

스테레오 비전 시스템을 위한 표적물체의 배경 분리

고 정 환*

The Background Segmentation of the Target Object for the Stereo Vision System

Ko, Jung Hwan

〈Abstract〉

In this paper, we propose a new method that separates background and foreground from stereo images. This method can be improved automatic target tracking system by using disparity map of the stereo vision system and background-separating mask, which can be obtained camera configuration parameters. We use disparity map and camera configuration parameters to separate object from background. Disparity map is made with block matching algorithm from stereo images. A morphology filter is used to compensate disparity error that can be caused by occlusion area. We could obtain a separated object from background when the proposed method was applied to real stereo cameras system.

Key Words: Stereo Vision, Segmentation, Disparity, Epipolar, Occlusion

I. 서론

3차원 입체 영상 시스템의 기초 원리인 인간의 양안 시각체계는 서로 다른 위치에서 획득되는 두 영상을 적절히 정합함으로써 거리 정보를 얻는 것으로, 스테레오 정합(stereo matching)은 인간 시각 체계의 거리 추출 능력을 자동화하기 위한 컴퓨터 시각(computer vision) 분야중 하나이다[1]. 즉, 능동적인 거리 측정법에 비해 효과적이고 실제 응용환경의 제약을 적게 받는다는 장점 때문에 인간의 활동이 제한된 극한의 작업 환경에서 보다 효율적으로 사용될 수 있다[2].

2차원 영상으로부터 3차원 정보를 추출하는 과정은 매우 중요한 단계로서 두 장 이상의 영상으로부터 깊이

정보를 추출하는 것을 스테레오 비전(stereo vision)이라 한다[3]. 스테레오 비전은 인간의 시각구조와 유사한 상태에서 영상을 취득하여 좌우 영상으로부터 일치점의 변위를 구하여 간단한 삼각측량을 이용하여 깊이 정보를 추출하는 방법으로 특별한 조명이나 주변조건을 제한하지 않는 수동적 방법이다. 스테레오 영상에서 깊이 정보를 추출하는 방법 중 작은 영상영역을 상관도에 따라 정합하는 것으로 조밀한 시차 지도(disparity map)를 구할 수 있다. 그러나 이러한 블록 정합의 경우 깊이(depth) 정보를 가지는 물체의 경계영역에서 발생하는 폐색(occlusion) 영역에서 오류 변위를 가진다[4-6].

또한, 일반적인 물체추적 시스템에 사용되는 여러 가지 상관 기법들은 배경의 상태나 물체와 배경의 분리 정도에 따라 성능이 크게 달라지는데 특히, 2차원 영상의

* 인하공업전문대학 메카트로닉스과 전임강사

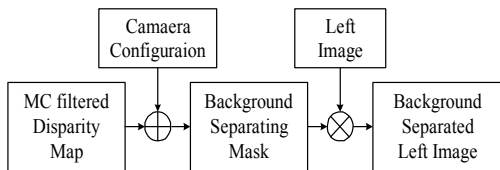
배경분리에서는 배경이 복잡한 환경에서 분리 효율이 떨어진다[7]. 그러나 스테레오 비전 시스템을 물체 추적 시스템에 적용할 경우 3차원 정보와 카메라 구성 파라미터를 사용하여 복잡한 환경의 배경을 분리함으로써 물체추적 시스템의 성능을 보다 향상시킬 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 폐색 영역에서 오류를 제거하기 위해 모폴로지 서클 필터(morphology circle filter)를 사용하여 시차를 보상하는 보완책을 제시하고 스테레오 비전 시스템에서 배경을 제거하여 물체추적의 효율성을 높일 수 있는 스테레오 영상의 시차정보와 카메라의 구성 파라미터를 이용한 배경분리 방법을 제시하고자 한다.

II. 시차정보를 이용한 배경분리

본 논문에서는 스테레오 영상의 시차지도를 이용하여 표적물체와 배경 또는 전경과의 시차의 크기 차이를 이용하여 시차지도에서 물체의 영역을 찾은 후 배경을 분리하였다.

<그림 1>은 시차지도와 카메라 구성 파라미터를 이용하여 배경 또는 전경의 분리 과정을 블록 다이어그램으로 표현한 것이다.



