

적응적 미세 변이추정기법을 이용한 스테레오 혼합 현실 시스템 구현

민 동 보, 김 한 성, 양 기 선, 손 광 훈

연세대학교 전기전자공학과

전화 : 02-2123-2879 / 휴대폰 : 011-9032-8498

Mixed reality system using adaptive dense disparity estimation

Dongbo Min, Hansung Kim, Kisun Yang, Kwanghoon Sohn

Dept. of Electrical & Electronic Eng., Yonsei University

E-mail : khsohn@yonsei.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose the method of stereo images composition using adaptive dense disparity estimation. For the correct composition of stereo image and 3D virtual object, we need correct marker position and depth information. The existing algorithms use position information of markers in stereo images for calculating depth of calibration object. But this depth information may be wrong in case of inaccurate marker tracking. Moreover in occlusion region, we can't know depth of 3D object, so we can't composite stereo images and 3D virtual object.

In these reasons, the proposed algorithm uses adaptive dense disparity estimation for calculation of depth. The adaptive dense disparity estimation is the algorithm that use pixel-based disparity estimation and the search range is limited around calibration object.

1. 서론

지난 수년동안 가상 환경을 기반으로 사용자와 객체가 상호 작용하는 가상 현실 시스템이 발전되어 왔다. 그러나 지금까지 발전된 가상 현실 시스템은 컴퓨터를 이용하여 구현한 가상 환경을 기반으로 하기 때문에 실제 사용자에게 현실감을 줄 수는 없었다. 이를 개선하기 위해 컴퓨터로 만들어진 가상 환경과 실제 환경을 적절히 혼합하여 사용자에게 현실감을 주는 혼합현실 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

혼합 현실은 가상 환경의 정보를 표현하고, 현실감을 높여줄 수 있는 새로운 방식으로 많은 주목을 받고 있다. 많은 적용 사례가 이미 제안되어 있는데, 예를

들어 Feiner et al.은 see-through HMD를 이용하여 프린터를 수리하는 법을 사용자에게 설명하는 혼합현실 시스템을 만들었다[1].

혼합 현실 시스템을 구현하기 위해서는 가상으로 제작한 3D 객체와 실제 물체가 상호 작용하면서 실감있게 합성되어야 한다. 이를 위해서는 두 세계가 서로 같은 좌표계에 존재해야하며, 실제 물체의 위치와 방향성을 적절히 추적할 수 있어야 한다.

보정 객체(calibration object)로 우리는 다중 원형 마커를 포함하고 있는 평평한 판을 이용한다. 여기서 다중 원형 마커는 특정한 화소값을 갖고 있으며, 정확한 추적을 위해 주변과 화소값 차이가 크도록 한다. 이 다중 마커를 이용하여 합성하고자 하는 물체가 이동할 때, 위치와 방향 정보를 정확히 추출함으로써 가상 객체가 정확히 합성될 수 있게 한다.

기존의 마커 추적 시스템에서는 방향 벡터를 계산하기 위해 각 프레임에서 마커의 특징점만을 이용하였다. 이러한 방식은 마커의 위치가 정확히 추정되지 못하면, 방향 벡터가 일정하게 나오지 않는다. 또한 가려진 영역에서의 깊이 정보를 알 수 없기 때문에 그 영역에 대해서는 합성을 할 수 없게 된다. 이러한 점을 보완하기 위해 본 논문에서는 마커의 방향 벡터를 구하기 위해 미세 변이 추정 기법을 이용하여 각 마커의 깊이 정보를 계산하였다. 미세 변이 추정은 화소 단위로 각 영역의 깊이를 추정하는 것으로 마커의 중심점 위치를 이용한 방식에 비해 보다 정확한 깊이를 추정할 수 있다[2]. 또한 가려진 영역에서의 깊이 정보도 추정할 수 있으므로 그 부분에 대해서도 합성이 가능하다.

본문에서는 우선 마커 추적 기법과 적응적 미세 변이 추정 기법에 대해 설명하고, 적응적 미세 변이 추정을 통해 나온 깊이 정보를 이용하여 보다 정확하게 3D 가상 객체를 합성하는 과정을 설명하겠다.

