

블록정합 알고리즘과 광 JTC를 이용한 스테레오 물체추적 시스템

정희원 이재수*, 이용범**, 김은수***

Stereo Object Tracking System using Block Matching Algorithm and Optical JTC

Jae-Soo Lee*, Yong-Bum Lee**, Eun-Soo Kim*** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 복잡한 배경하에서 카메라가 움직이는 경우 스테레오 물체 추적을 위한 새로운 접근 방법으로 블록 정합 알고리즘을 사용하여 추적 물체와 배경을 분리 한 후, 광 JTC를 이용해 주시각 및 팬/틸트 제어 값을 동시에 구함으로써 좌, 우측 카메라를 제어할 수 있는 스테레오 물체 추적 시스템을 제시하였다. 배경이 존재하는 여러 종류의 영상 프레임에 대한 추적실험 결과 배경 잡음에 강건하고 적용적으로 이동 물체의 위치를 추적할 수 있었으며, 광 JTC 시스템을 이용함으로써 스테레오 자동 물체추적 시스템의 실시간 구현의 가능성을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new adaptive stereo object tracking system that can be used when the background image is complex and the cameras are not fixed. In this method, we use the Block Matching Algorithm to separate the tracking object from the background image and then the optical JTC system is used to obtain the convergence-controlling and pan/tilt-controlling values for the left and right cameras. The experimental results are found to track the object robustly & adaptively for the object tracking in various background images, and the possibility of real-time implementation of the proposed system by using the optical JTC is also suggested.

I. 서 론

일반적으로 사람이 이동 물체를 주시할 때는 물체를 자연스럽게 보기 위해 눈동자의 좌,우를 움직여 추적물체의 스테레오 시차(stereo disparity) 값이 항상 영이 되도록 주시각(convergence angle)을 맞추고, 이동물체가 시야에서 벗어나지 않도록 하기 위해 머리를 돌려 이동물체를 추적하게 된다. 이와 같이 사람의 눈 구조를 닮은 입체영상 시스템의 연

구^[1]에서는 사람의 눈과 같이 움직이며 영상을 획득하여 자연스럽게 입체영상을 볼 수 있는 전반적인 스테레오 비전 시스템의 연구^[2]와 자연환경에서 임의의 형태로 움직이는 이동 물체를 실시간적으로 추적할 수 있는 스테레오 물체 추적기^[3]에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

스테레오 비전 시스템에서 물체 추적은 2차원 물체추적 시스템과는 달리 사람의 눈동자와 같이 물체의 거리에 따라 카메라의 주시각을 제어하고 동시에 물체를 추적하는 기능을 가지고 있어야 한

* 김포대학 전자정보계열(jslee@kimpo.ac.kr)

** 한국원자력연구소 로봇기술개발실(yblee2@kaeri.re.kr)

*** 광운대학교 전자공학과(eskim@daisy.kwangwoon.ac.kr)

논문번호 : 99502-1244, 접수일자 : 1999년 12월 24일

다. 그러나 스테레오 영상의 시점이 일치하지 않으면 즉, 주시각이 제어되지 않으면 관측자에게 피로감을 주고 정확한 입체감을 느끼지 못하게 된다. 또한 스테레오 영상이 화면의 중앙에 있지 않을 경우에는 이동 물체의 추적이 어렵게 된다.

주시각 제어는 추적물체에 좌, 우 각 카메라의 시점을 일치시키는 것으로써 추적 물체의 스테레오 시차를 0으로 유지하는 것이며 물체 추적은 항상 화면의 중앙에 추적 물체가 위치하도록 제어하는 것이다. 이와 같이 스테레오 물체 추적은 주시각 제어기능 이외에 추적 물체가 화면의 중앙에 항상 위치하도록 스테레오 카메라의 관측 방향을 제어할 수 있는 팬/틸트 기능을 지니고 있어야 한다.

일반적으로, 차원 물체 추적에 여러 가지 방법이 사용되고 있지만 그 중에서 입력 영상에서 물체의 무게 중심을 구해 물체를 추적하는 무게 중심법(centroid method)^[4]과 연속적으로 입력되는 물체의 상관(correlation)을 통해 일치 정도를 구하는 상관기법(correlation method)^{[5][6][7]} 등이 많이 사용되고 있다. 그러나 무게 중심법은 관측 대상물체와 배경의 분리정도 및 배경 상태에 따라 성능이 크게 좌우되기 때문에 배경이 존재하는 경우에는 많은 제약이 따른다. 또한 상관 기법을 이용하는 경우에도 배경이 단순할 경우에는 문제가 없지만, 배경이 복잡한 열악한 환경에서는 추적 물체만 판별하기가 어렵기 때문에 추적 물체를 잘못 인식하는 오류를 범할 수 있을 뿐만 아니라 과도한 계산량으로 실시간적 구현이 제한되고 있다.