<그림 1> 제안된 배경분리 블록도

일반적으로, 스테레오 물체추적 시스템에서 좌, 우 카메라는 항상 표적 물체를 추적하므로 표적 물체는 카메라의 광축의 교차점 근처에 존재한다[8]. 입체영상의 시차지도에서 광축의 교차점의 시차값은 0이므로 표적물체는 영상의 중심에서 0에 가까운 시차값을 가지게 되는 영벡 논문에서는 이 시차값을 이용하여 배경 분리를 위한

임계값제영상사용하였으며, 물체의 임계값을 이용하여 시차지도에서 임계값보다 광축부분광축두 카메라의 광축의 교점에 가까이 위치하고 임계값보다 큰 시차값들은 광축의 교점에서 멀리 떨어진 물체로 간주하게 된다.

따라서 표적이 되는 물체와 배경은 서로 다른 시차값을 가지고 표적은 카메라 광축의 교차점에 가까운 위치에 존재하므로 이러한 원리를 이용하여 배경분리 마스크를 만들 수 있으며, 이를 분리하고자 하는 영상과 곱하여 배경을 분리하게 된다. 이 마스크는 시차값을 이용하여 제작되기 때문에 분리하고자 하는 영상은 블록 단위로 배경이 제거된다.

2.1 시차정보의 추출방법

스테레오 영상에서 시차를 추출하는 다양한 방법들이 제시되고 있지만 [9], 본 논문에서는 고정된 크기의(fixed size block) 블록정합 알고리즘을 사용하였다. 블록정합에서 사용되는 기저함수는 MAD(mean absolute difference)와 MSD(mean square difference)를 주로 사용하는데, 본 논문에서는 계산량은 더 늘어나지만 보다 정확한 시차 추출을 위해 MSD를 기저함수로 사용하였다. 공간상의 한 점이 좌우 두 영상에 투영되었을 때 두 점을 연결하는 가상의 선을 에피폴라(epipolar) 선이라 한다[10]. 우측영상의 대응 블록은 좌측영상과 동일한 y축의 좌표를 가지는 에피폴라 선상에서 정합된다.

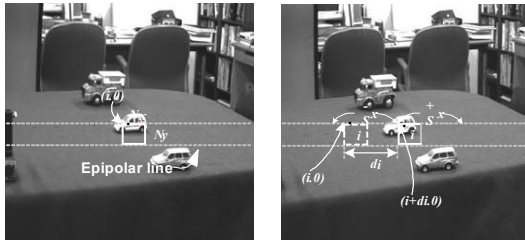
식 (1)은 스테레오 영상의 시차추출을 위해 사용된 MSD를 나타낸 것이다.

$$MSD = \frac{1}{N_x N_y} \left[\sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} (I_L(i, j) - I_R(i+k, j))^2 \right] \quad (1)$$

식 (1)에서 N_x , N_y 는 블록의 크기를 나타낸 것이며, I_L 은 좌측 영상의 블록을 나타내고 I_R 은 I_L 에 대응되는 우측영상의 블록을 나타낸 것이다.

<그림 2>는 입력된 스테레오 영상의 에피폴라(epipolar) 선상에서 좌영상과 우영상간에 서로 대응되는

블럭을 찾는 과정을 나타낸 것이므로, 좌영상을 일정한 크기의 블럭으로 나눈 후 임의의 블럭 대해 이에 대응하는 같은 에피폴라 선상에 존재하는 우영상에서의 일치점을 일정한 탐색범위 ($\pm S$)내에서 찾는 과정을 보여준 것이다 [11].



