

스테레오 영상을 이용한 물체 추적에 관한 연구

이학찬*, 조철훈**, 남궁재찬**

*승실대학교 컴퓨터공학과

**광운대학교 컴퓨터공학과

e-mail : war123@hanmail.net

A Study on an Object Tracking Using Stereo Image

Hack-Chan Lee*, Chul-Hun Cho**, Jea-Chan Namkung**

*Dept. of Computer Engineering, SeungSil University

**Dept. of Computer Science, Kwangwoon University

요 약

영상처리 기법을 이용하여 움직이는 물체를 추적하는 시스템은 많은 분야에 응용될 수 있다. 기존의 물체 추적 시스템에서 사용한 방법들은 최적의 특성을 지니고 있지만, 많은 계산량을 요구하는 단점이 있다. 또한 단안에 의한 영상의 경우 물체의 다양한 변화에 대한 예측과 추적이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 양안에 의해 얻어진 스테레오 영상에 전이(translation)와 회전(rotation)에서의 예측이 어려운 단점을 보완한 블록 정합 알고리즘을 적용함으로써 실시간 물체의 변화의 추적능력을 지니면서도 그 계산량을 줄일 수 있는 추적 방법에 대하여 기술한다. 또한 히스토그램의 계수 변화를 이용함으로써 블록 정합 알고리즘에서의 탐색영역을 제한하도록 하여 불필요한 처리시간을 절약하는 효율적인 물체추적 시스템을 제안한다.

1. 서론

자동 물체추적 시스템[1]에 인간 시각계(human visual system)[2]를 모방한 스테레오 시각장치를 적용함으로써 작업자가 현장의 상황이나 작업 전개를 보다 명확하게 알 수 있어 작업의 효율을 극대화 할 수 있다.

동영상에서의 움직임 추정 방법은 크게 세 가지로 분류할 수 있는데, 블록 기반(block-based)추정 방법, 화소기반(pixel-based)추정방법, 광류기반(optical flow-based)추정방법등이 있다. 블록 기반 방법은 H.261, MPEG-1, MPEG-2 등과 같은 영상 부호화 표준 안에 적용되어 널리 사용되고 있지만, 회전(rotation)과 확대 및 축소(translation)를 보상하지 못하기 때문에 블록화 잡음을 초래한다는 단점이 있다. 그리고 화소 기반 움직임 추정 방법은 객체의 움직임을 정확하게 표현할 수 있다는 장점이 있지만, 모든 화소의 움직임 벡터를 전송해야 한다는 어려움과 각각의 많은 화소에 대하여 실제 움직임을 찾아야 하는 단점이 있다. 한편, 광류 기반추정 방법은 시간에 따라 변화하는 영상의 강도패턴으로부터 2 차원적 벡터분포를 계산하여 움직임을 추정하는 방법으로 지금까지 제안되어 온 많은 동영상 해석 방법들의 근간이 되고 있다.

스테레오 영상에서 깊이 정보를 추출하는 방법 중 블록 정합의 경우 깊이 정보를 가지는 물체의 경계영역에서 발생하는 폐색(occlusion) 영역에서 오류 변위를 가진다.[3][4] 스테레오 영상에서의 폐색 영역은 실제 물체와의 구별을 어렵게 한다. 따라서 본 논문에서는 폐색 영역으로부터의 실제 물체 추출 방법과 블록 기반 추정 방법을 보완함으로써 향상된 스테레오 물체 추적시스템을 제시하고자 한다.