따라서, 본 논문은 스테레오 비전 시스템에서 복잡한 배경이 존재하고 카메라가 움직이는 경우의 스테레오 물체추적기 구성을 위한 새로운 접근 방법으로 움직임 보상 부호화(MCC, motion compensated coding)에서 사용되고 있는 블록 정합 알고리즘(BMA, block matching algorithm)^[8]으로 한 쪽 영상에서 추적 물체와 배경을 분리하고, 좌, 우 두 영상간에 팡 JTC (joint transform correlator)를 실행하여 추적 물체의 위치좌표를 구하여 이 위치 좌표값을 이용해 스테레오 카메라의 주시각과 팬/틸트를 동시에 제어할 수 있는 실시간 스테레오 물체추적 시스템을 제시하고자 한다.

II. 스테레오 물체 추적기

스테레오 비전 시스템은 좌, 우측의 두 영상과 디스플레이 장치를 이용해 물체를 입체적으로 나타내

는 시스템이다. 그리고 좌,우측 카메라의 스테레오 입력 영상에서 이동물체의 주시각을 제어하면서 자동적으로 추적 물체가 항상 영상의 중앙에 위치하도록 제어하는 것이 스테레오 물체추적 시스템이다. 특히, 배경이 존재하고 이동 물체를 따라 카메라가 움직일 경우 스테레오 자동 물체 추적 시스템의 성능은 추적 물체와 배경의 분리 정도, 스테레오 영상의 주시각 제어 및 물체추적 방법에 의해 좌우된다.

그림 1은 이동 물체에 대한 주시각 제어의 개념도를 보여 주는 것으로써 좌,우 카메라 사이의 각도를 주시각이라 한다.

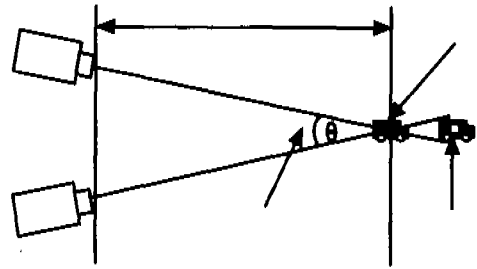


그림 1. 이동 물체에 대한 주시각 제어의 개념도

그림에서 ①의 경우는 카메라의 주시각이 제어되어 추적 물체의 스테레오 시차가 없으므로 정확한 입체 영상을 볼 수 있어 관측자가 피로감을 느끼지 않을 뿐만 아니라 작업 효율을 크게 향상시킬 수 있다. 반면에 ②의 경우는 이동 물체의 주시각이 제어되지 않아 스테레오 시차가 존재하여 한 화면에 2개의 추적물체 영상이 겹쳐 나타나 눈의 피로감을 느끼게 한다.

그리고 스테레오 물체 추적에서 입력영상으로부터 추적 물체의 현재 위치를 추출할 수 있다면, 카메라 주시각 및 팬/틸트의 동시 제어가 가능하지만, 스테레오 영상처리에서 스테레오 시차만 추출하는 경우에는 물체의 현재위치 정보를 따로 구해야만 한다. 일반적으로 상관기법을 이용한 스테레오 영상처리의 경우 물체의 위치좌표를 구할 수 있으므로 주시각과 팬/틸트의 동시 제어가 가능하다.

III. BMA와 팡 JTC를 이용한 스테레오 물체추적

그림 2는 스테레오 물체 추적을 위한 구성도를

나타낼 것이다. 좌, 우측 카메라의 입력 영상은 스테레오 입체 디스플레이 장치를 통해 초당 30프레임의 아날로그 신호를 직접 디스플레이 시켜주므로 실시간적으로 이동 물체 추적을 스테레오로 볼 수 있다. 물체 추적 과정은 먼저 좌,우측 입력 영상을 컴퓨터 메모리 버퍼에 저장한 후 이 영상들로부터 BMA와 광 JTC를 수행하여 추적 물체의 위치 좌표값을 구한다. 이를 제어값으로 사용하여 좌,우측 카메라의 주시각 및 팬/틸트를 제어함으로써 이동 물체를 입체영상 디스플레이 장치의 중앙에 위치시킬 수 있으므로 스테레오 물체추적이 가능하게 된다.

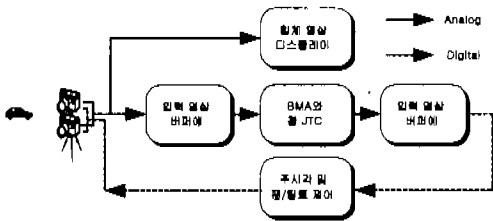


그림 2. 스테레오 물체추적기의 구성도

이동 물체의 주시각을 제어하면서 추적 물체가 영상의 중앙에 위치하도록 제어하는 스테레오 물체 추적기에서 배경이 복잡하게 산재해 있으면 배경과 추적 물체가 같이 이동되기 때문에 추적 물체만 분리하여 추적하기가 어렵다. 또한 스테레오 물체 추적의 경우에는 좌, 우측 영상을 동시에 추적하면서 스테레오 시차를 없애주는 주시각 제어가 더 추가되므로 복잡해지게 된다.