<그림 2> 에피폴라 선상의 대응 블럭 탐색도

<그림 4에서 보는 바와 같이 좌측 영상을 N_x, N_y 의 고정된 크기를 가지는 블럭으로 나눈 후 이에 대응하는 우측영상의 에피폴라 선상에 존재하는 일정한 범위 (<그림 4의 $\pm S_x$) 내의 블럭과 MSD를 구하게 되며, 식 (2)는 <그림 4에서 표현된 $\pm S_x$ 의 범위를 나타낸 것이다.

$$S = \left\{ R(x, y) \mid \begin{matrix} x_0 - S_x \leq x \leq x_0 + S_x + N_x \\ y_0 \leq y \leq y_0 + N_y \end{matrix} \right\} \quad (2)$$

일반적으로 인간 시각계는 수직시차에는 거의 영향을 받지 않기 때문에 본 논문에서는 수직 시차는 고려하지 않고 수평시차만을 추출을 하였다. 우측 영상의 범위 S 블럭들 중에서 MSD가 최소값을 갖는 블럭을 정합된 블럭으로 간주하면 우측 영상과 기준(좌측)영상의 좌표값 차이로 블럭을 대표하는 시차값을 얻을 수 있다. 좌측영상을 기준으로 우측영상에 대한 시차를 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$L(x_0, y_0) = R(x, y) \quad (3)$$

좌측영상의 기준블럭 $L(x_0, y_0)$ 에 대하여 정합된 우측영상의 정합블럭 $R(x, y)$ 에 의한 변위값을 (δ_x, δ_y)

라 하면 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$(\delta_x, \delta_y) = (x_0 - x, y_0 - y) \quad (4)$$

식 (4)에서 수직시차에 해당하는 y축의 시차를 무시하고 두 블럭에 대해 다시 정리하면 식 (5)을 얻을 수 있다.

$$L(x_0, y_0) = R(x_0 + \delta, y_0) \quad (5)$$

식 (5)에서 얻어지는 변위값(δ)은 블럭을 대표하는 시차값으로 시차지도에서 사용하게 된다.

2.2 시차정보의 보상

블록정합 알고리즘을 이용한 양안시차 추출에서는 단지 2차원 영상에서 보이는 단면만을 이용하기 때문에 실제 3차원 영상에 존재하는 폐색 영역의 시차값을 찾지 못하는 문제점이 발생한다[10]. 이러한 폐색 영역에 의한 시차값의 오류는 시차를 찾고자 하는 블럭에 대응하는 다른 쪽 영상의 블럭이 없기 때문에 BMA(block matching algorithm)를 이용하여 시차값을 찾을 수가 없다. 따라서 이러한 폐색영역의 오류 시차값들은 주변의 시차값들에 비해 상관도가 떨어지게 되며, 오류 블럭에서 발생하는 시차값들은 시차지도를 이용해서 배경분리 마스크를 만들 때 오류요인이 된다.

<그림 3>은 본 논문에서 사용한 모폴로지 서클 매트릭스를 나타낸 것이며, <그림 3의 서클 매트릭스를 이용하여 시차지도에서 주변의 값들과 비교하여 상호 상관도를 구할 수 있다.

0	1	1	1	0
1	1	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1
0	1	1	1	0

<그림 3> 모폴로지 서클 매트릭스

이 상관도를 이용하여 주변의 값과 상관도가 낮은 값을 폐색 영역으로 판별함으로써 폐색영역에서 발생하는 오류를 제거할 수 있다. 폐색 영역은 물체의 경계영역에서 발생하며 크기는 폐색 영역이 생기는 물체의 시차 크기에 비례한다. 따라서 물체의 배경이 되는 부분의 시차값에서 폐색 영역의 시차값을 서클 매트릭스를 이용하여 보상함으로써 폐색 영역의 오류를 제거할 수 있다.

$$CV(x_0, y_0) = \frac{1}{20} \sum \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times [(x, y)] \quad (6)$$

식 (6)에서, $[(x, y)]$ 는 (x_0, y_0) 를 중심으로 5×5 행렬이며, $CV(x_0, y_0)$ 는 (x_0, y_0) 값의 주변 상관도를 나타낸 것이며, 식 (7)과 같이 주변 상관도와 차이를 이용하여 시차값이 폐색 영역에 해당하는지 여부를 판별할 수 있다.

