

C40 DSP 보드를 이용한 이동 물체의 깊이 정보 추출

Extraction of Depth Information on Moving Objects Using a C40 DSP Board

°박태수*, 모준혁*, 장민혁*, 최익수*, 문용선**, 박종안*

* 조선대학교 전자공학과(Tel: 230-7064; Fax: 230-7064; E-mail: japark@ic21a.chosun.ac.kr)

** 순천대학교 전자공학과(Tel: 50-3572; Fax: 50-3570)

Abstracts We propose a triangulation method based on stereo vision angles. We setup stereo vision systems which extract the depth information to a moving object by detecting a moving object using difference image method and obtaining the depth information by the triangulation method based on stereo vision angles. The feature point of a moving object is used the geometrical center of the moving object, and the proposed vision system has the accuracy of 0.2mm in the range of 400mm.

Keywords stereo vision angle, depth information, difference image method, vision system

1. 서론

연속적인 입력 영상으로부터 얻어지는 패턴 정보 및 이동 정보는 실제세계에서의 3차원 동작과 구조를 해석하는데 중요한 역할을 한다. 이러한 물체 특징 및 이동 정보를 추출해 내는 동적 영상 기법은 공장 자동화, 무인 감시, 교통량 제어, 이동 로봇의 시각 제어, 생의학 분야 등 광범위한 분야에서 활발히 응용되고 있다.

동화상 해석 기법에는 한 장의 영상으로부터 실제세계 정보를 추출하는 단안시(monocular vision) 기법과 두 장 이상의 영상으로부터 깊이 정보를 추출하는 양안시(stereo vision) 기법이 있다. 동화상 해석에서 대상 물체의 상태를 분석하기 위하여 깊이(Depth) 정보를 추출한다. 깊이 정보를 얻기 위한 방법에는 광투영법과 같이 빛을 조사해서 그의 반사를 계속하여 깊이 정보를 계산하는 방법이 있다. 이 방법은 고정도 계속이 가능하고 고속화할 수 있다는 장점을 갖지만 계속 환경과 계속 대상이 한정된다는 결점을 갖는다. 이와같은 문제를 해결하기 위하여 스테레오 카메라에 투영된 좌우 한쌍의 화상에서 삼각측량법을 이용하여 깊이 정보를 획득하는 방법이 이용되고 있다.

본 논문에서는 스테레오 카메라를 이용한 양안시로부터 이동 물체를 검출하고, 검출된 이동물체의 스테레오 비전각을 이용하여 거리정보를 획득하는 알고리즘을 제안한다. 스테레오 비전에서 Epipolar 평면상에서의 이동물체에 대한 방향각을 특징량으로 추출하여 깊이 정보로 변환하므로써 목적물까지의 거리를 측정하도록 하는 스테레오 비전각에 근거하는 삼각측량법을 이용하는 방법이다. 이를 위하여 제 2장에서 동화상에서의 이동 물체 검출에 대하여 기술하고 제 3장에서 스테레오 비전에 의한 거리정보 추출 알고리즘을 제시한다. 그리고 제 4장에서 시스템 구성에 대하여 기술한 후, 제 5장에서 실험 및 결과를 분석하며 제 6장에서 결론을 맺는다.

