

QR코드 기반의 온라인 모바일 증강현실 시스템의 구현

박민우[†], 박정필^{**}, 정순기^{***}

요 약

본 논문에서는 제품에 삽입된 QR코드를 사용해 제품의 상세한 정보를 제공해주는 모바일 증강현실 시스템을 제안한다. 본 시스템에서는 마커기반의 자세 추정 기법과 마커리스 기반의 기법을 함께 적용하여 보다 강인한 카메라 자세 추정을 수행한다. QR코드가 근거리에 있거나, QR코드 전체가 영상 내에 들어올 경우에는 QR코드 내/외부의 사각형 집합을 추적하여 카메라 자세를 추정한다. 하지만, 영상 내에서 마커가 사라지거나, 모바일 기기가 QR코드 식별이 힘든 먼 거리에 위치할 경우 프레임간의 호모그래피에 기반을 둔 카메라 자세 보정을 수행한다. 또한 제안된 시스템은 증강현실 콘텐츠 제작을 위해서 메타데이터를 사용함으로써 사용자가 프로그램 수정 없이 메타데이터 파일을 작성하는 것만으로 다양한 시나리오의 콘텐츠를 제작 및 수정하는 것이 가능하다. 특히 증강현실 콘텐츠 가시화를 위한 메타데이터와 미디어 파일을 온라인 서버를 통해 항상 최신의 상태로 전송받을 수 있기 때문에 프로그램 업데이트와 같은 불필요한 작업을 최소화할 수 있다.

An Implementation of QR Code based On-line Mobile Augmented Reality System

Min Woo Park[†], Jung Pil Park^{**}, Soon Ki Jung^{***}

ABSTRACT

This paper proposes a mobile augmented reality system to provide detail information of the products using QR code included in them. In the proposed system, we perform the estimation of the camera pose using both of marker-based and markerless-based methods. If the camera can see the QR code, we perform the estimation of the camera pose using the set of rectangles in the QR code. However, if the QR code is out of sight, we perform the estimation of the camera pose based homography between consecutive frames. Moreover, the content of the augmented reality in the proposed system is made by using meta-data. Therefore, the user can make contents of various scenario using only meta-data file without modification of our system. Especially, our system maintains the contents as newly updated state by the on-line server. Thus, it can reduce the unnecessary update of the program.

Key words: Mobile(모바일), Augmented Reality(증강현실), QR code(QR코드)

※ 교신저자(Corresponding Author): 정순기, 주소: 대구 시 북구 산격동 1370번지 경북대학교 공대 9호관 509호 (702-701), 전화: 053)940-5555, FAX: 053)957-4846, E-mail: skjung@knu.ac.kr
접수일: 2012년 4월 18일, 수정일: 2012년 6월 9일
완료일: 2012년 7월 6일

[†] 준회원, 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부
(E-mail: mwpark@vr.knu.ac.kr)

^{**} 준회원, 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부
(E-mail: jppark@vr.knu.ac.kr)

^{***} 정회원, 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2012-0004767)

1. 서 론

휴대전화가 등장한지 불과 십 수 년 사이에 사람들의 휴대전화 의존도는 급속도로 증가하였다[1]. 더욱이 2007년 1월 아이폰이 등장한 이후, 음성 통화 및 단순한 멀티미디어 서비스에만 머물렀던 기존의 휴대전화는 다양한 기능을 탑재한 스마트 폰으로 급격히 대체되면서 인간의 휴대전화 의존도는 더욱 커져갔다. 이렇게 진화된 스마트폰은 한 개인의 일정관리부터 인터넷뱅킹, 여가 선용을 위한 게임에 이르기까지 인간 생활 전반에 걸쳐 필수적인 존재가 되었다. 특히, 최근에는 스마트폰의 계산 능력이 수년전의 컴퓨터 수준으로 향상되고, 다양한 센서장치들이 통합됨에 따라 증강현실을 수행하기에 알맞은 기기로 진화되었다.

증강현실은 현실세계에 존재하는 기존 정보들을 가상의 3차원 모델이나 그래픽을 이용하여 사용자가 인지하기 좋은 형태로 증강시켜주는 기술로서 영화 등의 다양한 미디어를 통해 앞으로 다가올 미래에 가장 주목받는 기술로 발전해왔다[2]. 특히, 스마트폰의 대중화와 더불어 카메라와 디스플레이 및 연산장치가 통합된 특성에 의해 모바일 증강현실은 단시간 내에 사람들의 이목을 집중시키는 기술이 되었다[3].

본 논문에서는 데이터를 저장할 수 있는 2차원 바코드의 한 종류인 QR(quick response)코드를 마커로 사용하여 이를 기반으로 스마트 폰에서 사용자와 상호작용이 가능한 증강현실 시스템을 소개하고자 한다. 특히 정해진 콘텐츠(contents) 타입에 따라 메타데이터(meta-data) 파일을 제작하여 온라인을 통해 서버에서 전송받는 것만으로 프로그램 소스코드의 수정 없이 다양한 형태의 증강현실 콘텐츠를 제공할 수 있는 시스템을 목적으로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 국내외 관련연구를 살펴보고, 3절에서는 모바일 증강현실 시스템 구성을 살펴본다. 4절에서는 모바일에서 증강현실을 구현하기 위한 카메라 자세추정 방법에 대해 살펴보고, 5절에서는 메타데이터를 활용한 콘텐츠 제작에 대해 설명한 뒤, 6절에서는 실험 및 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

증강현실과 관련된 연구는 AR toolkit 라이브러리

가 등장한 이후로 급속도로 발전되어 왔다[4, 5]. 특히 스마트폰 등장 이후 모바일에서의 증강현실 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 증강현실 관련 연구는 실세계에 대한 카메라의 위치 정보를 추정하는 방식에 따라 크게 마커 기반(marker-based)의 연구와 마커없이 특징점에 기반을 둔 마커리스 기반(markerless-based) 연구가 주를 이루고 있다. 특히, 마커 기반의 연구는 최근 들어 마커를 대신할 만한 특정 형태의 객체를 사용하여 증강현실 기술을 개발하는데 초점을 맞추고 있다[2,3,6,7].

