

증강현실 환경에서 복합특징 기반의 강인한 마커 검출 알고리즘

박 규 호[†] · 이 행 석^{**} · 한 규 필^{***}

요 약

본 논문에서는 모서리점, 경계선 및 영역, 적응적 임계값 등과 같은 복합특징을 이용하여 증강현실 시스템에서 마커의 차단현상이 발생되거나 어두운 환경에서도 사용 가능하면서 정합 성능을 개선한 마커검출 알고리즘을 제안한다. 기존의 ARToolkit에서는 마커의 일부만이 사용자에 의해 가려지거나 주위 조명 변화에 의해 입력영상의 밝기 변화가 크게 될 경우, 마커를 추출할 수 없는 반면 제안한 마커추적 알고리즘에서는 마커영역 추출시 적응적 임계값 기법을 사용하여 조명의 변화에 둔감하게 반응하여 정확한 마커영역만을 분리 추출할 수 있다. 그리고 모서리 여부를 판단하고 모서리점이 가려진 경우, 추출된 직선의 교점으로부터 모서리점을 추출하므로 차단에 의해 마커가 가려졌을 때에도 정확한 마커 영역을 추출할 수 있다. 또한, 등록된 마커와의 정합시, 왜곡에서 발생하는 마커의 크기 및 중심위치 변화를 보정하는 기법을 추가하여 정합 성능을 개선 시켰다. 실험 결과 제안한 알고리즘은 주위 조명 변화와 차단 현상에 강인하게 마커를 검출하였으며, 유사한 마커 태그를 구분할 수 있는 정합 유사도가 종전보다 30% 증가한 것을 확인 할 수 있었다.

키워드 : 마커 검출, 조명 변화, 적응적 임계값, 마커 차단 문제, 템플릿정합

A Robust Marker Detection Algorithm Using Hybrid Features in Augmented Reality

Gyu-Ho Park[†] · Heng-Suk Lee^{**} · Kyu-Phil Han^{***}

ABSTRACT

This paper presents an improved marker detection algorithm using hybrid features such as corner, line segment, region, and adaptive threshold values, etc. In usual augmented reality environments, there are often marker occlusion and poor illumination. However, existing ARToolkit fails to recognize the marker in these situations, especially, partial concealment of marker by user, large change of illumination and dim circumstances. In order to solve these problems, the adaptive threshold technique is adopted to extract a marker region and a corner extraction method based on line segments is presented against marker occlusions. In addition, a compensating method, corresponding the marker size and center between registered and extracted one, is proposed to increase the template matching efficiency, because the inside marker size of warped images is slightly distorted due to the movement of corner and warping. Therefore, experimental results showed that the proposed algorithm can robustly detect the marker in severe illumination change and occlusion environment and use similar markers because the matching efficiency was increased almost 30%.

Keywords : Marker Detection, Illumination Change, Adaptive Threshold, Marker Occlusion Problem, Template Matching

1. 서 론

증강현실(augmented reality)이란 실세계의 영상과 가상적인 그래픽 객체를 컴퓨터로 합성하여 사용자의 상호작용

(interaction)을 통하여 실제와 비슷한 현실감을 제공할 수 있는 가상의 세계를 의미하며, 완전한 몰입환경을 구현한 가상현실(virtual reality) 수준보다는 약한 단계의 가상환경이라 할 수 있다. 증강현실 시스템을 구축하기 위해 필요한 핵심적인 기술로는 객체의 위치를 찾는 마커 검출과 정합, 추적, 가상물체를 실사에 합성 및 카메라 변수 계산을 위한 카메라 보정, 표시장치, 가상 물체를 만드는 3차원 모델링 기술이 요구된다[1]. 즉, 3차원의 공간에서 움직이는 현장상황을 이해되도록 영상에 문자 및 그래픽모형과 같은 정보를

* 본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문임.
† 정 회 원 : (주)한올네오텍 선임연구원
** 정 회 원 : (주)한올네오텍 연구소장
*** 정 회 원 : 금오공과대학교 컴퓨터공학부 교수(교신기자)
논문접수 : 2010년 3월 4일
수정일 : 1차 2010년 5월 17일
심사완료 : 2010년 7월 10일

실시간으로 사용자에게 제공하여 실세계 현상에 대한 이해와 인식력을 향상 시키는 기술 분야이다[2].

증강현실은 1968년 Ivan Sutherland가 HMD(head-mounted display)를 이용하여 개발한 시스템이 최초이고, 그 당시의 컴퓨터 성능의 문제로 매우 단순한 와이어 프레임 정도만 실시간으로 표시할 수 있었다[3]. 그 후 1992년 Tom Caudell이 본격적으로 HMD를 이용한 디스플레이 기술을 개발하며 AR이라는 용어를 사용하게 되었으며[2] 이 때 부터 지속적인 연구가 이루어지기 시작하였다. 현대에 이르러, 휴대가 간편한 컴퓨팅 단말기의 성능과 디스플레이의 환경이 발전함에 따라 증강현실의 기술이 급속도로 발전하였고 의료, 교육, 게임, 군사, 산업 등 많은 분야에 사용되고 있으며 증강현실 기술 연구는 현재 활발히 진행 중으로 지속적으로 그 수요가 늘어가는 추세이다.