2. 동화상에서 이동물체 검출

시계열 화상의 관측에 나타난 변화 부분을 검출하는 동화상

해석 방법에는 다음과 같은 방법들이 있다. 첫째, 연속적인 영상들을 분석하여 각 화소 또는 영역에 속도 벡터를 할당하고, 유사한 속도 벡터를 갖는 화소 또는 영역들의 그룹을 감지하여 이동 물체를 검출하는 방법[1][2], 둘째, 연속적인 영상내에서 각화소 밝기의 시간적 변화가 완만한 경우에 Optical Flow를 계산하고 계산된 Optical Flow에 기초하여 물체의 이동 속도 및 방향에 대한 정보를 추론하는 방법[3], 셋째, 인접 영상 간의 명암차(Difference of gray values)에 의하여 형성된 차영상(Difference image)들을 분석하여 물체의 이동 정보를 추론하는 방법[4][5]등이 있다. 본 논문에서는 차영상 방법을 이용하여 카메라 시계에 진입하는 이동 물체를 검출한다. 시각 t-1, t, t+1에서 시각 시스템으로부터 구해진 3개의 이미지 프레임들 $A_{t-1}(i,j)$, $A_t(i,j)$, $A_{t+1}(i,j)$ 로 표현할 때, 3개의 이미지 프레임으로부터 2개의 차분화상이 다음식에 의해서 구해진다.

$$U_t(i,j) = A_t(i,j) \cap A_{t-1}(i,j) \quad (1.1)$$

$$U_{t+1}(i,j) = A_{t+1}(i,j) \cap A_t(i,j) \quad (1.2)$$

$U(i,j)$ 는 이동물체에 대한 정확한 정보를 갖지 못한다. 따라서 연속하는 3개 프레임의 화상을 이용해서 인접하는 화상의 차분화상에 대한 논리곱을 취하므로써 시각 t의 윤곽화상을 얻을 수 있다.

$$\text{LogicAND}(i,j) = |U_t(i,j)| \cdot |U_{t+1}(i,j)| \quad (2)$$

3. Stereo Vision에 의한 거리정보 추출

동화상에서 이동 물체를 검출한 후 시각 t에서 이동 물체의 깊이는 스테레오 비전 각을 이용한 삼각측량법에 의해서 계산된다. 좌측 및 우측 카메라로부터 얻어진 좌우 이미지가 이동 물체까지의 거리를 측정하는데 이용된다. 2개의 카메라로부터 얻어진 이동 물체를 매칭시키기 위해서 각 이동 물체의 기하학적 중심이 시각 특징점으로 사용되었으며 식(3)에 의해 주어진다.

$$M(b, a) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n i^p j^q f_{ij} \quad (3)$$

여기서 $\{f_{ij}\}$ 는 물체 안에서 1의 값을 취하고, 물체 밖에서 0의 값을 취하는 2차 영상이다.

무게 중심 (I_x, J_y) : 물체의 중심 위치

$$I_x = M(1,0) / M(0,0) \quad (4)$$

$$J_y = M(0,1) / M(0,0)$$

여기서 $M(0,0)$ 은 폐곡선 내부의 면적이고 $M(1,0)$ 과 $M(0,1)$ 은 각각 x축과 y축에 대한 모멘트이다.

물체의 동일한 점을 나타내고 있는 좌측 및 우측 이미지의 2개의 특징점으로부터 스테레오 비전 각을 얻을 수 있으며, 이들 특징값으로부터 물체에 대한 깊이 정보를 추출할 수 있는 새로운 삼각측량법이 가능하다. 이와같은 알고리즘에서 거리 정보를 획득하기 위한 거리측정의 좌표계는 그림 1과 같다.