노키아 리서치 센터 T. Korah의 연구는 조명의 변화 및 그림자의 간섭이 심한 외부환경에서 할리우드 명예 거리(hollywood walk of fame)에 위치한 스타들의 이름이 새겨진 별모양의 객체를 검출하고, 이를 기반으로 카메라 자세를 추정하여 모바일 단말기 상에서 30프레임으로 동작하는 증강현실 프레임워크(architecture)를 개발하였다[8]. Granz 대학의 M. Hizer의 연구는 선분 검출(line segment detection)에 기반하여 다수의 사각형 마커를 검출하는 방법에 대해서 설명하고 그 구현에 대해 기술하였다[9]. T. Kan의 연구[10]는 PC상에서 QR코드를 마커로 사용하여 증강현실을 구현하는 연구를 수행하였다. 그는 QR코드를 마커로 사용하기 위해서 QR코드의 위치 검출패턴들을 인식하고 이를 기준으로 QR코드 전체의 테두리를 구하여 이를 마커로 사용한다. N. Park의 연구 역시 QR코드의 위치검출패턴들을 기반으로 QR코드의 구조적 형태를 이용하여 증강현실을 구현한다. 단, 이 연구는 모든 메타데이터가 삽입된 대형의 마커를 이용하여 단순히 지정된 위치에 증강된 객체의 가시화를 수행한다[11].

근래에 특정 형태의 객체를 이용한 증강현실 기술이 종종 개발되고 있지만, 마커를 사용하지 않는 특징점 기반의 증강현실 기술 또한 활발히 연구되고 있다. G. Simon의 연구는 3차원상의 장면구조가 평면이라는 가정 하에 특징점 매칭을 통해 얻은 장면간의 호모그래피를 이용하여 카메라의 자세를 추정하여 증강현실을 구현한다[12]. S. Taylor의 연구는 특징점 매칭을 통하여 증강현실을 구현하기 위해 빠른 속도의 특징점 매칭방법을 제안하고 이를 통해 카메라 자세 추정을 수행하고 있다[13]. 이외에도 Qualcomm의 Vuforia, Metaio의 Mobile AR 등이 마커없이 특징점에 기반을 둔 모바일 기반의 AR라이브러

리를 개발 및 제공하고 있다[14,15].

이와 같이 특징점에 기반을 둔 증강현실 연구가 활발히 진행되고 있지만, 정교한 매칭을 수행할 필요가 있어 매칭을 위한 기술자(descriptor)를 생성하고, 매칭을 수행하는데 많은 계산량을 소모하여 모바일 플랫폼에서 구현하기에는 적합하지 않다. 따라서 본 논문에서는 데이터를 포함할 수 있는 QR코드를 마커로 사용하고, 모바일 플랫폼의 부하를 줄이기 위해 QR코드 외곽의 사각형을 이용하여 카메라 자세를 추정한다. 사각형 추적이 실패할 경우에 한하여 특징점 기반의 호모그래피를 사용하여 카메라 자세 추정을 수행한다. 또한, QR코드 생성시 데이터 영역 내에 증강현실 콘텐츠가 담긴 온라인 서버의 위치를 삽입하여 해당 온라인 서버로부터 콘텐츠를 전송받는다. 전송받은 콘텐츠의 다양한 시나리오에 따라 제품의 정보를 보다 효율적으로 보여줄 수 있는 증강현실 서비스를 제공한다.

3. 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 시스템은 QR코드를 마커로 사용하고, QR코드 내에 삽입된 인터넷 주소의 온라인 서버에서 받아온 메타데이터(meta-data)의 내용에 따라 특정 대상물의 증강된 정보를 제공하는데 초점을 맞추고 있다. 또한 증강현실 구현을 위해 필수적인 카메라 자세 추정은 기본적으로 QR코드 외곽의 사각형 검출을 기반으로 카메라와 3차원 평면

간의 자세를 추정한다. 하지만, 사각형 검출에 실패하거나 카메라가 마커를 벗어날 경우에는 특징점을 이용한 프레임간의 호모그래피를 누적하여 마커리스 기반의 카메라의 자세 추정을 수행한다. 카메라 자세 추정이 완료되었다면 해당 위치에 3차원 모델이나 이미지와 같은 데이터를 증강된 형태로 가시화한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 시스템의 흐름도를 보여준다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 그림 1과 같이, 입력으로 모바일 폰의 카메라를 통하여 QR코드를 촬영하고 공개된 QR코드 인식기를 통해서 QR코드를 인식한다[16]. 인식된 QR코드 내부의 메타데이터 정보를 해석하여 데이터 서버로부터 상세 메타데이터 및 데이터를 요청한다. 이 상세 메타데이터를 해석하여, 메타 데이터의 시나리오에 맞는 결과를 모바일 폰의 화면에 가시화한다. 이때, 실제 QR코드가 존재하는 3차원 지형정보에 정확히 정렬된 형태로 출력하기 위해서 카메라 자세 추정을 수행한다. 카메라 자세는 QR코드 외곽에 존재하는 사각형 추출을 기반으로 계산된다. 모바일이라는 본 시스템의 특성상, 계산량을 적게 소모하는 사각형 검출을 통해 사각형의 네 모서리와 실제 3차원 공간 평면상에 존재하는 QR코드의 실제 위치를 사용하여 둘 사이의 변환(transformation)을 계산하여 카메라의 자세를 추정한다. 하지만, 이 방법의 경우 사각형 검출 성능에 의존적이기 때문에 사각형의 일정부분이 가려지거나 사각형 검출에 실패할 경우 카메라 자세를 구할



그림 1. 시스템 흐름도

수 없는 마커기반 증강현실 시스템의 문제점을 고스란히 안고 있다. 따라서 본 시스템에서는 이러한 경우를 대비하여 특징점을 통한 모션 추정에 기반하여 프레임간의 호모그래피를 계산하여 누적함으로써 카메라 자세를 추정하는 마커리스 기반의 카메라 자세 추정기술을 함께 사용하여 보다 강인한 자세 추정을 수행한다. 카메라 자세 추정이 완료되면 온라인 서버로부터 전송받은 메타데이터의 내용에 따라 다양한 멀티미디어 정보를 증강하여 3차원 공간상에 증강된 형태로 가시화한다.

4. QR코드를 이용한 카메라 자세 추정

증강현실 시스템의 기술적인 핵심은 카메라 자세 추정에 있다. 많은 증강현실 시스템들이 카메라 자세를 효과적으로 추정하기 위해서 다양한 방법을 제안하고 있다. 본 시스템에서는 기본적으로 QR코드를 마커로 사용하되, 카메라 영역 내에서 마커가 사라지거나 마커 검출이 실패하는 경우에도 카메라 자세 추정이 가능하도록 특징점을 이용한 프레임간의 평면 변환을 적용하여 보다 강인한 카메라 자세 추정을 수행하고자 한다.