이러한 증강현실을 구현하기 위해서는 실제생활 즉, 카메라가 받은 영상의 어느 곳에 물체를 증강시킬 것인지를 결정해야 한다. 증강 방식에 따라 Marker Recognition 방식과 Markerless Recognition 방식으로 분류된다. 마커리스 인식방법을 사용하려면 카메라로 받아들인 영상으로부터 특징을 추출해야 하기 때문에 영상처리를 위한 많은 시간과 노력이 필요하다[4]. 또한, 추출률을 높이기 위해서 많은 연구가 행해져야 하며, 현재 이를 위한 연구가 우리나라에서도 매우 활발하게 이루어지고 있다. 마커인식방법은 마커라고 불리는 현실세계와 가상세계를 연결시켜주는 포인터 역할의 태그 인터페이스를 컴퓨터가 인식하여 그 위치에 객체를 증강시키는 방법을 말한다. 이 방법은 인식률이 높고 사용이 간편하기 때문에 증강현실 구현시 많이 사용되는 방법이다[5].

본 논문에서는 마커인식방법의 증강현실 시스템의 성능을 향상시키기 위해, 영역, 선 및 모서리점과 같은 복합특징을 이용하여 마커의 차단현상이 발생되거나 어두운 환경에서도 사용가능하면서 정합 성능을 개선한 마커추적 알고리즘을 제안하려고 한다.

2. 관련 연구

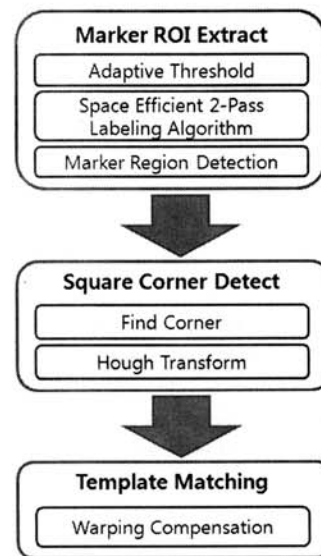
미국 Washington 대학의 HIT Lab에서 개발된 ARToolkit[6]은 대표적인 증강현실 라이브러리로 많은 대학에서 연구 및 응용분야에서 사용되고 있다. 캐나다의 NRC(National Research Council)에서는 ARToolkit의 단점인 패턴파일의 필요성과 이로 인하여 제한적인 표현만 가능한 점, 그리고 차단현상에 민감하게 반응하여 증강된 객체가 사라지는 현상 등을 보완하여 ARTag[7]를 개발하는 등 국내외로 증강현실에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

대표적인 증강현실에 쓰이는 ARToolkit의 가장 큰 문제점은 불안정한 마커탐지에 있다. 태그의 테두리나 모서리점이 어떠한 물체에 의해 조그만 차단 현상이 발생하게 되면 증강되었던 객체가 사라져 버리며 마커를 추적하여 증강이 되었다 하더라도 주위의 조명환경의 변화에 민감하게 반응하여 마커에 증강되었던 객체가 사라져 버리는 단점도 지니

고 있다. 또한 태그의 내부에 사용자가 지정 가능한 패턴이 존재하게 되는데, 하나의 패턴을 등록하고 다른 패턴을 등록할 시에 지정된 패턴과 비슷한 모양의 패턴을 등록하게 되면 서로 다른 패턴이지만 하나의 패턴으로 인식해버리는 낮은 정합률을 가지고 있는 문제점이 있다. 그러므로, 본 논문에서 제안하려는 방식은 기존의 마커기반 방식의 세 가지 문제점을 해결하는 알고리즘을 제시하려고 한다. 첫째, 가림 현상에서의 정상적인 마커 검출 기법, 둘째, 조명변화에 둔감한 마커 검출 기법, 셋째, 마커 식별 능력을 향상하여 유사한 마커를 사용할 수 있는 기법이다.