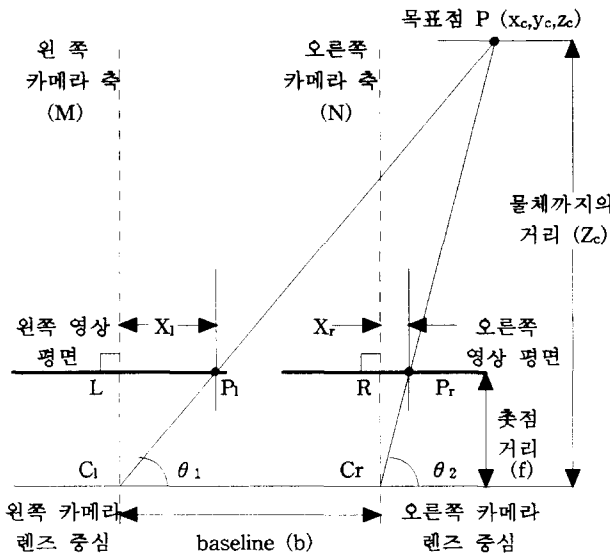


그림 1. 양안시의 좌표 시스템

Fig. 1. Coordinate systems of binocular vision

2개의 카메라 렌즈의 중심을 연결하는 기준선 길이(Baseline Length)는 b 이고, 광축(Optical Axis)은 기준선에 대해서 직각이 되도록 한다. 카메라 좌표계의 원점 (x_c, y_c, z_c) 가 기준선의 중심이 되도록 한다. 이때, 카메라 중심으로부터 광축방향으로 초점거리 f 만큼 떨어진 위치에 광축과 직각으로 만나는 평면이 화상평면 P_1, P_2 이 된다. 또한 좌우 카메라 렌즈 중심에서 목표점까지의 각도 θ_1 과 θ_2 를 삼각 측량법에 응용하면 카메라에서 물체까지의 거리는 다음식과 같이 구해진다.

$$z_c = \frac{\tan \theta_1 \tan \theta_2}{\tan \theta_1 \pm \tan \theta_2} \times b \quad (5)$$

물체까지의 거리는 좌우 이미지의 상차(disparity) $x_1 - x_2$ 에 반비례한다. 그러므로 가까운 물체의 거리는 정확히 측정될 수 있는 반면, 먼곳에 있는 물체는 정확히 측정되지 않는다. 또한, 상차는 렌즈 중심사이의 거리인 b 에 정비례한다. 그러므로 상차를 결정하는데 있어서 고정된 오차가 주어지면 깊이를 결정하는 정확도는 기준선이 증가함에 따라 증가한다. 즉, 카메라의

separation이 증가함에 따라 왼쪽 및 오른쪽 이미지가 덜 유사하게 된다. 어떤 경우에 있어서는 한쪽 카메라에 얻어진 영상이 다른쪽에서는 보이지 않는 경우도 있다. 또한, 상차는 효율적인 초점거리 f 에 비례한다. 왜냐하면 초점거리가 증가함에 따라 이미지가 확대되기 때문이다. 양 카메라 스테이션에서 관측 가능한 한 점은 공액쌍이라 불리우는 한쌍의 이미지 점을 형성한다. 좌우 카메라 렌즈 중심과 물체의 한 점을 연결한 평면을 에피폴라 평면(epipolar plain)이라 한다. 왼쪽 이미지에서 어떤 특별한 점에 대응하는 오른쪽 이미지의 한 점은 어떤 특별한 선 위에 놓여 있어야 한다. 왜냐하면 이 두개의 점은 동일한 y 축 좌표를 갖기 때문이다. 이 선을 에피폴라선(epipolar line)이라고 부른다. 즉, 이미지의 대응점과 에피폴라 평면이 만나는 선이 에피폴라선이 된다. 왼쪽 이미지에 나타난 한 점은 오른쪽 이미지에서 대응하는 점을 가질수도, 갖지 않을 수도 있다. 그러나 대응점을 갖는다면 이점은 대응하는 에피폴라선 상에 나타나야 한다. 모든 에피폴라선은 x 축에 평행하다.

4. 시스템 구성

카메라에서 얻어진 영상을 이용하여 이동 물체를 검출하고 깊이정보를 획득하기 위한 시스템의 기본적인 구조는 그림 2과 같다. CCD 카메라는 15.75mm의 초점거리를 갖는 삼성 CCS-324A를 사용했다. 그리고 Image Grabber는 TMS320C40 DSP 보드를 사용했는데 Image Grabber는 카메라를 통해서 입력되는 영상을 ADC(Analog to Digital Convert)하여 Image Memory Buffer에 저장한다. 그리고 Image Memory Buffer에 저장된 화상 Data는 PC의 HDD에 Image File으로 저장되며, 이동 물체를 검출하기 위하여 시간차 t 를 두고 인접한 세 frame의 동화상을 읽어들이는. 이미지 처리를 하기 위한 프로그램 언어는 Workstation과 PC에서 사용가능한 C++를 사용하였다.

