

변이 정보를 이용한 새로운 스테레오 물체추적 시스템의 구현

정회원 임 송 태*, 김 은 수*

Implementation of Stereo Object Tracking System Using Disparity Information

Song-Taek Lim*, Eun-Soo Kim* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 변이 움직임 벡터에 기반한 새로운 스테레오 물체추적 시스템을 제안하였다. 즉, 제안된 시스템에서는 스테레오 입력영상 시퀀스로부터 추출된 변이 벡터로부터 프레임간 변이 움직임 벡터를 구한 다음 이를 이용하여 각 프레임에서 표적물체가 존재하는 영역과 그것의 위치좌표를 효과적으로 검출하였다. 그리고, 이를 프레임간 표적의 이동거리 좌표를 구하여 최종적으로 팬/틸트를 제어해 줌으로써 표적 물체를 추적하였다. 또한, 256×256 픽셀 크기의 스테레오 영상 7 프레임을 사용한 물체추적 실험 결과, 표적 물체의 실제위치와 실험을 통해 얻은 이동위치 간의 평균 에러율이 약 3.29%로 낮게 나타남으로써 본 논문에서 새로이 제안한 변이 움직임 벡터 기반의 스테레오 물체추적 시스템의 실질적인 응용 가능성을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, a new stereo object tracking system using the disparity motion vector is proposed. In the proposed method, the time-sequential disparity motion vector can be estimated from the disparity vectors which are extracted from the sequence of the stereo input image pair and then using these disparity motion vectors, the area where the target object is located and its location coordinate are detected from the input stereo image. Basing on this location data of the target object, the pan/tilt embedded in the stereo camera system can be controlled and as a result, stereo tracking of the target object can be possible. From some experiments with the 7 frames of the stereo image pairs having 256×256 pixels, it is shown that the proposed stereo tracking system can adaptively track the target object with a low error ratio of about 3.29 % on average between the detected and actual location coordinates of the target object

I. 서론

최근, 보다 자연스럽고 현실감 있는 비전시스템의 요구가 증가함에 따라 3차원 물체 추적 및 인식 기술에 대한 많은 연구들이 수행되고 있다.^[1-3] 이러한 스테레오 물체 추적 시스템에서는 인간의 시각 시스템(HVS : human visual system)과 같은 양안 시

차 (binocular disparity)^[4-6]에 의해 입력된 스테레오 영상으로부터 효과적으로 3차원 입체 정보를 추출해냄으로써 표적물체의 위치를 찾아내는 것이 기본적인 과제라 할 수 있다. 그러나, 이러한 양안 시차에 의한 스테레오 물체 추적 시스템에서 양안의 초점이 맞지 않는 경우 관찰자는 입체감을 느끼기가 어려울 뿐만 아니라 초점이 일치하지 않기 때문에 눈의 피로를 느끼게 된다. 따라서, 일반적인 2차

* 광운대학교 전자공학과 국가 지정 3차원 영상 미디어 연구실(stlim@explore.kwangwoon.ac.kr, eskim@daisy.kwangwoon.ac.kr)
논문번호 : 020130-0319 접수일자 : 2002년 3월 19일

※ 본 연구는 과학기술부 국가 지정 연구실(NRL) 사업의 지원아래 수행되었습니다.

원 물체추적 시스템과 달리 스테레오 입체 물체추적 시스템에서는 인간 시각 시스템의 눈동자 움직임과 유사하게 물체를 추적하기 위하여 카메라와 물체의 거리에 따라 스테레오 카메라의 주시각(convergence angle)을 제어하는 동시에 움직이는 물체를 연속적으로 추적할 수 있는 팬/틸트(pan/tilt) 기능을 가지고 있어야 한다. 즉, 스테레오 물체추적 시스템에서는 추적 물체의 움직임에 의해 발생하는 상대적 이동거리 값에 따라 스테레오 카메라의 팬/틸트를 제어해 줌으로써 추적 물체를 항상 좌, 우 카메라 시야(FOV: field of view)의 중앙에 위치하도록 하고 또한, 주시각을 제어해 줌으로써 추적물체가 겹쳐 보이지 않게 해주기 때문에 결과적으로 스테레오 카메라의 주시각 제어 및 팬/틸트 제어는 스테레오 물체추적 시스템의 가장 중요한 요소라 할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 스테레오 물체 추적을 위한 새로운 접근방법으로 시차정보를 이용한 스테레오 물체추적 시스템을 제시하고 실험을 통해 그 구현 가능성을 제시하고자 한다. 즉, 제안된 방법에서는 순차적인 변이 벡터로부터 변이 움직임 벡터(DMV: disparity motion vector)를 추출한 다음 이를 효과적으로 이용하여 각 프레임에서 표적물체가 존재하는 영역과 그것의 위치좌표를 검출하게 된다. 그리고, 이를 프레임간 표적 물체의 이동거리 좌표를 이용하여 최종적으로 팬/틸트를 제어해 줌으로써 표적 물체를 추적하고자 한다. 본 논문에서 새로이 제안한 변이 움직임 벡터는 스테레오 입력 영상 사이의 변이 정보뿐만 아니라 순차적인 변이 벡터들 사이의 변이 움직임 정보도 가지고 있다. 이것은 마치 기존의 순차적인 2차원 영상 시퀀스의 움직임 추정(motion estimation)^[7] 방식에서의 물체의 추정 및 추적에 사용하는 연속된 두 프레임 사이의 움직임 벡터들과 유사하다.

