문에 이는 무시하였다.

이 논문의 구조는 다음과 같다: 2장에서는 관련 연구를 논의하고 3장에서는 우리 시스템의 개요를 보여준다. 제안된 공간 증강 현실 프레임워크와 그 사용법은 4장에 소개된다. 마지막으로 5장에서는 우리의 실험, 우리 방법의 기여 그리고 적용 가능한 분야들에 대해서 정리한다.

2. 관련연구

증강 현실이라는 용어는 1990년 보잉사의 톰 코델이 항공기 전선 조립을 돕기 위해 가상 이미지와 실제 영상을 합성하여 설명하면서 처음으로 사용하였다. 기존에 언급되던 가상현실로부터 파생되었기 때문에 현실과 가상 사이의 분류 체계가 필요하였고 “reality-virtuality continuum”의 개념이

[3]에서 처음으로 소개 되었다. AR 분야의 연구는 실내 환경에서 정확한 위치추적 기술 연구를 통해 활성화되었고 실외 환경에 증강된 가상 객체와의 상호 적용을 위한 기술에 관련된 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 일반적으로 증강 현실의 결과물은 모니터와 같은 디스플레이 장치를 통해서 이루어진다. 따라서 보다 현실감 있는 사용자 상호작용을 위해서는 see-through HMD(Head Mounted Display)와 같은 장비들이 사용될 수 있다.

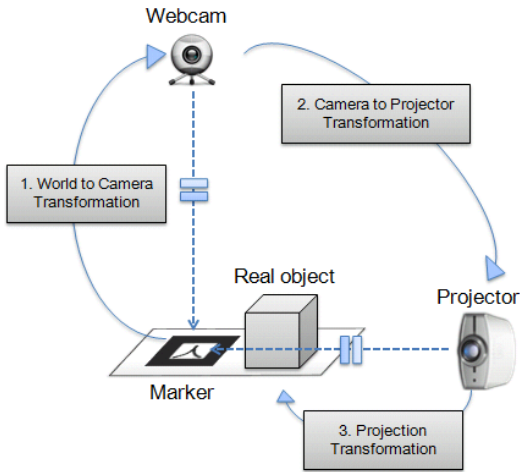
공간 증강 현실[4]은 디스플레이 장치를 통해 가상현실의 이미지를 출력하지 않고 빔 프로젝터를 사용하여 실제의 환경에 가상현실의 이미지를 출력하는 방법이다. 공간 증강 현실은 기존의 증강 현실 방식 보다 직관적이고 편리하게 정보 전달을 할 수 있다. 공간 증강 현실 연구 분야에는 풀어야 할 문제가 많이 있으며 다양한 방면에서 연구가 진행되고 있다.

초기의 연구는 가상의 영상을 실제 환경에 올바르게 투영하기 위한 연구들이 진행되었고 많은 솔루션들이 제안되었다. 한편으로는 사용자 상호작용을 위한 연구들도 진행되었다. Shader Lapms[5,6]는 프로젝터를 캘리브레이션하여 임의의 실제 환경에 가상의 이미지를 투영할 수 있었고 사용자가 가상 이미지에 페인팅 등의 행동을 하여 출력 결과를 바로 확인할 수 있었다. 이 연구에 기반을 두어 휴먼-기계 인터페이스의 시제품을 제공하는 연구도 있었다[7].