3. 제안한 알고리즘

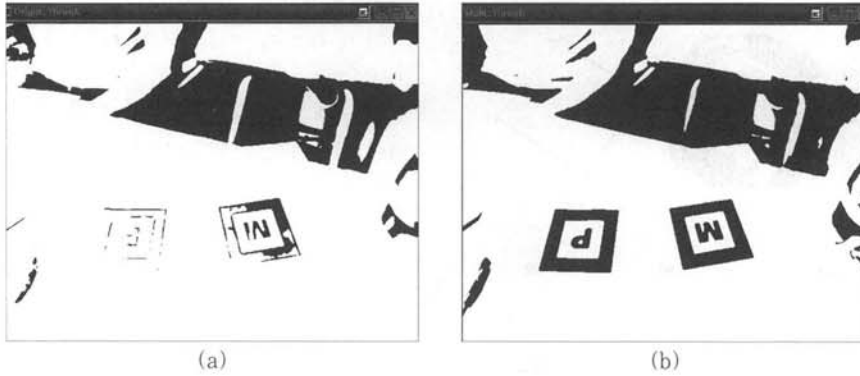
제안한 알고리즘은 (그림 1)에서와 같이 크게 세 단계로 분류할 수 있다. 비디오영상으로부터 획득된 영상에서 마커영역을 추출하는 마커영역 추출단계, 마커영역에서 태그영역 부분의 모서리를 결정하는 모서리점 검출단계 그리고 추출한 마커의 태그를 등록된 마커의 태그와 정합하고 와핑시 등록마커와 추출마커간의 크기 및 중심을 보정해주는 템플릿 정합단계를 거치게 된다.



(그림 1) 제안한 알고리즘의 흐름도

3.1 마커 영역 추출

보편적으로 사용되어지는 마커는 검정색과 흰색의 단색을 사용하기 때문에 이진화를 수행하면 계산상 많은 이점을 얻을 수 있다. 그러나 일반적인 이진화 방법은 마커위에 사용자의 그림자가 있거나 조명의 변화가 있을 경우 (그림 2)-(a)에서와 같이 동일 밝기 값을 가진 마커영역의 테두리 및 내부가 고정 임계값에 의해 다르게 분류되는 것을 볼 수 있다. 그러므로, 제안한 기법에서는 그림자 및 조명변화에서도 마커영역을 잘 찾을 수 있도록 하기 위하여, 국부적으로 흰색과 검은색을 잘 구분할 수 있도록 적응적 임계값(adaptive



(그림 2) 일반적 이진화와 적응적 임계값 이진화의 비교 (a) 일반적인 이진화 (b) 적응적 임계값 이진화

threshold)[8]을 사용하였다. 그 결과 (그림 2)-(b)에서와 같이 마커영역이 안정적으로 검출됨을 확인할 수 있다.

적응적 임계값에 의한 이진화 과정을 거친 후, 마커 영역을 추출하기 위해 space efficient 2-pass algorithm[9]을 적용하여 라벨링을 수행한다. 이때 마커 검출과정에서의 연산 속도를 향상시키기 위해 검은색 영역의 면적이 전체영상크기의 5% 미만, 90% 이상의 영역크기를 제외하고 검은색 영역 내부에 포함된 흰색 영역의 면적이 검은색 테두리 면적에 50%이상 90%이하인 영역을 (그림 3)에서와 같이 최종 마커영역으로 추출한다.

3.2 모서리점 추출

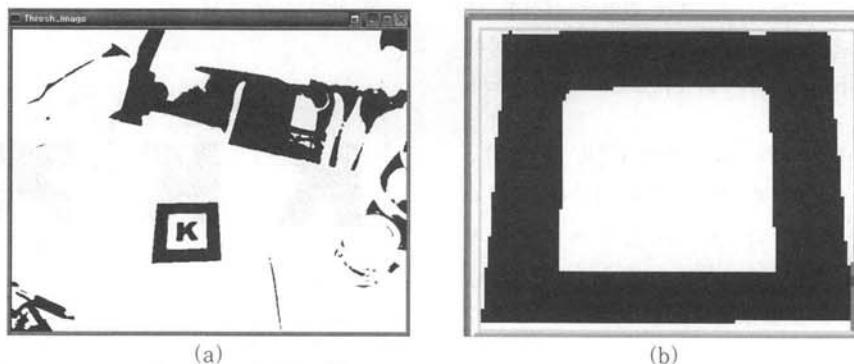
추출된 마커 영역의 윤곽 정보를 얻기 위해서 경계 추적(edge tracing) 알고리즘을 수행하며 마커 영역 내에 존재하는 윤곽정보에서 모서리점을 추출하는 방법은 다음과 같다.