결과적으로, 본 논문에서는 변이 움직임 벡터만을 이용하여 각 프레임에서 표적물체의 영역과 그것의 위치 좌표값을 각각 추출하고, 이들 추출된 좌표값을 이용하여 최종적으로 주시각 및 팬/틸트를 제어해 줌으로써 실시간 스테레오 물체 추적 시스템의 실현 가능성을 제시하고자 한다. 또한, 변이 움직임 벡터에 기초한 스테레오 물체추적 시스템의 추적 성능을 실험하기 위해서 256×256 픽셀 크기의 스테레오 영상 7 프레임을 사용한 물체추적 실험을 수행하여 이를 통해 본 논문에서 새로이 제안한 DMV기반의 스테레오 물체 추적 시스템의 실질적

인 응용 가능성을 제시하고자 한다.

II. 제안된 DMV를 이용한 스테레오 물체추적 시스템

그림 1은 본 논문에서 제안된 DMV에 기초한 스테레오 물체 추적 시스템을 보여준 것이다.

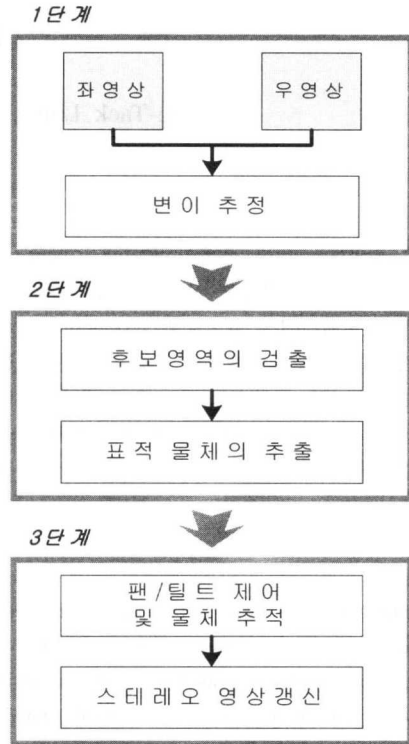


그림 1. 제안된 DMV에 기초한 스테레오 물체추적 시스템

즉, 제안된 시스템은 변이 추정 단계, 이동 물체의 검출 및 좌표 추출 단계 그리고 스테레오 물체 추적 단계 순으로 크게 3단계로 이루어진다.

1. 1 단계 : 변이 추정

본 논문에서는 변이 추정(disparity estimation) 방법으로 블록 정합(block matching)^[8] 방식을 사용하였다. 이 방식에서는 스테레오 영상 중 한 영상을 블록 단위로 나누어 다른 한 영상에서 비용 함수를 최소로 하는 위치를 찾아 이 이동량을 그 블록의 변이 값으로 결정한다. 이 때 쓰이는 비용함수로는 일반적으로 MAD(minimum mean absolute difference)와 MSE(minimum mean square error)가 많이 쓰인다. 그 중에서 본 논문에서는 제곱의 연산

으로 정확한 변이 추정은 가능하나, 계산량이 많아 지고 하드웨어로 구현이 쉽지 않은 MSE보다는 계산량이 적어 수행시간을 줄일 수 있는 MAD를 사용하였다.^[9]

식 (1)은 스테레오 영상의 변이 추정을 위해 사용된 MAD를 나타낸 것이며, 식 (1)에서 N_x, N_y 는 블록의 크기를, $I_L(m, n), I_R(m+i, n+j)$ 은 좌측영상의 좌표와 그것에 대응되는 우측영상의 좌표를 각각 나타낸다.