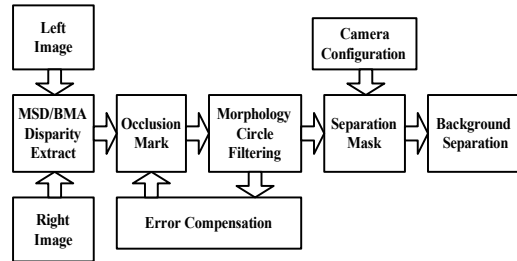
$$D = (x_0, y_0) - CV(x_0, y_0) \quad (7)$$

식 (7)에서 D는 주변 상관치와 (x_0, y_0) 의 차이로 폐색 영역을 판별하는 수치가 된다. D값이 클수록 주변의 시차와 상관도가 떨어진 것을 의미한다. 식 (7)을 이용하여 주변의 값과 상관도가 떨어진 시차값을 찾은 후 이를 폐색 영역으로 표시한다. 폐색 영역의 판별이 끝난 후 모폴로지 서클 매트릭스를 이용하여 식 (6)의 주변 상관치를 구하여 폐색 영역의 값을 보상한다. 이 때 매트릭스 내부의 폐색 영역의 값들은 계산에서 제외시키기 위해 폐색 영역을 찾은 후 보상을 해야한다. 스테레오 영상에서 시차값이 큰 경우 그 물체의 경계영역에서 발생하는 폐색 영역의 크기 역시 커진다. 따라서 모폴로지 서클 매트릭스를 이용한 오류보상을 하여도 서클 매트릭스의 범위보다 넓은 영역의 폐색 영역에 대해서는 오류를 가질 수 있다. 그러나 이러한 오류는 모폴로지 필터링 후 다시 오류를 검사하고 보상하는 과정을 반복함으로써 보상할 수 있다.

III. 실험 결과 및 고찰

3.1. 실험 구성

본 논문에서 시뮬레이션에 사용된 배경분리를 위한 영상처리 프로그램을 Visual C++6.0을 이용하여 작성하였으며 프로그램에 대한 전체 블록도는 <그림 4>와 같다.

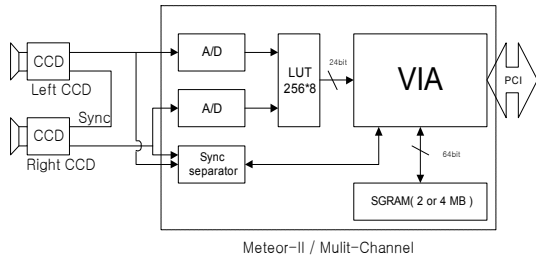


<그림 4> 시뮬레이션 프로그램의 블록도

입력 영상으로 사용된 영상들은 256×256 크기를 갖는 256 그레이 레벨 영상을 사용하였다. BMA 알고리즘을 사용한 부분에서 MSD 값이 0이 되는 완전 정합된 블록에 대해서는 대응영역의 나머지 블록을 무시하였다. 또한, 시차값이 동일한 블록이 여러 개일 경우 대응 블록이 가까운 위치의 시차값을 사용하였다.

본 논문에서 사용한 스테레오 비전 시스템은 RS-170 계열의 CCD(CS8320B, teli사)2대를 사용하여 스테레오 카메라를 구성하였으며, Matrox사의 Mereor-II MC/4 프레임 그래버를 사용하여 CCD의 영상을 획득 하였다 [12].

<그림 5>는 본 실험에 사용된 스테레오 비전 시스템의 영상 입력 부분으로 <그림 5 (a)>는 시뮬레이션에 사용된 프레임 그래버에서 두 개의 A/D 컨버터를 통해 동시 두 CCD의 영상을 입력하는 블록도이며, <그림 5 (b)>는 시뮬레이션을 위해 좌우 동기를 맞추는 스테레오 카메라의 실제 사진이다.