4.1 QR코드 마커 추적

본 시스템에서는 최근 들어 많은 제품에서 사용하고 있는 2차원 바코드인 QR코드를 마커로 사용하여 모바일 기기의 카메라 자세를 추정하고자 한다. 일반적인 마커의 경우 트래킹을 위한 형태를 띄고 있으므로 추적하기가 쉽지만, QR코드의 경우 정보를 담기 위해 제작된 2차원 바코드이므로 이를 그대로 마커로 사용하기는 비효율적이므로 모바일 단말기의 계산능력을 고려하여 QR코드 외곽에 사각형의 테두리를 추가한 형태로 마커를 생성하고 이를 바탕으로 마커 추적을 수행한다. 그림 2는 마커로 사용하기 위해 생성한 QR코드의 구조를 보여준다[17].

QR코드의 경우 내부 영역은 위치 검출 패턴(position detection pattern), 정렬 검출 패턴(alignment detection pattern), 데이터 영역(data region)의 세 영역으로 구성된다. 여기에 본 논문에서는 모바일 환경에서 좀 더 빠른 마커 추적을 구현하기 위해서 외곽 사각형을 삽입한다. QR코드의 외곽 사각형의 경우, QR코드에서 필수적으로 확보해야 하는 6 픽셀



그림 2. 마커로 사용하기 위한 QR코드 구조

(pixel)의 여백(margin)을 확보하는 효과도 있어 QR코드 인식기의 인식 오류도 줄여주는 부수적인 효과도 얻을 수 있다. 또한 이미 QR코드를 적용한 많은 제품들이 테두리도 함께 삽입하고 있기에 이를 활용하여 모바일 상에서 좀 더 빠른 마커 추적을 수행한다. 하지만, 이 사각형은 정사각형의 형태를 띄기에 사각형의 방향을 알 수 없는 문제가 존재한다. 따라서 사각형만을 검출하는 방법만으로는 증강현실을 구현하기 위한 마커로 사용하기가 어렵다. 본 시스템에서는 사각형의 방향(orientation)을 결정하기 위해서, 위치 검출 패턴을 포함한 사각형 집합(rectangle set)을 함께 검출하여 QR코드의 방향(orientation)을 정해준다.

마커 검출이 완료되었으면, 미리 측정된 3차원 공간상의 마커의 위치 및 크기를 사용하여 마커가 존재하는 3차원 평면과 모바일 단말기의 카메라로 촬영된 2차원 영상 사이의 호모그래피를 계산한다. 이렇게 얻어진 호모그래피로부터 카메라 자세를 얻을 수 있다. 이후 카메라의 모션에 따라 카메라의 자세는 지속적으로 변화하는데, 이 변화하는 자세를 연속적으로 추정하기 위해서 QR코드의 사각형 집합을 매 프레임에서 추적한다.

카메라 자세 추정은 QR코드가 존재하는 3차원 공간이 평면이라는 가정 하에 호모그래피(H)를 분해하여 얻을 수 있다[12,18]. 수식 (1)은 호모그래피로부터 회전변환과 이동변환을 얻는 과정을 보여준다.

$$\begin{aligned} H &= KE = K[r_1 \ r_2 \ t], \\ E &= K^{-1}H = [r_1 \ r_2 \ t]. \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 H는 호모그래피를 의미하고, K는 현재 카메라의 내부 파라미터(intrinsic parameter), E는 현재 카메라의 외부 파라미터, r_1 과 r_2 는 X축과 Y축 각각에 대한 회전변환 벡터, 그리고 t는 이동변환 벡터를 의미한다. 이 때, 3차원 공간이 평면이라고 가정

하고 있으므로 호모그래피에서 알 수 없는 Z축에 대한 회전은 수식 (2)에서처럼 X축과 Y축의 회전을 의적하여 계산할 수 있다.

$$P = K [r_1 \ r_2 \ (r_1 \times r_2) \ t], \quad (2)$$

여기서 P는 3x4의 투영변환행렬을 의미한다. 그림 3은 QR코드로부터 사각형 집합을 검출하고, 그 결과로부터 카메라의 자세를 추정하여 3차원 공간상에 X, Y, Z 좌표축을 증강시켜 나타낸 결과를 보여준다.

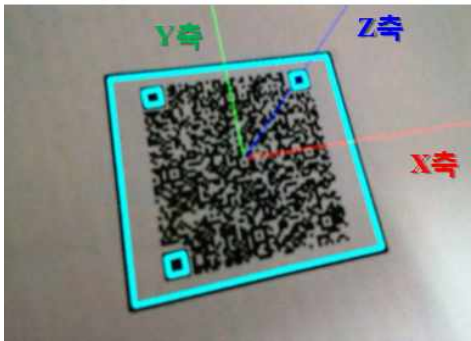


그림 3. 사각형 집합 검출 및 카메라 자세 추정

4.2 프레임 간의 호모그래피를 이용한 카메라 자세 추정

QR코드 사각형 집합을 이용한 카메라 자세 추정 방법은 모바일 상에서 빠르면서도 정확한 결과를 보여준다. 하지만, 카메라와 마커 사이의 거리가 멀어지거나, 마커가 일정부분 혹은 전체가 카메라의 시야에서 사라질 경우 카메라의 자세를 추정할 수 없는 기존 마커기반의 추적기법들과 동일한 문제점을 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 QR코드 사각형 집합 추적이 실패할 경우 연속된 프레임간의 호모그래피를 이용하여 카메라 자세를 추정하는 마커리스기반의 추적기법을 적용한다.

