

증강현실에서 3D 객체 조작을 위한 손동작 인터페이스

Hand Gesture Interface for Manipulating 3D Objects in Augmented Reality

박건희, 이귀상

전남대학교 전자컴퓨터공학과

Keon-Hee Park(keonhee.park@hotmail.com), Guee-Sang Lee(gslee@jnu.ac.kr)

요약

본 논문에서는 증강현실 환경에서 등장하는 3차원 공간상의 객체를 카메라와 손을 사용하여 조작할 수 있는 인터페이스를 제안한다. 일반적으로 3차원 움직임을 검출하기 위해서 마커를 사용하지만, 이러한 경우에는 객체를 등록하기 위해서 마커가 영상 내에 있어야 하며 추가적인 장비를 사용함으로써 몰입감의 저하를 초래한다. 이것을 극복하기 위해서 본 연구에서는 손을 하나의 평면으로 변환하고 손 모양의 변화를 검출하여 마커를 대체하는 방법을 제안한다. 또한 조명으로 인한 손의 색상 변화에 따른 객체의 등록 위치 변화를 칼만 필터를 적용하여 추적하였다. 실험결과, 제안한 알고리즘은 손의 원활한 움직임에 의한 객체의 3차원 조작이 가능함을 보였다.

■ **중심어** : | 증강현실 | 손동작 인터페이스 | 컴퓨터 인간 상호작용 |

Abstract

In this paper, we propose a hand gesture interface for the manipulation of augmented objects in 3D space using a camera. Generally a marker is used for the detection of 3D movement in 2D images. However marker based system has obvious defects since markers are always to be included in the image or we need additional equipments for controlling objects, which results in reduced immersion. To overcome this problem, we replace marker by planar hand shape by estimating the hand pose. Kalman filter is for robust tracking of the hand shape. The experimental result indicates the feasibility of the proposed algorithm for hand based AR interfaces.

■ **keyword** : | Augmented Reality | Hand Gesture Interface | Human Computer Interaction |

I. 서론

증강현실(Augmented Reality)은 현실과 가상을 혼합하여 실시간으로 유저와 상호작용을 가능하게 하는 개념으로서 1990년대 중반 Milgram과 Azuma에 의해 정

의 되었다[1][2]. 이 기술은 디스플레이 장치 기술, 컴퓨터 비전 및 영상처리 기술, 그래픽스 기술을 결합시켜 이용하는 사람에게 필요한 정보를 효과적으로 제공할 수 있는 장점이 있어 각 요소 기술의 발전과 함께 활발한 연구가 진행되고 있다.

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-C1090-1011-0008).

접수번호 : #091230-009

접수일자 : 2009년 12월 30일

심사완료일 : 2010년 04월 27일

교신저자 : 이귀상, e-mail : gslee@jnu.ac.kr

그 중에서도 게임이나 광고 같은 모바일에 적용 가능한 콘텐츠의 경우, 영상내의 어떤 특징점을 이용하여 객체의 등록을 할 것인가가 중요하다. 입력받은 영상은 2차원 영상이지만 증강될 객체는 3차원 객체일 때 차원의 문제가 발생한다. 단순히 등록 될 부분의 좌표만 지정할 때는 상관이 없지만 증강된 3차원 객체에 대해서 6 DOF(degree-of-freedom) 방향으로 움직일 때는 2차원 영상 자체만의 정보로 표현하는데 어려움이 따른다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 3차원 정보를 전달해 줄 수 있도록 키보드나 다른 입력장치를 통해 정보를 전달하는 방법이나 입력받은 2차원 영상내의 자체적 분석을 통해 3차원 정보를 추정해 내야한다. 영상에서 3차원 구조 정보를 인식하는 방법으로 기존의 마커를 기반으로 한 방법[3-5]이 있다. 이러한 방법은 안정된 인식률과 구현의 용이성 때문에 많이 사용되지만 항상 영상 내에 마커가 존재해야하는 근본적인 단점이 있다. 마커 외에도 GPS, 위치 센서, Wireless Lan 등을 이용하여 3차원 정보를 전달 할 수 있지만 추가적인 비용이 발생한다는 단점을 지니고 있다[3].