2. 관련 연구

사람의 두 눈에서 각각 받아들여진 한 쌍의 그림을 보는 2 개의 이미지를 3 차원의 관점으로 융합시킬 수 있다. 이 것을 스테레오 영상이라고 한다.[5] 양안 입체카메라는 사람의 눈과 같이 두개의 영상 센서를 이용하여 좌,우 영상으로 구성되는 입체영상을 동시에 획득하는 장치를 말하며, 일반적으로 입체카메라라고 하면 양안 입체카메라를 지칭한다. 입체카메라는 좌,우 영상센서의 배열방법에 따라 평행축, 교차축, 그리고 수평 이동축 방법으로 구분된다. 이들 입체카메라가 사람의 눈에서와 같이 자연스럽게 선명한 양질의 입체영상을 획득하기 위해서는 인간의 시각기능 중 최소한 세 가지 기능, 즉 양안시차(binocular parallax)의

능, 초점 제어기능, 그리고 주시각 제어기능을 갖추어야 한다.[6][7] 양안 시차 기능은 두 대의 영상 센서를 이용하는 양안식 입체카메라의 경우 항시 만족하며, 양안시차기능에 의해 발생하는 관측영상에 대한 시차량은 물체의 거리변화와 두 영상 센서간 간격에 따라 달라진다. 초점제어기능은 물체의 원근에 따라 초점을 맞추어 관측영상을 선명하게 보도록 하는 기능이다. 평행축 입체카메라는 좌, 우 영상센서 사이의 거리가 일정하게 고정되어 있어 사람의 눈동자 움직임, 즉 주시각 제어 기능이라고 하는 물체의 거리변화에 따른 입체 영상 시차 조절 기능이 없다. 평행축 입체카메라에서 무한대의 거리에 있는 물체의 시차 값은 영이며, 카메라에 아주 근접한 물체의 시차 값은 거의 무한대에 가까운 값이 된다. 그림 1의 평행축 입체카메라에서 카메라 중심 O_c 에서부터 관측물체 $A(x_{01}, y_{01})$ 까지의 거리 D 와 입체영상의 시차 값 d 는 각각

$$D = \sqrt{\left(W - \frac{2P_p W}{x}\right)^2 + \left(\frac{2Wf}{x}\right)^2} \quad (1)$$

$$d = P_p - P_r = 2h - \frac{2Wf}{y_{01}} \quad (2)$$

로 표현된다. 여기서 f 는 렌즈의 초점거리, $2W$ 는 두 영상 센서 사이의 간격, 그리고 P_p 와 P_r 는 각각 좌, 우 영상센서에 맺히는 상의 위치로써 영상센서의 중심에서부터의 거리를 나타낸다. 평행축 카메라 방식은 거리 계산 과정이 단순하여 관측물체의 거리정보측정에 유리하다.

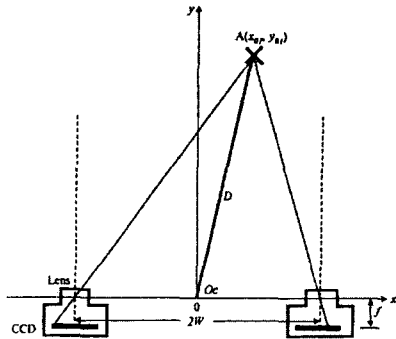


그림 1. 평행축 스테레오 카메라의 구조

3. 제안 알고리즘

평행축 스테레오 카메라를 구성할 경우 스테레오 영상은 수평시차만 존재하고 수직시차는 존재하지 않는다. 교차식 스테레오 카메라의 경우 영상의 중앙으로부터 멀어질수록 수직 시차 성분이 존재(키스톤 변형)하고 폭주각이 클수록 수직시차의 성분은 늘어난다. 교차식 스테레오 카메라 구성에서 나타나는 수직시차는 입체화상을 보기 나쁘게 하는 요인으로 나타나고 있다. 평행축 스테레오 영상에서 물체가 카메라

로부터의 거리가 멀어질수록 수평시차성분이 작아지고 거리가 가까울수록 수평시차의 성분은 늘어나는 특징을 가지고 있다.