2. 마커 추적 기법

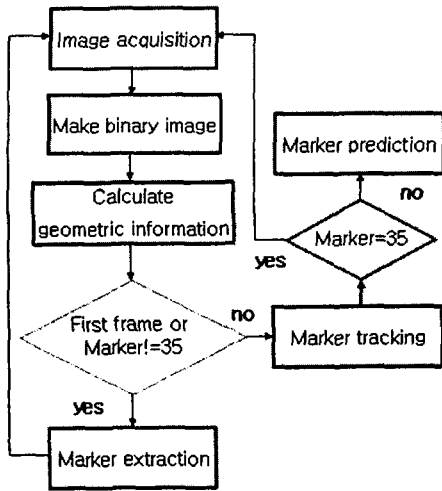


그림 1. Marker tracking algorithm

2.1 마커 추출

그림 1은 마커 추적 기법의 전체적인 블록도이다. 마커 보드의 정확한 추적을 위해서는 다중 원형 마커의 중심점의 위치를 정확히 추출하는 것이 필수적이다. 마커의 위치를 계산하기 위해서는 마커의 형태와 색상 정보를 미리 알고 있어야 한다. 우리가 실험에서 다중 원형 마커를 쓰는 이유는 우선 주변에서 원형의 물체를 흔히 볼 수 없기 때문이다. 주위에서 흔히 볼 수 있는 물체의 형태는 대부분이 직사각형의 형태를 띠고 있기에 원형 마커를 윤곽선 검출을 통해 비교적 오류 없이 추출해 낼 수 있다. 그리고 다른 물체에 의해 마커가 가려질 때, 발생하는 오류를 막기 위해 다중 마커를 사용한다.

영상이 입력되면, 이미 알고 있는 마커의 색상 정보를 이용하여 마커부분과 배경 부분을 이진화시킨다. 이를 통해 보정 객체의 영역과 다중 원형 마커의 영역을 추출하고, 각 마커에 번호를 부여한다. 이 과정을 레이블링(labeling)이라고 한다. 그리고 나서 각 마커의 중심점을 식 (1)와 같이 계산한다[3].

$$x_i = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M x_{im} \quad i=1, 2, \dots, N \quad (1)$$

$$y_i = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M y_{im}$$

여기서 N 는 마커의 수를 나타내고, M 은 각 마커당 픽셀수를 말한다. 이 때는 마커의 중심점에 대한 초기

정보가 없으므로 레이블링을 할 때, 모든 영역에 대하여 탐색을 해야한다.

2.2 마커 추적

마커를 추적하기 위해 매 프레임마다 마커의 좌표를 새로 결정한다면, 마커 보드가 회전하거나 이동하였을 때마다 각 마커에 새로운 번호가 부여된다. 이렇게 매번 전체 영역에 대해 레이블링을 하게 되면 각 프레임마다 동일한 작업을 수행하게 되므로 많은 계산량이 소요된다. 이를 막기 위해 이전 프레임에서 모두 마커를 추출했다면, 그 정보를 이용하여 탐색 영역을 줄여서 마커를 추적한다. 이런 방식은 계산량을 줄일 뿐만 아니라, 가려진 영역에 의해 마커가 소실되었을 때도 다른 마커의 위치 변화를 고려하여 추정할 수 있다. 이 때 고려해야 할 것은 마커 보드의 크기 비율에 따라 마커 탐색 영역을 변화시켜야 한다. 이는 보드와 카메라 간의 거리에 따라 마커의 크기가 변하기 때문이다[3].

3. 적응적 변이 추정 기법

물체의 깊이 정보를 추정하기 위해서는 우선 공간상의 동일한 점에 대한 정합점을 찾아내어 변이 정보를 추출해야 한다. 평행식 스테레오 카메라를 사용할 때 변이 정보는 (2)과 같이 추정될 수 있다.

$$I_2(x_2, y_2) = I_1(x_1 + d_x(x_1, y_1), y_1)$$

$$d_x(x_1, y_1) = x_2 - x_1 \quad (2)$$

$$d_y(x_1, y_1) = y_1 - y_2 = 0$$

평행식 카메라 구조에서는 epipolar line이 x 축이므로 변이 정보가 y 성분은 존재하지 않는다. 그러므로 실험에서는 x 축 방향의 변이만을 고려할 것이다. 변이 추정 방식에는 블록 기반(Block-based) 방식, 객체 기반(Object-based) 방식, 메시 기반(Mesh-based) 방식, 변이-공간 영상(DSI: Disparity-Space Image) 방식, 화소 기반(Pixel-based) 방식 등이 있는데, 여기서는 화소 기반 방식을 통해 변이를 추정할 것이다.