$$MAD(i, j) = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{m=1}^{N_x} \sum_{n=1}^{N_y} |I_L(k, l) - I_R(m+i, n+j)| \quad (1)$$

그림 2는 폭주식 카메라의 구조^[10]를 나타내고 있다. 그림 2에서 공간상의 임의의 점 $P(x, y, z)$ 는 좌, 우 카메라 렌즈의 중심인 O_L, O_R 을 통해 좌, 우 영상 평면인 P_L, P_R 로 투영된다. 이때, 점 $P(x, y, z)$ 와 두 카메라 렌즈의 중심인 O_L, O_R 이 이루는 평면을 에피폴라 평면(epipolar plane)이라 하고, 이 평면과 각 투영 영상이 이루는 교선을 에피폴라 선(epipolar line)이라고 한다.

그리고 C_L, C_R 은 각각 좌, 우 평면의 중심을 나타낸다. 여기서, 주어진 좌, 우 두 영상평면의 두 점인 P_L, P_R 이 3차원 공간상의 한 점 $P(x, y, z)$ 로부터 투영된 것임을 밝히는 과정을 대응점 문제(correspondence problem) 또는 변이 추정(disparity estimation)이라고 하고 이때, P_L 과 P_R 의 상대적인 위치 차이를 변이(disparity)라고 한다.

또한, 위와 같은 폭주식 카메라 구조에서 변이를 찾기 위해 교정(rectification)과정을 거치게 된다면 수평 변이를 갖는 스테레오 영상으로 분석할 수 있다.^[11] 그러면, 에피폴라 선이 두 영상에 대해 평행

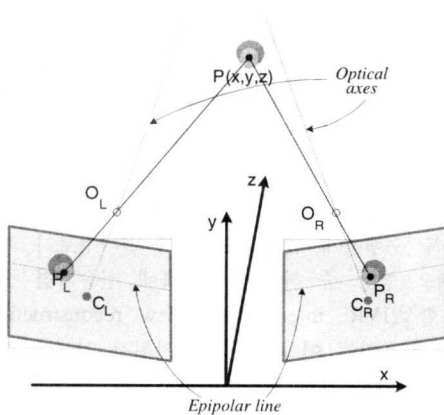


그림 2. 폭주식 카메라 구성

하게 되므로 점 P_L 에 해당하는 대응점 P_R 은 에피폴라 선상에서 1차원적으로 탐색하여 찾게 된다. 따라서, 이러한 교정과정과 에피폴라 제약조건(epipolar constraint)을 통해 좌 영상의 에피폴라 선 위에 있는 어느 점이든 우 영상의 에피폴라 선 위의 한 점에 대응시킬 수 있게 된다.

그림 3은 이러한 에피폴라 선상의 대응되는 블록을 알아보기 위한 복도(corridor) 영상의 일부분을 나타낸 것이다.

좌측 영상을 고정된 크기의 블록으로 나눈 후 이에 대응하는 우측영상의 에피폴라 선상에 존재하는 일정한 탐색 범위($\pm S_x$) 내의 블록에서 일치점(corresponding point)을 찾는 과정을 보여주고 있다. 좌측 영상을 N_x, N_y 크기의 블록으로 나눈 후, 탐색 범위 내에서 후보 블록들의 비용 함수를 계산하게 되고 이 비용함수 값들 중에서 가장 적은 값을 가지는 블록을 정합된 블록으로 결정하게 된다.

2. 2 단계 : 이동 물체의 검출 및 위치좌표 추출

1단계로부터 구한 변이벡터 시퀀스(disparity vector sequence)로부터 변이벡터 간의 움직임 차이값인 변이 움직임 벡터(DMV : disparity motion vector)를 추출할 수 있다. 그리고, 이러한 DMV 값을 효과적으로 이용함으로써 이동물체의 영역과 그 좌표 값을 얻을 수 있다. 즉, T-1 프레임의 변이벡터와 T 프레임의 변이벡터 사이의 관계는 마치 기존의 2차원 비디오 영상 시퀀스에서 연속된 두 프레임 사이의 관계와 같기 때문에 DMV값은 물체에 대한 3차원 입체정보 뿐만 아니라 추적물체의 위치 정보도 가지고 있다.

그림 4는 변이지도에 나타난 후보 영역(candidate area)들에서 실제 물체가 있는 영역을 판단하여 물체를 검출하는 과정을 보여준 것이다.