그렇기 때문에 2차원 영상의 분석만으로 3차원 정보를 추정해 낼 수 있는 연구가 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 추가적인 장비가 필요하지 않고 직관적이며 객체를 조작하는데 몰입감에 방해를 받지 않는 손을 이용하기로 한다.

손은 그 구조적 특성상 2차원 영상으로부터 정확한 포즈를 계산해 내는 것은 쉽지 않기 때문에 공간구조를 인지할 수 있는 연구가 필요하다. 또한 객체의 움직임을 위해서는 손을 이동할 때 그 궤적의 매끄러운 추적이 필요한데 조명 등의 잡음으로 인해 오추적이나 객체의 등록이 잘 못 이루어지는 경우가 발생한다. 그 결과 손의 움직임 정보를 빠르게 전달하지 못해서 증강할 객체의 등록 위치와 움직임이 정확하지 못한 경우가 발생한다.

따라서 본 논문에서는 카메라 한 대를 이용하여 입력받은 영상에서 손의 구조적 분석을 통해 3차원 정보를 추정하고 그 특징점을 효과적으로 추적하는 방법을 적용한 비 마커기반 증강현실 인터페이스를 제안한다.

전체적인 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는

증강현실기술의 연구동향을 알아본 다음 관련 연구를 검토한다. 본 논문의 주요 기술적 요소가 되는 추적과 등록, 그리고 객체의 조작과 검출에 대한 각각의 연구에 대해 소개하고 분석함으로써 본 논문의 연구가 필요하다는 것을 보인다. 제 3장에서는 본 논문에서 제안한 손동작을 이용한 비 마커기반 증강현실 인터페이스에 대해서 그 기술적 구현을 중심으로 기술한다. 제 4장에서는 제안한 인터페이스에 대한 실험 결과를, 마지막으로 5장에서는 본 논문에서 제안한 인터페이스에 대해서 서론에서 기술한 문제점에 대한 대안으로서 타당한 지에 대한 것을 논의하고 결론을 맺는다.

II. 관련연구

Zhou[3]은 지난 10년간 International Symposium on Mixed and Augmented Reality(ISMAR)에서 연구의 주제와 각 논문의 인용 빈도수를 조사한 자신의 논문에서 추적과 상호작용(Interaction)이 증강현실에서 가장 빈번하게 연구되어지는 주제임을 밝혔다. 본 절에서는 증강현실 인터페이스로서 추적과 상호작용의 매개가 되는 손동작 인식 연구에 대해서 차례로 기술한다.

1. 기존의 증강현실 인터페이스 연구

증강현실은 현실 세계와 가상 세계의 다리 역할을 해주는 기술이다. 따라서 가상과 실제의 연결을 위한 인터페이스에 대한 연구가 필수적이다. 컴퓨터의 키보드와 마우스만으로 HCI(Human Computer Interaction)를 경험하였던 때에도 물리적으로 만들 수 있는 것으로 컴퓨터와 상호작용할 것을 설계하고 그것을 실현시키는 방향으로 연구는 진행되었다[6].

1999년 ARToolkit 라이브러리를 공개한 Kato는 그 다음해에 마커를 이용한 인터페이스를 제안하였다[5]. 마커를 기반으로 한 Kato의 연구[7]는 기존에 증강시킨 물체를 다른 마커가 부착된 패들(paddle)을 통해 증강된 객체의 조작을 가능케 하였다. 이는 실제 환경에서 물체를 움직이는 방법과 매우 유사하기 때문에 증강된 객체를 조작하는데 혼란이 필요하지 않을 뿐 아니라 구

현하기 쉽다는 장점을 가진다. 기술적으로는 패들에 사용한 마커를 인식 시키고 기존에 객체를 증강시킬 때 사용하는 마커와의 거리를 이용하여 증강객체의 움직임을 계산해 주기만 하면 되기 때문이다

Zhou et al. [8]은 마커를 부착한 큐브의 조합을 통하여 조작이 가능한 에듀테인먼트 콘텐츠를 제안하였다. 이러한 큐브들은 손으로 직접 조작이 가능하며 각 큐브의 조합에 따라 여러 방향으로 움직일 때마다 새로운 이야기를 유저에게 전달한다.