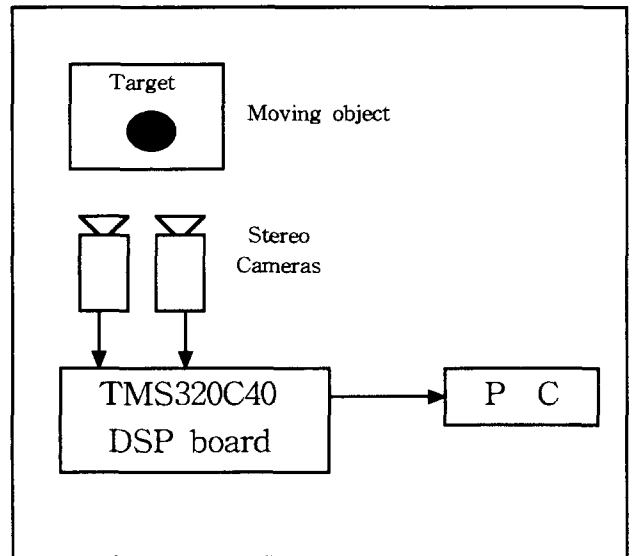


그림 2. 거리정보획득을 위한 양안시 시스템

Fig. 2. Binocular vision system for extraction of depth information

TMS320C40 DSP 보드에 의해 획득된 영상에 세 frame의 양안시 image data file을 이용하여 두 영상간의 차연산을 수행하므로써 이동 물체를 검출한다. 차연산에 의한 영상에 논리적 연산을 행하면 영상입력장치의 sampling time 및 이동물체의

연속성에 따라 공유영역(common area)의 형태가 얻어지며, 공유면적이 갖는 특징점의 추출은 기하학적 중심을 구한다.

그리고 특징점에 대한 이미지 좌표시스템의 좌표값을 결정하고 이미지 좌표 시스템을 카메라 좌표 시스템으로 변환(Transformation to Camera Coordinate System)하면 이동물체까지의 깊이정보는 식(5)에 의해서 결정된다. 처리 알고리즘의 순서도는 다음의 그림 3과 같다.

5. 실험 및 분석

그림 4에서 차분 화상을 이용하여 이동물체를 검출하는 방법을 보여준다. 좌측 및 우측 카메라에서 시각 $t-1, t, t+1$ 에 얻어진 3개의 연속된 이미지가 그림 4의 (a)와 (b)에 나타나 있는데, 이 scene에는 이동물체와 정지물체가 혼합되어 있다. 시각 t 에서의 이동물체가 성공적으로 검출되었으며 그 결과가 그림 5의 (c)에 있다.

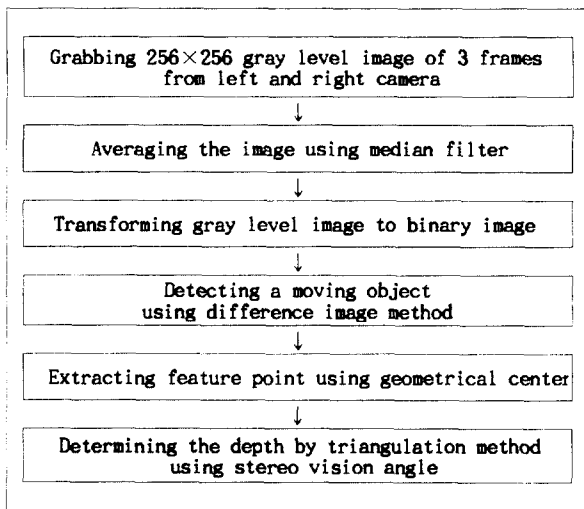
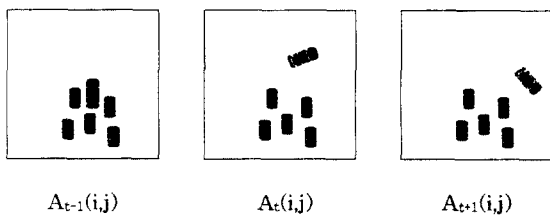
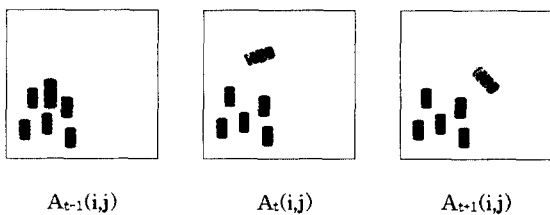