여기서 후보영역이란, 물체의 움직임 때문에 생기는 영역을 말한다. T-1 프레임의 변이벡터를 D_p 라고 하고 T 프레임의 변이벡터를 D_c 라고 할 때, D_p 와 D_c 을 비교해 보면 물체의 움직임 때문에 변이

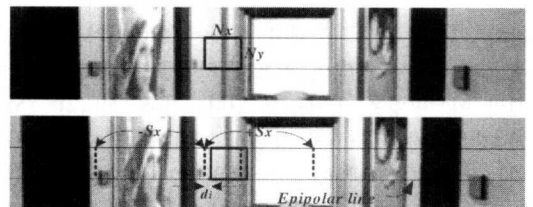


그림 3. 에피폴라 선상의 대응되는 블록

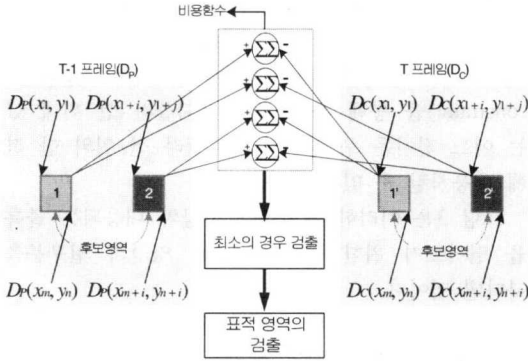


그림 4. 후보 영역으로부터 이동 물체의 검출

벡터간의 변화가 큰 벡터들의 영역이 D_p 에서 2개, D_c 에서 2개가 각각 나타난다. 또한, 각각 2개의 영역들은 연속된 변이 벡터간의 비교를 통하여 찾아낸 영역이기 때문에 T-1 프레임에서의 후보영역1 (Cand1)과 후보영역1' (Cand1')은 T 프레임에서의 후보영역2(Cand2)와 후보영역2' (Cand2')과 서로 유사한 위치에서 발견되게 된다. 따라서 이렇게 얻어진 4개의 영역 중 물체가 있는 실 영역(real area)을 각각 찾아내어 물체의 거리좌표를 얻게 되고 물체의 이동 방향을 얻게 된다.

한편, 4개의 후보 영역 중 물체가 존재하는 2개의 영역은 서로 비슷한 값을 가지게 됨으로 유사도 측정으로 물체가 존재하는 실 영역(real area)과 물체가 존재하지 않지만 실제 물체가 있는 영역에 의해 상대적으로 값이 변하여 검출되는 허 영역(false area)을 구분 할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 두 영역의 유사도 값을 비교하는 비용함수로서 초기 변이정보를 찾아낼 때 사용했던 MAD 방법과 유사한 방법을 사용하였다.

일반적으로, 실제 물체가 존재하는 2개의 영역간에는 높은 상관치가 나타난다는 사실을 이용하여 실 영역을 검출할 수 있다. 즉, 식 (2)~(5)와 같이 후보 영역들간에 비용함수를 적용하여 그 값이 최소가 되는 두 영역을 각 프레임에서의 실 영역으로 판단한 다음 각 실 영역의 좌표를 구해 이들 좌표값의 차이인 표적 물체의 상대적 이동거리를 얻어내고 또한, 두 영역의 좌표값 차이를 통해 표적 물체의 이동방향을 잡아주게 된다. 결국, 식 (2)~(5)와 같은 4가지 조합의 경우에 대해 그 값이 최소가 되는 경우를 선택하고 그 비용함수를 구성하고 있는 두 후보 영역을 각 프레임에서의 실 영역으로 결정하게 된다.

Case1 : $Cand1-Cand1' =$

$$\frac{1}{m \times n} \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n |D_C(x_m, y_n) - D_N(x_m, y_n)| \quad (2)$$

Case2 : $Cand1-Cand2' =$

$$\frac{1}{m \times n} \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n |D_C(x_m, y_n) - D_N(x_{m+i}, y_{n+j})| \quad (3)$$

Case3 : $Cand2-Cand1' =$

$$\frac{1}{m \times n} \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n |D_C(x_{m+i}, y_{n+j}) - D_N(x_m, y_n)| \quad (4)$$

Case4 : $Cand2-Cand2' =$

$$\frac{1}{m \times n} \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n |D_C(x_{m+i}, y_{n+j}) - D_N(x_{m+i}, y_{n+j})| \quad (5)$$

일단, 실제의 물체영역이 각 프레임에서 검출되면 그 위치 좌표 및 두 실 영역간의 이동거리 좌표값과 표적 물체의 이동방향 등이 계산되어지고, 최종적으로 스테레오 입체 카메라 시스템에 탑재된 팬/틸트로 전달되게 된다.