먼저 마커영역의 외부 또는 내부 테두리의 모서리 점이 모두 보이는 경우(마커 영역의 외부 테두리는 가려져도 상

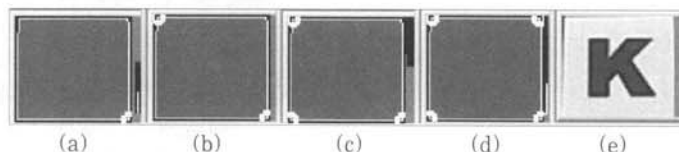
관없음)에는 (그림 3)-(b)의 마커 내부 태그영역 윤곽정보들 중 한 점을 선택한 후 피타고라스의 정리에 의하여 그 점에서 가장 멀리 위치한 모서리 점을 (그림 4)-(a)와 같이 추출한다. 다음으로 추출된 점에서 가장 거리가 먼 모서리점을 (그림 4)-(b)와 같이 탐색하고 구해진 두 모서리점으로부터 가장 먼 모서리점 (그림 4)-(c)를 다시 추출한다. 세 개의 모서리 점을 추출 후, 나머지 한 점을 추출하기 위해 식(1)을 이용하여 사각형의 넓이가 최대가 되는 점 (그림 4)-(d)를 추출한다. 추출된 네 점을 이용하여 마커의 태그부분 (그림 4)-(e)의 마커 ROI(region of interest)를 추출해 낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Rect\ Area &= \frac{1}{2}(x_1y_2 - x_2y_1 + x_2y_3 - x_3y_2 + \dots + x_ny_1 - x_1y_n) \\
 &= \frac{1}{2}x_1(y_2 - y_n) + x_2(y_3 - y_1) + \dots + x_n(y_1 - y_{n-1})
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

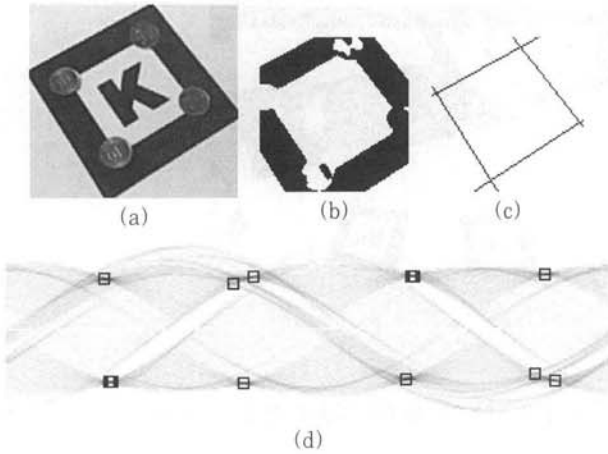
다음으로 마커영역의 모서리점이 가려진 경우에는 (그림



(그림 3) 전체영역에서 라벨링 후 마커영역 추출 (a) 라벨링 영상 (b) 추출된 마커영역



(그림 4) 마커영역 내 태그 모서리점 추출 (a) Corner1 (b) Corner2 (c) Corner3 (d) Corner4 (e) ROI



(그림 5) 차단이 발생된 마크에서의 모서리 점 (a) 차단된 마크 (b) 라벨링 영상 (c) 허프변환 (d) 허프공간

3)-(b)와 같이 추출된 마커 영역의 내부영역에서 허프 변환으로 직선 강도가 가장 높은 4개의 선을 추출하여 식(2)와 같이 교점을 계산하여 내부 모서리점을 추출하였다.

추출된 마커영역의 내부를 사용한 이유는 마커의 외부가 내부보다 가려질 가능성이 크며 허프 변환을 사용할 경우, 고려영역의 크기가 작을수록 계산시간이 빠르기 때문이다.

(그림 5)는 차단현상이 발생된 경우에 허프 변환을 거쳐 모서리점을 추출한 과정을 나타낸다.

3.3 마커 정합

특징기반 정합은 정합과정이 간단하지만, 특징추출 과정이 복잡하여 결과적으로 실시간 환경에서 구현하기 어려운 단점을 가지고 있다. 그러므로, 제안한 방법에서 마커 정합은 템플릿 정합을 이용하였다. 그러나, 영상 내에서 추출된 모서리점으로부터 정사각형 형태의 등록된 마커로 와핑을 수행한 후 정합하므로 중심위치 및 크기 편차에 민감한 특성을 가지고 있다. 이런 단점을 보완하기 위해 제안한 방식은 추출한 마커와 등록된 마커의 크기와 중심이 일치하도록 하였다.

우선 마커영역 외부의 네 개의 모서리점을 $(x_1, y_1) \dots (x_4, y_4)$ 라 했을 때, (x_1, y_1) 과 (x_3, y_3) 을 지나는 직선과 (x_2, y_2) 와 (x_4, y_4) 를 지나는 직선의 교차점이 바로 마커의 중심이라 할 수 있다. 직선의 방정식을 이용하여 마커의 중심을 계산하는 식은 아래와 같다.

$$C_y = \left(\frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} \right) (C_x - x_1) + y_1 \quad (2)$$

$$C_y = \left(\frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2} \right) (C_x - x_2) + y_2 \quad (3)$$

식(2) - 식(3)를 계산하면

$$\left(\frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} - \frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2} \right) C_x - \left(\frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} \right) x_1 + \left(\frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2} \right) x_2 + y_1 - y_2 = 0 \quad (4)$$

식(4)에서 C_x 를 계산하고 이를 식(2) 또는 식(3)에 대입하여 최종적으로 식(5)에서와 같이 C_y 를 계산할 수 있다.

$$C_x = \frac{\left(\frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} \right) x_1 - \left(\frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2} \right) x_2 - y_1 + y_2}{\left(\frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} \right) - \left(\frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2} \right)} \quad (5)$$

