

자동 감시 추적을 위한 표적영상 검출 및 서보모터 제어*

신 흥 열**

Target image detection and servo motor control for automatic surveillance tracking

Shin, Heung Yeoul

〈Abstract〉

In this paper, we propose a new automatic surveillance tracking system that can extract the target from the complex background and foreground noises by using the image-based SAD algorithm and control the servo motor of cameras by using kanatani algorithm. From the experimental results the proposed stereo tracking system is found to track the target adaptively under the circumstance of complex and changing background noises and the possibility of real-time implementation of the proposed system by using the optical system is also suggested.

Key Words : Stereo camera, Segmentation, Disparity, Motor control, Occlusion

I. 서론

오늘날 영상관측기술은 기상관측, 자동감시 및 탐지, 교통량 제어 및 로봇비전 등과 같은 산업분야에 응용되고 있어 전략분야의 핵심적인 기술로 광범위하게 응용 및 전이가 가능하고, CCTV와 침입감지센서 방식에 의한 감시경계 시스템의 단점을 보완할 수 있다[1]. 그러나 현재의 감시경계 시스템은 개별 CCTV와 침입감지센서의 상호 기능을 보완하여 이용하는 방식으로, 탐지 및 추적 기능이 없으며 기상 및 환경조건에 따라 오경보율이 높

고 영상감시의 사각지역 해소가 어려우며, 영상 안정화, 형태인식 및 자동추적 등 영상처리에 의한 시스템 지능화를 위한 카메라 시스템의 성능개선이 시급한 실정이다. 따라서 형태인식에 의한 실시간 카메라 영상을 비교, 분석하여 탐지 및 추적하는 기술로 S/W 프로그램에 의한 안정된 침입감지센서 기능과 탐지, 추적기능을 단일 시스템으로 수행 가능할 수 있는 기술이 요구된다[2-4]. 또한, 기존의 추적 기술은 대부분 2차원 순차 입력영상을 이용하여 현재 영상의 배경과 잡음으로부터 표적을 식별하는 연구와 식별 후 표적물체의 위치를 추적하는 기술로 분류되어 연구되어 왔다. 기존 추적기술로 촬영상에 의한 방법은 연속되는 영상의 차를 통해 추적 물체를 추출하는 방법으로 카메라 이동에 의한 배경 영상의

* 본 연구는 2009학년도 인하공업전문대학 교내연구비 지원에 의하여 수행되었음.

** 인하공업전문대학 메카트로닉스과 교수(제1저자, 교신저자)

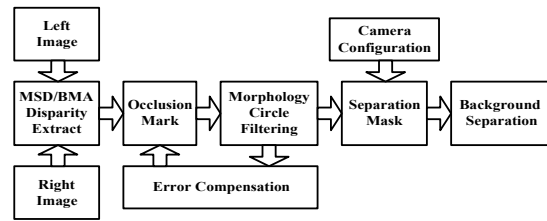
변화 잡음처리에 문제가 있다. 모델 기반에 의한 방법은 입력되는 영상이 미리 저장된 모델의 물체와 달리 상대적 명암이나 약간 변형되는 경우에는 매칭에 대한 어려움의 제약이 있다. 또한 광류에 의한 방법은 국부적인 시공간 경사와 속도 사이 관계에 의한 것으로 주변의 환경에 민감하고 물체의 이동 속도가 매우 느려야 하는 단점이 있다. 또한, 추출된 영상의 위치좌표에 따라 적응적인 서보 모터의 제어가 요구되지만 실제 감시 시스템에서 발생하는 오차신호가 표적물체가 이동함에 따라 누적되는 현상으로 정확한 물체추적이 어렵게 되고, 차수, 지연 시간 등에 대한 가정이 실상황과 다를 때에도 추적 성능이 급격히 저하됨으로 물체추적에 따른 프레임간의 오차를 효과적으로 제어할 수 있는 적응적 제어 시스템이 요구된다[5]. 따라서 본 논문에서는 자동 감시추적의 새로운 접근방법으로 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 표적 검출 알고리즘과 카나타니의 영상보정 알고리즘[6]을 통해 서보 모터의 변환 각도를 산출하여 이동 중인 표적물체에 따라 상호 보완적으로 이용한 자동감시 시스템을 제안하였다.

