

미니어처 AR : 증강 현실 기반 차세대 디지로그형 콘텐츠 체험 전시 시스템

Miniature AR: Augmented Reality based Display System for Experiencing Next Digilog-type Contents

김기영, 박영민, 백운혁, 우운택

Kiyoung Kim, Youngmin Park, Woonhyuk Baek, Woontack Woo

광주과학기술원 U-VR 연구실

{kkim, ypark, wbaek, wwoo}@gist.ac.kr

요약

본 논문에서는 증강 현실 기반 차세대 디지로그형 콘텐츠 체험 시스템 미니어처 AR (Miniature Augmented Reality)을 제안한다. 아날로그인 미니어처와 디지털 콘텐츠를 증강 현실 공간에서 융합하고, 재현한다. 미니어처 AR에서는 새로운 마커리스 (Marker-less) 실시간 카메라 추적 방법과 3차원 실시간 깊이 카메라를 이용한 새로운 상호 작용방법을 사용한다. 제안된 방법들을 이용해 사용자는 임의의 도구 없이 손을 사용해 실제 미니어처에 정합된 3차원 가상 콘텐츠와 상호 작용할 수 있고, 자연 특징점을 이용한 증강으로 인해 보다 향상된 몰입감을 얻는다.

본 연구는 향후 실제 전시장에서 디지로그형 콘텐츠 체험 시스템으로 활용될 수 있으며, 세부 기술들은 기존 증강 현실 분야에서 다른 분야와 접목되어 사용되어 질 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose an augmented reality (AR)-based display system, Miniature AR, which allows users to experience the next digilog-type contents. The system merges and realizes the analog-type miniature and digital contents in AR environment. We use a new real-time marker-less camera tracking method and a new depth-based interaction method in Miniature AR. A user can interact with the augmented virtual objects without special interaction tools and get the improved immersion from the seamless augmentation with the help of the marker-less tracking. In the future, the proposed system can be utilized in real environments to provide users to experience digilog-type contents. Additionally, the proposed methods in the system will be used in other AR applications.

키워드 : 증강 현실, 디지로그형 콘텐츠, 전시 시스템, 마커리스 추적, 깊이 기반 상호작용

Keyword : Augmented Reality, Digilog-type Contents, Display System, Marker-less Tracking, Depth-based Interaction

※본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육성사업의 결과로 수행되었음

1. 서론

최근 들어 디지로그형 콘텐츠에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 논문에서는 디지로그형 콘텐츠를 기존 아날로그 의미를 갖는 사물에 디지털 콘텐츠가 이음매 없이 결합된 형태라고 정의한다. 디지로그형 콘텐츠는 기존 아날로그 사물이 전달하고자 하는 고유의 정보와 컴퓨터를 통해 생성된 가상의 멀티미디어 정보를 함께 경험할 수 있게 해주는 장점을 갖는다. 아날로그 책과 책 콘텐츠와 관련된 디지털 정보를 증강 현실 (Augmented Reality) 공간에서 접목한 디지로그북 [1]은 이러한 디지로그형 콘텐츠를 보여주는 대표적인 예라 할 수 있다.

증강 현실은 디지로그형 응용들의 재현에 가장 적합한 융합형 기술이다. 특히, 그 중에서도 가상의 콘텐츠를 삽입할 실제 환경 정보 획득을 위한 실시간 카메라 추적 기술과 이음매 없는 (Seamless) 증강현실 제공을 위한 상호 작용 기술이 핵심이다.

증강 현실을 위한 다양한 카메라 추적 방법들이 연구 되어 왔다. 대표적으로 ARToolKit [2]이 널리 사용되고 있다. 소규모 작업 공간에서의 상호작용이 강조된 증강 현실 응용 구축이 용이하나, 넓은 공간에서의 응용 시스템 구축이 어렵고, 정형화된 검은색 정사각형 마커는 사용자의 몰입감을 저해하는 단점을 갖고 있다.