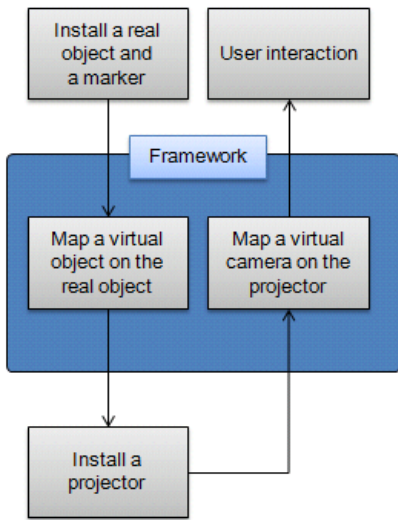
기술적 연구는 많이 진행되었으나 디지털 콘텐츠 제작자가 스스로 공간 증강 현실 구현 및 환경을 구축하기는 쉽지 않다. 최근에는 카메라와 프로젝터가 하나의 장치에 설치되어 공간 증강 현실 콘텐츠를 만들 수 있는 장비가 사용화 되었으나 구매를 위해서는 많은 비용을 지불해야 한다. 우리는 높은 비용과 공간 증강 현실에 대한 이론적인 이해 없이 콘텐츠 제작자가 콘텐츠 디자인 및 제작에 집중할 수 있도록 돕는 공간 증강 현실 프레임워크를 소개하고자 한다.

3. 시스템 개요

[Fig. 1]은 우리의 방법이 변환을 적용하는 과정을 보여준다. 가상 물체는 총 4번의 변환(월드-카메라-프로젝터-프로젝션)을 거쳐 렌더링 된다. 먼저 월드-카메라 변환 행렬은 카메라에서 인식된 이미지를 분석하여 카메라의 방향과 거리를 계산하는 것으로 구해진다. 카메라-프로젝터 변환을 수행하기 위해서는 프로젝터의 위치와 방향을 가상 환경에서 정의해야 한다. 우리는 마커와 카메라 사이의 거리를 측정하여 동일한 거리만큼 떨어진 위치에 프로젝터를 설치하였다. 그 다음 카메라-프로젝터 간의 물리적인 위치와 방향 관계를 고려하여 가상 카메라를 설치하는 것으로 가상 환경에서의 프로젝터의 위치와 방향을 정의하였다. 카메라-마커 그리고 마커-프로젝터 간의 거리가 같기 때문에 프로젝터의 시야각(Field-of-view, FOV)를 정확하게 알 수 있다면 그것을 사용하여 프로젝션 변환을 수행하는 것으로 완벽하게 가상 물체를 실제 물체에 투영시킬 수 있다. 하지만 그렇지 못한 경우, 올바른 프로젝션을 위해 적절한 시야각을 찾아야 한다. 가능한 산술적 방법이 없으므로 경험적 방법을 사용한다. 우리는 임의의 시야각을 적용해서 가상 물체를 렌더링 한 후 올바르게 투영될 때까지 시야각을 조절할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 한 번 시야각이 올바르게 결정되면 그 이후에는 프로젝터를 움직이더라도 올바르게 가상 카메라만 갱신해주면 투영 결과는 올바르게 출력된다.



[Fig. 1] Projection-based AR system overview



[Fig. 2] Projection-based AR work flow with the proposed framework

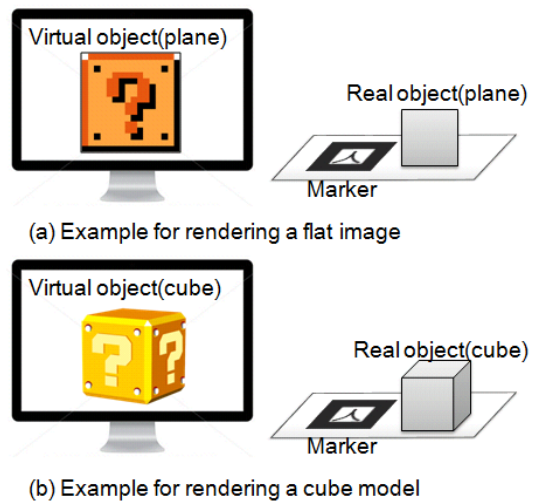
4. 공간 증강 현실 프레임워크

우리가 제안하는 공간 증강 현실 프레임워크의 목적은 콘텐츠 제작자가 간단히 구할 수 있는 웹캠을 사용하여 다양한 공간 증강 현실 콘텐츠를 손쉽게 제작할 수 있게 하는 것이다. 제안된 프레임워크는 입력장치로서 웹캠, 사용자 정의 마커를