특징점 검출은 모바일 환경을 감안하여 빠른 검출 속도를 보이는 FAST 검출기를 사용하여 특징점을 검출하였다[19,20]. 연속된 두 프레임 간에 특징점을 검출하였다면, 이 특징점을 SSD(sum of squared difference)를 사용하여 매칭을 수행한 뒤 프레임간의 모션을 구한다. 실제 특징점 추출 및 매칭에 많은 계산량이 소모되므로, 모바일 환경 하에서 계산량을 줄이기 위해 영상 피라미드(image pyramid)를 생성하여 특징점 추출을 원본 영상의 25% 크기로 줄인

영상에서 수행한다. 또한, 특징점 매칭의 경우에는 전체 영상의 영역을 격자방식으로 나눈 뒤, 전체 영상의 모션을 대표할 만한 영상 중심 인근에 위치한 영역에 대한 특징점을 걸러낸다. 일정 개수 이하로 걸러진 특징점들만을 매칭 대상으로 선정함으로써 매칭을 위한 특징점의 개수를 최대한 줄인다. 이러한 방법으로 특징점 검출 및 매칭의 수행 속도를 최대한 높인다[21,22].

두 프레임 간의 특징점 매칭이 완료되었다면, 매칭된 특징점들을 사용하여 연속된 두 프레임간의 호모그래피를 계산한다. 본 논문에서는 강인한 호모그래피 계산을 위해, 매칭된 특징점 중에서 이상치(outlier) 제거를 위해 RANSAC을 적용한다. 따라서 수식 (3)과 같이 마지막으로 자세 추정에 성공한 3차원 공간상의 QR코드와 2차원 영상 간의 호모그래피(H0)으로부터 연속된 프레임에서 계산된 호모그래피(Hi)을 누적하여 3차원 공간상의 QR코드와 현재 카메라 위치 사이의 호모그래피(Hc)을 계산할 수 있다[12]. 이 호모그래피를 사용하여 앞서 언급된 수식 1, 2를 적용하면 카메라의 자세를 추정할 수 있다.

$$H_c = H_i H_{i-1} \cdots H_0. \quad (3)$$

그림 4는 프레임간의 특징점 추출 및 매칭을 수행하여 호모그래피를 계산하고, 그로부터 카메라 자세 추정을 한 결과를 보여준다. 붉은색 축이 X축을 의미하고, 녹색 축이 Y축, 파란색 축이 Z축을 의미한다.

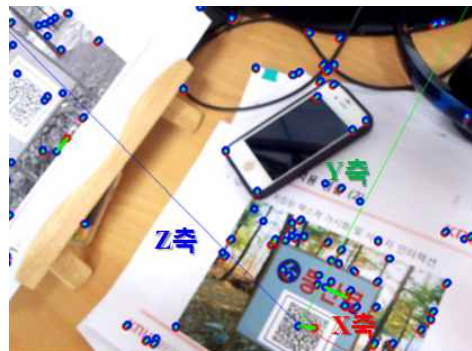


그림 4. 프레임간의 호모그래피를 이용한 카메라 자세 추정

5. 메타데이터를 사용한 인터랙티브한 증강현실 콘텐츠 제작

모바일 단말기 상의 카메라 자세 추정이 완료되

면, 온라인 서버를 이용한 다양한 콘텐츠를 제작한다. 일반적인 증강현실 시스템들은 정해진 형태의 콘텐츠를 프로그램 내부에 미리 정의해 둔다. 이 방식은 간단하고 빠른 동작을 보이지만, 프로그램의 덩치가 커지고 다양한 시나리오를 적용하기에 한계가 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 시스템은 다양한 시나리오의 콘텐츠를 프로그램 수정 없이 간편하게 제작가능 하도록 메타데이터를 활용한다. 메타데이터는 콘텐츠의 종류 및 업데이트 정보를 관리하는 콘텐츠 메타데이터와 증강현실 구현을 위한 콘텐츠의 실제 정보를 담고 있는 상세 메타데이터의 두 가지로 구분된다. 온라인 서버 상에는 콘텐츠 메타데이터, 상세 메타데이터, 그리고 실제 증강시킬 미디어파일(media file)들이 저장된다. QR코드 내부에는 콘텐츠 정보를 담고 있는 온라인 서버의 주소가 특수한 형태로 기록된다.

5.1 메타데이터의 종류 및 정의

본 논문에서 증강시킬 콘텐츠 정보를 QR코드가 아닌 온라인 서버에 메타데이터 형태로 저장하여 활용하는 이유는 두 가지이다. 첫째는 콘텐츠 유지관리의 효율성을 위해서이다. QR코드 배포 후 콘텐츠의 업데이트를 위해서 프로그램 업데이트 등의 불필요한 절차 없이 단순히 온라인 서버내의 메타데이터와 미디어 파일들만 교체함으로써 손쉽게 증강시킬 콘텐츠들을 최신의 상태로 유지할 수 있다. 두 번째 이유는 QR코드의 단순화이다. QR코드는 크기에 따라 데이터 영역의 크기 및 복잡도가 달라진다. 따라서 최소한의 데이터만을 삽입함으로써 QR코드 크기를 최소로 유지할 수 있다. QR코드의 크기를 최소로 유지함으로써 다양한 제품에 다양한 형태로 어느 곳이나 삽입 가능하다.

5.1.1 콘텐츠 메타데이터

QR코드 인식 후 지정된 온라인 서버로부터 전송된 콘텐츠 메타데이터는 크게 두 가지의 역할을 수행한다. 하나는 제작하고자 하는 콘텐츠 정보의 관리를 수행한다. 콘텐츠 정보는 콘텐츠의 저작자, 콘텐츠 데이터의 최근 갱신정보, 상세 메타데이터의 위치 등이 표기된다. 또 다른 하나의 중요한 역할은 제작하고자 하는 시나리오에 따라 콘텐츠의 종류를 결정하는 것이다. 증강된 형태로 가시화하고자 하는

콘텐츠의 종류가 3차원 모델, 영상 등에 따라 콘텐츠 타입을 지정하는 것이 가능하다. 이 콘텐츠 메타데이터의 경우 간단한 정보만을 포함하며 XML타입으로 관리된다. 표 1은 콘텐츠 메타데이터의 레퍼런스를 보여준다.