3.1 영역 분할 알고리즘

이 방식은 미세 변이 추정에서 탐색 범위를 줄이는 알고리즘으로 일단 정합될 확률이 가장 높은 화소부터 정합을 시작한다. 이 때, 정합될 확률이 높은 화소는 특징값이 큰 화소를 말한다. 예를 들어, 특징값이 A, C, E 순서라면, A 에 대한 정합점 B 를 찾고, 다시 C 에 대한 정합점을 찾을 때, 그림 2에서 보는 바와 같이 정

합점의 위치 관계가 바뀌지 않는다는 가정에 의해 탐색 범위가 일반적인 방식에 비해 훨씬 줄어들게 된다 [2].

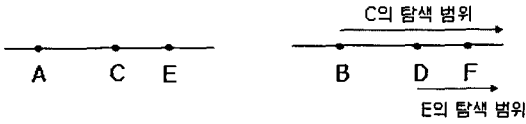


그림 2. 영역 분할 알고리즘의 예

3.2 적응적 미세 변이 추정

보정 물체(calibration object)인 마커 보드를 추적하여 3D 가상 객체를 적절히 합성하기 위해서는 마커 보드의 깊이 정보를 정확히 알고 있어야 한다. 기존의 마커 추적 알고리즘에서는 깊이 정보를 구하기 위해 스테레오 영상에서 추정된 마커의 위치정보를 이용하여 변이를 추정한 후, 식 (3)을 이용하여 깊이를 추정하였다. 여기서 f 는 카메라의 초점거리, b 는 카메라 간의 간격, d 는 변이를 말한다.

$$z = \frac{fb}{d} \quad (3)$$

이런 방식을 통한 깊이 추정은 마커의 위치, 즉 중심점의 위치가 정확히 추적되어야만 가능하다. 마커의 위치 정보의 정확성이 떨어지면, 각 마커들의 깊이 정보가 실제와 다르게 추정되어 마커 보드의 방향 벡터(direction vector)가 일정하게 나오지 않게 된다. 또한 마커가 가려진 영역에 대해서는 마커의 위치 정보를 정확히 추정할 수 없고, 가려진 부분에 대한 위치정보를 얻을 수 없기 때문에 가려진 영역에서는 3D 가상 객체가 합성할 수 없다.

이를 해결하기 위해서 화소 기반 방식을 이용하여 마커 주변의 깊이 정보를 추출한다. 그러나, 화소 기반 방식을 전체 영상에 대하여 적용하게 되면 수행시간이 굉장히 길어지게 되므로 마커 주변 영역만을 수행한다 [4]. 우선 마커를 추적하여 마커가 존재하는 보정 객체의 영역을 추출한다. 마커 보드의 영역을 추출하게 되면 그림 3과 같이 그 영역에 대해서만 미세 변이 추정을 통해 깊이 정보를 추출한다.

우선 블록 기반 변이 추정을 통해 영상의 초기 벡터를 구한다. 이를 미세 변이 추정을 위한 초기치로 설정한 후, 케니 마스크를 이용하여 영상의 특징값을 구한다. 이 때 특징값이 큰 화소에 대해 우선 변이를 추정하고, 그 다음 화소에 대해서는 영역 분할 알고리즘을 이용하여 탐색 영역을 줄여가며 변이를 추정한다.

이런 과정을 통해 두 영상 간의 미세 변이를 추정하

면, 식 (3)을 통해 영역의 깊이 정보를 추정할 수 있다 [2].

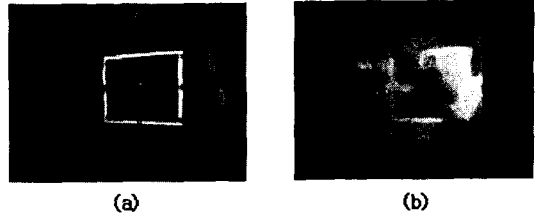


그림 3. (a) real image, (b) disparity estimation result

4. 3D 가상 객체 합성

적응적 변이 추정을 통해 마커 주변 영역에 대한 깊이 정보를 추정한 후, 이를 이용하여 보정 객체의 방향벡터를 구한다. 우선 각 지점 주변의 위치정보를 이용하여 식 (4)와 같은 2개의 평면 벡터 v_1, v_2 를 발생시킨다.

$$\begin{aligned} v_1 &= m_1 - m_2 \\ v_2 &= m_1 - m_3 \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 발생된 v_1, v_2 의 외적을 구한 후, 이를 정규화시키면 식 (5)처럼 크기가 1인 방향벡터 v 를 구할 수 있다.

$$v = v_1 * v_2$$

$$v_{normal} = \frac{v}{|v|} \quad (5)$$

각 마커의 방향 벡터를 이용하여 마커 보드의 회전 각 θ 를 구한 후, 이를 이용하여 합성할 3D 객체를 랜더링한다. 여기서 마커 보드 위에 가상 객체가 합성될 때, 보드 위에 존재하는 다른 물체와 가상 객체의 깊이 정보를 비교해야한다. 가상 객체가 실제 물체보다 사용자의 시점에 가까이 있다면, 가상 객체가 보이게 하고 실제 물체는 투명하게 해준다.