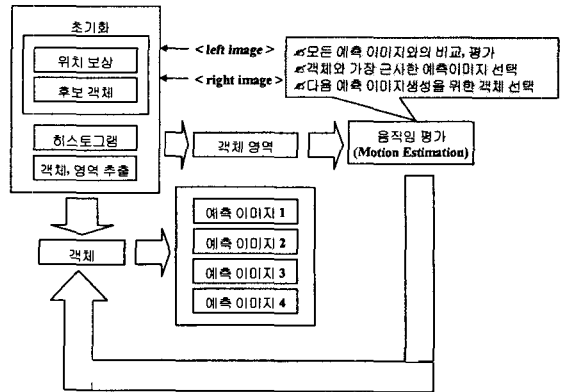


그림 2. 스테레오 영상을 이용한 물체 추적 시스템

입체 영상에는 입체영역 외에도 심도가 형성되지 않는 평면영역(mono area)과 입체영상을 획득할 때 입체카메라의 좌,우 영상센서의 에피폴라선(epipolar line)이 제대로 정렬되지 않아 발생하는 불일치 영역(unmatched area)이 존재한다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 평면 영역은 주로 입체영상을 구성하는 좌,우 평면영상의 가장자리에 나타나며, 불일치 영역은 좌,우 평면영상의 상,하 영역에 나타난다. 그림 3은 편의상 교차축에 대한 평면영역을 표현하였으나 수평 이동축에서도 동일하게 평면영역이 존재한다.

평면영역과 불일치영역과 같은 비 입체영역을 줄이기 위해서는 영상획득 이전에 입체카메라의 캘리브레이션작업이 선행되어야 한다.



그림 3. 스테레오 영상에서의 평면 영역

스테레오 영상에서 시차를 추출하는 방법으로 본 논문에서 고정된 크기의 블록정합 알고리즘을 사용하였다. 블록정합에서 사용되는 기저함수는 MAD(mean absolute difference)와 MSD(mean square difference)를 주로 사용하는데 본 논문에서는 계산량을 줄이면서 시차 추출을 위해 SAD를 기저함수로 사용하였다. 공간상의 한 점이 좌우 두 영상에 투영되었을 때 두 점을 연결하는 가상의 선을 에피폴라(epipolar)선이라 한다.[7][8] 우측영상의 대응 블록은 좌측영상과 동일한 y축의 좌표를 가지는 에피폴라 선상에서 정합된다. 식 (3)은 스테레오 영상의 시차추출을 위해 사용된 SAD를 나타낸다.

$$SAD = \sum_i \sum_j^{N_x, N_y} [I_L(i, j) - I_R(i + k, j)] \quad (3)$$

여기서 N_x, N_y 는 블록의 크기를 나타낸다. I_L 은 좌측 영상의 블록을 나타내고 I_R 은 I_L 에 대응되는 우측영상의 블록을 나타낸다.

3-1. 스테레오 영상의 배경 시차 보상

시차에 의해 발생하는 좌,우 영상의 불일치를 보상하는 과정이 선행되어야 한다. 이를 보상하기 위해, 블록 크기(N)를 4*4으로 하는 블록 정합 알고리즘을 이용하였다.

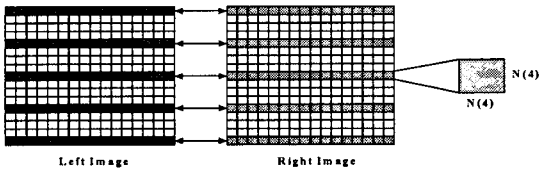


그림 4. 스테레오 영상에서의 배경 시차 보상

좌,우 두 영상에 대한 전역 탐색 블록 정합 알고리즘은 많은 연산이 소요된다. 배경 시차 보상에서 이러한 불필요한 연산과정을 제거하면서도 전역 탐색과 비교해 거의 차이가 없는 결과를 얻을 수 있다. 먼저, 해당열의 SAD를 식(4)을 이용하여 각각 구하고,

$$SAD_k = \sum_i \sum_j^{N_x, N_y} [I_L(i, j) - I_R(i + k, j)] \quad (4)$$

각 동일 열에서의 최소 SAD를

$$SAD_{MIN}^p = MIN(\sum SAD_k) \quad (5)$$

과 같이 구하고 마지막으로 전체 영상의 배경 시차인 최소 SAD를 식(6)을 이용하여 얻을 수 있다.

$$SAD_{MIN} = MIN(\sum SAD_{MIN}^p) \quad (6)$$

따라서, 이 때의 k가 좌,우 영상의 배경 시차가 된다.