3. 3단계 : 스테레오 물체 추적

2단계에서 구한 표적 물체의 이동거리 좌표값과 이동방향은 스테레오 입체카메라 시스템의 팬/틸트에 전달됨으로써 이동물체의 실시간적 추적 및 주시각 제어가 수행되게 된다. 예를 들면, 만일 식 (3)의 경우가 최소값을 가질 경우 후보영역1(Cand1)과 후보영역2' (Cand2')가 각 프레임에서 실 영역을 결정된다. 따라서, 팬/틸트의 제어값을 얻어내기 위해 후보영역1(Cand1)과 후보영역2' (Cand2')의 시작 좌표 및 마지막 좌표값을 각각 구하게 된다. 그런 후에, 두 프레임 좌표간의 차이값인 이동 거리값을 그것들의 중앙 좌표에서 구함으로써 팬/틸트의 제어신호로 넘겨주게 된다. 이러한 제어신호를 통해 팬/틸트가 제어됨으로써 물체를 추적하게 된다. 즉, 이동물체를 다시 입력 영상의 중앙에 위치시키고 스테레오 시차를 제거시키게 된다. 따라서, 스테레오 카메라의 영상은 다시 초기화되고 다음 프레임의 입력신호를 받아들여 위의 1~3 단계 과정을 다시 반복 수행하게 된다. 또한, 이 변이정보가 좌우 스테레오 영상 중 하나와 수신측에 전송되면 중간 시점 합성(IVR: intermediate view reconstruction) 기법을 사용하여 이동 물체의 3차원적 입체 디스플레이 또한 가능하게 된다. 따라서, 본 논문에서 새로이 제안된 방법은 단지 스테레오 입력 영상에서 추출된 변이정보 만을 이용하여 이동 물체의 실시

간적 스테레오 물체 추적뿐만 아니라, 3차원적 입체 영상디스플레이가 가능하다.

III. 실험 및 결과 고찰

본 실험에서는 스테레오 카메라의 팬/틸트 시스템 구성을 위해 팬/틸트는 (주)한울 로보틱스의 HWR-PT1을 사용하였고, 스테레오 영상 입력용 CCD카메라로는 (주)동경전자의 CS-8239B를 사용하였다. 스테레오 영상의 처리 및 저장을 위해 IBM PC, Matrox사의 Metro II/4 와 Metro II MC/2 를 프레임 그레이버(frame grabber)로 사용하였다.

그림 5는 실험의 개략도와 사용된 스테레오 카메라의 팬/틸트 장치를 보여준 것이다.

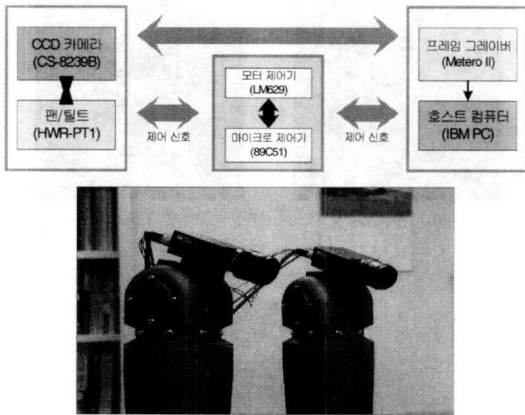
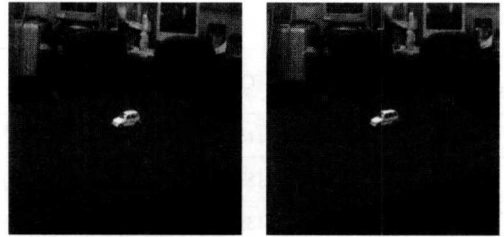


그림 5. 실험의 개략도 및 팬/틸트 장치

연속적으로 들어오는 스테레오 입력영상의 시퀀스로부터 변이추정을 통하여 변이벡터를 구하고, 각각의 변이 벡터들의 움직임 추정을 통하여 DMV를 구한 다음 후보영역을 찾아내게 된다. 그리고, 후보영역으로부터 표적물체가 있는 실 영역을 찾아내어 좌표값을 추출하게 되며, 추출된 좌표로부터 물체의 이동거리 및 이동방향을 구해 최종적으로 추적 및 팬/틸트의 제어가 이루어지게 된다.

