

# 모바일 증강현실 물체와 몰입형 상호작용을 위한 비전기반 동작제어<sup>☆</sup>

## Vision-based Motion Control for the Immersive Interaction with a Mobile Augmented Reality Object

전 준 철\*  
Junchul Chun

### 요 약

비전기반 인간컴퓨터 상호작용은 컴퓨터와 인간의 상호소통을 자연스럽게 제공하는 측면에서 과학과 산업분야에서 주목 받는 연구 분야이다. 특히 최근 모바일 증강현실의 활용에 대한 수요증대는 증강된 가상 객체와 사용자간의 효과적인 상호작용 기술 개발을 요구하고 있다. 본 논문에서는 안드로이드기반 모바일 플랫폼에서 비 마커기반의 새로운 모바일 증강현실 객체생성 및 제어 방법을 제시하였다. 전통적인 마커를 대신하여 비 마커기반 모바일 증강현실 시스템에서는 사용자에게 친숙한 손 인터페이스를 이용하였다. 기존의 데스크 탑 기반의 증강현실에 비하여 제한된 시스템 사양을 이용하는 비 마커기반 모바일 증강현실을 구현하기 위하여 마커의 역할을 수행할 손의 최적영역을 모바일 장치의 카메라로부터 실시간으로 검출하여 객체를 증강시키는 방법을 제시하였다. 손의 최적영역의 추출은 YCbCr 스킨컬러 모델을 이용한 손영역 검출과 Rotating Calipers 알고리즘을 적용한 최적 사각형 추출에 의해 구현하였다. 이때 추출된 최적 사각형은 통상적인 마커기반 증강현실에서의 마커역할을 수행할 수 있도록 하였으며, 기존의 손끝추적에 의한 마커 생성 시 발생하는 손의 회전이나 가려짐에 의한 문제를 해결하였다. 실험을 통하여 제안된 방법이 비 마커기반 모바일 객체를 효과적으로 생성 제어할 수 있음을 입증하였다.

### ABSTRACT

Vision-based Human computer interaction is an emerging field of science and industry to provide natural way to communicate with human and computer. Especially, recent increasing demands for mobile augmented reality require the development of efficient interactive technologies between the augmented virtual object and users. This paper presents a novel approach to construct marker-less mobile augmented reality object and control the object. Replacing a traditional marker, the human hand interface is used for marker-less mobile augmented reality system. In order to implement the marker-less mobile augmented system in the limited resources of mobile device compared with the desktop environments, we proposed a method to extract an optimal hand region which plays a role of the marker and augment object in a realtime fashion by using the camera attached on mobile device. The optimal hand region detection can be composed of detecting hand region with YCbCr skin color model and extracting the optimal rectangle region with Rotating Calipers Algorithm. The extracted optimal rectangle region takes a role of traditional marker. The proposed method resolved the problem of missing the track of fingertips when the hand is rotated or occluded in the hand marker system. From the experiment, we can prove that the proposed framework can effectively construct and control the augmented virtual object in the mobile environments.

☞ keyword : Mobile Augmented Reality, Marker-less AR, Marker-based AR, Rotating Calipers Algorithm, Hand Tracking  
모바일 증강현실, 비 마커기반 증강현실, 마커기반 증강현실, 로테이팅 캘리퍼스 알고리즘, 손 추적

## 1. 서 론

\* 종신회원 : 경기대학교 컴퓨터과학과 교수  
jchun@kgu.ac.kr

[2011/03/01 투고 - 2011/03/08 심사 - 2011/04/05 심사완료]

☆ 이 논문은 2009학년도 경기대학교 연구년 수혜로 연구되었음

최근 스마트폰의 급속한 보급과 함께 모바일 증강현실 기술에 대한 관심과 연구가 증대되고 있다. 증강현실은 실세계와 가상세계의 합성으로

실세계에서 표현이 힘든 부분을 가상세계의 객체가 보완해 주어 다양한 영역에서의 활용이 가능한 기술로, 교육, 방송, 의료, HCI, 제조 분야 등 분야에서 연구가 활발히 진행 중이다. 증강현실 기술은 크게 마커기반 증강현실(marker-based Augmented Reality)와 비 마커기반 증강현실(marker-less Augmented Reality)로 나눌 수 있다. 마커기반 증강현실은 입력 영상에 부가된 마커위에 가상의 3차원 객체를 증강시키는 방법으로 영상처리 및 인식에 소요되는 계산량이 적어 실시간 활용이 용이한 장점이 있으나, 항상 특정 마커가 존재해야 하고 다양한 객체의 증강을 위해서는 해당되는 마커를 혼련시켜야 한다는 단점이 있다. 반면, 비 마커기반 증강현실은 특정한 마커가 없이 입력영상의 특징을 분석하여 증강될 물체가 위치할 좌표계를 생성하고 가상물체와 영상간의 자연스러운 정합을 이루는 기술로 증강된 물체와 물입감을 높일 수 있으나 계산량이 많고, 구현이 힘든 단점이 있다.

본 논문에서는 모바일 환경에 보다 적합한 비 마커기반 모바일 증강현실 시스템의 구현방법을 제시하였다. 기존 데스크 탑 환경에서 사람의 손을 이용한 비 마커기반 증강현실의 경우 손가락 끝점을 추적하여 증강된 물체의 좌표계를 결정하기 때문에 연산량이 많고, 손의 회전에 따른 자체적인 가림(self-occlusion) 또는 손의 뒤집힘(flipping)으로 손가락 끝점을 못 찾을 경우 마커의 추적이 끊기는 문제점 등을 내포하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하고 데스크 탑 환경보다 상대적으로 저사양의 모바일 환경에서 실시간으로 가상객체를 증강시키고 손의 움직임에 의해서 증강된 물체를 비전기반으로 제어하는 새로운 방법을 제시하였다. 제안된 방법은 입력된 영상으로부터 손 영역을 실시간으로 추적하고 손 영역의 최적의 사각형을 실시간으로 추출한 후 추출된 사각형을 마커기반의 마커로 이용하여 가상객체가 증강될 좌표계를 생성하여 빠르고 쉽게 객체를 증강시키고 제어하도록 설계되었다.