따라서, 본 논문에서는 물체 추적의 전처리 과정으로 불특정합 알고리즘(BMA)을 이용해 좌측 영상에서 추적물체를 배경으로부터 분리하여 이 영상과 우측 영상간에 광 JTC를 실행함으로써 스테레오 시차를 없애 주고 추적 물체를 중앙에 놓이도록 카메라를 제어하는 스테레오 물체 추적기를 제안하였다.

그림 3은 좌, 우측 카메라로부터 영상을 입력받아 BMA와 광 JTC를 이용해 스테레오 물체추적 과정의 흐름도를 나타낸 것이다.

그림 3에서 $k(t-1)$ 는 $(t-1)$ 시간에 입력받은 좌측 영상이고, $k(t)$ 와 $r(t)$ 는 물체가 이동한 현재의 t 시간에 입력된 좌측과 우측 영상을 나타낸다. 여기서 $k(t-1)$ 과 $k(t)$ 영상은 카메라의 이동 없이 저장된 영상이므로 추적 물체만 이동되고 배경은 동일

한 영상이 된다. 따라서 배경이 동일하므로 BMA를 이용해 t 시간의 좌측영상에서 이동 물체의 위치를 추출할 수 있다. 그리고 $l'(t)$ 는 $k(t-1)$ 과 $k(t)$ 의 두 영상으로부터 불특정합 알고리즘으로 추적 물체의 위치 $(x - \Delta x_L, y - \Delta y_L)$ 을 추출하여 배경을 분리한 후에 추적 물체만 화면의 중앙에 위치시킨 영상이다. 이 때 추적 물체를 중앙으로 이동시킨 값 $(-\Delta x_L, -\Delta y_L)$ 은 좌측 카메라의 물체추적 제어값이 된다.

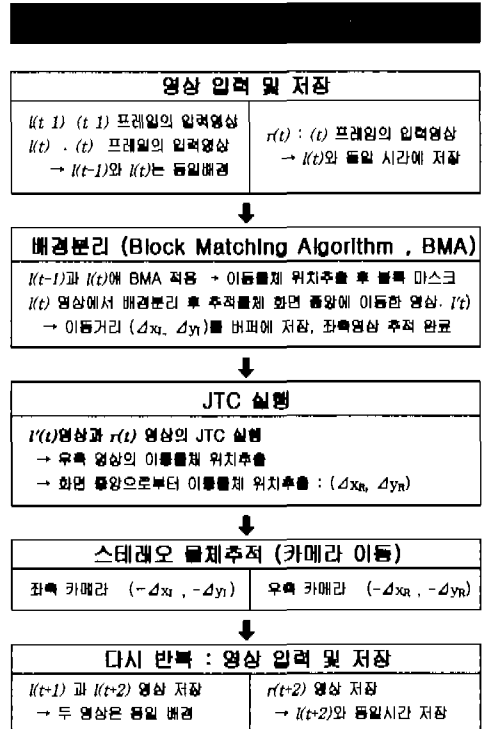


그림 3. 스테레오 물체추적의 흐름도

1. 불특정합 알고리즘(BMA)

연속된 영상에서 움직이는 물체는 영상간에 픽셀(pixel)값을 변화시키며, 이 픽셀값 변화는 물체의 이동값을 나타내는 수학적 모델의 계수를 추정하는 데 사용된다. 이때 물체의 이동을 나타내는 수학적 모델로 움직임 보상 부호화(MCC)에서 사용되고 있는 BMA는 주로 상관 관계를 이용한다.

일반적으로 움직이는 물체에는 회전 운동 또는 크기의 확대나 축소가 있을 수 있으나 BMA는 시간 경과에 따른 물체의 변형, 즉 이전 프레임에서의 물체는 현재 프레임에서 변형이 많이 생기지 않고 물체의 움직임은 단지 그 물체를 구성하는 불특정

의 움직임으로 근사 시킬 수 있다는 전제하에 사용되는 움직임 추정 방식으로 주로 동영상 혹은 스테레오 영상의 압축에 많이 응용되고 있다. 그리고 블록 정합의 대표적인 방법으로 탐색 영역내의 모든 점들을 후보점으로 하고 움직임 벡터를 추정하는 전역 탐색(FS: full search)방식 및 고속 알고리즘을 이용한 3단계(TSS: three step search) 방식, 단계별 방향전환 탐색(one at a time search)등이 있으며, 본 논문에서는 수정된 전역 탐색을 사용하였다.