Lee[9]는 디지로그북 제작을 위한 펜형 햅틱 사용자 인터페이스를 제안하였으며, 자신이 직접 저작 도구를 이용하여 책을 만들어 나갈 수 있는 방법을 제시하였다.

Lee[10]는 손가락 끝 점 추적을 이용한 증강현실 인터페이스 HandyAR을 제안하였다. 다른 어떤 장치보다 손 자체를 이용하는 것은 몰입감을 극대화 시킬 수 있는 장점을 갖고 있다. HandyAR에서는 손 모양을 인식하기 위해서 손가락 끝 점을 검출하여 손의 3차원 움직임을 추정하였으나, 알고리즘의 높은 복잡도와 함께 다양한 손동작이나 조명의 변화에 의해서 3차원 객체의 움직임을 자연스럽게 보장하기 어렵다는 단점을 갖고 있다. 본 논문에서는 보다 간단하면서도 다양한 손 모양의 변화에 대하여 더욱 강인한 손 모양 기반 증강현실 인터페이스 방법을 제시하고자 한다.

2. 기존의 손 모양 인식 연구

손 모양을 인식함에 있어서 기존 연구에서는 대부분 모델 기반 방법과 외형 기반 방법으로 구분한다[11]. 모델 기반 방법은 3차원 손 모델을 기반으로 현재의 손 모양을 추정하는 것이고 외형 기반 방법은 대부분 2차원 이미지에서 제한적인 손 모양을 추정하는 연구로 구성되어 있다.

손은 비전을 이용하여 인식하기 매우 어려운 부분이다. 그 이유는 카메라 한 대를 이용해서는 움직이는 손의 모양을 알기 매우 어렵기 때문이다. 이것을 극복하기 위해서 스테레오 카메라를 사용[12]하거나 깊이 정보를 자동으로 계산해주는 카메라를 사용[13]하여 손 모양을 인식하는 방법을 사용하는 방법도 있지만 본 연

구에서는 하나의 카메라를 사용하여 손의 모양을 검출하고 움직임을 추적하는 연구만 다루기로 한다.

Heap et al. [14]은 그의 연구에서 eigenspace와 PCA 알고리즘을 이용하여 손 모양에 대한 추정을 하는 알고리즘을 보여 주었다.

Wang et al. [15]는 그의 연구에서 Scale Invariant Feature Transform(SIFT)을 이용하여 손의 모양을 추정하였다. 크기 변화에 영향을 받지 않는 손의 특징 정보를 추출하여 인간과 로봇의 상호작용에서 로봇의 움직임을 제어하는 입력 값으로 사용하였다.

Segen et al. [16]은 1999년 그의 연구에서 조명을 사용하여 손에 의하여 발생하는 그림자와 손 영상을 같이 포함시켜서 생기는 외곽선을 분석하여 3차원 정보를 추정하였다. 여기서는 손 모양을 네 가지 동작으로 한정시킨 다음에 간단한 네 가지 동작을 인식할 수 있게 하였다.

Lockton et al. [17]은 그의 연구에서 손의 회전과 기울어짐이 없다는 제약 조건 안에서 deterministic boosting을 이용하여 46가지의 손 모양을 구분해 내는 알고리즘을 제시하였다. Argyros et al. [18]은 손가락 끝 점을 인식하고 손의 움직임을 단어 형태로 정의하여 컴퓨터 비전을 이용한 마우스를 제시하였고 Liu et al. [19]은 손 전체의 외곽선에서 여러 가지 특징점을 추출한 다음 그 특징점으로 벡터를 구성하여 Principle Component Analysis(PCA) 패턴 인식 알고리즘을 통해 손 모양을 분리 해 내는 Active Shape Model을 제시하였다.

이러한 방법들은 대부분 알고리즘의 복잡도가 높고 본 연구와 같이 다양한 손 모양의 움직임이나 회전에 대해 강건한 손 모양 추적이 요구되는 경우에 적합하지 못하다. 본 논문에서는 손 모양이 갖는 평면을 검출하고 추적함으로써 손의 움직임에 있어서 회전이나 자유로운 움직임을 보장하면서 3차원 정보를 생성하는 방법을 제시하고자 한다.