표 1. 콘텐츠 메타데이터의 레퍼런스

TAG	Attribute	Description
<?xml version="1.2" encoding="utf-8"?>		XML메타데이터의 버전
Information		시작/종료
Subject	Type	콘텐츠 분류 ※ (3DModel, Animation, Card, Image, StringTexture) 특일
URL	URL	상세 콘텐츠 메타데이터 URL
Name	String	콘텐츠 이름 (임의의 이름을 작성 무관하나 공백 미포함 할 것)
Date	Date	메타데이터 생성일
From	String	저작자

5.1.2 상세 메타데이터

콘텐츠 메타데이터의 파싱(parsing)이 완료되면 콘텐츠 메타데이터에 정의된 URL을 참조하여 상세 메타데이터를 불러들인다. 상세 메타데이터는 콘텐츠의 시나리오에 따라 다양한 형태의 세부적인 설정을 기술하고 있다. 예를 들자면, 3차원 공간상의 어느 위치에 미디어를 가시화할 것인지, 사용자 상호작용(interaction)을 가미할 것인지, 어떤 형태의 미디어를 가시화할 것인지 등의 정보가 기술될 수 있다. 상세 메타데이터의 경우 설정에 따라 기술되어야 하는 정보의 양이 많아질 수 있기 때문에 XML보다 빠르면서도 데이터양을 적게 요하는 JSON 타입으로 기술된다[23]. 표 2는 상세 메타데이터 작성에 사용될 태그를 정의해 둔 레퍼런스 파일을 보여준다.

5.2 메타데이터를 이용한 콘텐츠 제작

콘텐츠 제작은 QR코드 생성과 메타데이터제작의 두 단계로 이뤄진다. 제작되는 콘텐츠는 적용되고자 하는 제품 및 나타내고자 하는 시나리오에 따라 영상 및 텍스트 정보 가시화, 번역된 언어 가시화, 3차원 모델 및 영상 가시화, 3차원 애니메이션 가시화와 같은 다양한 형태로 제작이 가능하다.

5.2.1 QR코드 생성

표 2. 상세 메타데이터의 레퍼런스

Tag	Description	Type
Image	콘텐츠 데이터(Person Map Logo)의 Image 를 다운 받을 URL 경로	String URL
Position	Image 의 좌상단 위치 (단위 : mm) * Animation flag = true 일 때, Position-Array	Int Position-array
Size	이미지 또는 텍스트의 좌상단 위치로부터의 크기(width, height) (단위 : mm)	Int
Update	Contents Text(내용)	String
Location	Contents Text(내용)	String
Phone	Contents Text(내용)	String
Model	3D Ogre XML MetaData File URL path	String URL
Texture	Texture URL	String URL-array
Touch	Touch Interaction 의 옵션 조절 기능. (true / false)	Boolean
Animation	Animation 의 옵션 조절 기능(true / false)	Boolean
IsURL	"URL" 태그의 존재 여부 옵션(true / false)	Boolean
URL	Background 로 보여질 이미지(TigerLake 에서는 사용 안함)	String URL
IslengthLong	"StringTexture" 태그의 글자 길이	Int
StringTexture	Texture Image 로 보여질 문장 또는 글자.	String
BackgroundInfo	QR코드의 center로부터 Background의 좌상단 좌표 및 Size(w,h)	Position, Size
StringTextureInfo	QR코드의 center로부터 String Texture의 좌상단 좌표 및 Size(w,h)	Position, Size
Material	3D 모델의 속성 값 URL file	String URL

QR코드 생성은 일반적인 QR코드 생성 시스템을 이용하고, QR코드 생성시 내부 데이터는 자신의 온라인 서버를 구분해 줄 문구와 주소를 함께 입력하여 생성한다[24]. 이 때 생성하고자 하는 QR코드의 크기는 가로, 세로 각각 2~3cm를 권장한다. 그리고 여기에 트래킹을 효율적으로 하기 위해서 0.25cm의 마진을 두어 가로, 세로 각각 2.5~3.5cm의 사각형태두

리를 삽입하여 마커로 사용될 최종적인 QR코드를 생성한다. 그림 5는 QR코드 생성 방법을 보여준다.

5.2.2 메타데이터 제작

메타데이터는 생성하고자 하는 콘텐츠의 시나리오 타입을 결정하고 콘텐츠 정보를 관리하는 콘텐츠 메타데이터 파일과 증강된 정보를 가시화하기 위해



그림 5. QR코드 생성

```
<?xml version="1.2" encoding="utf-8"?>
<INFORMATION>
<SUBJECT>3DModel</SUBJECT>
<NAME>Egg</NAME>
<URL>http://vr.knu.ac.kr/~jppark/Contents/Information/3DModel_Egg.txt</URL>
<DATE>2012-03-13</DATE>
<FROM>jppark</FROM>
</INFORMATION>
```

그림 6. 콘텐츠 메타데이터(3DModel_Egg.xml)

필요한 상세 메타데이터 파일로 나뉜다. 그림 6은 XML로 작성된 콘텐츠 메타데이터를 보여준다. 콘텐츠 메타데이터에는 콘텐츠의 이름과 콘텐츠 타입, 서버 내 상세 메타데이터의 주소, 그리고 콘텐츠의 저작 정보가 기록된다.

콘텐츠 메타데이터가 작성되었다면, 이제 실질적인 증강현실 정보를 출력하기 위해서 JSON으로 작성된 상세 메타데이터 파일을 설정한다. 그림 7은 작성된 상세 메타데이터를 보여준다. 상세 메타데이터는 작성하고자 하는 콘텐츠에 따라 달리 작성되나 일반적으로 미디어 파일의 위치와 증강될 위치, 사용자 상호작용 유무, 애니메이션 등이 설정된다.

```
{
  "Model": "http://vr.knu.ac.kr/~jppark/Contents/3DModel/Egg/Egg.xml",
  "Texture": [
    "http://vr.knu.ac.kr/~jppark/Contents/3DModel/Egg/Egg.png"
  ],
  "Material": "http://vr.knu.ac.kr/~jppark/Contents/3DModel/Egg/Egg.material",
  "Position": "0 0 0",
  "Touch": "false",
  "Animation": "false"
}
```

그림 7. 상세 메타데이터(3DModel_Egg.txt)

6. 실험 및 결론

6.1 실험

본 논문에서 제안된 시스템은 지정된 시나리오에 따라 다양한 결과물을 출력하는 것이 가능하다. 본 실험에서는 상세 텍스트 가시화, 표지판 번역, 제품 광고 가시화, 상품 3차원 모델 가시화, 3차원 애니메이션 정보 가시화 서비스와 같은 결과를 보여준다. 본 실험은 CPU 1.2Ghz 듀얼코어(dual-core), 800만 화소 카메라가 장착된 스마트폰에서 수행되었다. 구현에 사용된 프로그래밍 언어는 안드로이드 OS기반의 Java가 사용되었고, 카메라 자세 추정 부분은 빠른 처리를 위해서 JNI(java native interface)를 사용하였다. 입력영상은 640×480 크기의 영상을 사용하여 실험하였다.