스테레오 물체 추적기에서 물체 추적이 실시간으로 이루어진다고 가정하면 항상 추적 물체가 영상의 중심에 근사해 있다고 볼 수 있다. 따라서 추적 물체는 항상 입력 영상의 중심에서 약간 이동해 있으므로 BMA의 전역 탐색(FS) 알고리즘을 입력 영상의 중심 범위에만 한정하여 적용하면 전역 탐색의 문제점인 계산량을 줄일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 제한된 블록에만 전역 탐색 알고리즘을 적용하여 추적 물체와 배경을 분리하였다.

입력 영상 $K(t-1)$ 과 $K(t)$ 의 전체 화면은 그림 4처럼 256x256 픽셀로 저장하고, 영상의 중심 좌표를 (0,0)으로 정하면, x, y축 범위의 좌표는 -128~128 (256x256 픽셀)로 각각 나타낼 수 있다. 그리고 입력 영상의 1/2블록(-64~64, 128x128 픽셀)을 탐색 영역으로 한정하였다.

이동 성분을 구하는 방법은 입력영상 $K(t-1)$ 과 $K(t)$ 에서 제한된 블록(-64~64)에 대하여 정합의 척도인 식(1)의 절대평균오차 (MAD: mean absolute difference)로 비교하여 구하였다.

$$MAD(m, n) = \frac{1}{S^2} \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S |I_t(x+i, y+j) - I_{t-1}(x+i, y+j)| \quad (1)$$

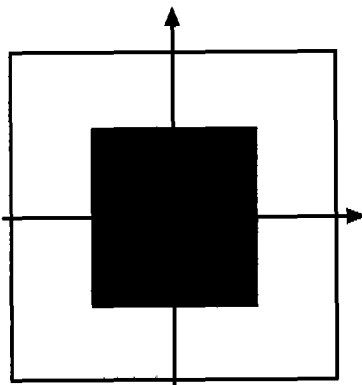


그림 4. 입력 영상과 탐색 영역

여기서 S는 블록 정합을 위한 블록의 크기이며, $I_t(x+i, y+j)$ 와 $I_{t-1}(x+i, y+j)$ 은 t와 t-1프레임에서 각각의 픽셀값을 나타낸다. 그리고 S는 8로 고정된 크기의 8x8 픽셀의 블록으로 탐색을 하였으며, m과 n은 탐색범위(128x 28)를 나타낸다.

t-1프레임과 t 프레임에서 입력된 좌측 영상인 $K(t-1)$ 와 $K(t)$ 는 동일한 배경이므로 추적 물체의 이동 성분만 존재한다고 볼 수 있다. 따라서 서로 일치하는 부분의 블록은 MAD가 0에 근사하므로 이 영역은 배경으로 간주하여 제거하였다. 따라서 블록 정합에서 서로 일치하지 않는 영역, 즉 MAD값이 크게 나타나는 영역은 추적 물체가 이동하여 존재하는 영역이다. 그리고 현재영상 $K(t)$ 에서 추적 물체가 존재하는 이 영역에 대하여 윈도우 마스크(window mask)를 씌우고 나머지를 모두 제거하면, 배경이 모두 제거되고 추적 물체만 남게 된다. 그리고 이동성분이 없어 모두 제거될 경우에는 이동이 없었던 것으로 간주하였다.

다음에 현재영상 $K(t)$ 에서 추적 물체가 존재하는 블록 윈도우의 위치를 통해 추적 물체의 위치좌표를 구할 수 있으므로 그림 5의 (b)처럼 추적 물체만 영상의 중심으로 이동시킬 수 있다.

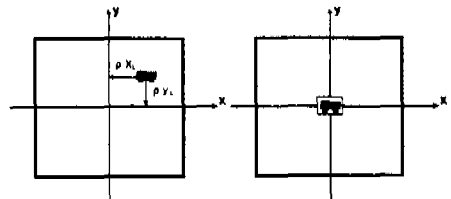


그림 5. 좌측 카메라의 영상
(a) $K(t)$ 영상 (b) $K'(t)$ 영상

그림 5의 (a)는 t 시간의 좌측 입력영상 $K(t)$ 이고, (b)는 $K(t)$ 영상의 추적 물체를 중심으로 위치시킨 영상 $K'(t)$ 를 나타낸 것이다.

이동시킨 값을 통해 $K(t)$ 에서 화면의 중심으로부터 떨어진 추적 물체 $I_t(x-\Delta x_L, y-\Delta y_L)$ 의 위치좌표($\Delta x_L, \Delta y_L$)를 구할 수 있다. 따라서 $K'(t)$ 는 좌측 영상의 배경을 분리하여 추적 물체를 $(-\Delta x_L, -\Delta y_L)$ 만큼 이동시켜 영상의 중심으로 위치시킨 영상이 된다.