III. 증강현실에서 손을 이용한 비 마커기반 인터페이스

본 절에서는 알고리즘에 대해서 전처리를 거친 후 손 위에 객체를 증강시키기 위해서 등록할 위치를 결정하고 객체의 움직임을 전달하기 위한 방법에 대해서 순서대로 설명한다. 전체적인 시스템 구성도는 [그림 1]에 나타나 있다.

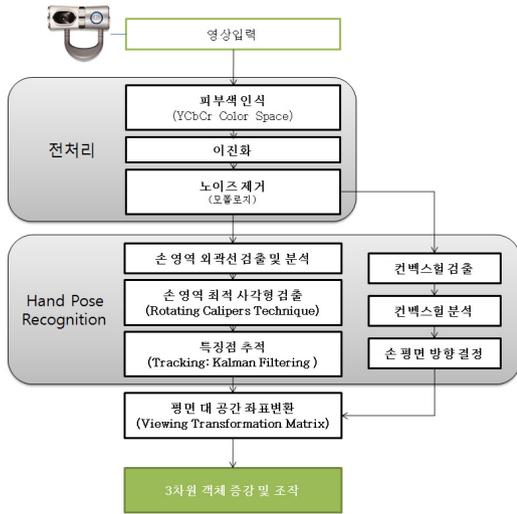


그림 1. 시스템 구성도

1. 전처리

1.1 피부색을 이용한 손 후보 영역 검출

본 연구에서는 HSV, normalized RGB, YCbCr의 각 컬러 공간에 대해서 임계치를 적용하여[20] 피부색 영역을 구하고 이를 OR 연산을 적용하여 손 영역을 검출하였다.

1.2 이진화 및 노이즈 제거

손 영역의 최종단계는 손 영역의 이진화이다. 본 논문에서는 손의 색상을 기반으로 후보 영역을 검출하여 영상의 손실을 최소화하고 이를 기반으로 이진화를 수행하였다. 또한 노이즈 제거를 위해 침식과 팽창의 모폴로지 연산을 하였다. [그림 2]는 이러한 손 영역 검출 과정을 보여주고 있다. [그림 2](b)는 피부색을 검출한 결과이며, [그림 2](c)와 [그림 2](d)는 이진화 및 모폴로지 적용결과를 보여주고 있다.

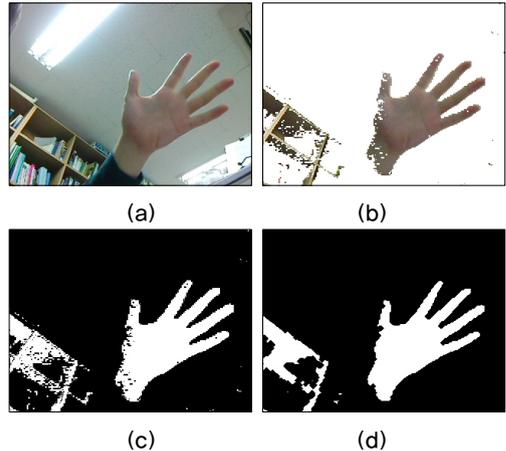


그림 2. 전처리 결과 (a) 원영상 (b) 피부색 추출 (c) 이진화 (d) 잡음제거 영상

2. 손 모양 검출 및 움직임 추적

2.1 손 영역 외곽선 검출 및 분석

이진화 후 잡음이 제거 된 영상에서 연결요소별로 외곽선을 검출한다. 외곽선을 검출하는 단계에서는 각 연결 요소의 면적 즉, 픽셀의 개수를 알 수 있다. 본 연구에서는 움직이는 손 영역을 중심으로 이루어지기 때문에 손 영역이 가장 큰 덩어리를 가질 것이라는 가정을 가지고 해상도의 가로와 세로의 길이를 곱한 것의 10% 이하인 면적에 대해서 잡음이라고 판단하였다.

[그림 3]은 외곽선을 추출한 영상이다. 피부색과 비슷한 부분에 대해서는 똑같이 이진화를 거치기 때문에 영상에는 여전히 살색 부분이 곳곳에 검출된 선이 분포함을 알 수 있다. 영상을 보면 왼쪽 아래와 오른 쪽의 배경 부분이 피부색으로 인식되었음을 알 수 있다. 하지만 연결요소 분석을 통해서 연결요소의 면적을 고려하면 [그림 3]과 같이 손 영역의 외곽선과 손 영역 사각형을 검출할 수 있다.