이러한 ARToolKit의 단점을 보완하기 위해 마커리스 (Marker-less) 추적에 관한 연구가 진행되어져 왔다 [3, 4]. 마커리스 추적은 실제 환경 정보를 마커 대신 이용해 자연스러운 증강을 제공한다. 그러나 마커리스 추적 기술은 ARToolKit보다 복잡한 형태의 초기화 작업을 요구하고, 높은 계산량을 요구하므로 실시간성에 제약을 받는다. 특히, 실제 공간의 기하 정보에 대한 활용이 미흡하다.

이음매 없는 증강 현실 구현을 위해서는 실시간 카메라 추적 기술뿐 아니라, 사용자가 자연스럽게 증강된 가상의 콘텐츠와 상호작용할 수 있는 기술 또한 필요하다.

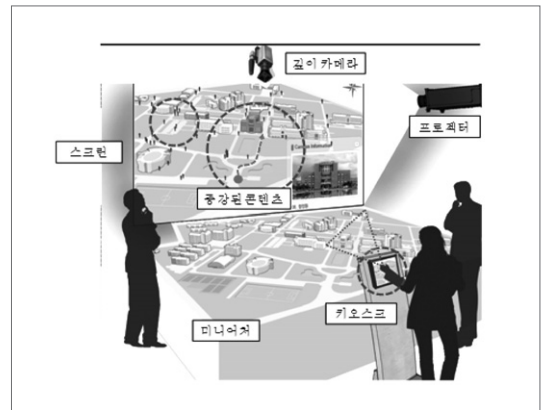
기존 마커리스 추적 기술을 응용한 시스템들에서는 상호 작용이 고려가 되지 않았으며, 대부분의 시스템 들은 마커가 부착된 도구를 이용한 상호 작용을 사용하고 있다 [5]. 마커 추적은 추적이 용이하나, 자연

스러운 상호 작용에는 적절하지 않다. 마커리스 추적 기술 기반 객체를 이용한 상호 작용 방식은 객체의 텍스처 및 기하 정보에 상당히 민감한 결과를 보이고 있다. 본 논문에서는 마커리스 추적 기술과 상호 작용의 단점을 개선한 방법들을 미니어처에 적용한 차세대 디지로그형 콘텐츠 체형 시스템 미니어처 AR을 제안한다. 3차원 복원 기반 새로운 마커리스 (Marker-less) 실시간 카메라 추적 방법과 3차원 실시간 깊이 카메라를 이용한 새로운 공간 상호 작용 방법을 설명한다. 특히, 마커리스 추적 기술에서는 사용자로 하여금 미니어처의 기하 정보를 생성하고 이를 추적에 활용하는 인터페이스를 제공한다. 3차원 상호 작용은 실제 객체와의 직접적, 간접적 공간 상호 작용을 지원한다. 제안된 방법들을 이용해 사용자는 임의의 도구 없이 손을 사용해 실제 미니어처에 정합된 3차원 가상 콘텐츠와 상호 작용할 수 있고, 자연 특징점을 이용한 증강으로 인해 향상된 몰입감을 얻는다.

2. 시스템 구조

그림 1은 제안된 미니어처 AR 시스템의 전체적인 개념도를 나타낸다. 시스템은 기존 제작된 실제 건물이나 구조물의 미니어처에 증강현실 기술을 적용한다.

시스템은 증강된 결과를 사용자에게 보여주는 i) 스크린 부분, ii) 실제 콘텐츠와 사용자간의 공간 상호작용이 발생하는 미니어처 부분, 그리고 콘텐츠 증강을 위한 키오스크로 구성된다.