2. 광 JTC 과정

다음에는 좌측의 $K'(t)$ 영상과 우측의 $K(t)$ 영상간의 광 JTC를 수행하여 우측 영상에서 추적 물체의 위

치값을 구하게 된다. 여기서 좌측 영상 $l'(t)$ 는 전처리 과정을 통해 배경을 분리하여 추적 물체만 중앙에 존재하므로 두 영상간에 광 JTC를 수행하면 우측 영상의 배경에 관계없이 우측 영상에서 추적 물체의 정확한 위치 $(x - \Delta x_R, y - \Delta y_R)$ 를 구할 수 있다.

이 값을 이용해 우측 카메라의 제어값 $(-\Delta x_R, -\Delta y_R)$ 을 구하게 된다. 따라서 전처리에서 구한 좌측 카메라의 제어값 $(-\Delta x_L, -\Delta y_L)$ 과 우측 카메라의 제어값 $(-\Delta x_R, -\Delta y_R)$ 을 이용하여 스테레오 물체 추적을 하게 된다.

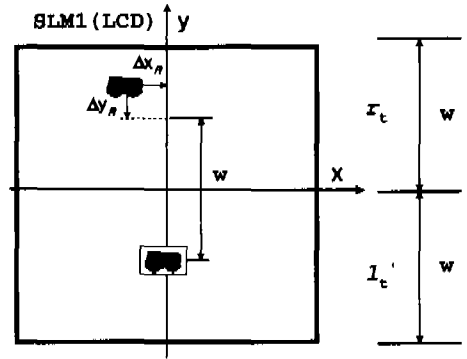


그림 7. 광 JTC 시스템의 입력평면

그림 7에서 입력되는 좌측 영상 $l'(t)$ 와 우측 영상 $r(t)$ 는 각각 $l'_i(x, y - \frac{w}{2})$ 와 $r_t(x - \Delta x_R, y - \Delta y_R + w/2)$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 $2w$ 는 LCD의 높이이고, $(\Delta x_R, \Delta y_R)$ 는 t 시간에 우측 영상의 추적 물체가 중심으로부터 떨어진 거리가 된다. 이 때 기준영상 $l'(t)$ 와 비교영상 $r(t)$ 간에 푸리에 변환한 광 간섭세기 분포인 JTPS는 식 (2)로 나타낼 수 있다.

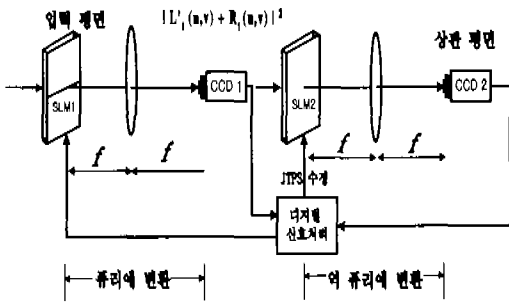


그림 6. 광 JTC 시스템의 구성도

그림 6은 t 시간의 $l'(t)$ 와 $r(t)$ 영상간에 대한 광 JTC 시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 입력평면에서 SLM1의 영상은 $l'(t)$ 와 $r(t)$ 영상으로 구성되며 이 영상은 렌즈에 의해 푸리에 변환되어 JTPS(joint transform power spectrum)형태로 CCD1에 검출되게 된다. 이 JTPS값은 디지털적으로 신호처리 되어 SLM2의 입력값으로 사용되어 다시 역 푸리에 변환되면 CCD2에서 추적 물체의 상대 거리에 따른 상관 침두치를 얻을 수 있다. 따라서 두 영상간의 광 JTC 실행으로 우측 영상에서 추적 물체가 중심으로부터 떨어진 거리를 구할 수 있으며 이 값은 우측 카메라의 제어값으로 사용된다.

그림 6에서 푸리에 입력 평면은 그림 7과 같이 2단으로 분리하여 광 JTC 입력 평면으로 나타낼 수 있다.

그림 7에서 아래 평면은 기준평면 [$l'(t)$]이고, 위 평면은 비교평면 [$r'(t)$]으로 두 영상을 동시에 위치시키고 상관시키게 된다. 이 입력 평면을 사용해 광 JTC를 수행함으로써 상관평면에서 우측 영상의 이동 물체가 화면의 중심으로부터 이동한 위치를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 E_{JTC}(u, v) &= |L'_i(u, v) + R_t(u, v)|^2 \\
 &= |L'_i(u, v)|^2 + |R_t(u, v)|^2 \\
 &\quad + L'_i(u, v) R_t^*(u, v) + L_i^{**}(u, v) R_t(u, v)
 \end{aligned} \tag{2}$$

여기서, (u, v) 와 $*$ 은 푸리에 공간좌표와 복소공액값, $L'_i(u, v)$ 와 $R_t(u, v)$ 는 기준영상 l'_i 와 우측영상 r_t 의 푸리에 변환을 각각 나타낸다. 식(2)을 다시 역 푸리에 변환하면 식(3)과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned}
 c_{JTC}(x, y) &= \mathcal{F}^{-1} \{ E_{JTC}(u, v) \} \\
 &= l'_i(x, y) \otimes l'_i(x, y) + r_t(x, y) \otimes r_t(x, y) \\
 &\quad + l'_i(x, y) \otimes r_t(x, y) * \delta[x + \Delta x_R, y + \Delta y_R - w] \\
 &\quad + r_t(x, y) \otimes l'_i(x, y) * \delta[x - \Delta x_R, y - \Delta y_R + w]
 \end{aligned} \tag{3}$$