배경 시차를 이용하여 얻은 보상된 이미지를 식(7),(8)와 같이 각각 쓸 수 있다.

$$right^* = right_{t-k} \quad (7)$$

$$left^* = left_{t+k} \quad (8)$$

후보 객체 리스트란 스테레오 영상에서의 시차 정보와, 폐색 영역에 의해 보정된 왼쪽 영상과 오른쪽 원 영상, 또는 왼쪽 원 영상과 보정된 오른쪽 영상과의 차가 발생하는데, 이것은 실제 객체를 나타내는 영

역이 될 수 있지만 폐색 영역과 같이 객체가 될 수 있는 모든 영역을 말한다.

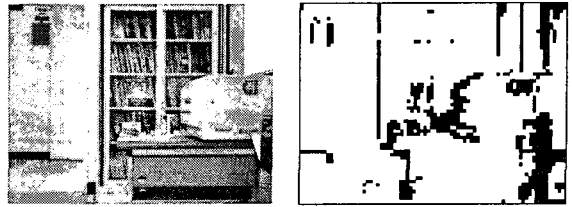


그림 5. 후보 객체 리스트

또한, 시차의 크기에 따라 물체의 경계영역에서 볼 때, 한쪽 영상에서는 보이지만 다른 쪽 영상에서는 시차를 가지는 물체로 인해 폐색 영역(occlusion)이 생긴다. 스테레오 영상에서 폐색 영역은 주로 물체의 경계영역에서 발생한다. 따라서 폐색 영역은 객체가 될 수 있는 영역이 될 수 있다. 그림 5는 스테레오 영상에서의 폐색 영역과 시차를 이용한 후보 객체 리스트를 나타내고 있다. 이러한 폐색 영역은 시차가 큰 물체의 경계일수록 시차에 비례하는 넓은 영역의 폐색 영역을 차지한다. 폐색 영역이 생기는 위치는 기준영상을 어느 쪽으로 하느냐에 따라 물체의 오른쪽 또는 왼쪽으로 달라지며, 물체가 가상 표시면의 앞에 있느냐 뒤에 있느냐에 따라서도 폐색 영역의 위치는 바뀐다.

카메라와 물체사이의 거리 변화는 카메라에 비치는 물체크기에 영향을 미쳐 시차 변화를 일으키게 하는 전이(translation)가 발생한다. 카메라와 물체간의 거리 변화에 따른 시차 변화를 나타내고 있다. 카메라로부터 물체의 거리가 가까울수록 좌,우측 영상간의 시차는 커지게 되고 거리가 멀어질수록 시차가 작아지는 것을 쉽게 볼 수 있다. 식(9)-(11)는 후보 객체 리스트를 구하는 수식을 나타내고 있다

$$image_{diff} = left - right^* \quad (9)$$

$$Image_{\infty} = \begin{cases} 0 & image_{diff} < threshold \\ 1 & otherwise \end{cases} \quad (10)$$

$$threshold = MBSIZE \times 150 \quad (11)$$

3-3. 시차정보의 추출 방법

스테레오 영상에서 배경과 객체를 분리하기 위해서는 먼저, 실제 움직이는 객체의 확장된 영역을 추출하는 과정이 필요하다. 후보 객체 리스트의 히스토그램 계수 변화는 객체의 움직임 및 다양한 변화를 예측할 수 있게 해준다.

히스토그램은 디지털 영상 처리에서 가장 간단하면서 유용한 툴 중에 하나로, 영상의 명도 내용을 요약해 빈도수를 표현하고 상대적인 빈도를 길이로서 표현하기 위해서 막대그래프 모양으로 나타낸다. 그림 3.8는 후보 객체 리스트의 히스토그램을 나타내고 있다.