등록된 마커의 특정 기준 태그의 높이를 h_r , 와핑 후 추출된 마커의 태그 높이를 h_w 라 하면 와핑에 의한 크기 차이율(scale difference ratio, Sdiff)을

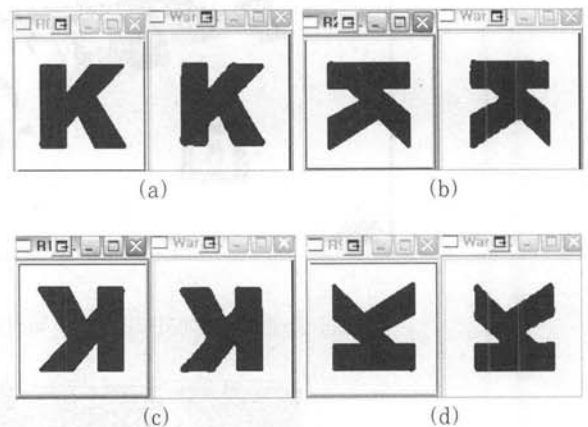
$$S_{diff} = \frac{h_w}{h_r} \times 100 \quad (6)$$

와 같이 계산할 수 있으며, 마커중심을 원점기준으로 할 경우, 와핑에 의한 크기 오류 보정(T_{total})은

$$T_{total} = \begin{bmatrix} \frac{1}{S_{diff}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{S_{diff}} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot W_T \quad (7)$$

와 같이 할 수 있다. 여기서 W_T 는 와핑변환 행렬이다.

(그림 6)은 등록된 마커태그와 영상에서 추출된 마커태그의 회전에 따른 화면을 보여주고 있다. 우측에 추출된 태그의 영상 크기가 조금씩 다르며 내부의 태그의 높이는 같은 것을 확인할 수 있다.



(그림 6) 등록된 마커태그와 추출된 마커태그 (a) 등록된 태그(좌)와 추출된 태그(우) (b) 90도 회전된 태그 (c) 180도 회전된 태그 (d) 270도 회전된 태그

4. 실험 및 고찰

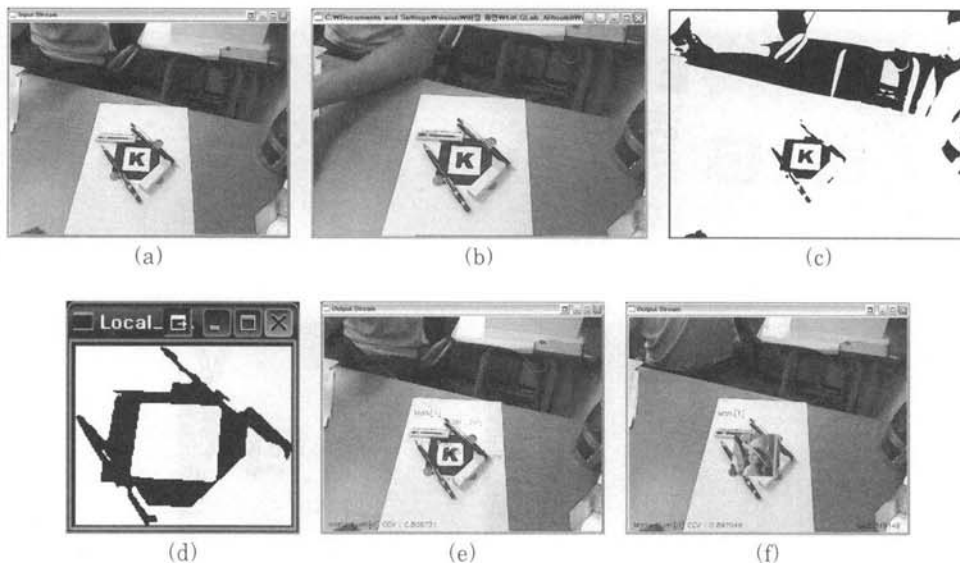
실험방법은 증강현실에 가장 잘 알려진 ARToolkit Library[10]와 제안한 알고리즘의 결과를 비교하였다. 앞 절에서 언급된 적응적 임계값, 허프변환, 템플릿 정합, 라벨링 함수 등은 직접 구현되었으며, 아래의 기타 함수는 구현의 편의를 위해 OpenCV 1.1[11] 라이브러리를 활용하였다.