식(3)에서 첫 번째 항과 두 번째 항은 자기 상관에 대한 성분을 나타내는 것으로 디지털적으로 JTPS를 재구성하여 제거 할 수 있다. 세 번째 항과 네 번째 항은 두 영상간의 상호 상관성분으로 상관 침두치는 DC를 중심으로 좌표 $[+\Delta x_R, \pm(\Delta y_R - w)]$ 에 원점 대칭으로 나타난다. 이 두 영

상간의 최종 상관 침두치 $[\pm \Delta x_R, \pm(\Delta y_R - w)]$ 로부터 이동 물체의 이동 위치좌표 $(\Delta x_R, \Delta y_R)$ 를 얻을 수 있다.

따라서 이 두 과정을 통해 t 시간의 좌, 우측 영상에서 중심으로부터 떨어진 추적 물체의 위치좌표 $l_i(x - \Delta x_L, y - \Delta y_L)$ 과 $r_i(x - \Delta x_R, y - \Delta y_R)$ 를 각각 구할 수 있다. 그리고 위치 좌표 값은 스테레오 물체 추적의 주시각 및 팬/틸트 제어값으로써 좌측 카메라는 $(-\Delta x_L, -\Delta y_L)$ 만큼 이동시키고, 우측 카메라는 $(-\Delta x_R, -\Delta y_R)$ 만큼 이동시키면 두 영상을 동시에 화면의 중심에 위치시킬 수 있으므로 스테레오 자동 물체추적이 가능하다.

IV. 시뮬레이션 추적 결과

그림 8는 좌, 우측 카메라에서 입력된 4 프레임의 스테레오 영상을 보여주고 있다.

입력영상에 사용된 카메라는 동경전자(주)의 CS-8239B(최대 768x494 픽셀)를 사용하였다.

영상 저장용 프레임 그레버는 Matrox사의 Metro II/4 와 Metro II M C/2의 2개를 사용하여 2채널의 영상을 실시간으로 저장하였고, 디지털 시스템은 펜티엄 II-400 (128MB)를 사용하였다.

그림 9는 광 JTC를 실행하기 위한 입력 영상인 $l'(t), r(t)$ 영상과 광 JTC를 실행한 후 상관 평면에서 나타나는 상관 침두치를 각각 보여주고 있다.

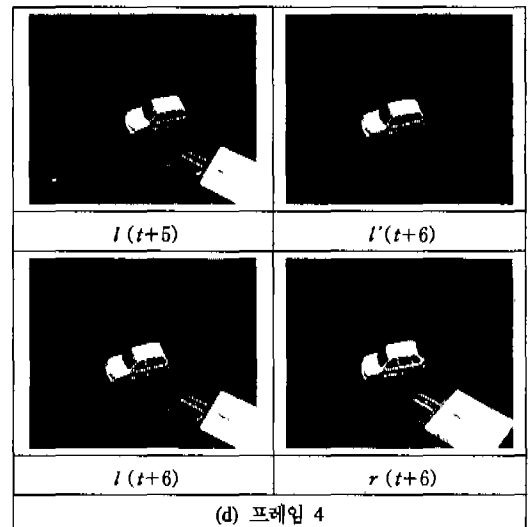
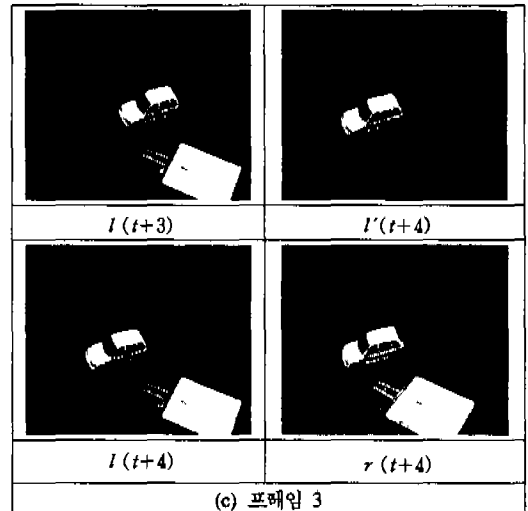
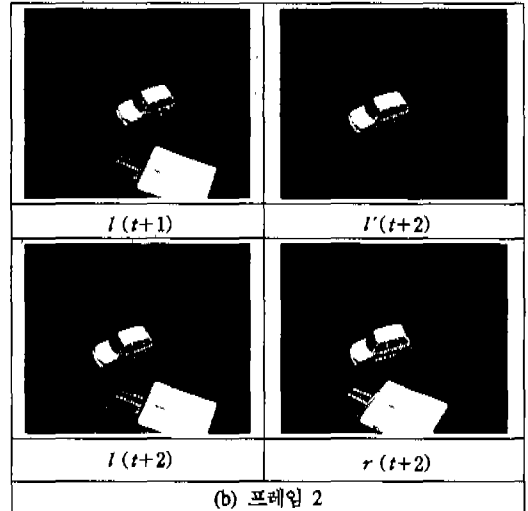
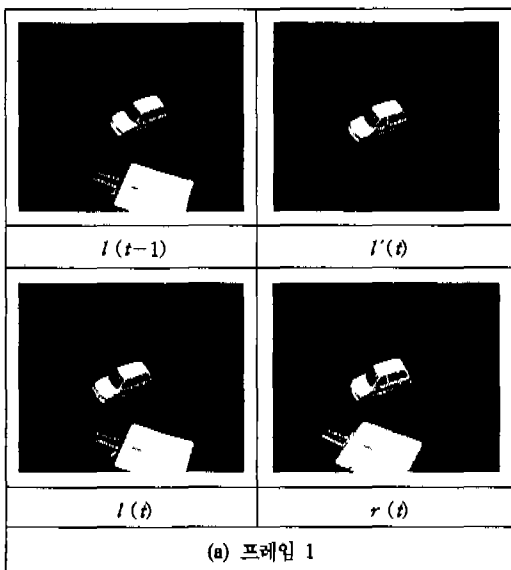