즉, 제안된 시스템에서는 먼저, 순차적으로 입력되는 좌, 우 영상에 대해 SAD 기저함수를 통한 표적영상의 배경분리를 수행하고 이어서, 모폴로지 서클 필터를 이용하여 구성된 표적 투영마스크를 통해 표적물체의 영역화 및 위치정보를 검출한 다음 최종적으로, 카나타니의 영상보정 알고리즘을 변형한 모터 제어각도 산출을 통해 카메라에 부착된 서보모터를 제어함으로써 이동물체를 위한 자동감시 시스템의 실시간적 구현 가능성을 제시하였다.

II. 제안된 표적영상 검출 및 서보모터 제어

2.1 시차정보를 이용한 표적영상 검출

본 논문에서는 스테레오 영상의 시차지도를 이용하여 표적물체와 배경 또는 전경과의 시차의 크기 차이를 이용하여 시차지도에서 배경 분리를 통해 표적물체의 영역을 검출하였다. <그림 1>은 시차지도와 카메라 구성 파라미터를 이용하여 배경 또는 전경의 분리 과정을 통해 표적영상 검출을 위한 블록 다이어그램을 표현한 것이다.



<그림 1> 제안된 배경분리를 통한 표적영상 검출 블록도

일반적으로, 스테레오 물체추적 시스템에서 좌, 우 카메라는 항상 표적 물체를 추적하므로 표적 물체는 카메라광축의 교차점 근처에 존재한다[6]. 입체영상의 시차지도에서 광축의 교차점의 시차값은 0이므로 표적물체는 영상의 중심에서 0에 가까운 시차값을 가지게 된다. 본 논문에서는 이 시차값을 이용하여 배경 분리를 위한 임계값으로 사용하였으며, 물체의 임계값을 이용하여 시차지도에서 임계값보다 작은 부분은 두 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.

스테레오 영상에서 시차를 추출하는 다양한 방법들이 제시되고 있지만, 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 SAD(sum of absolute difference)를 기저함수로 사용하였다[7]. SAD 알고리즘은 식(1)처럼 기준 영상의 마스크 영역과 입력 영상간의 일치정도를 검사하여 각 픽셀 위치에 SAD값을 나타내는 알고리즘이다.

$$SAD(a,b) = \sum_{j=0}^{(N_y-1)(N_x-1)} \sum_{i=0}^{(N_x-1)(N_y-1)} |I_L(a+i, b+j) - I_R(i, j)| \quad (1)$$

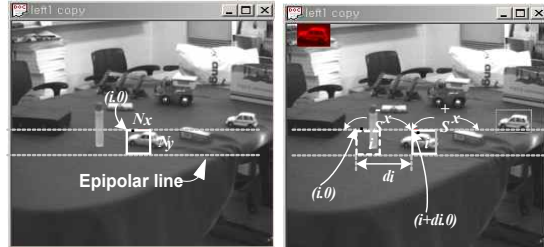
$$\left(\begin{array}{l} a, b : SAD \text{ 알고리즘 적용영역} \\ a = -2N_x \sim 2N_x, \quad b = -N_y \sim N_y \end{array} \right)$$

식 (1)에서 N_x, N_y 는 블록의 크기를 나타낸 것이며, IL은 좌측 영상의 블록을 나타내고 IR은 IL에 대응되는 우측영상의 블록을 나타낸 것이다. 공간상의 한 점이 좌우 두 영상에 투영되었을 때 두 점을 연결하는 가상의 선을 에피폴라(epipolar)선이라 한다[8]. 우측영상의 대응블록은 좌측영상과 동일한 y축의 좌표를 가지는 에피폴라 선상에서 정합된다.

<그림 2>는 입력된 스테레오 영상의 에피폴라(epipolar) 선상에서 좌영상과 우영상간에 서로 대응되는 블록을 찾는 과정을 나타낸 것이므로, 좌영상을 일정한 크기의 블록으로 나눈 후 임의의 블록 대해 이에 대응하는 같은 에피폴라 선상에 존재하는 우영상에서의 일치점을 일정한 탐색범위 ($\pm S$)내에서 찾는 과정을 보여준 것이다.