그림 6 는 본 논문에서 사용한 실험 스테레오 영상과 이를 통해 추정된 변이 지도를 나타낸 것이다.

그림 6에서 (a)는 1번째 프레임의 좌, 우 입력 영상을, (c)는 2번째 프레임의 좌, 우 입력 영상을 각각 나타낸 것이다. 그리고, (b)와 (d)는 1번째 프레임과 2번째 프레임의 스테레오 영상간에 변이 추정을 통하여 얻어진 변이 지도를 각각 나타낸 것이다. 여기에서 사용된 입력 영상으로는 256×256 영



(a) 좌, 우 영상 (1번째 프레임)



(b) 변이 지도 (1번째 프레임)



(c) 좌, 우 영상 (2번째 프레임)



(d) 변이 지도 (2번째 프레임)

그림 6. 1번째와 2번째 프레임의 스테레오 영상 및 시차지도

상 7 프레임을 실험에 사용하였으며, 변이 추정에 사용된 블록 크기는 4×4 로, 변이 벡터의 탐색구간 ±32 을 적용하여 변이를 추정하였다. 이동물체를 검출하기 위해서 먼저, 1단계의 변이 지도들에서 후보 영역들을 찾아내게 된다. 표 1은 1단계에서 구한 변이 지도들의 비교에 의해서 발견된 후보영역들의 좌표 값을 나타낸 것이다.

표 1은 본 논문에서 제시한 DMV를 통하여 검출된 후보영역의 좌표값으로, 시작 좌표 (x,y)는 후보영역의 좌측 상단 부분이고, 끝 좌표 (x,y)는 후보영역의 우측 하단 부분의 좌표를 중앙 좌표 (x,y)는

표 1. 후보영역의 좌표 검출 결과

좌표 \ 후보영역	Cand1	Cand2	Cand1'	Cand2'
시작좌표(x, y)	(56, 124)	(113, 120)	(56, 124)	(113, 120)
끝 좌표(x, y)	(96, 140)	(153, 136)	(96, 140)	(153, 136)
중앙좌표(x, y)	(76, 132)	(133, 128)	(76, 132)	(133, 128)

이것들의 중앙 좌표를 나타낸다.

표 2는 후보 영역들 간에 비용함수를 적용하여 구한 함수값의 결과를 나타낸 것이다. 따라서, 표 2로부터 비용함수 값이 최소가 되는 경우를 선택하여 두개의 실 영역을 찾아내게 된다.

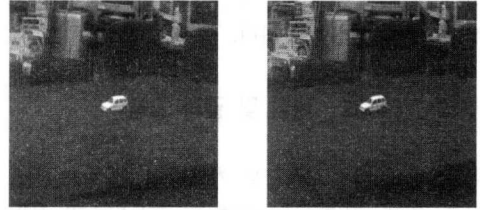
표 2. 4가지 경우에 대한 비용함수 적용 결과

함수값 \ 경우	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
비용함수 값	351	213	58	547

비용함수의 적용결과 정확한 추정이 이루어진다 면 실제 물체가 있는 두 영역의 값은 다른 후보 영역들에 비해서 최소의 값을 가지게 된다. 왜냐하면 물체에 해당되는 변이 값은 연속되는 입력 영상 사이에서는 거의 같기 때문이다. 따라서, 표 2에 나타난 것과 같이 후보 영역들간의 비용함수를 적용한 결과 그 값이 최소가 되는 경우는 Case 3이 됨으로 이 경우에 해당되는 두 영역인 Cand1'와 Cand2'를 실제 물체 영역으로 판단하게 된다. 따라서, 후보 영역의 센터값의 차이가 +인 경우는 오른쪽과 위쪽으로 그리고, -인 경우는 왼쪽과 아래쪽으로 이동하도록 하여 여기의 경우 Cand1'와 Cand2'의 차이 값이 (-57, 4)이므로, 왼쪽으로 57 pixel만큼, 위쪽으로 4 pixel 만큼의 값만큼 팬/틸트가 움직이게 된다.

그림 7은 팬/틸트의 제어로 이동 물체가 추적된 후의 스테레오 입력영상을 보여준 것이다. 그림 7의 (a)는 그림 6의 (a)와 (c)인 1번째와 2번째 프레임의 스테레오 입력 영상에 본 논문에서 새로이 제시한 DMV 기반의 추적 알고리즘을 적용하여 입력으로 들어온 2번째 프레임의 추적 후의 스테레오 영상을 나타낸 영상이다. 또한, 그림 7의 (b)는 그것의 합성영상을 보여준 것이다.