제안된 시스템은 입력 비디오 영상으로부터 손 영역 검출, 손 영역을 감싸는 최적 사각형의 생성 그리고 추출된 사각형의 꼭짓점 정보를 이용한 마커를 생성하여 실시간으로 가상객체를 증강시킨다. 손 후보 영역을 검출하기 위하여 피부색을 표현하기에 적합한 스킨컬러 모델을 이용하여 후보 영역을 검출한다. 검출된 손 후보영역을 감싸는 최적 사각형의 추출을 위해 기하학적 모델 분석에 주로 사용되는 Rotating calipers 알고리즘을 적용하였으며, 추출된 사각형의 꼭짓점 정보를 이용하여 3차원 공간에 증강될 객체의 위치 좌표를 추정하여 가상 객체를 증강시키는 방법을 제시하고 구현하였다.

## 2. 관련 연구

증강현실은 크게 마커기반 증강현실과 비 마커기반 증강현실로 구분된다. 마커기반 증강현실은 객체를 증강시키기 위한 좌표 계산을 쉽게 하기 위하여 특정 마커를 이용한다. 즉, 추적하기 쉬운 사각형의 마커를 이용하여 입력영상 내에서 마커를 인식하고 카메라의 위치와 자세를 계산한다. 이때 마커의 역할은 3차원 객체의 증강 위치를 선정할 뿐만 아니라 실제 세계와 효율적인 좌표계 생성을 쉽게 하기 위함이다[1,2].

대표적인 마커 기반 증강현실 지원 라이브러리로는 ARtag[3], ARToolkit[4], ARToolkitplus[5] 등이 있으며 전통적인 마커(fiducial marker)를 이용하여 실시간 증강현실 시스템 구현 시 빠른 속도로 정확한 좌표계산을 제공한다. ARToolkit의 영상정합 알고리즘은 매 프레임마다 입력되는 영상에 대하여 마커의 검색이 효율적으로 가능하도록 마커는 흰 바탕에 검은색 사각형과 그 안에 다양한 패턴을 적용한 평면 마커를 사용한다. 이는 입력 영상에서 임계값에 의해 이진 영상으로 변환 후 사각형의 모서리를 인식하여 마커의 자세와 위치를 파악한다. 내부의 패턴은 템플릿 매칭(template matching)을 이용하여 해당하는 마커를 인식하여 마커에 해당하는 객체를 정확한

위치에 증강 시키게 된다. 특히 ARToolkitPlus[5]는 기존의 데스크 탑 환경의 대표적인 라이브러리인 ARToolkit을 모바일 환경에 최적화한 시스템으로 효율적인 메모리 관리와 고정 소수점(fixed point unit) 연산방식을 사용함으로써 모바일 환경에서 수행할 수 있도록 성능을 향상시켰다.

한편 사용자의 몰입감을 높이기 위하여 특정한 마커를 사용하지 않고 영상 내 존재하는 물체의 특징 정보를 이용하여 객체를 증강하는 비 마커기반 증강현실에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[6-8]. 현실 세계의 자연스러운 객체의 특징 점 정보를 사용하는 2차원 특징 점 기반 증강현실 방법은 입력영상 내 현실세계에서 모서리와 같은 객체의 특징 점 정보를 이용하거나 특정 사진 및 그림 등을 하나의 마커로 인식하여 객체를 증강 시키고 추적하는 방법이다. 이러한 방법은 영상의 2차원 특징 점, 사각형이 아닌 원형의 물체[7,8], 3차원 객체의 모서리의 검출[6] 등의 방법으로 객체의 증강 위치를 이용한다.

최근 연구에서는 사람의 손을 이용한 비 마커기반 객체의 증강 및 증강된 객체를 제어하는 새로운 연구가 소개되었다. Lee[9-11]는 특정 마커대신 사람의 손을 마커 패턴으로 이용하였으며, 손 끝점(fingertip) 추적을 통해, 6-DOF(Degree of freedom)의 카메라 포즈를 추정하고, 사람의 손 좌표계에 객체를 증강 하였다. Chun[12,13]은 사람의 양손을 이용하여 한손에는 객체를 증강 시키고, 다른 한손의 모양패턴을 인식하여 객체를 동적으로 다루는 방법을 제시하였다. 손을 이용한 비 마커기반 증강현실은 기존의 마커기반 증강현실에 비하여 객체 증강 시 몰입감을 증대시키고 객체를 편리하게 다루는 장점을 제공하나 손 끝 추적 시 발생하는 계산 량의 증가나 손의 가림현상에 따른 추적이 끊기는 등의 문제를 내포하고 있다.