사용하며 출력장치로는 일반적인 프로젝터를 사용한다. 결과물은 프로젝터로 출력되어 실제 물체에 투영되며 관객은 실제 물체를 조작하는 것으로 투영된 가상 물체를 조작하는 경험을 할 수 있다. 실제 물체의 모양이나 크기는 콘텐츠의 내용에 따라 정해진다. 제안된 프레임워크를 사용하기 위한 작업의 흐름은 [Fig. 2]와 같다. 4.1절부터는 각 작업에 대한 설명을 한다.

4.1 마커와 실제 물체의 설치

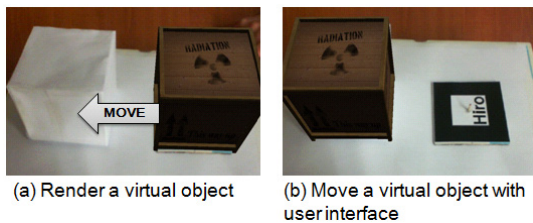
제작자는 먼저 어떤 콘텐츠를 증강시킬 것인지 결정해야 하며 이에 따라 영상이 투영될 실제 물체를 제작한다. [Fig. 3]의 예와 같이 일반적인 영상을 출력할 경우 단순한 평판을 사용할 수 있을 것이고 특정 물체를 표현할 경우 동일한 형태의 실제 물체를 사용해야 하는 것이 보다 현실적인 결과물을 생성할 수 있다. 이를 위해서는 3D프린터와 같은 출력장치가 사용될 수 있다. 마커는 실제 물체의 회전과 이동을 인식하기 위해 사용되며 실제 물체와 동일한 평면상에 위치시켜 평면을 움직이면 마커와 실제 물체가 동시에 움직이도록 한다.



[Fig. 3] Installation example for the different types of a project-based AR content

4.2 가상 물체와 실제 물체의 정합

우리는 웹캠으로 마커를 인식하는 것으로 가상 물체를 렌더링하기 위한 카메라 변환 행렬을 얻을 수 있다. 일반 증강 현실 기법과 동일하게 물체를 원점에 렌더링하면 마커 위치에 출력되는 가상 물체 렌더링 결과를 모니터와 같은 디스플레이 장치를 통해 볼 수 있다[Fig. 4](a). 이 때 사용하는 가상공간의 카메라를 우리는 증강 현실 카메라라고 이름 지었다. 우리의 프레임워크는 가상 물체의 월드 변환을 위한 인터페이스를 제공하여 이것의 조작을 통해 가상 물체의 위치와 크기 그리고 방향을 설정할 수 있다. 우리의 목적은 현실 물체에 가상 물체의 렌더링 결과를 투영하는 것이므로 웹캠을 통해 보이는 실제 물체에 위치시킨다[Fig. 4](b). 이렇게 구해진 월드 변환 행렬은 가상 물체를 렌더링하기 위해 공통적으로 사용되므로 다른 방향과 위치에서 렌더링 하더라도 하나의 가상공간 내에서는 동일한 위치에 그려진다.