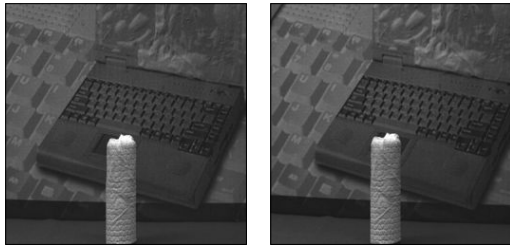
(a) 스테레오 비전 시스템의 입력부



(b) 스테레오 카메라 시스템

<그림 5> 실험에 사용된 스테레오 카메라 시스템

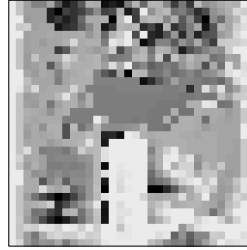
즉, 스테레오 카메라의 간격은 6cm이고, 두 카메라와 광축의 교점 사이의 거리는 45cm, 카메라와 표적물체 사이의 거리는 50cm, 카메라와 배경 사이의 거리는 65cm으로 설정하였으며, <그림 6>은 이를 통해 획득된 실험 영상을 나타낸 것이다.



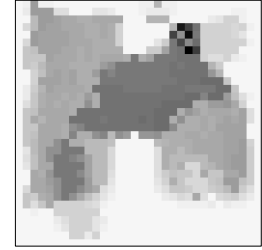
(a) 좌측영상 (b) 우측영상

<그림 6> 스테레오 카메라를 이용한 실험영상

<그림 6>에서 블록정합을 거친 후 시차지도는 <그림 7>에 나타내었으며, <그림 8>은 <그림 7>의 시차지도에서 모폴로지 필터링을 통하여 폐색 영역의 오류시차를 보정한 후의 시차지도를 나타낸 것이다.



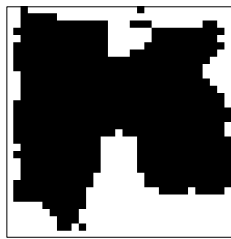
<그림 7> 검출된 시차지도



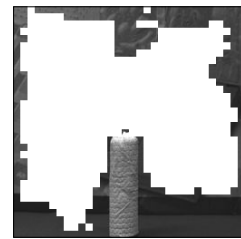
<그림 8> 오류시차 보상 후 시차지도

본 논문에서 표시된 시차지도는 시차값 중 최대값과 최소값을 추출하여 이를 256 레벨에 상대적으로 대응시켜 제작된 것으로 각각의 입체영상마다 나타나는 시차지도 레벨 값은 서로 무관하다.

<그림 9>는 <그림 8>의 시차지도에 카메라 구성 파라미터를 사용하여 만든 배경분리 마스크이며, <그림 10>은 <그림 9>의 마스크를 사용하여 배경이 분리된 영상을 나타낸 것이다.



<그림 9> 배경이 분리된 마스크



<그림 10> 배경이 분리된 실험영상

3.2. 결과 고찰

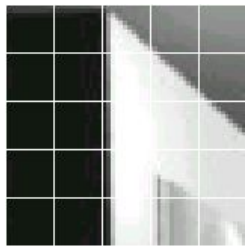
시차정보를 이용한 배경분리는 <그림 10>에서 보는 바와 같이 카메라의 구성조건과 시차지도를 이용하여 배경을 분리할 수 있음을 알 수 있다. 시차지도와 거리 관계식을 이용할 경우 배경(background)과 전경(foreground)이 함께 있는 입체영상도 분리할 수 있다.

카메라 간격(2l)과 분리할 수 있는 해상도의 관계는 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$y = l \tan \beta \quad (8)$$

식 (17)에서 카메라의 간격과 카메라의 광축이 서로 만나는 점 사이의 거리(y)식에서 알 수 있듯이 카메라의 폭주각(β)이 커질수록 폭주각의 변화에 대한 거리의 변화폭이 커지기 때문에 시차의 분리해상도는 떨어지게 되는 것을 알 수 있다.

<그림 11>은 BMA에 사용되는 기저함수 MSD에 의한 오류를 나타내는 것으로 BMA에서 사용되는 기저함수 MSD는 동일한 면 부분이나 일정한 무늬의 텍스처 영역에서는 시차를 찾지 못하는 단점이 있다.