모바일 환경에서의 비 마커기반 증강현실로는 작은 업무 공간 정도를 단일 카메라를 이용하여 실시간으로 추적하고 매핑 할 수 있는 PTAM(Parallel Tracking And Mapping) 기술[14]을 iPhone에서 실

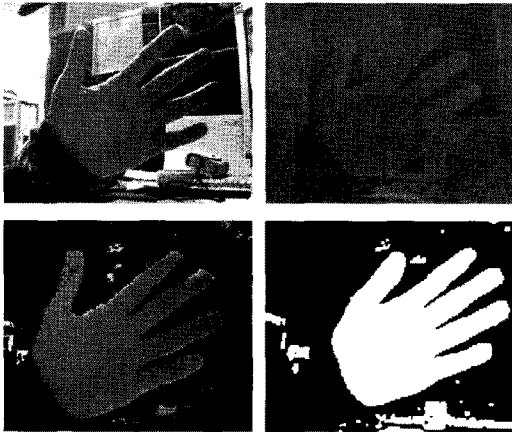
시간으로 동작하는 SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) 시스템[15]이 소개되었다. 이밖에 오스트리아 Graz 대학의 Daniel Wagner가 개발한 비 마커기반 모바일 증강현실 시스템[16]은 SIFT (Scale-Invariant Free Transform) 알고리즘을 적용하였으나, 영상의 특성 추출에 계산 량이 많이 필요하여 일반적인 모바일 환경에서 증강현실 응용에 제한이 있다.

### 3. 제안된 시스템

본 논문에서는 실시간으로 입력되는 동영상으로부터 손 영역을 포함하는 최적의 사각형 영역을 추출하고 검출된 사각형을 증강현실을 위한 마커로 이용하여 3차원 객체를 증강하고 손의 움직임에 따라 증강된 객체를 조정하는 비 마커기반 모바일 증강현실 시스템을 구현 제시하였다. 카메라로부터 입력된 영상에 대하여 전처리 과정을 거친 후 스킨컬러 모델을 이용하여 손의 후보 영역을 획득한다. 검출된 후보 영역을 포함하는 최적의 사각형을 Rotating calipers 알고리즘에 의해 추출한 후 사각형의 꼭지 점을 검출하여 좌표계를 설정하고 객체를 증강시킨다.

#### 3.1 손 영역 검출

입력영상으로부터 피부영역을 효과적으로 검출하는 방법으로 HSI,  $YCbCr$ , TSL 등 다양한 스킨컬러 모델을 이용하는 방법이 제시되었다. 피부 영역 검출에 적합한 모델은 피부영역이 좁은 영역에 분포하고, 피부영역을 모델링하기 쉬워야 하며, 아울러 피부영역과 비 피부영역간의 중복이 최소화된 모델이 바람직하다[17]. 본 논문에서는 손 영역 검출을 위하여  $YCbCr$  컬러모델을 사용하였다[12,13]. 특히  $YCbCr$  모델은 명도와 색상을 분리하는 측면에서 TSL 모델과 유사하며, 색상 성분은 명도 성분과 독립적인 특성을 지니고 있다. 따라서 손 영역의 검출 과정에서 명도 성분(Y)을 제외한  $C_b$ 와  $C_r$  성분만을 이용하면 주변



(그림 1) 손 영역 검출 결과(좌상에서 시계방향으로 입력영상, C<sub>b</sub>C<sub>r</sub>영상, 이진 영상 및 색상영상)

조명의 변화에 영향을 최소화 하면서 원하는 영역을 검출할 수 있다. RGB영상으로부터 추출된 YC<sub>b</sub>C<sub>r</sub> 모델의 각 성분은 다음 식 (1)과 같다.

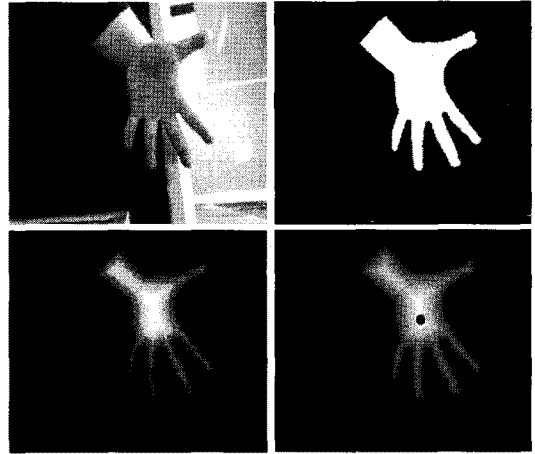
$$\begin{aligned} Y &= 0.2989R + 0.5866G + 0.1145B \\ C_b &= -0.16874R + 0.33126G + 0.50000B \\ C_r &= 0.50000R - 0.41869G - 0.0816B \end{aligned} \quad (1)$$

다양한 조명과 배경에서 획득된 30명의 손 영상을 이용하여 C<sub>b</sub>와 C<sub>r</sub>의 임계영역을 추출하여 손 영역 검출에 사용하였으며 손 검출에 사용된 임계 영역은 식 (2)와 같다.

$$(128 \leq C_b \leq 170) \cap (73 \leq C_r \leq 158) \quad (2)$$

컬러 모델로 검출된 손 영역은 일부 잡음을 내포하며, 이러한 잡음을 제거기 위한 후처리작업으로 모폴로지(morphology) 연산과 미디언 필터를 적용하였다.