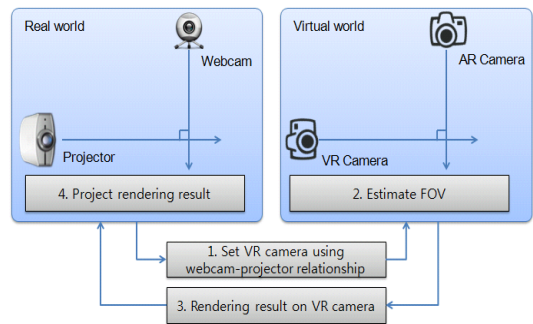


[Fig. 4] Mapping a virtual object onto a real object

4.3 가상 카메라와 프로젝터의 정합

가상 카메라는 가상 물체를 임의의 방향에서 실제 물체에 투영시키기 위해 사용된다. 가상 카메라에서의 렌더링 결과는 프로젝터를 통해 출력되고 실제 물체에 투영되기 때문에 가상 카메라와 프로젝터 간의 위치와 방향 관계는 중요하다. 또한 올바른 투영을 위해서는 프로젝터의 시야각을 추정해야 할 필요가 있다. [Fig. 5]는 올바른 투영을 위한 작업 순서를 보여준다. 우리는 웹캠과 프로젝터의 방향이 직각을 이루도록 그리고 웹캠과 마커, 마커

와 프로젝터 사이의 거리가 동일하도록 하였다. 이 정보는 가상공간에서 가상 카메라의 위치와 방향을 결정하기 위해 사용된다. 만약 프로젝터의 시야각을 정확하게 알고 있다면 올바른 투영 결과를 바로 얻을 수 있다. 하지만 시야각을 정확하게 알 수 없는 경우가 대부분이며 사용자는 이것을 추정을 해야 한다. 먼저 임의의 시야각을 사용하여 가상 물체를 렌더링하고 투영한다. 만약 올바르게 투영되지 올바르게 투영이 될 때까지 시야각을 조절하고 원하는 정확도로 투영이 된 경우에 조절을 종료한다. 한 번 시야각이 정해지면 사용자는 프로젝터의 위치와 방향을 임의로 바꿔도 그에 따라 가상 카메라의 위치와 방향을 갱신해줄 수 있다면 항상 올바른 투영결과를 얻을 수 있다.



[Fig. 5] A simple case of mapping a virtual camera onto a projector

4.4 투영 및 사용자 상호작용

가상 카메라와 프로젝터의 정합이 완벽하면 프로젝터에서 가상 물체의 렌더링 결과를 투영했을 때 실제 물체와 꼭 맞아떨어지는 영상이 출력된다. 또한 사용자가 마커와 실제 물체가 놓인 평판에 이동과 회전에 대한 변환을 가했을 때, 변환을 반영한 투영 결과가 출력되어 사용자가 체험적이고 실감나는 증강 현실을 체험할 수 있다. [Fig. 6]은 큐브 형태의 가상 물체를 유사한 형태의 실제 물체에 투영한 결과와 변환을 가한 결과를 보여준다.

5. 실험 및 결론

우리는 정사각형 모양의 가상 물체를 정사각형 모양의 실제 물체에 투영하는 실험을 하였다. 마커를 인식하기 위해 무료로 제공되는 증강 현실 라이브러리인 뷰포리아(vuforia)를 사용하였으며 가상 물체를 렌더링하기 위해 유니티3D(Unity3D)를 사용하였다. 우리는 [Fig. 1]과 동일한 환경 하에 실험을 하였다. 하나의 평판 위에 마커와 실제 물체를 올려놓고 평판을 움직이면 마커와 실제 물체가 함께 움직이도록 고정하였다. 웹캠은 마커를 수직방향으로 위쪽 방향에서 내려다 볼 수 있도록 설치하였다. 마커 인식의 결과로 렌더링 되는 가상의 물체는 인터페이스 조작을 통해 실제 물체와 겹치도록 조절하였다. 사용자 인터페이스는 가상 물체의 위치와 방향 그리고 크기를 조절하는 것을 제공한다. 프로젝트와 마커 사이의 거리는 웹캠과 마커 사이의 거리와 동일하게 하였으며 방향은 웹캠이 마커를 보는 방향이 수직이 되도록 하였다.