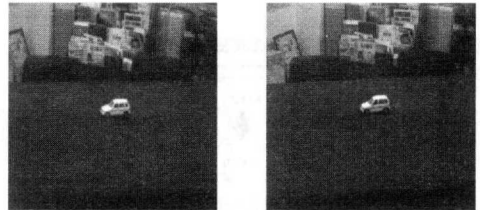
먼저, 그림 7의 (a) 결과를 그림 6의 (a)와 비교해 보면 추적 전에는 물체의 이동으로 물체가 입력 영상의 중심에서 이탈되어 있었으나 추적 후에는 다시 영상의 중심으로 이동한 것을 볼 수 있다. 이



(a) 추적후의 좌, 우 영상 (2번째 프레임)



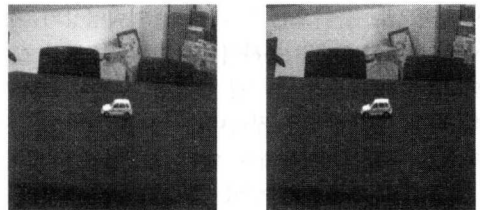
(b) 합성 영상 (2번째 프레임)



(c) 추적후의 좌, 우 영상 (3번째 프레임)



(d) 합성 영상 (3번째 프레임)



(e) 추적후의 좌, 우 영상 (4번째 프레임)



(f) 합성 영상 (4번째 프레임)

그림 7. 추적 후의 스테레오 영상 및 합성 영상

는 제안된 기법을 통해 효과적으로 팬/틸트가 제어되어 스테레오 물체추적이 이루어지고 있다는 것을 의미한다. 그리고, 그림 7의 (b)에서 보면 중앙의 표적 물체는 하나로 보이고 기타 주변 물체는 좌, 우 영상이 겹쳐서 보임을 알 수 있다. 이는 제안된 기법에 의해 스테레오 카메라의 주시각이 제어되어 표적물체의 스테레오 시차가 효과적으로 제거되었음을 보여주는 것이다. 그림 7의 (c), (e)는 같은 방법으로 물체가 추적된 3번째, 4번째 프레임의 스테레오 입력 영상을 각각 나타낸 것이며, 그림 7의 (d), (f)는 그것들의 합성 영상을 각각 나타낸 것이다. 3, 4번째 프레임 역시 제안된 기법으로 효과적으로 팬/틸트가 제어되어 물체가 영상의 중앙에 위치하고 합성영상 역시 스테레오 시차가 제거됨을 볼 수 있다.

표 3은 실제 물체의 이동 거리와 제안된 방법을 이용한 실험을 통하여 얻어진 물체의 이동 거리를 비교한 것이다. 표 3에서 보여주는 바와 같이 이동 거리의 에러가 단지 0~2 픽셀 정도로 작음을 확인할 수 있었다.

표 3. 표적 물체의 이동 거리 값

프레임 \ 이동거리	실제값		실험값	
	상대 이동거리	절대 이동거리	상대 이동거리	절대 이동거리
1	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
2	(56, -5)	(56, 5)	(57, -4)	(57, 4)
3	(60, -5)	(116, 5)	(58, -6)	(115, 6)
4	(61, -1)	(177, 9)	(63, -1)	(178, 11)

또한, 그림 8은 표3의 결과를 3차원 공간상에 보여준 것이다. 여기서 표3의 절대 좌표값만을 고려하여, 물체의 누적 이동거리를 실제값과 실험값의

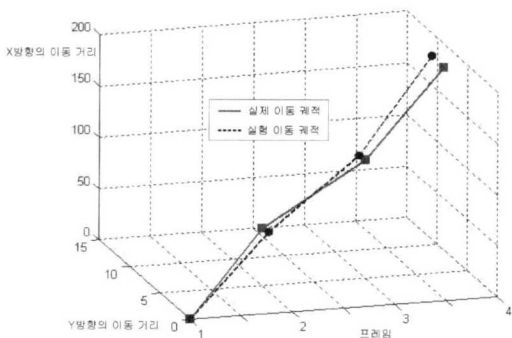


그림 8. 표적 물체의 이동 거리 궤적

경우에 대하여 비교하여 나타내었다.