따라서 탐색범위 $\pm S$ 내에서 MSE를 최소로 하는 블록을 좌영상과 정합된 우영상의 블록으로 선택하게 되면, 우영상과 좌영상간의 좌표값 차이로 그 블록을 대표하는 시차값을 얻게 된다. 즉, 좌측영상을 기준으로 한 우측영

상과의 시차는 식 (2)과 같이 주어지게 된다.



<그림 2> 에피폴라 선상의 대응 블록 탐색도

$$d_{ij} = \operatorname{argmin} \frac{1}{N_x N_y} \sum_{(i, j) \in \beta_i} |I_L(i, j) - I_R(i+d, j)|^2 \quad (2)$$

여기서, I_R 은 우영상을, I_L 은 좌영상을, d 는 탐색범위 내의 시차값을 각각 나타내며, β_i 는 I_R 의 i 번째 $N_x \times N_y$ 크기의 블록을 나타낸다. 즉, 식 (2)에서 얻어지는 시차는 블록을 대표하는 값으로 시차정보를 추출하는데 사용된다.

일반적으로 인간 시각계는 수직시차에는 거의 영향을 받지 않기 때문에 본 논문에서는 수직 시차는 고려하지 않고 수평시차만을 추출을 하였다. 우측 영상의 범위 S 블록들 중에서 MSD가 최소값을 갖는 블록을 정합된 블록으로 간주하면 우측 영상과 기준(좌측)영상의 좌표값 차이로 블록을 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 기준블록 $L(x_0, y_0)$ 에 대하여 정합된 우측영상의 정합블록 $R(x, y)$ 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 블록에 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 블록을 대표하는 시차값으로 시차지도에서 사용하게 된다.

블록정합 알고리즘을 이용한 양안시차 추출에서는 단지 2차원 영상에서 보이는 단면만을 이용하기 때문에 실제 3차원 영상에 존재하는 폐색 영역의 시차값을 찾지 못하는 문제점이 발생한다[9]. 이러한 폐색 영역에 의한 시차값의 오류는 시차를 찾고자 하는 블록에 대응하는 다른 쪽 영상의 블록이 없기 때문에 BMA(block matching algorithm)를 이용하여 시차값을 찾을 수가 없다. 따라서 이러한 폐색영역의 오류 시차값들은 주변의 시차값들에 비해 상관도가 떨어지게 되며, 오류 블록에서 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[9].

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 시차

값에서 폐색 영역의 시차값을 서클 매트릭스를 이용하여 보상함으로써 폐색 영역의 오류를 제거할 수 있다.

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

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 주변상관도와 차이를 이용하여 시차값이 폐색 영역에 해당하는지 여부를 판별할 수 있다.

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

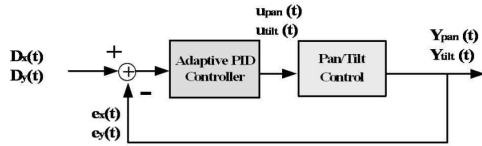
식 (7)에서 D는 주변 상관치와 (x_0, y_0) 의 차이로 폐색 영역을 판별하는 수치가 된다. D값이 클수록 주변의 시차와 상관도가 떨어지는 것을 의미한다. 식 (7)을 이용하여 주변의 값과 상관도가 떨어진 시차값을 찾은 후 이를 폐색 영역으로 표시한다. 폐색 영역의 판별이 끝난 후 모폴로지 서클 매트릭스를 이용하여 식 (6)의 주변 상관치를 구하여 폐색 영역의 값을 보상한다. 이 때 매트릭스 내부의 폐색 영역의 값들은 계산에서 제외시키기 위해 폐색 영역을 찾은 후 보상을 해야 한다[9].

2.2 PID 제어를 통한 추적 모터 제어

일반적으로, 대부분의 제어효과는 그 계통 성능 특성의 수정이나 보상과 관련되므로 고정배치에 의한 일반적인 설계도 역시 보상(compensation)이라 한다. 이러한 보상 형태들에서 공통으로 사용하는 제어기 중의 하나가 PID(proportional-integral-derivative) 제어기인데 하나의 신호를 실제 신호의 비례, 적분, 미분치의 조합이 되는 처리로 작동한다. 이러한 신호 성분들이 시간영역에서 쉽게 실현되므로 시간영역의 방법으로 설계할 때 PID 제어기

를 통상으로 쓰게 되며, 그 강건성과 간결함으로 많은 응용분야에서 사용되는 가장 일반적인 제어기이다[10].