그림 8. 스테레오 입력 영상(4 프레임)

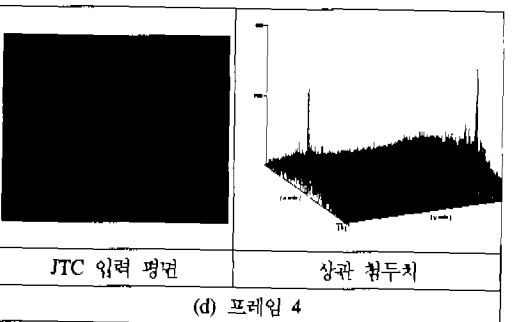
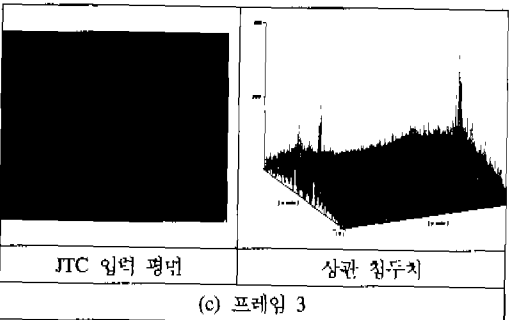
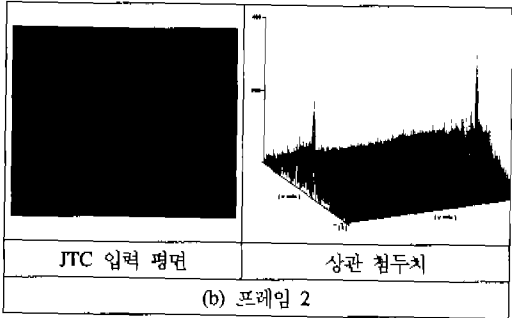
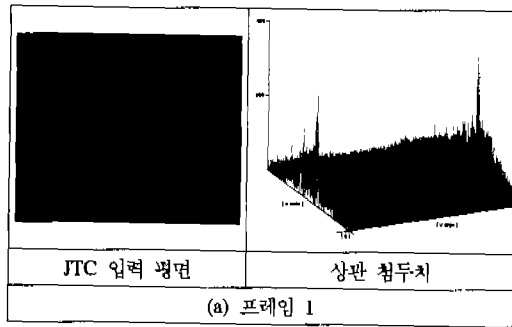


그림 9. 광JTC 시뮬레이션 결과

이 상관 침투치의 위치좌표값을 이용하여 우측 영상의 추적 물체가 화면의 중심으로부터 떨어진 거리 ($\Delta x_R, \Delta y_R$)를 구할 수 있다.