표 4는 물체의 추적 에러율을 나타낸 것이다. 여기서, 에러율은 실제 물체 이동치와 추적 실험 결과치 사이의 차이의 절대치를 실제 물체의 이동치로 나누어 준 값이다. 추적 결과 평균 에러율이 약 3.29 %로 나타났다. 따라서, 이상의 실험결과를 통해 본 논문에서 새로이 제안한 DMV에 기반한 물체 추적기법은 앞으로 실제적인 스테레오 물체 추적 시스템에 적용이 가능하리라 판단된다.

표 4. 표적 물체의 추적 에러율

프레임 \ 에러	2	3	4
에러율 (%)	2.52	3.71	3.66
평균 에러율(%)	3.29		

IV. 결론

본 논문에서는 변이 움직임 벡터에 기반한 새로운 스테레오 물체 추적 시스템을 제안하였다. 즉, 제안된 방법에서는 순차적인 변이 움직임 벡터를 사용하여 이동 물체의 영역과 그것의 위치좌표를 효과적으로 검출할 수 있었다. 그리고, 이를 위치정보를 이용하여 팬/틸트를 제어해 줌으로써 최종적으로 표적 물체의 추적이 가능하였다. 256×256 픽셀 크기의 스테레오 영상 7 프레임을 사용한 물체추적 실험 결과, 표적 물체의 실제위치와 실험을 통해 얻은 이동 위치와의 평균 에러율이 약 3.29%로 낮게 나타남으로써 본 논문에서 새로이 제안한 DMV기반의 스테레오 물체 추적 시스템이 적응적으로 동작되고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 제안된 방법은 스테레오 입력영상 시퀀스로부터 추출된 변이 움직임 벡터가 스테레오 물체추적 뿐만 아니라 다 시점 스테레오스코픽 3D 디스플레이에도 사용될 수 있기 때문에 기존의 스테레오 물체 추적 알고리즘의 간소화와 더불어 실제적인 실시간 스테레오 물체 추적 및 3D 디스플레이 시스템의 구현 가능성을 보였다.

참고 문헌

[1] 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*

Comm., vol. 191, pp. 191-202, May 2001.

- [2] J. S. Lee, C. W. Seo, and E. S. Kim, Implementation of opto-digital stereo object tracking system, *Optics Comm.*, vol. 200, pp. 73-85, December 2001.
- [3] S. T. Lim, K. H. Bae, E. S. Kim, "A New Approach for 3-Dimensional Object Tracking & Display System", *Proc. of SPIE*, Vol. 4736, April 2002.
- [4] D. J. Coombs and C. M. Brown, "Cooperative gaze holding in binocular vision", *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 11, pp. 24-33, June 1991.
- [5] David Coombs and Christopher Brown, "Real-time binocular smooth pursuit", *International Journal of Computer Vision*, vol. 11, no. 2, pp. 147-164, 1993.
- [6] Priyan Victor S. Grinberg, Gregg Podnar and M. W. Siegel, Geometry of binocular imaging", *Proc. SPIE Internat. Conf. on Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems*, Vol. 2177, San Jose, CA, 6-10, pp. 56-65, February 1994.
- [7] D. Gunatilake, M. W. Siegel, A. G. Jordan, "Compression of Stereo Video Streams", in *SMPTE Proc. International Workshop on HDTV '93*, Ottawa, Ontario, CANADA, Elsevier, October 1993.
- [8] M. K. Steliaros, G. R. Martin, and R. A. Packwood, "Parallelisation of Block Matching Motion Estimation Algorithms", *Technical Report CS-RR-320*, Department of Computer Science, University of Warwick, Coventry, UK, January 1997.
- [9] Anthoy Mancini, "Disparity estimation and intermediate view reconstruction for noble applications in stereoscopic video", *Master Thesis*, McGill University, February 1998.
- [10] Cheng Hong Yang, "Geometric Models in Stereoscopic Video", *Rapport technique de l'INRS-T'el'ecommunications*, no. 95-12, 1995.
- [11] D.V. Papadimitriou and T.J. Dennis, "Epipolar line estimation and rectification for stereo image pairs", *IEEE Trans. on image processing*, vol. 5, no. 4, April 1996.

임 송 택(Song-Taek Lim)

정회원



2001년 2월 : 대전대학교 전자공
학과 공학사

2001년 3월~현재: 광운대학교
전자공학과 석사과정

<주관심 분야> 3차원 영상처리, 스테레오 물체추적

김 은 수(Eun-Soo Kim)

정회원

한국통신학회지 Vol.24, No. 9A 참조