특히 손 영역 검출 시 팔의 노출이 많은 경우 손과 팔이 모두 손 영역으로 검출되어 검출된 손 영역의 크기가 커지는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 검출된 손 영역으로부터 손 영역과 팔 영역을 가능한 분리하고 최소한의 손 영역을 생성하기 위하여 거리변환(distance



(그림 2) 손의 중심점 검출

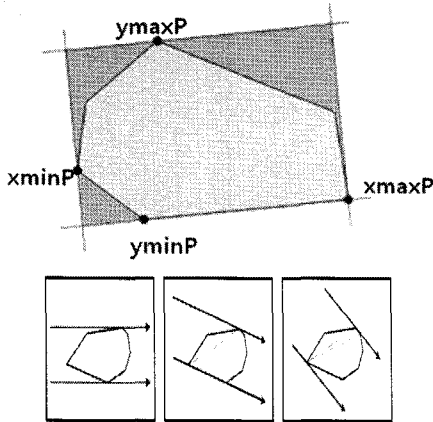
transform) 알고리즘[18]을 이용하여 손 영역을 검출하였다. 거리변환 행렬은 영상의 한 화소에서 가장 가까이 위치한 물체의 경계선까지 거리를 구하는 연산으로 이진 화 된 손 영역에 적용할 경우 스켈리톤(skeleton) 영상과 중심점을 획득할 수 있다. 기존에 손의 중앙 점 검출에 사용되는 알고리즘은 화소 수의 평균을 구하는 방법으로 손목 제거가 제대로 이루어지지 않았을 시에 정확한 중앙 점 검출이 힘들다는 단점을 가지고 있었다. 그러나 거리 변환 행렬 적용은 손바닥의 중앙 점을 정확히 검출해 내어 손목 제거라는 불필요한 연산이 필요 없게 된다.

이진 화 된 손 영상 I(p)에 거리변환 행렬을 적용하여 생성될 거리 맵(distance map) D(p)는 배경 영상으로부터 이진 손 영상 내 화소간의 최소 거리를 나타내며 다음의 식으로 정의된다.

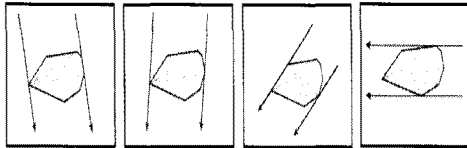
$$D(p) = \min\{d(p,q) | q \in O^c\} = \min\{d(p,q) | I(q) = 0\} \quad (3)$$

변환 식 (3)에서 O는 분할된 이진영역, O<sup>c</sup>는 배경을 의미하며, p, q는 각각 분할영역과 배경에서의 화소를 의미한다.

다음 (그림 2)는 거리변환 행렬에 의해 검출된 손 영역의 중심점을 획득한 결과이다.



(그림 3) 볼록 다각형을 감싸는 최적 사각형(위)과 다각형 검출과정(아래)

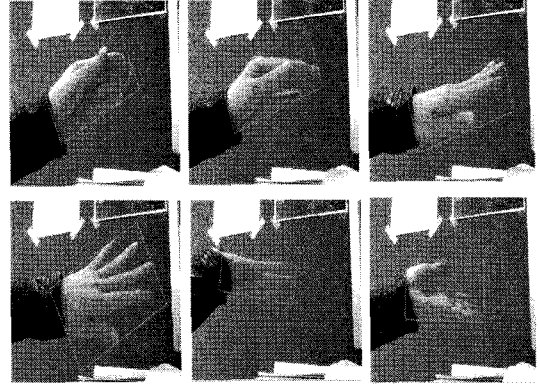


### 3.2 손의 최적 사각형 생성

손 영역의 최적의 사각형을 검출하기 위하여 Shamos[19]가 제안한 Rotating Calipers 알고리즘을 적용하였다. 이 알고리즘은 볼록다각형에 대해서 각 꼭지점에 평행하는 직선을 시계 방향으로 회전하면서 다각형의 면적의 크기가 가장 작은 순간 최적 사각형으로 결정한다.

위의 (그림 3)에서와 같이  $n$  개의 꼭지 점을 갖는 볼록 다각형(P)에 Rotating calipers 알고리즘이 적용되는 과정은 다음과 같다.

- ① X축, Y축 방향으로 가장 끝점을 찾은 다음  $xminP$ ,  $xmaxP$ ,  $yminP$ ,  $ymaxP$  값으로 정한다.
- ②  $xminP$ ,  $xmaxP$ ,  $yminP$ ,  $ymaxP$ 를 이용하여 두 평행한 직선을 만든다. 이 두 직선은 “calipers” 세트가 된다.
- ③ 두 직선이 Convex Hull의 모서리를 만나면 네 직선으로 만들어진 사각형의 면적을 계산하고 그 면적을 최소 영역으로 기억하여 초기화한다.



(그림 4) 손 영역의 최적 사각형 추출 결과

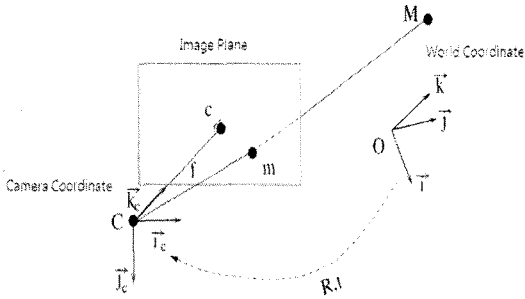
- ④ 시계 방향으로 직선을 회전시키면서 직선과 에지가 만나는 순간의 면적을 찾는다.
- ⑤ 일치하는 직선이 나오면 다시 3의 방법으로 면적을 계산하여 비교한다.
- ⑥ 4, 5 단계를 반복하며 가장 작은 면적을 찾는다.
- ⑦ 가장 작은 영역이 나올 때 도형을 감싸는 최적 사각형으로 결정한다.

다음 (그림 4)는 Rotating Calipers 알고리즘을 적용하여 최적의 손 영역을 감싸는 최적 사각형을 추출한 결과이다.

추출된 사각형의 역할은 기존에 손을 이용한 비 마커기반 증강에서 5개의 손끝을 추출하고 이를 마커로 사용할 때, 손의 회전등으로 손끝 추출을 못하여 마커가 생성되지 못하는 문제를 근본적으로 해결함과 동시에 손끝 추출에 필요한 연산을 배제하는 효과를 얻을 수 있다.