<그림 4>는 표적영상의 수평, 수직방향의 이동 편차값을 입력으로한 적응적 PID제어기 기반의 서보모터 제어 시스템을 나타낸 것이다. 그림 4에서 PID 제어기는 영상처리를 통해 추출된 표적영상의 위치정보의 서보모터 입력정보인 각도(degree)값으로 변환된 입력 $D_x(t)$, $D_y(t)$ 와 출력값 $Y_{pan}(t)$, $Y_{tilt}(t)$ 의 차이를 바탕으로 제어값인 $u_{pan}(t)$, $u_{tilt}(t)$ 를 계산하여 서보모터에 입력하게 된다.



<그림 4> 적응적 PID 제어기 기반의 서보모터 제어 시스템

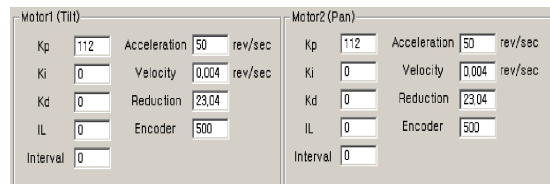
또한, 변수 $e_x(t)$, $e_y(t)$ 는 추적오차(tracking error)로 원하는 출력값 $D_x(t)$, $D_y(t)$ 와 실제 출력값 $Y_{pan}(t)$, $Y_{tilt}(t)$ 의 차이를 의미한다. 이러한 오차신호 $e_x(t)$, $e_y(t)$ 는 PID 제어기에 입력되어 미분값과 적분값이 계산되고 결과적으로 PID 제어기에서 출력되는 신호 $u_{pan}(t)$, $u_{tilt}(t)$ 는 식 (8)과 같이 주어진다[11].

$$u(t) = k_p \cdot e(t) + k_i \int e(t) \cdot dt + k_d \frac{de(t)}{dt} \quad (8)$$

위 식에서 k_p , k_d , k_i 값은 비례이득(proportional gain), 미분이득(derivative gain), 적분이득(integral gain)을 각각 나타낸다. 즉, PID에 의해 제어된 신호 $u_{pan}(t)$, $u_{tilt}(t)$ 는 서보모터에 입력되어 새로운 출력 $Y_{pan}(t)$, $Y_{tilt}(t)$ 을 얻게되고, 이는 다시 입력으로 궤환(feedback)되어 계속적으로 새로운 오차 신호 $e_x(t)$, $e_y(t)$ 를 계산하여 서보모터를 제어하게 되며, 제어계통에 입력 $r(t)$ 가 크기 R , $r(t)=R \cdot us(t)$ 인 계단함수가 가해질 때 정상상태 오차는 식 (9)와 같이 된다[11-12].

$$e_{ss} = \frac{R}{1+k_p} \quad (9)$$

식 (9)에서, k_p 는 초기에 입력된 표적물체의 추적오차 성분에만 영향을 미치고, k_i 는 순차적으로 입력되는 모든 표적영상의 추적오차에 대해 영향을 미치며, k_d 의 경우는 초기 표적물체로부터 3번째 영상까지 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 n , $n-1$, $n-2$ 번째의 추적오차에 대한 각각의 PID 계수들이 입력된 제어영상에 대한 미치는 영향도를 분석하기 위해 1, 3을 비교적 뒷부분에 해당하는 14, 27번째 프레임을 선정하여 PID 튜닝을 할 수 있도록 구성하였으며, <그림 5>와 같이 실시간으로 주시각 제어와 실시간 추적을 수행할 수 있는 서보모터 시뮬레이터를 구현하여 실험에 이용하였다. 즉, 프레임 그레버(frame grabber)로 입력되는 초기 좌, 우측 표적의 좌표값은 PID제어기의 제어 이득값 중 k_p 와 k_d 값으로만 초기 제어를 한 후, 2, 3번째 표적신호는 k_i 값으로, 이후 순차적으로 입력되는 모든 표적신호들에 대해서는 k_i 값으로만 제어를 하는 변형된 PID제어기를 통해 이동표적의 정확한 주시각 제어 및 실시간 추적을 수행하였다.