(그림1) 제안된 미니어처 AR 시스템 개념도

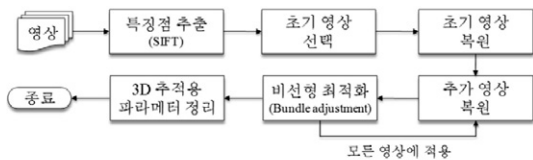
콘텐츠를 미니어처 위 삽입을 위해 일반 카메라가 키오스크에 부착되어있고, 넓은 영역에서의 3차원 상호 작용을 지원하기 위해 천장에 깊이 카메라가 장착된다. 키오스크는 사용자 임의대로 이동할 수 있고, 깊이 카메라는 미니어처와 연결되어 시스템이 고정되면 움직일 수 없도록 설계하였다.

3. 제안 방법

3.1 마커리스 카메라 추적 기술

카메라의 회전 및 이동 행렬로 표현되는 자세를 실시간으로 획득하기 위해서는 미니어처의 3차원 기하 정보가 요구된다. 본 논문에서는 3차원 기하 정보, 특징점들의 3차원 좌표 및 패치 정보를 사전에 여러 장의 미니어처를 담은 사진들을 이용해 복원한다.

미니어처를 보정된 카메라를 이용해 복원하는 과정에는 영상의 회전, 스케일 (Scale) 및 잡음에 강건한 매칭을 위해 SIFT (Scale Invariant Feature Transform) [6] 특징점이 활용된다. 전체적인 미니어처의 3차원 복원 과정은 그림 2와 같다.



(그림2) 마커리스 추적을 위한 미니어처 3차원 복원 과정

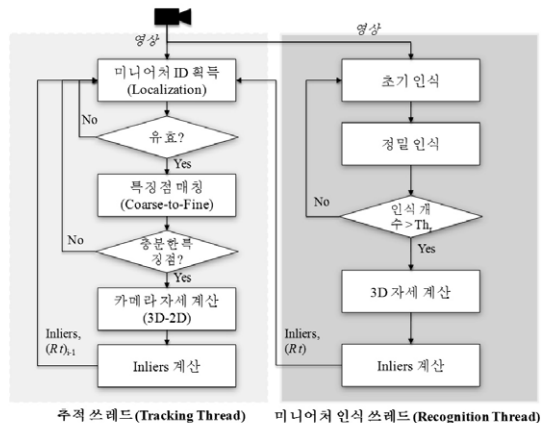
3차원 복원 후 생성된 미니어처의 특징점들을 이용해 추적 좌표계를 생성한다. 좌표계가 생성될 위치에 존재하는 특징점들을 모으고, 이 점들을 평면에 Fitting한다. 3차원 복원 과정에서 생성되는 3차원 특징점들은 잡음을 포함하고 있기 때문에, RANSAC (Random Sample Consensus) [7] 기반의 강건한 좌표계 생성 알고리즘을 수행한다.

3차원으로 복원 미니어처의 정보를 이용해 실시간으로 카메라의 위치를 계산한다. 이를 위해서는 3차원 특징점과 현재 카메라 2D 영상에서 관찰된 점들의

실시간 인식이 요구된다. 3차원 특징점은 복원 과정에서 SIFT 특징점을 활용했으므로, 2D 영상에서 실시간 SIFT 특징점이 추출될 경우 실시간 매칭이 가능하게 된다. 그러나 SIFT 알고리즘은 현재의 컴퓨팅 환경에서는 실시간이 보장되지 못하므로, 본 논문에서는 멀티 코어 프로그래밍을 이용해 이를 보완한다.

즉, 3차원 특징점 인식 모듈과 카메라 추적 모듈을 분리하여, 각각의 CPU 코어에서 동시 실행하게 된다. 결론적으로 이러한 프로그래밍을 활용해 초당 30 프레임 이상의 카메라 추적 연산 속도를 얻게 된다.

그림 3은 추적 스레드와 인식 스레드로 이루어진 제안된 알고리즘 흐름을 보인 것이다. 추적 스레드에서는 전 영상에서 인식된 특징점들을 현재 영상에서 매칭하는 일을 수행한다. 인식 스레드에서는 복원 과정에서 저장된 미니어처의 SIFT 특징점들과 현재 영상에서의 SIFT 특징점의 매칭을 수행한다.