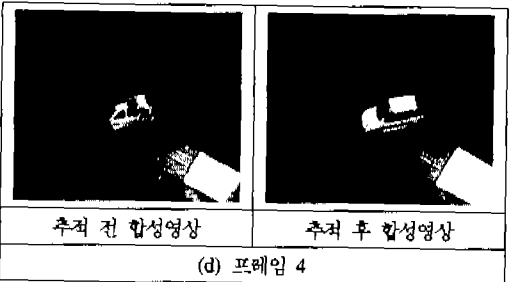
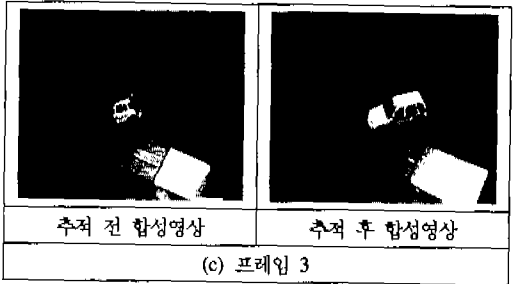
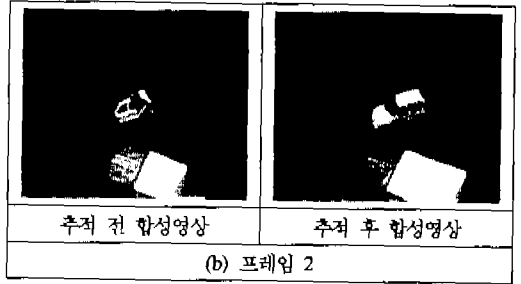
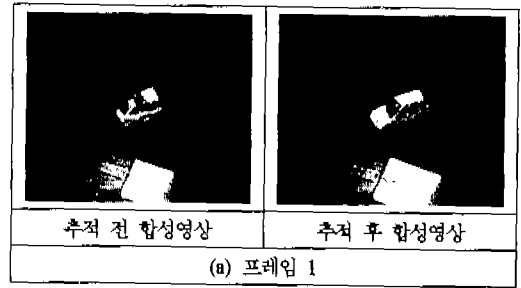


그림 10. 이동물체의 시뮬레이션 추적결과

그림 10은 그림 8의 입력 영상에서 $k(t)$ 와 $x(t)$ 의 4 프레임 영상에 대하여 추적하기 전의 스테레오 합성영상과 추적한 후의 스테레오 합성영상을 나타낸 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 복잡한 배경이 존재하고 카메라가 움직이는 스테레오 영상에서 불특정합 알고리즘으로 추적 물체와 배경을 분리하고 광 JTC를 이용하

여 주시각 및 팬/틸트 제어값을 구하여 좌, 우측 카메라를 동시에 제어하는 새로운 스테레오 물체 추적 시스템을 제시하였다. 배경이 존재하는 여러 종류의 영상 프레임에 대한 추적실험 결과 배경잡음 하에서도 강건하고 적용적으로 이동물체의 추적이 가능하였으며, 팡 JTC 시스템을 이용함으로써 스테레오 자동물체 추적 시스템의 실시간적 구현의 가능성을 또한 제시하였다.

참 고 문 헌

[1] T. J. Olson and D. J. Coombs, "Real-Time Vergence Control for Binocular Robots," Intl. J. of Computer Vision, Vol.7, No.1, pp.67-89, 1991

[2] David Drascic, "An Investigation of Monoscopic and Stereoscopic Video for Teleoperation," MASC Thesis, Univ. of Toronto, April 1991

[3] K.T. Kim, J.S. Lee, S.H. Kim, E.S. Kim, S.Y. Park, Y.B. Lee, "Human-like Stereo Vision System based on Optical JTC" SPIE Optical pattern recognition, Vol.3466, pp.259-266, 1998

[4] Stephen T. Barnard, and william B. Thompson, "Disparity Analysis of Images", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol PAMI-2, No.4, pp.333-340, July, 1980

[5] 박순용, 이용범, 진성일 "배경시차 보정을 이용한 스테레오 시각장치의 주시각제어", 대한전자공학회, 제34권, S편, 9호, pp.67- 76, 1997

[6] C. Tam, T.S. Yu, A. Gregory, D. Juday, "Autonomous Real Time Object Tracking with an Adaptive JTC," Opt. Eng., Vol.29, No.4, p314-320, 1990

[7] 이재수, 김규래, 김은수, "팡 JTC를 이용한 스테레오 물체추적 시뮬레이터의 구현", 대한전자공학회, 제36권, D편, 8호, pp.68-78, 1999

[8] Ken Sauer, Brian Schwartz, "Efficient Block Motion Estimation using Integral rojections", IEEE, Vol. 6, No. 5, October 1996

이재수(Jae-Soo Lee)

정회원



1987년 팡운대학교 전자공학과 (공학사)
 1989년 팡운대 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1996년~현재 팡운대 대학원 전자공학과 (박사과정수료)

1989~1994년 갑일전자(주) 연구소 근무

1994~1995년 한전정보네트웍(주) 근무

1996~현재 : 김포대학 전자정보계열 정보통신전공 조교수

<주관심 분야> 3차원 영상처리, 스테레오 비전 시스템, 3차원 방송 시스템 등

이용범(Yong-Bum Lee)

현재 한국원자력연구소 로봇기술개발실 실장
한국통신학회지 논문지 제24권, 5B호 참조

김은수(Eum-Soo Kim)

현재 팡운대학교 전자공학부 교수
한국통신학회지 논문지 제24권 9호 참조