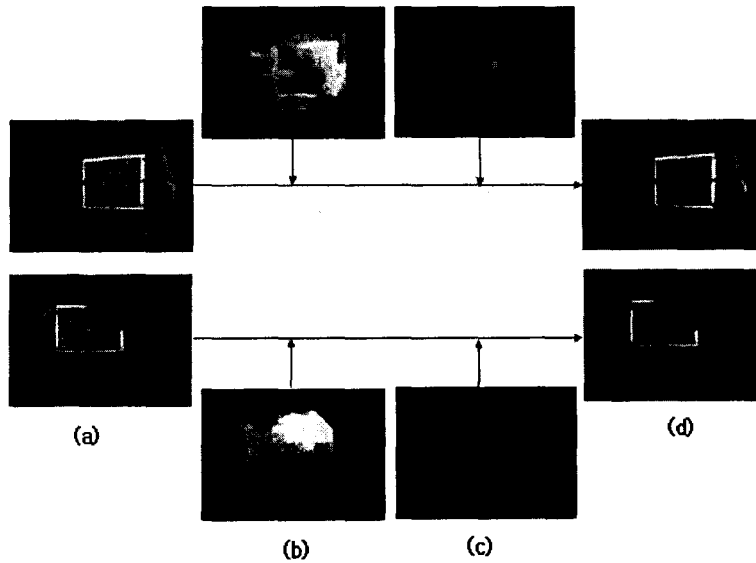


그림 4. 3D 가상 객체 합성 과정
 (a) real image, (b) disparity estimation result
 (c) rendered 3D virtual image, (d) composed image

5. 실험 결과

그림 4는 적응적 미세 변이 추정 기법을 이용하여 3D 가상 객체를 합성한 결과이다. 우선 마커 추적을 통해 정합 보드의 주변 영역을 추출한 후, 그 영역에 대해서만 깊이를 구한다. 이를 통해 마커 보드의 정확한 방향 벡터와 회전각을 구하여 3차원 객체를 렌더링 시켜준다. 이와 같은 방법을 통해 마커의 위치를 정확히 추적하지 못하여 발생하는 오류를 방지함으로써 좀더 현실감있게 영상을 합성할 수 있다. 또한 가려진 영역에 대하여 깊이정보를 추출하여 합성한 것으로 손에 의해 가려진 영역의 깊이를 알고 있으므로 정확한 합성이 가능해진다.

6. 결론

본 논문은 적응적 미세 변이 추정 기법에 의한 3D 가상 객체의 합성 방법을 제안하였다. 기존의 알고리즘에서는 마커의 위치만을 이용하여 깊이 정보를 추정하였지만, 그것만으로는 정확한 방향벡터와 회전각을 계산할 수 없다. 또한 가려진 영역에 대해서는 그 영역에 대한 깊이를 알 수 없으므로 3D 객체와 가려진 부분을 합성할 수 없게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위해 마커 보드의 영역을 추출한 후, 이 영역에 대해서만 미세 변이 추정 기법을 통해 깊이를 추정하여 정

확하게 가상 객체를 합성할 수 있다. 또한 전 영역이 아닌 마커 주변 영역만을 추출하여 깊이 정보를 추정 하였으므로 수행 시간을 상당히 단축시킬 수 있다.

참고 문헌

[1] S. Fener, B. MacIntyre and D. Seligmann, "Knowledge-based Augmented Reality," *Commun. of the ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 52-62, 1993.
 [2] Hansung Kim, Kwanghoon Sohn, "Hierarchical disparity estimation with energy-based regularization," *ICIP Proceeding*. Vol 1, pp. 373-376, Sep 2003.
 [3] 양기선, 김한성, 손광훈, "다중 블러프 마커를 이용한 스테레오 비전 혼합현실 시스템의 구현," *대한전자공학회*, 제 26권 제 1호, pp. 1907-1910, 2003.
 [4] M. Kanbara, T. Okuma, H. Takemura, N. Yokoya, "A Stereoscopic Video See-through Augmented Reality System Based on Real-time Vision-based Registration," *Virtual Reality, Proceedings. IEEE*, pp. 255 -262, March 2000.