<그림 11> BMA 기저함수 오류 블록

<그림 11>은 영상의 일부분으로 블록을 구분하기 위해 임의로 제작된 그림이며, 이 부분에 대한 시차가 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> BMA 기저함수의 오류 시차

Y축 \ X축	3	4	5	6	7
3	6	6	5	6	6
4	0	0	5	5	5
5	0	0	5	5	5
6	0	0	5	5	5
7	0	0	5	5	5

표 1에서 보는 바와 같이 <그림 11>의 검은 부분에서 시차가 6이 아닌 0으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 오차를 제거하기 위해서는 물체의 경계부분을 추출한 후 경계의 내부에서 발생하는 동일면이나 텍스처에 대한 시차 보상부분을 추가함으로써 해결할 수 있을 것으로 분석된다.

V. 결론

본 논문에서는 2차원 영상의 물체추적 시스템에서 복잡한 환경에서 배경분리 효율이 떨어지는 문제를 스테레오 비전 시스템의 블록정합을 통해 추출된 시차지도와 스테레오 카메라 구성 파라미터를 이용하여 배경을 분리하는 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘을 실제 스테레오 카메라 시스템으로 구현하고 이를 적용하여 배경을 분리하였으며 일반적인 스테레오 영상에도 적용될 수 있음을 시뮬레이션을 통해 증명하였다. 앞으로 스테레오 영상의 블록정합에서 영상외곽의 경계영역에서 발생하는 오류들에 대한 보완연구 및 보다 효과적인 배경분리를 위해 동일면이나 텍스처 영역에서 발생하는 기저함수 오류에 대한 교정연구가 요구된다.

참고문헌

[1] U. R. Dhond and J. K. Aggrawal, "Structure from stereo - A review." IEEE trans, Vol. 19, pp. 1489-1510, 1989

[2] Wei Yun Yau, Han Wang, "Fast Relative Depth Computation for an Active Stereo Vision System," proc. Academic Press. Real-Time Imaging 5, pp. 189-202, 1999

[3] J. H. Ko and E. S. Kim, "Stereoscopic Video Surveillance System for Detection of Target's 3D Location Coordinates and Moving Trajectories," Optics Communications, Vol. 191, pp.100-107, Oct 15, 2006

[4] K. H. Bae, J. H. Ko and E. S. Kim, "Stereo Image Reconstruction using Regularized Adaptive Disparity Estimation," JJAP, Vol. 45, No. 5A, pp., 2006

[5] Liang-Hua Chen, Wei-Chung Lin, "Visual surface segmentation from stereo", Image and Vision Computing, Vol. 15, pp. 95-106, 1997

[6] Dimitrios Tzovaras, Nikos Grammalidis, Michael G. Strintzis, "Joint Three dimensional motion / disparity segmentation for object-based stereo image sequence coding", proc Opt. Eng., Vol. 35 No. 1, pp 137-144, 1996

[7] Grinberg, V. S., G. W. Podnar, and M. W. Siegel, "Geometry of Binocular Imaging," Proc. SPIE, Vol. 2177, pp. 56 - 65, 1994

[8] J. S. Lee, J. H. Ko and E. S. Kim, "Real-time stereo object tracking system by using block matching algorithm and optical binary phase extraction joint transform correlator, Optics Communications", Vol. 191, pp. 191-202, 2001

[9] D. J. Coombs and C. M. Brown, "Cooperative gaze

holding in binocular vision", IEEE Control Systems Magazine, vol. 11, pp. 24-33, 1991

[10] M. E. Izquierdo, "Stereo matching for enhanced telepresence in three-dimensional video communications", IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, vol. 7, no. 4, pp. 629~643, August 1997

[11] 고정환, 김은수, "시차 움직임 벡터에 기반한 스테레오 물체추적 및 다시점 영상복원 시스템", 한국통신학회 논문지, Vol.31, No.2C, pp. 166-174, 2006

[12] <http://www.matrox.com>

■ 저자소개 ■



고정환
Ko, Jung Hwan

2007년 3월~현재
인하공업전문대학 메카트로닉스과
전임강사

2006년 3월~2007년 2월
(주) 인코시스 책임연구원

2005년 3월~2006년 2월
광운대학교 연구교수

2005년 2월 광운대학교 전자공학과 (공학박사)

관심분야 : 3D 로봇비전, FA, 3D 영상통신
E-mail : hko@inhac.ac.kr

논문접수일 : 2008년 2월 15일
게재확정일 : 2008년 2월 28일