본 시스템에서 QR코드 외부 사각형 집합의 검출 소요시간은 약 62ms이고, 앞서 언급된 특징점 검출 및 매칭을 위한 속력향상 아이디어가 적용된 후의 특징점 검출과 매칭에 걸린 시간은 평균적으로 각각 약 4ms와 16ms이다. 카메라 자세 추정 및 가시화를 포함한 최종적인 전체 시스템의 수행시간은 한 프레임 당 평균적으로 약 97ms가 소요되었다. 또한 본 시스템에서 사용하고 있는 영상처리 기반의 카메라 자세 추정 기법의 정확도를 평가하기 위해서 3차원 광학 모션캡처 시스템을 이용하여 정답 데이터(ground-truth data)를 측정하였다[25]. 이 정답 데이터와 본 시스템의 영상처리 기반의 카메라 자세 추정 결과를 비교하여 정확도를 비교하였다. 그림 8, 9, 10은 롤(roll), 피치(pitch), 요(yaw) 각 방향에 대한 각도 변화의 정답 데이터와 본 시스템에서 추정된 결과를 비교하여 보여준다. 그래프는 시간에 따른 각도(°)를 의미한다. 실험은 42초에 걸쳐 스마트폰을 회전시키며 카메라 자세 추정의 정확도를 비교 실험하였다. 그림 8에서와 같이 영상처리를 사용하여 추정된 카

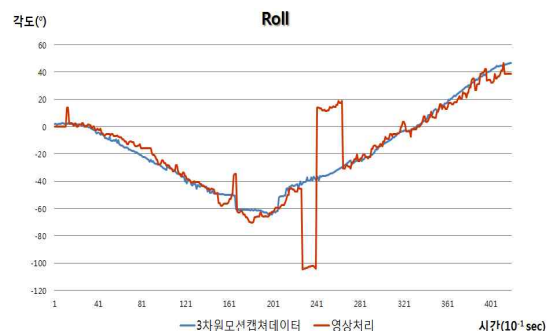


그림 8. 롤(roll)방향의 자세추정 비교결과

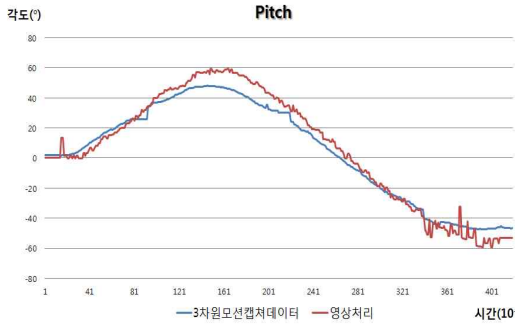


그림 9. 피치(pitch)방향의 자세추정 비교결과

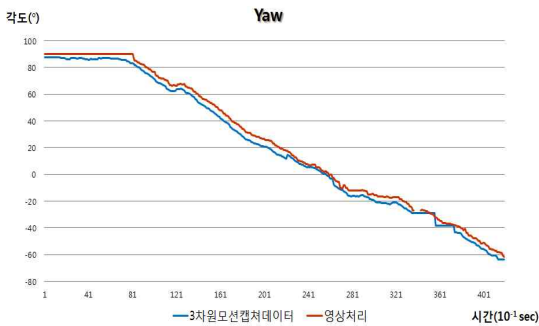


그림 10. 요(yaw)방향의 자세추정 비교결과

메라 자세의 롤(roll)값이 크게 변화했다가 복귀되는 부분은 카메라와 QR코드가 위치하는 평면이 이루는 각도가 최대 60도까지 벌어지면서 다른 평면의 특징점이 매칭되게 되어 올바른 호모그래피 추정에 실패한 경우를 보여준다. 이 경우 카메라가 회전하면서 QR코드가 카메라의 가시영역(field of view)에서 벗어났을 뿐만 아니라 전혀 다른 평면을 함께 비추기 때문에 QR코드가 존재하는 평면 가정의 예외에 해당한다. 이렇게 극심한 부하검사(stress test)의 경우

가 일어나는 경우는 드물지만, 다양한 주변요건의 의하여 카메라 자세 추정에 실패할 경우 다시 카메라를 조절하여 QR코드를 카메라의 가시영역내로 가져가면 QR코드 외각 사각형 집합 검출 기능이 작동하면서 단시간 내에 정확한 자세추정을 수행한다. 실제 다시 보정되어 정확한 카메라 자세 추정이 일어나는 것을 그림 8의 28초부터 확인할 수 있다. 현재 설치되어 있는 대부분의 QR코드가 평면에 존재하고, QR코드에서 얻어진 증강된 정보를 획득하는 경우에도 대부분 카메라를 부하검사의 경우처럼 60도 이상 회전시키는 경우는 드물기 때문에 일반적인 상황에서는 비교적 안정적인 자세추정이 일어나고 있음을 확인할 수 있다.

그림 11은 메타데이터로 작성된 상세 텍스트를 가시화하는 실험 결과를 보여준다. 이를 통해서 제품의 상세 설명과 같은 상세한 내용을 전달할 수 있다.

그림 12는 사용자의 상호작용을 감지하여 표지판의 번역된 정보를 증강된 3차원 프레임 내에 출력하는 서비스이다. 사용자가 표지판을 표지판 영역을 터치하게 되면 한글로 적힌 “등산로”라는 글자가 일본어, 중국어, 영어로 바뀌는 것을 확인할 수 있다.

그림 13은 명함 내에 삽입된 QR코드를 이용하여 최신의 추가적인 정보를 얻는 서비스이다. 일반적인 명함은 최신의 정보 및 복잡한 정보를 삽입할 수 없는 단점을 가진다. 따라서 증강형 명함 서비스는 명함에 기재된 연락처를 항상 최신의 상태로 표시할 수 있고, 그 인물의 사진, 현재 근무처의 위치 등과 같은 상세 정보를 최신의 상태로 알려주는 것이 가능하다.