### 3.3 카메라 포즈측정

증강현실을 구현하기 위해서는 증강되는 객체의 좌표계 설정이 매우 중요하다. 일반적으로 기존의 마커 기반의 증강현실 시스템에서는 사각형마커의 모서리 끝점을 검출하여 좌표계 설정을 하여 객체를 증강시킨다. 비 마커기반의 증강현실 시스템에서는 마커기반 증강현실에서 마커



(그림 5) 3차원 객체의 원근 투영 모델

의 모서리 끝점에 해당하는 특징 점을 검출하고 적용하는 과정이 필요하며, 카메라 포즈 측정은 이러한 증강과정에서 중요한 역할을 수행한다.

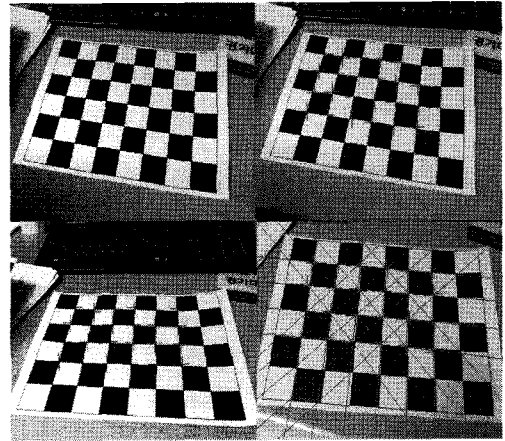
다음 (그림 5)는 실세계 좌표계(O)의 3차원 객체(M)를 영상 플랜으로 원근 투영하는 과정을 제시하고 있다. 일반적으로 2차원 영상으로부터 3차원 객체의 위치와 오일러 회전각을 알아내기 위해서는 공간상의 3차원 객체가 2차원 평면에 투영되는 관계를 모델링 하여야 한다.

위 그림에서와 같이 입력 영상으로부터 획득된 손 영역을 감싸는 사각형의 꼭지 점에 해당하는 좌표 점  $m(x,y)$ 는 다음 식 (4)에 의하여 3차원 좌표계로 변환(unprojected) 된다.

$$s\tilde{m} = P\tilde{M} \quad (4)$$

식 (4)에서  $s$ 는 크기조정 변수(scaling factor)를 의미하며,  $\tilde{m} = (x,y,1)^T$ 과  $\tilde{M} = (X,Y,Z,1)^T$ 은  $m$ 과  $M$ 의 동차좌표계에 해당된다. 아울러  $P$ 는  $3 \times 4$  크기의 카메라 포즈 투영 좌표계이다. 2차원 좌표인 영상 좌표계로부터 실세계 좌표를 얻기 위해서는 카메라 좌표계를 먼저 회전 시키고 자세를 유지한 채로 평행이동을 시키는 작업이 필요하다. 이에 해당하는 카메라 포즈 투영 좌표계는 다음 식 (5)와 같이 정의될 수 있다.

$$P = K[R|t] \quad (5)$$



(그림 6) 카메라 포즈측정을 위한 체크무늬 패턴 훈련

식 (5)에서  $K$ 는  $3 \times 3$ 크기의 카메라 측정 행렬로 카메라 초점 거리(focal length)등 카메라의 내부 변수(internal parameter)를 의미하며,  $[R|t]$ 는 3차원 세계 좌표계로부터 카메라 좌표계의 유클리디언 변환에 대응하는  $3 \times 4$  크기의 외부 변수(external parameter)를 의미한다.  $R$ 은  $3 \times 3$ 의 회전 행렬 이며 평행 이동인 병진 행렬은  $t$ 로 표현되며, 이 두 변수는 카메라의 외부 변수에 해당한다.

내부 변수의 측정은 카메라 보정 과정을 거쳐 획득할 수 있다. 카메라 보정은 3차원 비전 처리를 위하여 카메라의 내부변수를 추출하는 과정을 의미하며, 일반적으로 주어진 패턴을 이용한 카메라 보정방법은 패턴의 치수가 미리 알려진 패턴인식이 수월한 대상물의 형태를 관찰함으로써 카메라의 내부 변수를 추정한다. 본 논문에서는 Zhang[20]이 제안한 카메라 보정방법을 이용하였다. 이 작업을 위하여 손 영역 사각형의 꼭지 점과 체크무늬의 패턴이 있는 보드를 훈련시켰다. 이 작업은 영상입력 과정에 실시간으로 행해지는 것은 아니며, 미리 훈련이 이루어져 데이터 파일로 저장되게 된다. (그림 6)과 같이 준비된 체크보드를 훈련시켜 얻어진 매개변수들을 이용하여 설정된 좌표계를 중심으로 검출된 손위에 3차원 객체를 증강시키게 된다.

획득된 매개변수 정보를 이용하여 카메라의 자세를 추정하기 위하여 기존의 마커기반 증강현실 시스템에서는 검은 사각형 안에 특정한 모양이 존재하는 마커를 사용하였다. 본 논문에서 제안된 비 마커기반의 증강현실 시스템은 추출된 손 영역을 감싸는 최적 사각형의 꼭지 점이 기존 마커기반 시스템에서 사용되는 마커의 4개의 꼭지 점과 동일한 역할을 하도록 하여, 기존의 마커기반 증강현실 시스템에서 사용된 마커에 의한 객체증강 방법과 동일하게 작동되도록 한다.

#### 4. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 손 모양 검출과 추적을 통한 안드로이드 환경에서의 비 마커기반 모바일증강현실 시스템은 네 단계로 구현되었다. 첫 번째 단계로 안드로이드 폰으로부터 입력받는 YUV420 포맷을 RGB 포맷으로 변환하고, 두 번째 단계에서 입력받은 영상으로부터 손의 후보 영역을 추출하며, 세 번째 단계에서 후보 영역에서 최적의 사각형 영역을 검출하고 마지막으로 그 사각형 꼭지 점 정보로 가상객체를 증강하였다.