(그림3) 멀티 코어 기반 실시간 카메라 추적 흐름도

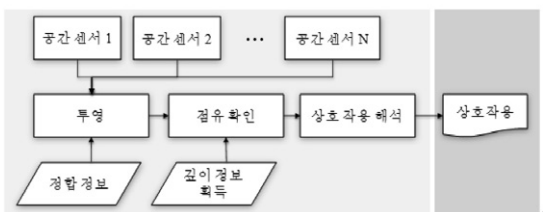
3.2 깊이 기반 3차원 공간 상호 작용 인터페이스

3차원 공간 상호 작용은 미니어처 공간에서 획득한 조밀한 깊이 정보를 이용한다. 깊이 카메라를 시스템의 위에 장착해, 미니어처와 관련된 공간의 깊이 변화를 매 프레임별로 관찰한다. 그러나 실시간성을 보장하기 위해 모든 공간의 변화를 감지할 수는 없으므로, 국지적인 공간에 가상의 상호 작용 센서를 삽입하는 형태의 접근 방법을 사용한다.

그림 4는 전체적인 깊이 기반 3차원 상호작용 인터페이스 흐름도를 나타낸다. 깊이 기반 3차원 공간 상호작용 인터페이스는 3차원 공간상에 배치되어 있는 공간 센서를 이용해 3차원의 상호작용 인터페이스를 제공한다. 공간센서는 물리적인 센서가 아닌 가상의 센서로 3차원 실제 공간에 배치되어 있다. 공간상에 위치한 센서의 점유 상태는 그 공간의 깊이값 변화를 지속적으로 감지하여 판별하게 된다. 본 논문에서는 적외선 기반의 깊이 값을 초당 30 프레임으로 생성해 내는 3DV System사의 z-Cam [8]을 사용해 취득한 현실공간의 3차원 정보와 가상공간의 정보를 정합하고, 공간 센서의 점유상태를 파악한다. 즉, 현재 알려진 카메라 위치를 이용해 가상공간의 공간 센서를 깊이맵 (Depth Map) 상에 투영시키며, 투영된 공간 센서의 깊이 값과 깊이 지도상의 깊이 값을 비교함으로써 비교적 간단한 연산만으로 가상 센서의 점유 상태의 상태를 얻게 된다.

3차원 공간 상호 작용 인터페이스는 다수개의 공간 센서를 조합하여 구성된다. 다수개의 공간 센서 조합은 사용자의 입력에 대한 기본적인 해석단위가 된다. 하나의 해석단위는 다수개의 공간 센서가 점유되는 순서와 방향, 점유된 영역의 크기 등을 해석단위에 따라서 다른 의미로 해석하여 사용자의 입력에 대한 직접적인 인터페이스 역할을 담당한다. 예를 들어, 총 $N \times N \times N$ 개의 공간 센서로 이루어진 육면체 모양의 상호 작용 인터페이스 조합이 있다고 하자. 이 조합은 카메라의 추적 결과에 의해 실제 공간에 증강되게 된다.

그 후, 사용자가 이 공간 센서를 접촉할 경우, 접촉된 센서의 점유 상태인 On/Off 정보가 실시간으로 수집되고, 이를 해석해 현재 어떠한 상태의 공간 상호작용이 이루어졌는지 시스템에 전달한다.



(그림 4) 깊이 기반 3차원 상호 작용 인터페이스 흐름도

그림 5는 실제 제안된 상호 작용 결과를 보인 것이다.

그림 5(a), (c)와 같이 3차원 상호 작용 공간 자체가 육면체 모양의 $N \times N \times N$ 개의 ($N = 4$) 센서로 이루어져 있으며, 손과 센서와의 충돌 검사가 실시간으로 이루어져 상호작용이 이루어지고, 이를 해석한다.