그림 14는 제품의 광고를 증강해서 가시화해주는 서비스이다. 특정 제품에 QR코드가 부착되어 있다



그림 11. 증강현실 시스템을 이용한 상세화된 텍스트 가시화

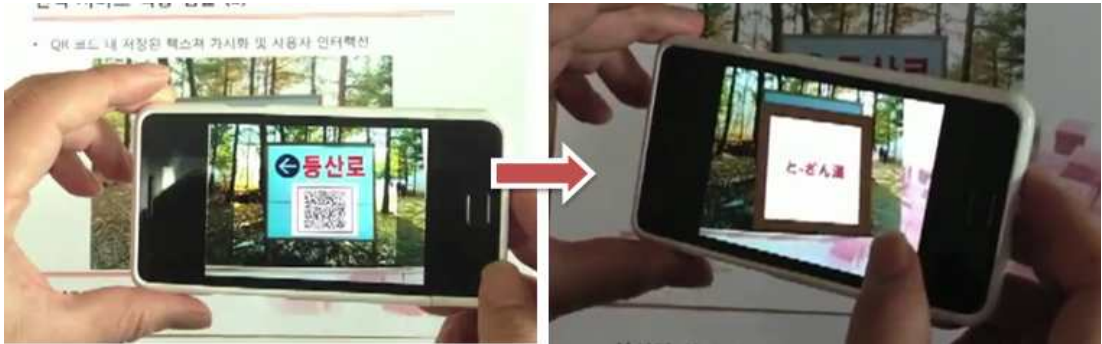


그림 12. 증강현실 시스템을 이용한 증강형 표지판 번역 서비스

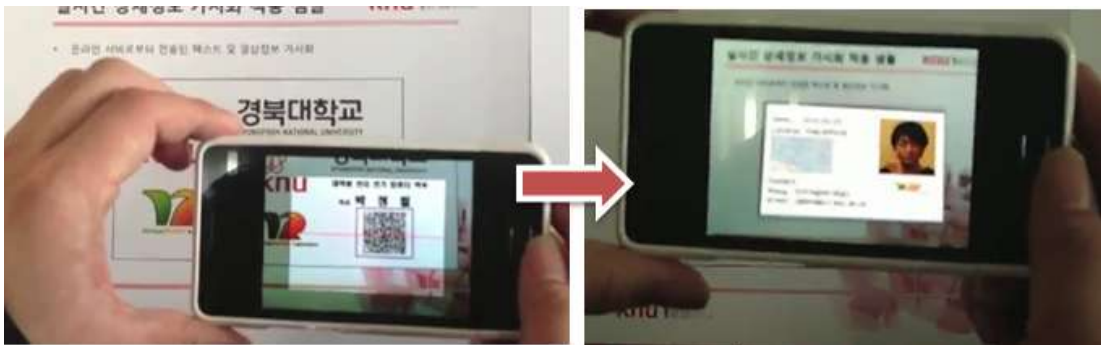


그림 13. 증강현실 시스템을 이용한 명함 서비스

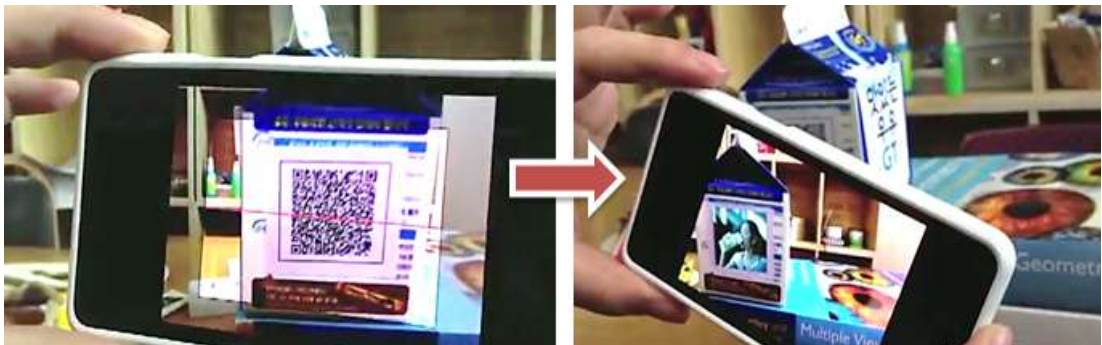


그림 14. 증강현실 시스템을 이용한 제품의 광고 가시화

면 해당 위치에 광고의 특정 장면을 증강된 형태로 가시화해 준다.

그림 15는 상품의 실제 3차원 모델을 가시화해서 보여준다. 실제 그 상품의 형태를 미리 추정해볼 수 있도록 증강된 형태의 3차원 모델을 제공한다.

그림 16은 지하철 노선도 QR코드를 삽입하여 증강된 형태로 3차원 모델을 출력하고 사용자가 가고자 하는 노선을 애니메이션으로 알려준다. 이 경우,

모바일 단말기가 촬영하는 영상에서 QR코드가 사라지더라도 본 시스템은 제대로 카메라 자세를 유지하면서 정확한 위치에 3차원 모델을 애니메이션 시킨다.

6.2 결론

본 연구는 QR코드를 기반으로 특정 제품 혹은 객체의 부가적인 상세정보 모바일 단말기 상에서 제공하기 위한 증강현실 시스템을 구현하였다. 기존의 증