그림 3. 처리 알고리즘의 순서도

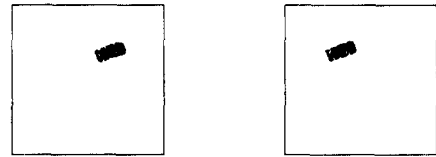
Fig. 3. Flow diagram of the processing algorithm



(a) 3 image frames grabbed from left camera at time sequence $(t-1, t, t+1)$



(b) 3 image frames grabbed from right camera at time sequence $(t-1, t, t+1)$



Left Image Plane : P_L Right Image Plane : P_R

(c) A moving object detected at time t

그림 4. 차영상 방법에 의해 검출된 이동 물체

Fig.4. A moving object detected by difference image method

실험에 사용된 양안시 시스템을 이용하여 400mm의 거리에 있는 물체를 스테레오 비전 각을 이용하여 측정 한 결과 0.2mm의 오차를 보였다. 측정 거리를 조금씩 이동하면 오차가 증가하였는데 그 이유는 카메라 calibration의 부정확과 특징점의 잘못된 매칭 때문이었다.

6. 결 론

본 연구에서는 이동물체의 깊이를 추출하는 양안시 시스템을 실현해 보았다. 이것은 전처리후 차영상 방법을 이용하여 이동물체를 검출 하였으며, 이동 물체까지의 거리를 측정하는 방법으로는 기존의 삼각측량법에 스테레오 비전 각을 응용하도록 함으로써 깊이정보 추출을 간략화 하였다 현재 까지는 실험에서 삼각측량법을 사용하였다. 400mm에서 약 0.2mm 정도의 정확도로 깊이를 얻을 수 있었다.

그러나 이 시스템은 이동물체가 자주 시계박으로 나갈 경우 깊이정보를 결정할 수 없었으며 이동물체까지의 거리를 측정하는데도 시간이 많이 소요되었다. 앞으로 물체의 거리 측정에 대한 정확도 개선과 실시간으로 처리하기 위한 알고리즘의 개선에 대하여 고찰할 것이며, 3차원 운동을 인식하기 위한 스테레오 비전과 같은 시스템 응용에 대하여 연구하고자 한다

참고문헌

- [1] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schunck, "Machine Vision", McGraw-Hill, pp.289-308, 1995.
- [2] Gregory D. Hager, "Robot Hand-Eye Coordinate Based on Stereo Vision", IEEE Control System, vol.4, pp.30-39, 1995.
- [3] Vicent.S.S.Hwang, "Tracking Feature Points in Time-varying Images Using an Opportunistic Selection Approach", Pattern Recognition, vol.22, no.3, pp.247-256, 1989.
- [4] William B. Thompson, Pamela Lechleider, and Eelizabeth R. Struck, "Detecting Moving Objects Using the Rigidity Constraint", IEEE transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.PAMI-15, no.2, pp.162-166, 1993.
- [5] W.K. Chow and J.K. Aggarwal, "Computer Analysis of Planar Curvilinear Moving Images." IEEE transaction on computer, vol.C-26, pp.179-185, 1977.
- [6] D.Terzopoulos and R.Szeliski, "Tracking non-rigid 3-D Objects," in Active Vision, pp. 75-89, MIT Press, 1992.

"이 논문은 한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 조선대학교 수송기계부품 공장자동화 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음."