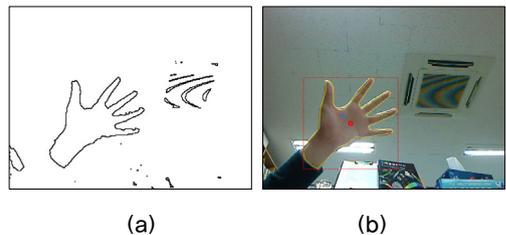


그림 3. 손 영역 검출 (a) 손 외곽선 (b) 손 영역 사각형

2.2 손 영역 최적 사각형 검출

[그림 3](b)는 손 영역을 둘러싸고 있는 사각형을 보여주고 있다. 이 사각형은 단순히 연결요소에 대한 x, y 값의 최대, 최소값을 갖는 좌표를 연결한 사각형이다. 그렇지만 이 정보로는 손의 3차원 움직임과 방향을 알아낼 수가 없다. 손 영역은 그 움직임에 따른 2차원 모양변화가 매우 크기 때문에 손을 이용하여 객체의 정확한 3차원 움직임을 보장하기 어렵다.

본 연구에서는 3차원 객체를 증강시키려고 3차원 움직임을 전달하기 위해서 영상에서 검출된 평면 사각형은 마커를 대신하는 역할을 수행한다. 이진화 된 손 영상에서 거리와 위치, 그리고 손의 방향을 나타내기 위해 손 전체를 하나의 평면으로 대치하였고 rotating calipers algorithm을 적용하였다[21].

Shamos[19]의 알고리즘은 2차원 공간상에 컨벡스형을 만족하는 도형에 대해서 최소 면적을 찾아주는 알고리즘으로서 본 논문에서 마커를 대체하기 위한 평면을 찾기 위해 사용되었다. [그림 4]는 이 알고리즘을 사용하여 찾은 손 영역의 최적 사각형을 나타내었다.

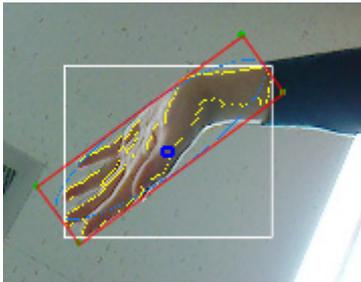


그림 4. 손 영역 최적 사각형

2.3 특징점 추적을 위한 칼만 필터링

전 단계에서 찾은 손 영역에 대한 최적 사각형은 특히 조명의 변화에 따라 평균 20 프레임의 카메라 프레임 수별로 빈번한 위치 변화가 이루어진다. 여기에는 손의 움직임의 변화가 동시에 이루어지기 때문에 찾아진 사각형의 네 꼭짓점 변화가 안정적이지 못한 단점이 있다. 증강된 객체를 볼 때 객체가 가만히 있지 못하고 쉴 새 없이 깜빡이며 움직이는 것 같이 나타나므로 매

프레임에서 사각형의 네 꼭짓점의 위치를 추정하는 알고리즘이 필요하다.

본 연구에서는 매 프레임의 측정값을 토대로 예상 지점을 예측할 수 있는 칼만 필터를 이용하였다. 아래 식 (1)은 일반적인 칼만필터를 나타내고 있다.

$$X_k = F \cdot X_{k-1} + B \cdot U_k + W_k \quad (1)$$

위 식에서 X_k 는 상태를 나타내는 n차원 벡터이고, 이 때 k 는 프레임 순서를 나타낸다. F 는 전이행렬 (Transfer matrix) 인 $n \times n$ 행렬이다. 새로운 벡터 U_k 는 제어 입력(Control input) 인 c 차원 벡터이고 시스템에 외부 제어 기능을 제공하는 역할을 한다. B 는 $n \times c$ 행렬로서 제어 입력과 상태 변화의 관계를 규정하고 있다. W_k 는 가우시안 분포 $N(0, Q_k)$ 를 따른다고 가정하고, 여기서 Q_k 는 $n \times n$ 공분산행렬이다. Q_k 는 대부분 고정된 값이다.