손과 충돌한 센서들은 분홍색 모양으로 렌더링 되었다. 그림 5(b), (d)는 충돌이 일어났을 경우에 추출된 깊이맵 영상이다.

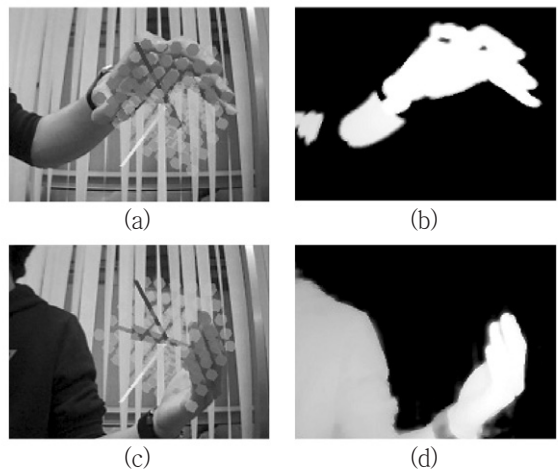


그림 5. 3차원 상호 작용 결과 (a), (c) 공간 센서와 손의 충돌을 렌더링한 결과 (b), (d) 실시간으로 추출된 깊이맵 영상

4. 구현 및 실험

실제 시스템을 구현하기 위해, 코어 2 듀오 (Core 2 Duo) CPU 2.66 GHz와 NVidia GTX 280 사양의 컴퓨터를 사용하였다. 카메라는 Point Grey사의 Flea 를 사용했다 [9]. 640×480해상도의 영상을 최대 초당 60프레임까지 얻을 수 있다. 깊이 카메라는 z-Cam을 사용했다. 적외선을 이용한 카메라로 320×240해상도에 최대 초당 30프레임까지 깊이맵을 얻을 수 있다. 알고리즘의 구현은 행렬 연산 및 영상 처리를 위한 OpenCV 라이브러리 [10]와 증강 현실 구현을 위한 렌더링 엔진으로 OpenSceneGraph [11]를 활용하였다. OpenSceneGraph와 마커리스 추적 알고리즘의 결합으로 Scene Graph 기반의 3차원

공간을 관리가 가능하며, OpenSceneGraph에서 제공하는 다양한 기능들을 함께 사용할 수 있는 장점을 갖는다.

그림 6은 3차원 복원 및 마커리스 추적 결과를 이용해 가상의 아바타를 증강한 결과를 보인 것이다. 그림 6(a)는 미니어처에서 마커리스 추적을 위해 3차원으로 복원된 SIFT 특징점을 나타낸다. 그림 6(b)는 3차원으로 복원된 특징점들로부터 증강 현실 좌표계를 설정하는 과정을 보여준다. 사용자가 임의의 평면 특징점들을 수집하고, 이를 평면으로 fitting한다. 생성된 좌표계와 좌표계 기반으로 합성된 가상의 아바타는 그림 6(c), (d)와 같다.

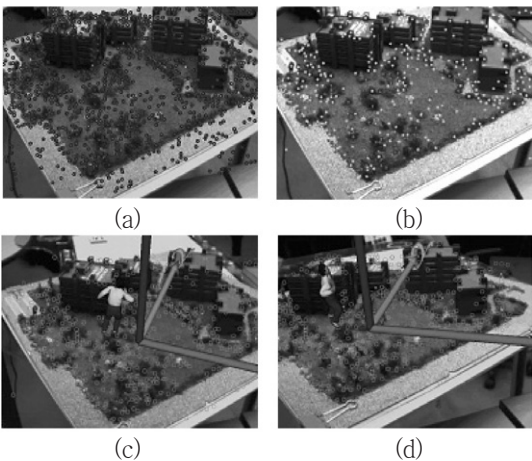


그림 6. 마커리스 추적 결과 (a) 특징점 추출 및 미니어처 3차원 복원 (b) 증강 현실 좌표계 설정 과정 (c) (d) 좌표계와 가상 아바타 증강 결과