이 설정을 고려하여 가상 카메라의 대략의 위치와 방향을 인터페이스를 통해 조절하였고 실제로 물체를 투영하는 동안 미세한 조절을 통해 올바른 정합을 하였다. 정합이 종료 되면 사용자는 마커와 실제 물체가 놓인 평판을 움직이는 것으로 상호작용을 할 수 있다. 사용자 입력으로는 이동과 회전을 허용하며 변환의 결과로 가상의 물체는 실제 물체를 따라서 움직이게 된다. 결과적으로 투영 기반의 증강 현실을 통해 보다 사실감 있는 장면을 연출할 수 있다.

이 논문에서 우리는 공간 증강 현실 콘텐츠 제작용 프레임워크와 프레임워크를 사용한 콘텐츠 제작 방법을 소개하였다. 우리의 프레임워크를 사용하면 고가의 장비나 복잡한 설치 없이 편리하게 작품을 만들 수 있는 장점이 있다. 콘텐츠 제작자는 제안된 프레임워크와 웹캠 그리고 프로젝터를 사용해서 실감나는 증강 현실 콘텐츠 제작이 가능하다. 또한 증강 현실을 사용한 게임이 모니터 혹은 HMD로 결과물을 확인하는 것과 달리 현실 세

계의 물체에 바로 표현되기 때문에 보다 사실적이며 여러 사용자가 동시에 상호작용할 수 있는 증강 현실 게임을 제작하는데 사용될 수 있다.

우리의 프레임워크는 간단한 인터페이스를 제공하여 투영기반 증강 현실 작업을 돕기 위해 개발되었으나 아직 사용자 경험에 대한 연구가 진행되지 않아 추가적인 기능 제공이 요구된다. 또한 고정된 웹캠을 사용자의 시점으로 가정하고 실제 사용자는 다른 측면에서 투영 결과를 관찰하는 구조이기 때문에 굴곡이나 변화가 심한 표면을 표현하는 데에 한계가 있다.



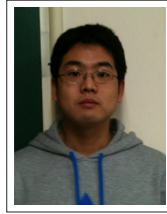
[Fig. 6] A sample contents made by proposed framework

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Korea Science and Engineering Foundation(KOSEF) grant funded by the Korea government(MEST) (No.2011-0012214).

REFERENCES

- [1] Mark Mine, David Rose, Bei Yang, Jeroen van Baar, Anselm Grundhöfer, “Projection-Based Augmented Reality in Disney Theme Parks”, Computer, vol. 45, no. 7, pp. 32-40, 2012.
- [2] Audi Car Design Award 2011 (<http://www.youtube.com/watch?v=x4sVTUAdoLg>).
- [3] P Milgram and F Kishino, “A taxonomy of mixed reality visual displays”, In Proceedings of the twelfth annual symposium on Computational geometry (SCG '96), ACM, New York, NY, USA, pp. 78-87, 1996.
- [4] O. Bimber and R. Raskar, Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds, A K Peters, Wellesley, 2005.
- [5] R. Raskar, G. Welch, K. Low, and D. Bandyopadhyay, “Shader lamps: Animating real objects with Image-Based illumination”, Techniques 2001: Proceedings of the Eurographics, pp. 89-102, 2001.
- [6] D. Bandyopadhyay, R. Raskar, and H. Fuchs, “Dynamic shader lamps: Painting on movable objects”, IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 207-216, 2001.
- [7] Shane R. Porter, Michael R. Marnier, Ross T. Smith, Joanne E. Zucco, Bruce H. Thomas, “Validating Spatial Augmented Reality for Interactive Rapid Prototyping”, ISMAR 2010, pp. 265-266, 2010.



전 영 재(Chun, Young Jae)

2007 숭실대학교 미디어학부 학사
2007-현재 숭실대학교 미디어학부 석박사통합과정

관심분야 : 실시간렌더링, 증강현실, 가상현실, 게임



오 경 수(Oh, Kyoung Su)

2001 서울대학교 전기 컴퓨터 공학부 박사
2001-2002 (주) 조이먼트 개발팀장
2003-현재 숭실대학교 미디어학부 부교수

관심분야 : 실시간렌더링, 게임레벨자동생성, 시리우스 게임