제안한 시스템의 실험 환경은 위 (표 1)과 같다. HTC Nexus One 스마트폰을 사용하여 카메라 영상을 입력받고, Windows XP와 Cygwin 환경에서 실험하였다. 시스템은 Android NDK에서 구현하였으며, OpenCV 라이브러리를 사용하여 JNI를 통해 네이티브 코드를 구현하였다.

제안된 방법은 손 끝점 검출에 의한 객체 증강 방법[9,13]과 달리 5개의 손 끝점 검출 없이 손의 최적 영역을 객체 증강에 필요한 마커로 사용하기 때문에 손 끝점 검출에 필요한 연산 없이 마커생성 시간을 (표 2)와 같이 단축시킬 수 있다.

무엇보다도 기존에 연구된 손끝 검출과 추적에 의해 손을 마커로 사용하여 객체를 증강시키는 경우 발생하는 문제점은 (그림 7(a))와 같이 손을 회전할 때 손끝을 추출할 수 없으며, 따라서 객체를 증강할 수 없는 문제가 발생된다. 아

(표 1) 실험 환경

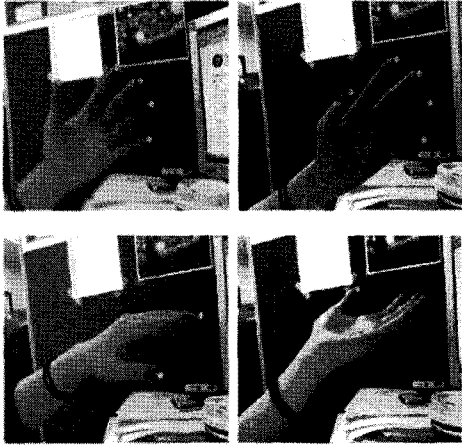
|               |  |
|---------------|--|
| 구분            | 세부 환경                                  |
| CPU           | Intel(R) Core(TM) i5 CPU 750 Q 2.67GHz |
| RAM           | 2GB                                    |
| Mobile OS     | Android 2.2                            |
| OS            | Windows XP Service Pack 3              |
| Language      | Java, Visual C++                       |
| Develop Tool  | Android NDK, JNI, Eclipse              |
| Library       | OpenCV 1.0                             |
| Mobile Device | HTC Nexus On                           |

(표 2) 마커검출 시간비교

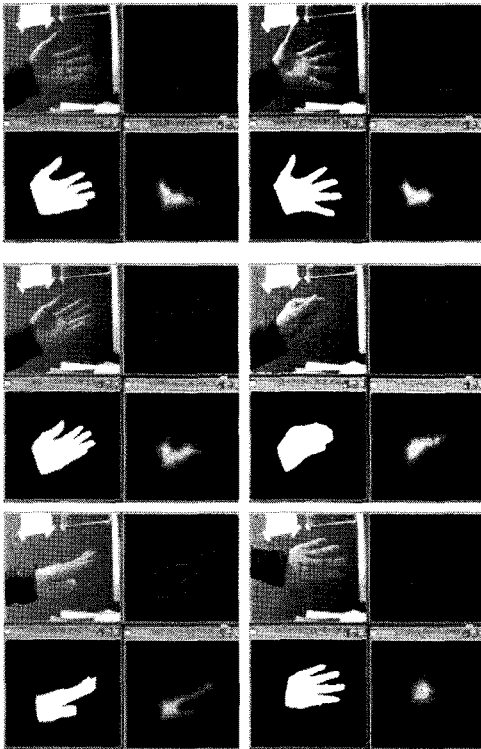
| 구분            | Lee T's Method[9] | Chun J's Method[13] | Proposed Method |
|---------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| 영상 해상도        | 640×480           | 640×480             | 640×480         |
| 마커생성시간 (msec) | 14.80             | 9.87                | 2.00            |

울러 손 끝점들을 검출하고 이들의 움직임을 추적하는 데 어려움이 있었다. 그러나 본 논문에서 제안된 방법은 손의 회전과 가려짐에도 사각형이 올바르게 검출되며 객체의 사라짐이 없이 사용자에게 자연스러운 인터페이스를 제공하여 모바일 환경에 적합한 비 마커기반의 객체증강이 가능하도록 하였다. (그림 7(b))는 제안된 방법에 의해서 실시간으로 손의 최적 영역을 검출하고 추적한 실험 결과이다. 카메라에 의해 손 끝점이 보이는 것과는 상관없이 손을 포함한 최적 사각형을 추출할 수 있어 모바일 증강을 위한 마커로 활용이 가능하다.

다음 (그림 8)과 (그림 9)은 각각 모바일 환경에서 마커기반 모바일 증강현실과 비 마커기반 증강현실 시스템을 구현한 결과이다.