그림 7은 미니어처 AR에 적용된 마커리스 추적 알고리즘을 확장해, 다수의 증강 현실 좌표계를 실제 세계에 생성하는 예를 보인 것이다. 3차원 특징점들로부터 그림 7(b)에서와 같이 실제 공간에서의 평면 정보를 추출하고, 두 개의 평면 위에 좌표계를 생성하였다. 각각의 좌표계에 각각의 가상의 아바타를 독립적으로 증강한 결과는 그림 7(c), (d)와 같다.

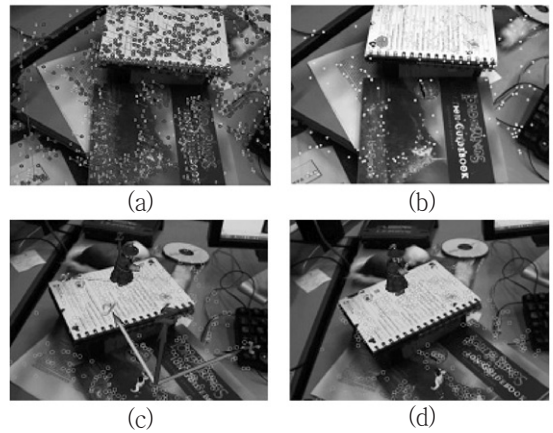


그림 7. 다수 증강 현실 좌표계 생성 응용 (a) 특징점 추출 및 미니어처 3차원 복원 (b) 증강 현실 좌표계 설정 과정 (c) (d) 좌표계와 가상 아바타 증강 결과

그림 8은 실제 전시 공간에서 제안된 미니어처 AR 시스템을 시연한 과정을 보인 것이다. 본 전시에서는 사용자로 하여금 미니어처 공간의 시뮬레이션된 날씨 변화를 경험할 수 있게 하였다. 그림 8(a), (b)는 전체 시스템과 사용자가 콘텐츠를 조작하고 있는 모습을 보인 것이며, 그림 8(c), (d)에서는 각각 눈과 비가 올 경우의 미니어처 상의 시뮬레이션 결과를 증강 현실로 표현한 것을 보인 것이다.

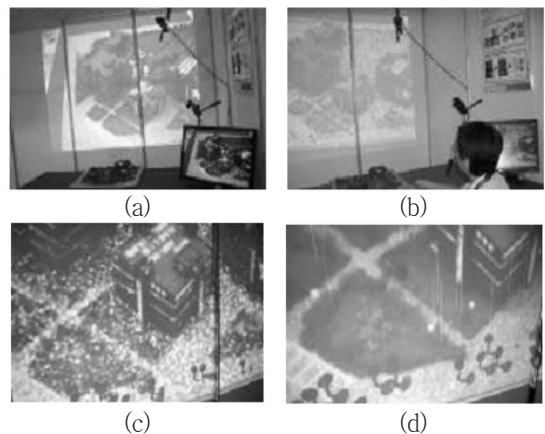


그림 8. 미니어처 AR 시스템 (a) 시스템 설치 장면 (b) 사용자가 미니어처와 상호 작용하는 장면 (c) 미니어처 위에 눈 내리는 모습이 증감됨 (d) 미니어처 위 비 내리는 모습과 가상 캐릭터 증강 결과