- 영상 획득 함수 : cvGrabFrame()
- 영상 변환 함수 : cvCvtColor()
- 관심영역 설정함수 : cvSetImageROI()
- 와핑 함수 : cvWarpPerspectiveQMatrix(), cvWarpPerspective()

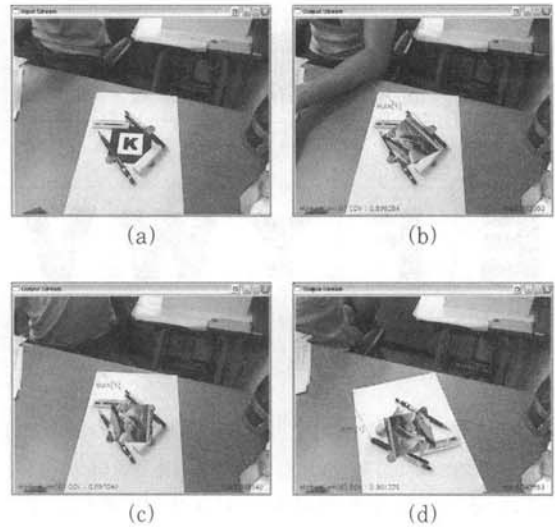
실험에 사용한 마커는 ARToolkit에서 사용되는 마커 태그에 태그 정합성을 실험하기 위한 가장 유사한 알파벳으로 선정하여 실내 환경에서 해상도 640×480 이미지를 카메라로 추출한 뒤 마커차단현상과 조명에 따른 마커 인식률 및 마커안 태그의 정합 유사도를 측정하였다. 또한 증강에 사용된 객체는 모서리점의 추출을 검증하기 위해 단순히 2D 영상을 3D 객체 대신 사용하였다.

4.1 차단 현상

(그림 7)은 차단현상이 발생한 경우, 제안한 방식과 ARToolkit의 성능을 평가한 결과이다. (그림 7)-(a)처럼 마커의 차단이 발생될 경우 ARToolkit은 (그림 7)-(b)처럼 마커추적에 실패하여 객체를 증강하지 못하였지만 (그림 7)-(c)~(f)처럼 제안한 알고리즘은 마커차단현상이 발생하더라도 마커태그를 추적하여 객체를 정상적으로 정합하는 것을 볼 수 있다. 또한, 차단이 발생한 경우, 제안한 방식의 모서리점 추출의 성능 시험 결과를 (그림 8)에 나타내었다.



(그림 7) 차단현상이 발생한 마커 (a) 원 영상 (b) ARToolkit (c) 이진화 영상 (d) 마커영역 추출 (e) 마커태그 검출 (f) 객체 증강

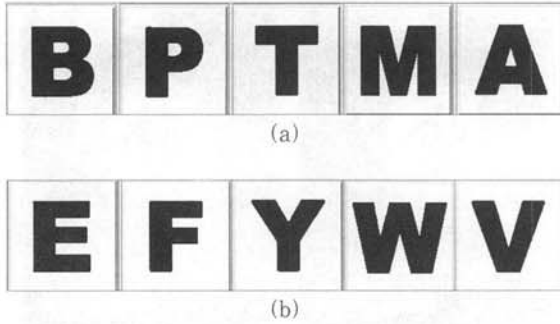


(그림 8) 차단 환경에서의 모서리점 추출 후 정합
(a) 마커차단 영상 (b) 증강오류 영상
(c) 정상적인 증강 영상 (d) 회전된 정합 영상

(그림 8)-(b)은 정확한 모서리점을 찾지 못한 경우 발생한 객체 증강 오류를 보여준다. 그러나, (그림 8)-(c)은 제안한 방식에서 차단이 일어나더라도 마커의 모서리점을 정확히 추출하여 증강 영상이 정상적으로 와핑되며 (그림 8)-(d)처럼 마커의 회전이 이루어지더라도 와핑 보상은 변함없이 마커의 방향에 따라 이루어지는 것을 확인할 수 있다.

4.2 마커 정합 성능

정합성을 평가하기 위해 (그림 9)의 B, P, T, M, A와 가장 유사한 알파벳으로 E, F, Y, W, V를 사용하여 제안한 방식의 템플릿 정합 성능 유사도를 실험하였다. 정합 유사도 척도로는 NCC(normalized cross-correlation)를 사용하였다. 증강현실에서의 템플릿 정합은 추출된 사각형의 마커를



(그림 9) 등록된 유사 마커 영상

정사각형 등록 마커의 크기로 와핑을 수행하는 과정이 필수적이며, 이 과정의 정확성이 정합성능을 좌우한다.

<표 1>은 각 마커별 와핑의 크기보상 및 템플릿 중심점 정렬 전·후의 정합 유사도를 나타내며, 이 유사도는 등록된 모든 마커와 계산된 NCC 값 중 최대값을 표시한 것이다. 그러므로 보상전 보다 보상후 평균 30%정도의 유사도 향상을 가져왔다. <표 2>는 템플릿의 회전별 정합 유사도를 각각 나타내고 있다. 이 결과에서 나타나듯이 제안한 알고리즘이 와핑 보상으로 ARToolkit에서는 볼 수 없었던 평균 0.9를 넘는 정합 유사도 결과를 가져옴을 확인할 수 있다.