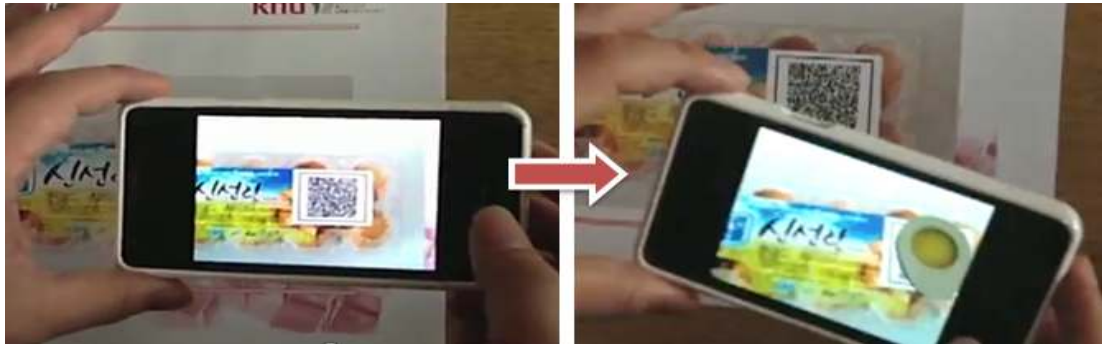


그림 15. 증강현실 시스템을 이용한 상품의 3차원 모델 가시화



그림 16. 증강된 3차원 모델의 애니메이션을 이용한 지하철 노선도

강현실 시스템들이 카메라 자세를 찾기 위해서 디자인된 마커를 사용하는 반면, 본 시스템은 다양한 정보를 담을 수 있는 QR코드를 마커로 사용함으로써 QR코드 내 데이터를 활용한 향상된 증강현실 시스템을 제시한다. 특히, 강인한 카메라 자세 추정을 위해서 QR코드 외부 사각형 추적 기술과 프레임간의 모션 추적기술을 적절히 융합하여 사용한다. 또한 메타데이터를 사용하여 콘텐츠를 정의함으로써 프로그램 수정없이 다양한 시나리오의 콘텐츠를 제작할 수 있다. 더욱이 언제든지 온라인 서버로부터 최신의 데이터를 받아들 수 있기 때문에 사용자가 프로그램 업데이트와 같은 번거로운 작업의 수행 빈도를 최소로 줄일 수 있다. 하지만, 아직 콘텐츠의 제작을 위한 시나리오가 제한되어 있고, 평면 변환을 이용한 자세 추정시 수행되는 특징점 매칭단계에서 상대적으로 많은 시간을 소모하기에 이 부분을 좀 더 효율적으로 개선할 필요가 있다. 향후에는 사각형 집합 추적 및 호모그래피를 이용한 카메라 추적이 모두 실패할 경우, 모바일 단말기 상에 탑재된 센서를 사용함으로써 더욱 강인한 카메라 자세를 추정하기 위한 연구를

진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 한국정보화진흥원, 스마트 정보문화 확산을 위한 중장기 발전전략 수립 연구, 연구보고서, NIA IV-PER-11091, 2011.
- [2] R. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.6, No.4, pp. 355-385, 1997.
- [3] G. Papagiannakis, G. Singh, and N.M. Thalmann, "A Survey of Mobile and Wireless Technologies for Augmented Reality Systems," *Computer Animation and Virtual Worlds*, Vol.19, Issue 1, pp. 3-22, 2008.
- [4] ARToolKit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>, 2001.
- [5] H. Kato and M. Billinghurst, "Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System," *2nd IEEE and ACM International Workshop*

- on *Augmented Reality*, pp. 85-89, 1999.
- [6] V. Teichrieb, JPS do Monte Lima, E.L. Apolinario, TSMC de Farias, M.A.S. Bueno, J. Kelner, and Ismael H.F. Santos, "A Survey of Online Monocular Markerless Augmented Reality," *International Journal of Modeling and Simulation for The Petroleum Industry*, Vol.1, No.1, pp. 1-7, 2007.
- [7] 이정진, 김종호, 김태영, "증강현실 응용을 위한 손 끝점 추출과 손동작 인식 기법," 멀티미디어 학회논문지, 제13권, 제2호, pp. 316-323, 2010.
- [8] T. Korah, J. Wither, Y. Tsai, and R. Azuma, "Mobile Augmented Reality at the Hollywood Walk of Fame," *IEEE Conference of Virtual Reality*, pp. 183-186, 2011.
- [9] M. Hirzer, *Marker Detection for Augmented Reality Applications*, Research Paper at Granz University of Technology, 2008.
- [10] T.W. Kan, C.H. Teng, and W.S. Chou, "Applying QR code in Augmented Reality Applications," *Proc. of the 8th International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry*, pp. 253-257, 2009.
- [11] N. Park, W. Lee, and W. Woo, "Barcode-Assisted Planar Object Tracking Method for Mobile Augmented Reality," *International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality*, pp 40-43, 2011.
- [12] G. Simon, A.W. Fitzgibbon, and A. Zisserman, "Markerless Tracking using Planar Structures in the Scene," *IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality*, Vol. 40, Issue 1, pp. 120-128, 2000.
- [13] S. Taylor, E. Rosten, and T. Drummond, "Robust Feature Matching in 2.3 μ s," *IEEE CVPR Workshop on Feature Detectors and Descriptors: The State of The Art and Beyond*, June, 2009.
- [14] Qualcomm Augmented Reality, <https://developer.qualcomm.com/develop/mobile-technologies/augmented-reality>, 2012.
- [15] Metaio Mobile AR, <http://www.metaio.com/projects/mobile>, 2012.
- [16] ZXing Project, <http://code.google.com/p/zxing/>, 2012.
- [17] Denso Wave, About QR Code, <http://www.denso-wave.com/qrcode/index-e.html>, 2007.
- [18] R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge University Press, second edition, London, 2004.
- [19] E. Rosten and T. Drummond, "Fusing Points and Lines for High Performance Tracking," *IEEE International Conference on Computer Vision*, Vol. 2, pp. 1508-1511, 2005.
- [20] E. Rosten and T. Drummond, "Machine Learning for High-Speed Corner Detection," *European Conference on Computer Vision*, Vol. 1, pp. 430-443, 2006.
- [21] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, third edition, New Jersey, 2008.
- [22] M. Kim and I.S. Oh, "Estimation of Rapid-motion for Mobile Devices using Temporal Coherence," *23rd International Conference Image and Vision Computing New Zealand*, pp. 1-6, 2008.
- [23] Introducing JSON, <http://www.json.org>, 2012.
- [24] QR Code Generator from the ZXing Project, <http://zxing.appspot.com/generator>, 2012.
- [25] OptiTrack, <http://www.naturalpoint.com/optitrack/>, 2012.



박민우

2005년 동국대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
2007년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업 (공학석사)
2007년~2008년 임베디드 소프트웨어 연구센터 위촉연구원

2008년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사 과정
관심분야: Image Registration, Augmented Reality, Computer Vision, Intelligent Vehicle



박정필

2010년 동서대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
2010년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사 과정
관심분야: Mobile Programming, Augmented Reality, Virtual Reality,

Computer Graphics, Computer Vision



정순기

1992년 한국과학기술원 전산학과 (이학석사)
1997년 한국과학기술원 전산학과 (공학박사)
1997년~1998년 University of Maryland, Research Associate

2001년~2002년 University of Southern California, Research Associate

2008년~2009년 University of Southern California, Visiting Faculty

1998년~현재 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 교수

1999년~현재 (주) IDIS 사외이사

관심분야: Virtual Reality, Artificial Intelligence, Computer Vision, Image Processing, Computer Graphics