먼저 상태를 나타내는 X_k 는 k 프레임에서의 한 점 x, y 좌표와 각 좌표의 변화량 $\Delta x, \Delta y$ 로 구성된다. 따라서 상태벡터 X_k 는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$X_k = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \Delta x_k \\ \Delta y_k \end{bmatrix} \quad (2)$$

그리고 상태 벡터에 대한 변환 행렬 F 는

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

로 나타낼 수 있다. 이는 결과적으로 x_k, y_k 를 $x_k + \Delta x_k, y_k + \Delta y_k$ 으로 변환시킨다. 본 연구에서 외부 제어는 없기 때문에 $B \cdot U_k$ 항은 소거하였다. 그리고 잡음인 W_k 에 대해서는 가우시안 분포 $N(0,1)$ 을 따른다고 가정했다. 이러한 한 점에 대한 칼만 필터를 최적 외곽 사각형의 네 꼭짓점에 적용하였다.

2.4 손 평면 방향 추정

손 평면의 방향을 알기 위해서는 외곽선을 따라 컨벡스헵 분석을 하였다. [그림 5]에서 c_n 는 외곽선의 컨벡스헵을 구성하는 하나의 선분을 나타내고 d_n 는 컨벡스헵 결합에서 거리가 최대인 점까지의 거리를 나타낸다. 찾아진 손 영역에 대해서 전체 d_n 를 찾은 다음 그것의 평균을 내어 평균보다 큰 값을 갖는 부분의 c_n 를 찾으면 손가락을 연결하는 선분만 남게 된다. 이 때 가장 길이가 긴 선분의 시작점이 엄지손가락 끝 점에 해당한다. [그림 5]의 center_line 은 손의 최적 사각형의 중심점을 연결하여 얻은 선이다. 그래서 엄지손가락과 center_line 과의 관계를 구하면 손의 앞면과 뒷면의 방향을 결정할 수 있다.

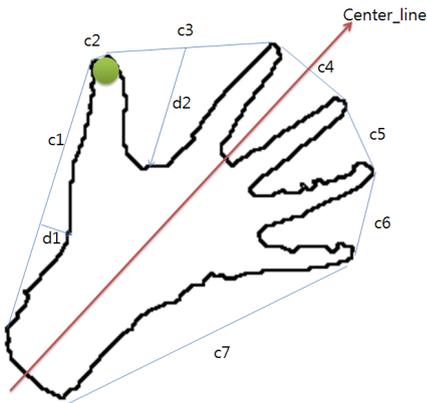


그림 5. 평면 손 구조

3. 평면정보를 이용한 공간좌표생성

카메라와 일정한 거리에 있는 공간상의 물체의 크기를 초기화하는 작업을 calibration이라고 한다. 본 연구에서는 ARToolkit에서 제공하는 calibration방법을 사용하였다[7]. 객체가 평면이라고 할 때 calibration과정을 거친 다음에는 영상내의 객체의 크기를 통해 객체와 카메라간의 거리, 기울어짐과 같은 포즈 변화가 있는지를 추정할 수 있게 된다.

실제로 화면에 나타내고자 하는 객체의 위치는 손의 위치에 의해 결정된다. 손은 객체로서 손 고유의 x, y 좌표를 갖고 있다. 이것을 객체좌표계(Object

Coordinate System)라고 한다. [그림 6]에 나타난 바와 같이 객체좌표를 일반적인 실세계 좌표(World Coordinate System)로 변환하는 과정이 필요하다. 카메라 좌표계로 변환 된 점은 최종적으로 스크린 좌표계로 투영 변환해주면 된다.