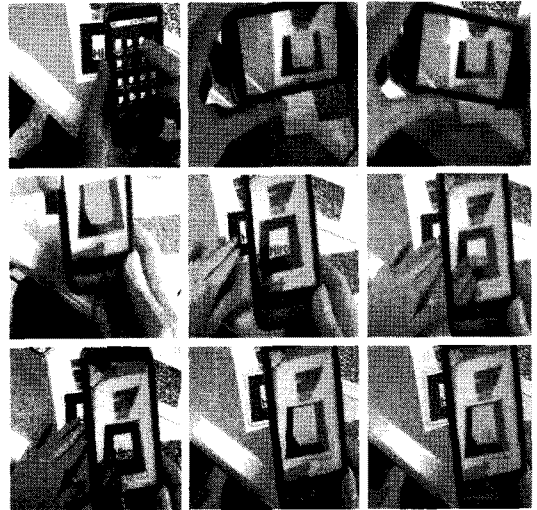


(a) 손 회전 시 손 끝점 추적에 실패한 경우

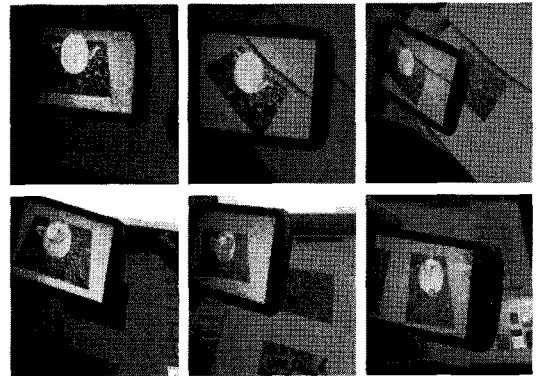


(b) 제안된 방법에 의한 손 영역 검출 결과  
(그림 7) 손 영역 검출 및 추적 결과

(그림 8)에서는 마커기반 모바일 증강현실 시스템을 구현한 결과 물체 촬영 중에 마커가 일부 가릴 경우 객체를 증강 시키지 못하는 상황과 성



(a) 마커의 가림에 의해 객체 증강이 중간에 끊긴 경우

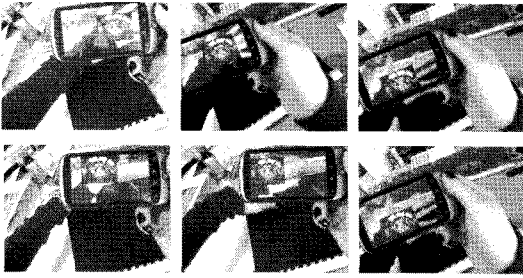


(b) 마커기반 모바일 증강현실 결과  
(그림 8) 마커기반 모바일 증강현실 결과

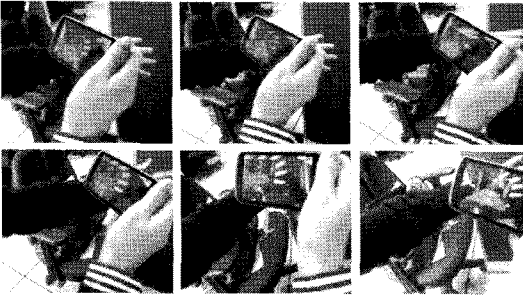
공적으로 객체를 증강 시킨 결과를 각각 보여주고 있다. 이처럼 마커기반의 증강현실의 경우 마커의 가림 현상은 객체증강에 문제를 야기할 수 있다.

(그림 9)는 제안된 방법에 의해 각각 동영상과 3차원 가상 객체를 비 마커기반 모바일환경에서 증강 시킨 결과로, 마커의 가림 현상에 의한 객체 증강의 실패나 몰입감 저하의 문제 등을 해결하였다.

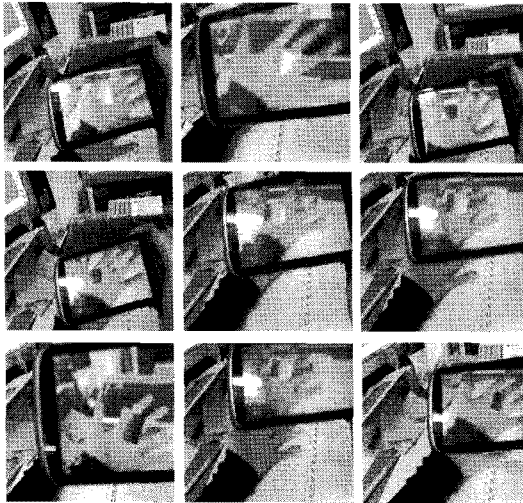




(a) 동영상 증강케이스 (1)



(b) 동영상 증강 케이스 (2)



(c) 3차원 객체 증강 케이스

(그림 9) 비 마커기반 모바일 증강현실 결과

## 5. 결 론

본 논문에서는 안드로이드 기반 모바일 환경에 적합한 비 마커기반 가상 객체의 증강 방법을 제시하였다. 시스템 구현을 위하여 모바일 카메라

라로 획득한 입력 영상으로부터 손 모양 검출 및 추적을 통하여 손을 감싸는 최적사각형을 추출하고, 추출된 사각형을 객체증강을 위한 마커의 역할을 하게하여 손 위에 가상객체를 증강하는 시스템을 제안하고 구현하였다. 개발된 시스템은 안드로이드 폰으로 들어오는 카메라 입력 값의 YUV420을 RGB 컬러모델로 변환하며, 변환된 RGB 영상을 JNI를 통해 C/C++로 영상처리부분을 구현하였다. 손 영역 검출을 위하여 YCbCr 컬러모델을 이용하여 손 후보 영역을 검출한 후 미디언 필터와 모폴로지 연산으로 잡음을 제거하였다. 손과 팔 영역의 분리를 위하여 거리변환 행렬을 적용하여 손의 중심점을 추출함으로써 객체증강에 필요한 마커역할을 할 손 영역을 획득할 수 있었다. 검출된 손 영역의 외곽선 검출 후 Rotating calipers 알고리즘을 적용하여 손 영역을 감싸는 최적의 사각형 영역을 계산한 후, 이 사각형의 네 꼭지 점 정보를 이용하여 객체증강을 위한 마커의 역할을 수행하게 하였다. 기존의 비전 기반의 손 인식 증강현실 시스템은 손 끝점의 추출과 추적에 의해 손의 좌표계를 생성하여 객체를 증강하는 방법을 이용하였으나 이 방법은 손가락의 가려짐 현상이나 손의 기울어짐에 강건하지 못하여, 객체의 증강 및 증강된 객체의 추적에 끊김이 발생하는 등의 문제를 포함하고 있었다.