그림 3.8 후보 객체 리스트에 대한 히스토그램

입력 영상으로부터 얻은 전,우 영상의 히스토그램은 객체가 존재할 영역을 구하는데 중요한 요소가 된다. 블록 정적 알고리즘을 이용한 전 영역 탐색은 실시간 물체 추적 시스템을 구현하는데 비효율적인 방법이다. 히스토그램은 계수가 변하는 시작점(First)와 변화가 더 이상 존재하지 않는 끝점(Last)를 찾아 각각 x, y 축에 대한 후보 영역을 구함으로써 국부적 탐색을 용이하게 함과 동시에 연산량을 감소 시키는 역할을 한다. 그림 6은 후보 영역과 객체 추출을 나타내고 있다.

후보 영역의 크기를 결정하는 길이(Length)를 다음과 같이 정의하고

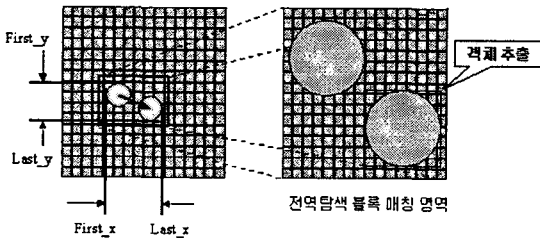


그림 6. 후보 영역과 객체 추출

$$Length = |first - last| \quad (12)$$

길이 정보를 이용하여 움직임에 대한 예측을 할 수 있다. 전 영상 히스토그램 계수(Length_pre)와 현재 영상의 히스토그램 계수(Length_cur)를 비교하여 히스토그램 계수의 변화가 있을 경우는 객체의 움직임을, 히스토그램 계수의 변화가 없을 경우 움직임이 없다는 것을 의미한다.

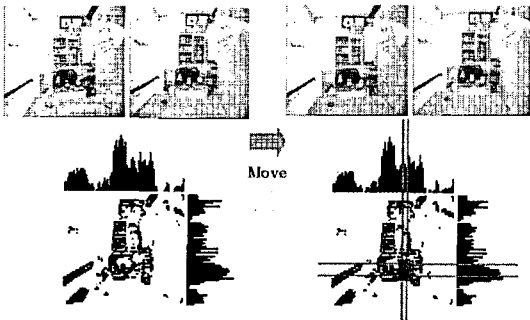


그림 7. 이동물체의 추적

4. 결 론

본 연구에서 스테레오 영상을 이용한 물체 추적 시스템을 살펴보았다. 제안한 방법은 물체 추적 뿐만 아니라, 거리 정보를 이용한 물체의 이동속도를 얻을 수 있기 때문에 차량의 속도 측정이나 도로교통 정보를 얻을 수 있어 기존의 많은 비용이 소요되는 교통 분야의 기술 발전에 기여할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 이재수, 김규태, 김은수, "광 JTC 를 이용한 스테레오 물체추적 시뮬레이터의 구현", 대한전자공학회, 제 36 권, D 편, 8 호, pp. 68-78, 1999.
- [2] Toshio Notoki, Haruo Isono, and Ichiro Yuyama, "Present Status of Three Dimensional Television Research", proc. IEEE, Vol. 83, pp.1009-1201, no. 7, July 1995.
- [3] Liang-Hua Chen, Wei-Chung Lin, "Visual surface segmentation from stereo", Image and Vision Computing, vol. 15, pp. 95-106, 1997.
- [4] 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.
- [5] 김을수, 이승현, "3 차원 영상의 기초", 技多利, 1998.
- [6] P. Smith and N. Nandhakhmar, "An Improved power cepstrum based stereo correspondence method for textured senses", IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 18, no. 3, pp. 338-348, Mar. 1996.
- [7] T. Olson and D. Coombs, "Real-time vergence control for binocular robots", International Journal of Computer Vision, vol. 7, no. 1, pp. 67-89. 1991.