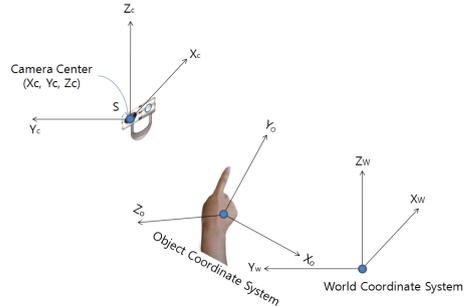


그림 6. 카메라, 손, 실제 좌표계

IV. 실험결과 및 검토

본 논문에서 제안한 시스템은 손동작을 이용한 비 마커기반 증강현실 인터페이스이다. 마커를 사용하지 않고 객체를 증강시킬 수 있으며 그 객체의 움직임을 손동작을 통해 제어할 수 있어야 한다. 실험 결과는 동영상 통해 확인할 수 있기 때문에 본 논문에서는 동영상의 프레임을 획득하여 보이는 방법으로 실험결과를 제시한다. 본 시스템의 특징은 한 대의 카메라를 이용하지만 손의 3차원 움직임을 비교적 잘 반영하고 있다는 것이다. 또한 칼만 필터링 알고리즘을 적용하여 손의 움직임을 추적하고 있다. 보통 영상을 분석하는 경우 눈에 느껴지지 않은 형광등의 깜빡거림이 비슷한 속도로 영상을 획득하는 웹캠에 의해서 감지할 수 있는데 결과적으로 손 색상의 변화를 일으켜서 손의 특징점 변화가 매우 심하게 일어나는 것을 볼 수 있다. 특히 이 특징점을 기준으로 객체를 증강시킬 경우 frame drop 이 발생하지 않고 평균 20 frame/sec 의 프레임 율을 보일 때 객체의 떨림은 직접적인 관찰을 불가능하게 할 정도이다. 하지만 본 시스템은 칼만 필터를 이용함으로써 객체의 움직임을 안정적으로 보여주는 특징을 갖고

있다. 본 시스템을 구현한 환경은 [표 1]에 명시하였고 3차원 객체의 전방향 움직임을 보여주기 위해서는 3차원 객체의 모양이 비대칭 적이어야 하므로 그래픽스에서 렌더링 알고리즘 성능 비교에 많이 쓰이는 Utah Teapot 객체를 증강하였다[22].



그림 7. 손의 방향에 따른 증강된 객체의 변화

표 1. 구현환경

구분		내용
S/W	OS	MS Windows 7
	Compiler	MS Visual Studio 2008
	Language	C++
	Library	OpenCV 1.0
PC	CPU	Intel Core 2 Q9400
	RAM	4 GB
Cam	Model	Logitech QuickCam Ultra Vision
	Resolution	640 × 480

V. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 하나의 웹캠을 이용한 2차원 영상에서 손의 포즈를 추적하여 3차원 정보를 추정한 다음 3차원 객체를 증강시켜 유저의 의도를 따라 그 객체를 조작할 수 있는 시스템을 제안하였다. 이는 종래의 마커를 기반으로 한 연구에서 그 장치의 사용법을 익혀야 하고, 정의된 움직임을 통해 증강된 객체와 상호작용을 할 때 생기는 몰입감의 저하를 발생시키지 않는다. 또한,

조작에 있어서 손의 직관성을 그대로 사용할 수 있어서 특히 모바일을 이용한 광고 시장에 유용할 것으로 기대된다. 또한 조명에 의해서 생기는 색상의 변화로 인한 객체의 떨림을 칼만 필터를 이용한 추적 방법을 적용하여 감소시켰다. 기존의 손가락 끝 점을 찾은 후 공간 좌표계를 생성하였던 알고리즘과 달리 손 영역에 최적인 평면을 적용하여 검출하였기 때문에 손가락의 겹침이나 손의 기울어짐에 비교적 강건함을 보여주고 있다.

손을 움직이면서 실험해본 결과 손의 움직임만으로 그렇게 많은 방향을 검토하기 어렵다는 점을 발견하였다. 이는 객체를 관찰함에 있어서 단순한 각도의 변화와 기울어짐 정도를 조절해볼 수 있다는 것인데 이에 대해서 한 손으로 증강한 객체에 대해서 다른 손을 통해 추가적인 조작을 할 수 있다면 더 의미 있는 인터페이스가 될 것으로 생각된다.