본 논문은 손 영역의 최소 사각형을 이용하여 마커로 활용하였으며, 기존 데스크 탑 환경에서 손끝을 추적하는데 사용되는 복잡한 계산과정을 모바일 환경에 맞도록 최적화 할 수 있었다. 아울러 모바일 기반 증강현실이므로 사용자가 바라보는 화면과 증강된 화면의 시점일치를 통하여 증강객체에 대한 몰입감을 향상시킬 수 있었다.

## 참 고 문 헌

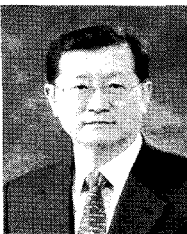
- [1] J. Carmigniani, B. Furht, M. Anisetti, P. Ceravolo, E. Damiani and M. Ivkovic,

- “Augmented reality, technologies, systems, and applications”, *Multimedia Tools and Applications*, Vol 51, Issue 1, pp. 341-377, 2011.
- [2] D.W.F. van Krevelen and R. Poelman, “A survey of Augmented Reality Technologies, Applications, and Limitations”, *The Intl. Journal of Virtual Reality*, Vol 9. No. 2, pp. 1-20, 2010.
- [3] M. Fiala, “ARTag, a fiducial marker system using digital techniques”, In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol 2, pp. 590-596, 2005.
- [4] H. Kato and M. Billinghurst, “Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system”, In *Proceedings on 2nd IEEE International Workshop on Augmented Reality*, pp. 85-94, 1999.
- [5] D. Wagner and D. Schmalstieg, “ARToolKitPlus for Pose Tracking on Mobile Devices”, In *Proc. of 12th Computer Vision Winter Workshop*, pp. 139-146, 2007.
- [6] D. Stricker, D. Klinker and D. Reiners, “A fast and robust line-based optical tracker for augmented reality application”, In *Proceedings on 1st IEEE International Workshop on Augmented Reality*, pp. 31-46, 1998.
- [7] Y. Cho, J. Lee and U. Neumann, “A multi-ring fiducial system and an intensity-invariant detection method for scalable augment reality”, In *Proceedings on 1st IEEE International Workshop on Augmented Reality*, pp.147-156, 1998.
- [8] S. Vogt, A. Khamene, F. Sauer and H. Niemann, “Single camera tracking of marker clusters: Multiparameter cluster optimization and experimental verification”, In *Proceedings of IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 127-136, 2002.
- [9] Lee, T. and Hollerer, T., “Hand AR: Markerless Inspection of Augmented Reality Objects Using Fingertip Tracking”, In *Proceedings of IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp. 83-90, 2007.
- [10] Lee, T. and Hollerer, T., “Initializing Markerless Tracking Using a Simple Hand Gesture”, In *Proceedings of IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 1-2, 2007.
- [11] Lee, T. and Hollerer, T., “Hybrid Feature Tracking and User Interaction for Markerless Augment Reality”, In *IEEE Int’l Conference on Virtual Reality*, pp. 145-152, 2008.
- [12] Lee, B and Chun, J, “Interactive manipulation of augmented objects in marker-less AR using vision-based hand mouse”, In *Int’l Conference on Information Technology*, pp. 398-403, 2010.
- [13] Chun, J and Lee, B, “Dynamic Manipulation of a Virtual Object in Marker-less AR system Based on Both Human Hands”, *TIIS Vol. 4, No.4*, pp. 618-632, 2010.
- [14] G. Klein and D. Murray, “Parallel tracking and mapping for small AR workspaces”, In *Proceedings of 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 225-234, 2007.
- [15] G. Klein and D. Murray, “Parallel Tracking and Mapping on a Camera Phone” In *Proceedings of IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 83-86, 2009.
- [16] D. Wagner, G. Reitmayr, A. Mulloni, Tom Drummond, Dieter Schmalstieg, “Pose Tracking from Natural Features on Mobile Phones”, In *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International*

- Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 125 - 134, 2008.
- [17] Min, K, Chun, J and Park, G, "A Nonparametric Skin Color Model for Face Detection from Color Images", LNCS Vol. 3320, pp. 115-119, 2004.
- [18] G. Borgefors, "Distance transformations in digital images," Computer Vision, Graphics and Image Processing, Vol. 34, pp. 344-371, 1986
- [19] Shamos, M.I. "Computational geometry", Yale University, PhD. thesis, 1978.
- [20] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No.11, pp. 1330-1334, 2000.

## ● 저자 소개 ●

### 전 준 철



1984년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(학사)  
1992년 The Univ. of Connecticut, 컴퓨터공학과 졸업(석사)  
1995년 The Univ. of Connecticut, 컴퓨터공학과 졸업(컴퓨터 그래픽스 전공 박사)  
1995년~현재 경기대학교 컴퓨터과학과 교수  
2001년~2002년 2월 Michigan State Univ. 패턴인식 연구실(PRIP) 방문 연구원  
2009년~2010년 2월 Univ. of Colorado, Boulder 컴퓨터공학과 방문 연구원  
2010년 7월~현재 GRRC(경기도 지역협력연구센터) 콘텐츠융합 소프트웨어 연구센터 센터장  
관심분야 : 비전기반 HCI, 증강현실, U-healthcare 등  
E-mail : jcchun@kgu.ac.kr