<그림 5> 서보모터 시뮬레이터

III. 실험 결과 및 고찰

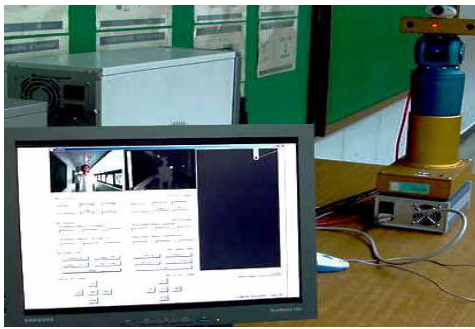
본 실험에서는 <그림 6>과 같이 평행식 스테레오 카메라인 Point Grey Inc. 의 Bumblebee[13]와 2GB 메모리와 펜티엄 2.6GHz의 CPU, 그리고 스테레오 영상의 처리

및 저장을 위해 Matrox사의 Solios eCL/XCL를 프레임 그레이버(frame grabber)로 사용하였다[14]. 1024×768 픽셀의 해상도와 30 frame/sec의 촬영속도를 가지고 실험을 수행하였다. 특히, 서보모터 시스템은 전방 10m 지점을 목표점으로 설정하였고, 최대 속도는 30cm/s로 제한하였으며, 0.1초의 주기로 서보모터의 속도를 제어하며 실험에 사용하였다.

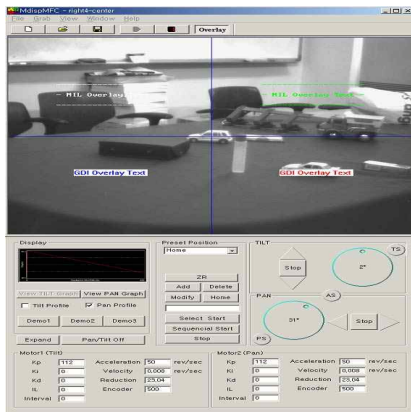
에 대해서는 대응영역의 나머지 블록을 무시하였으며, 시차값이 동일한 블록이 여러 개일 경우 대응 블록이 가까운 위치의 시차값을 사용하였다. <그림 6> (b)는 실험에 사용하기 위해 제작된 시뮬레이터로 프레임 그레이버로 입력되는 영상 시퀀스에 대해 실시간으로 서보모터 제어를 수행하는 표적 추적 시뮬레이터이다.

3.1 표적영상의 배경분리 및 검출

제안된 알고리즘의 효율성을 보이기 위한 시나리오는 그림 7과 같이 카메라가 움직일 경우의 입력영상을 나타낸 것으로 카메라 변위가 표적 변위보다 클 경우의 전체 영상보다프레임 중 4프레임을 선정하였다.

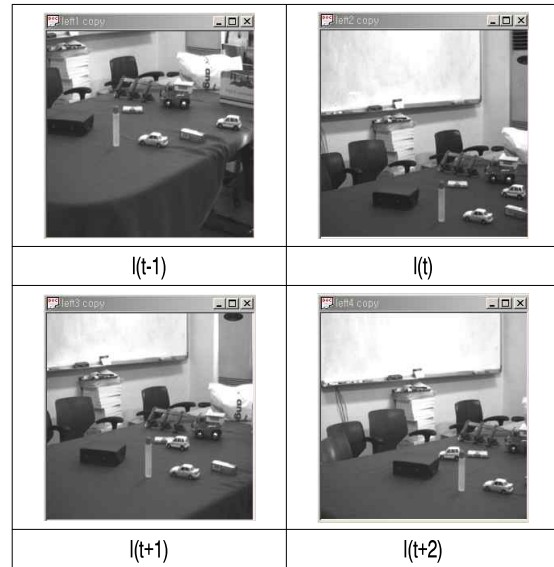


(a) 실험 장면



(b) 추적 시뮬레이터

<그림 6> 실험에 사용된 자동감시용 서보모터 시스템



<그림 7> 좌측 카메라 입력 영상

즉, 실험에 사용된 스테레오 영상 프레임 중 임의의 4프레임을 나타낸 것으로, 실시간으로 입력되는 1024×768의 해상도를 갖는 칼라 영상을 640×480의 그레이 레벨로 변환하여 사용하였다. BMA 알고리즘을 사용한 부분에서 식 (1)과 같이 SAD 값이 0이 되는 완전 정합된 블록

배경분리를 위한 기준영상은 2 번째 프레임인 I(t)로 하였으며 기준영상과 비교하여 순차적으로 입력되는 영상들을 연속적으로 상관시켜서 얻은 최대 상관값 위치와 카메라의 이동변위 성분을 <표1>에 나타내었다.