5. 결론

본 논문에서는 새로운 마커리스 실시간 추적 기술과 깊이 기반 공간 상호 작용 방법을 적용한 미니어처 AR 시스템을 제안하였다. 제안한 미니어처 AR은 증강 현실 기반 차세대 디지로그형 콘텐츠 체험 시스템으로, 사용자는 자연스러운 방식으로 디지로그형 콘텐츠를 직접 체험해볼 수 있었다. 시스템은 기존의 마커리스 시스템보다 보다 향상된 시스템 구축 인터페이스를 제공하였고, 초당 30프레임 이상의 추적 성능을 제공해 끊임 없는 증강 현실을 구축했다. 또한, 제안된 깊이 카메라 기반 공간 상호 작용 접근 방식은 마커리스 증강 현실에서 사용자와 가상 콘텐츠간의 자연스러운 상호 작용을 가능케 했다. 향후 연구에서는 본 시스템의 정성적인 평가를 통해 보다 사용자 친화적인 인터페이스 구축과 시스템 평가 등이 이루어질 예정이다. 향후 문화 및 교육 분야에서 소비될 차세대 디지로그형 콘텐츠의 전시에는 제안된 알고리즘들이 응용되어 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] 이영호, 하태진, 이형묵, 김기영, 우운택, “디지로그 - 그북 - 아나로그 책과 디지털 콘텐츠의 융합”, 정보통신분야학회 합동학술대회, 14권, pp. 186-189, 2007.

[2] H. Kato and M. Billinghurst, “Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System”, IWAR99, October. 1999.

[3] V. Lepetit, P. Lagger, P. Fua, “Randomized trees for real-time keypoint recognition”, IEEE Computer Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 2, pp.775-781, May. 2005.

[4] G. Klein and D. Murray, “Parallel tracking and mapping for small AR workspaces”, ISMAR, pp.225-234, Oct. 2007.

[5] T. Ha, Y. Kim, J. Ryu, and W. Woo, “Enhancing Immersiveness in AR-based Product Design”, Artificial Reality and

Telexistence (LNCS), 4282, pp. 207 - 216, 2006.

[6] D. Lowe, “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints”. IJCV, Vol. 60 (2), pp.91-110, 2004

[7] M. Fischler and R. Bolles, “Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography”, Comm. of the ACM, Vol.24, pp. 381-395, 1981.

[8] z-Cam, <http://www.3dvsystems.com>

[9] Point Grey Research Inc., <http://www.ptgrey.com>

[10] OpenCV Library, <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary>

[11] OpenSceneGraph, <http://www.openscenegraph.org>

저자소개

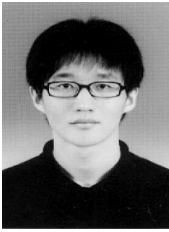
◆김기영

- 2003년 중앙대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업
- 2004년 광주과학기술원 정보통신공학과 석사 졸업
- 2004 ~ 현재 광주과학기술원 정보기전공학부 박사 과정
- 관심분야 : 마커리스 추적, 증강 현실, 3차원 복원 및 모델링

◆박영민

- 2004년 강원대학교 전기전자정보통신공학부 학사 졸업
- 2006년 광주과학기술원 정보통신공학과 석사 졸업
- 2006 ~ 현재 광주과학기술원 정보기전공학부 박사 과정
- 관심분야 : 증강 현실, 3차원 객체 추적, 컴퓨터 비전, HCI

◆백운혁



- 2009년 숭실대학교 미디어학부 학사 졸업
- 2009년 ~ 현재 광주과학기술원 정보기전공학부 석사 과정
- 관심분야 : 3차원 상호 작용, 증강 현실, 컴퓨터 비전

◆우운택



- 1989년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업
- 1991년 포항공과대학교 전자전기 공학과 석사 졸업
- 1998년 University of Southern California, Electrical Engineering-System 공학과 박사 졸업
- 2001년 ~ 현재 광주과학기술원 정보기전공학부 부교수
- 2005년 ~ 2006년 문화콘텐츠기술연구센터 센터장
- 2007년 ~ 현재 문화콘텐츠기술연구소 연구소장
- 관심 분야 : 3D 컴퓨터 비전, Attentive AR/Mediated Reality, HCI, Affective Sensing, 맥락 인식 컴퓨팅, 유비쿼터스 컴퓨팅