제안한 방법을 적용하였을 때의 손동작 인식을 향상 또는 사용자를 대상으로 한 손동작 인터페이스의 사용성 평가 등이 향후 연구로서 수행될 수 있을 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] P. Milgram and A. F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E77-D, No.12, pp.1321-1329, 1994.
- [2] R. Azuma, "A Survey of Augmented Reality Presence," *Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.6, No.4, pp.355-385, 1997.
- [3] F. Zhou, H. B. Duh, and M. Billinghurst, "Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR," *IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp.193-202, 2008.
- [4] M. Fiala, "ARTag, a fiducial marker system using digital techniques," *IEEE Computer*

- Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR'05), Vol.2, pp.590-596, 2005.
- [5] H. Kato and M. Billinghurst, "Marker tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System," Proceedings International Workshop on Augmented Reality(IWAR'99), pp.85-94, 1999.
- [6] H. Ishii and B. Ullmer, "Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms," Conference on Human Factors in Computing System(CHI'97), Vol.22, No.27, pp.234-241, 1997.
- [7] H. Kato, M. Billinghurst, I. Poupyrev, K. Imamoto, and K. Tachibana. "Virtual object manipulation on a table-top AR environment," IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality(ISAR'00), pp.111-119, 2000.
- [8] Z. Zhou, A. David Cheok, J. Pan, and Y. Li, "Magic Story Cube: an interactive tangible interface for storytelling," ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology, Vol.74, pp.364-365, 2004.
- [9] J. Lee, T. Ha, J. Ryu, and W. Woo, "Development of Pen-type Haptic User Interface and Haptic Effect Design for Digilog Book Authoring," Korea Human Computer Interaction Conference, pp.402-405, 2009.
- [10] T. Lee and T. Höllerer, "Handy AR: Markerless Inspection of Augmented Reality Objects Using Fingertip Tracking", IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp.241-242, 2007.
- [11] J. Joseph and LaViola, "A Survey of Hand Posture and Gesture Recognition Techniques and Technology," Technical Report CS-99-11, Brown University, 1999.
- [12] Q. Chen, N. D. Georganas, and E. M. Petriu, "Real-time Vision based Hand Gesture Recognition Using Haar-like features," IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp.1-6, 2007.
- [13] 김기영, 박영민, 백운혁, 우운택, "미니어처 AR: 증강 현실 기반 차세대 디지로그형 콘텐츠 체험 전시 시스템", 한국차세대컴퓨팅학회논문지, 제5권, 제2호, pp.35-41, 2009.
- [14] A. J. Heap and D. C. Hogg, "Towards 3-D hand tracking using a deformable model," International Face and Gesture Recognition Conference, pp.140-145, 1996.
- [15] C. C. Wang and K. C. Wang, "Hand Posture recognition using Adaboost with SIFT for human robot interaction," Springer Lecture Notes in Control and Information Sciences, Vol.370, pp.317-329, 2008.
- [16] J. Segen and S. Kumar, "Shadow Gestures: 3D Hand Pose Estimation Using a Single Camera," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'99), Vol.1, pp.1479-1485, 1999.
- [17] R. Lockton and A. W. Fitzgibbon, "Real-time gesture recognition using deterministic boosting," British Machine Vision Conference, Vol.2, pp.817-826, 2002.
- [18] A. A. Argyros and M. I. A. Lourakis, "Vision-Based Interpretation of Hand Gestures for Remote Control of a Computer Mouse," Lecture Notes in Computer Science, Vol.3979, pp.40-51, 2006.
- [19] N. Liu and B. C. Lovell, "Hand Gesture Extraction by Active Shape Models," Digital Image Computing: Techniques and Applications pp.10-15, 2005.
- [20] 박건희, 이귀상, "피부색을 이용한 공간에서의

손끝 추적 연구”, 한국컴퓨터 정보학회 하계학술
대회, 제17권, 제1호, pp.59-62, 2009.

[21] M. I. Shamos, “*Computational Geometry*,” Ph.
D Thesis, Yale University, 1978.

[22] http://en.wikipedia.org/wiki/Utah_teapot

저 자 소 개

박 건 희(Keon-Hee Park)

준회원



- 2008년 2월 : 전남대학교 전자컴퓨터공학과(공학사)
- 2010년 2월 : 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사

<관심분야> : 영상처리, 손동작 인식, 증강현실

이 귀 상(Guee-Sang Lee)

정회원



- 1980년 2월 : 서울대학교 전기공학과(공학사)
- 1988년 2월 : 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
- 1991년 8월 : Pennsylvania 주립대학교 전산학과(이학박사)

▪ 1984년 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

<관심분야> : 멀티미디어 통신, 영상처리 및 컴퓨터비전