<표 3>은 (그림 9)의 윗줄의 마커(B, P, T, M, A)들이 정합될 경우 각 유사 마커(E, F, Y, W, V)에 대한 최대 정합 유사도를 표시한 것이다. 실험 결과 각 유사 마커들 간에 유사도의 편차는 평균 0.10이었으므로, 제안한 기법은 유사한 형태의 마커를 충분히 구별할 수 있는 능력을 가지고 있다고 할 수 있다. 이는 ARToolkit에서 볼 수 없었던 정확한 템플릿 정합을 보여주고 있다. (그림 10)은 유사한 마커(E, F, Y, W, V)를 등록시키지 않고 증강을 실험한 결과이다. 등록된 마커에는 객체가 증강되어 있는 것을 확인할 수

<표 1> 와핑보상 전·후 정합 유사도

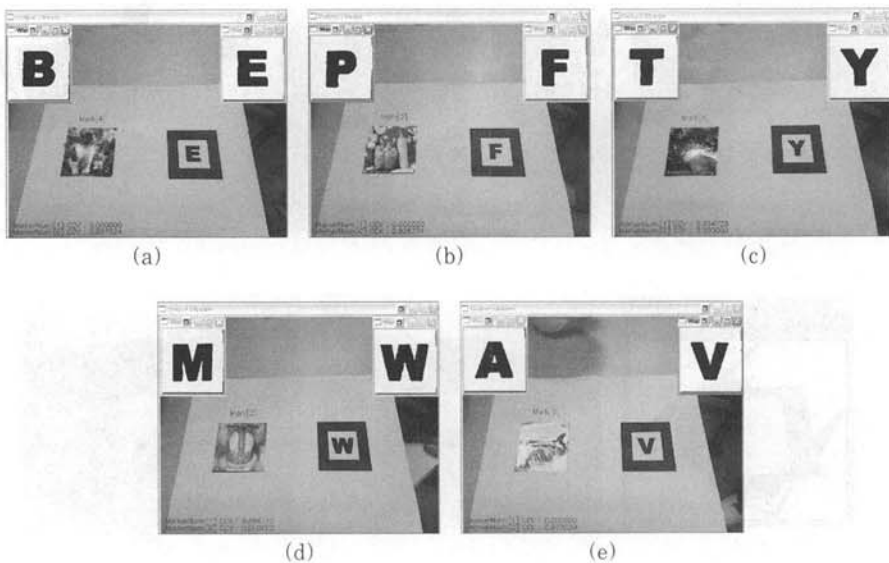
종류 \ 마커	A	B	E	F	M	P	T	Y	W
와핑보상 전	0.65	0.64	0.63	0.64	0.65	0.65	0.64	0.63	0.64
와핑보상 후	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93

<표 2> 와핑 보상 후 템플릿 정합 유사도

	0°	90°	180°	270°	평균유사도	편차
E	0.81	0.81	0.82	0.83	0.81	0.10
B	0.92	0.92	0.93	0.91	0.92	
F	0.81	0.84	0.81	0.83	0.82	0.09
P	0.93	0.91	0.93	0.91	0.92	
Y	0.76	0.77	0.78	0.76	0.76	0.16
T	0.93	0.92	0.91	0.92	0.92	
W	0.80	0.81	0.81	0.82	0.81	0.11
M	0.94	0.93	0.92	0.91	0.92	
V	0.83	0.84	0.84	0.82	0.83	0.08
A	0.91	0.92	0.93	0.92	0.92	

<표 3> 유사한 마커간의 비교 실험 결과

	0°	90°	180°	270°
A	0.91	0.92	0.93	0.92
B	0.92	0.92	0.93	0.91
E	0.93	0.91	0.92	0.93
F	0.94	0.91	0.92	0.93
M	0.94	0.93	0.92	0.91
P	0.93	0.91	0.93	0.91
T	0.93	0.92	0.91	0.92
Y	0.93	0.92	0.91	0.93
W	0.92	0.93	0.92	0.91



(그림 10) 유사 마커의 정합 및 증강 결과 (a) B&E (b) P&F (c) T&Y (d) M&W (e) A&V

있지만 등록되지 않은 유사 마커에는 객체가 증강되지 않는 것을 확인할 수 있다.

4.3 조명 변화

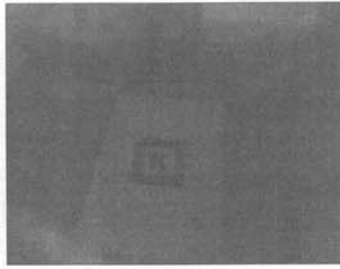
조명환경 변화에 대한 실험 영상은 (그림 11)-(a)이고 이때의 히스토그램을 (그림 11)-(b)에 나타내었다. 획득된 영상의 평균 밝기는 14(최대 255)이다. 이와 같은 환경에서 ARToolkit과 제안한 알고리즘의 마커탐지능력을 실험하였다. (그림 11)-(c)의 ARToolkit은 마커를 탐지하지 못하였지만 (그림 11)-(d), (e)의 제안한 알고리즘에서는 마커를 탐지하여 객체를 증강시키는 것을 확인할 수 있다.

5. 결 론

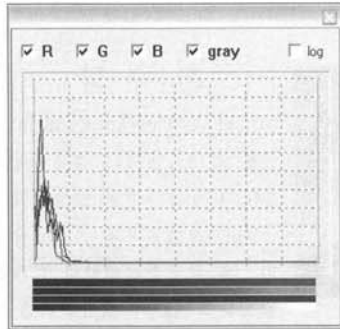
본 논문에서는 증강현실에서의 마커추적기술에 초점을 맞추어 차단현상이 일어났을 때 ARToolkit에서 객체가 증강되지 않는 문제점을 극복하고 주위 조명 변화에 둔감하며 정합성능이 뛰어난 알고리즘을 제안하였다. 제안한 마커추적알고리즘은 마커차단이 일어날 경우 추출된 직선의 교점으로 모서리점을 탐지하여 정확한 마커영역을 추출할 수 있었다. 또한, 등록된 마커와의 정합시, 외평에서 발생하는 마커의 크기 변화를 보정하는 기법을 추가하여 정합성능을 개선시켜 객체를 안정적으로 증강시켰다. 마커영역 추출시 적응적 임계값 기법을 사용하여 마커 식별이 어려울 정도의 조명에서도 마커를 인식하여 증강시킬 수 있도록 개선하였다. 향후 마커 탐색 시간을 보다 단축시키는 알고리즘과 사용자가 예측할 수 없는 환경 조건에서도 강인하게 마커추적이 이루어지는 증강현실 시스템에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Azuma, Ronald T., "A Survey of Augmented Reality," Teleoperators and Virtual Environments, Vol.6, No.4, pp.355-385, 1997.
- [2] T.P. Caudell and D.W. Mizell, "Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes," IEEE Comput. Soc. Press, Vol.2, pp.659-669, 1992.
- [3] I. Sutherland, "A Head-Mounted Three Dimensional Display," Proceedings of Fall Joint Computer Conference, pp.757-764, 1968.
- [4] A.I. Comport, E. Marchand, and F. Chaumette, "A real-time tracker for markerless augmented reality," International Symposium on Mixed and Augmented Reality(Tokyo, Japan), September 2003.
- [5] S. K. Feiner, S. MacIntyre and D. Seligmann, "Knowledge-Based Augmented Reality," Communications of the ACM, Vol.30, No.7, pp.53-62, 1993.



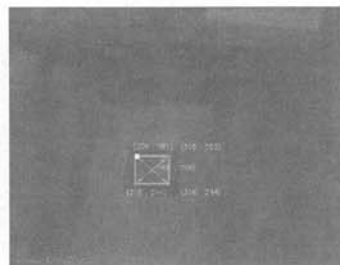
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

(그림 11) 조명변화에 따른 마커탐지 실험 (a) 입력영상 (b) (a)의 히스토그램 (c) ARToolkit의 마커 검출 실패 (d), (e) 제안한 알고리즘의 결과

- [6] Kato H., Billingham M., Blanding B., May R., 'ARToolKit, Technical Report', Hiroshima City University, December, 1999.
- [7] M. Fiala, "ARTag, a Fiducial Marker System Using Digital Techniques," Proc. IEEE Int'l. Computer Vision and Pattern Recognition Conference, pp.590-596, 2005.
- [8] Derek Bradley and Gerhard Roth, "Adaptive Thresholding using the Integral Image," ACM Journal of Graphics, GPU, & Game Tools, Vol.12, No.2, 2007.
- [9] Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro, 'Computer and Robot Vision', Part2, Ch.16, 1992.
- [10] HIT Lab at the University of Washington, ARToolkit Project, <http://www.hitl.washington.edu/projects/index.html>
- [11] Intel OpenCV library, <http://www.intel.com/research/mrl/research/opencv/>



박규호

e-mail : pgh@arhunt.com
 2010년 금오공과대학교 컴퓨터공학(공학석사)
 현 재 (주)한올네오텍 선임연구원
 관심분야 : 증강현실(혼합현실), 영상처리, 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽스



이행석

e-mail : lhs@arhunt.com
 2001년 금오공과대학교 컴퓨터공학(공학사)
 2003년 금오공과대학교 컴퓨터공학(공학석사)
 2007년 금오공과대학교 컴퓨터공학(공학박사)
 현 재 (주)한올네오텍 연구소장
 관심분야 : 증강현실(혼합현실), 영상처리, 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽스



한규필

e-mail : kphan@kumoh.ac.kr
 1993년 경북대학교 전자공학(공학사)
 1995년 경북대학교 전자공학(공학석사)
 1999년 경북대학교 전자공학(공학박사)
 현 재 금오공과대학교 컴퓨터공학부 교수
 관심분야 : DSP, 컴퓨터비전, 영상처리, 컴퓨터그래픽스, 증강 및 가상현실