그리고 변위성분의 부호는 대상영상과 기준영상 사이

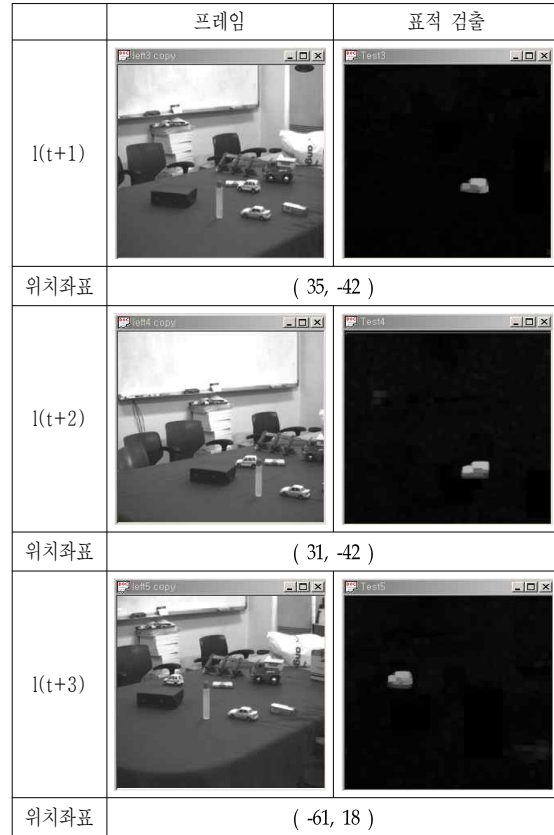
<표 1> 이동변위 성분 (단위:pixel)

| | | |
|------------------|------|------------------------------------|
| 1, 2 번째 영상 | 기준영상 | (194, 34) |
| | 시차변이 | $\Delta x_i=128, \Delta y_i=443$ |
| 2, 3 번째 영상 | 기준영상 | (279, 161) |
| | 시차변이 | $\Delta x_i=-44, \Delta y_i= 189$ |
| 3, 4 번째 영상 | 기준영상 | (209, 111) |
| | 시차변이 | $\Delta x_i=96, \Delta y_i=288$ |
| 4, 5 번째 영상 | 기준영상 | (323, 188) |
| | 시차변이 | $\Delta x_i=-134, \Delta y_i= 137$ |

에 배경분리를 위하여 상대적으로 움직여야 하는 방향으로 주어지게 된다. 즉, <표 1>에서 카메라 변위가 표적 변위보다 클 때 1, 2 번째 영상을 상관시킨 결과를 보면 x방향으로 음의 값을, y 방향으로 양의 값의 결과가 나왔다. 이는 기준 영상을 중심으로 할 때 x 방향으로 기준영상보다 오른쪽에 위치하고, y 방향으로 왼쪽에 위치한다는 것을 의미한다. 따라서 첫 번째 영상 $I(t-1)$ 을 두 번째 영상 $I(t)$ 의 배경과 정합시키기 위하여 왼쪽으로 16 화소, 아래쪽으로 5화소를 이동시켜 주면 영상간 배경이 일치하게 된다. 그리고, 이치화 과정, 논리곱 연산등을 이용하여 두 결과값을 결합시켜 공통된 움직임 부분만을 계산해 내게 된다.

3.2 표적영상 감시를 위한 모터제어

입력된 좌, 우 영상 사이의 시차정보를 통해 효과적으로 배경을 제거하게 되는데 <그림 8>은 검출된 표적의 움직임 값을 이용하여 식 (6), (7)과 같이 모폴로지 서클 필터를 통한 상호 상관도를 영상 전반에 적용함으로써 경계선을 평활화시킬 뿐만 아니라 각 경계면 안에 존재하는 빈 공간을 채움으로써 표적 마스크와 이 결과값을 기준영상에 투영시켜 매핑함으로써 영역화된 결과를 보여준 것이다.



<그림 8> 좌측영상의 표적검출과 좌표 추출

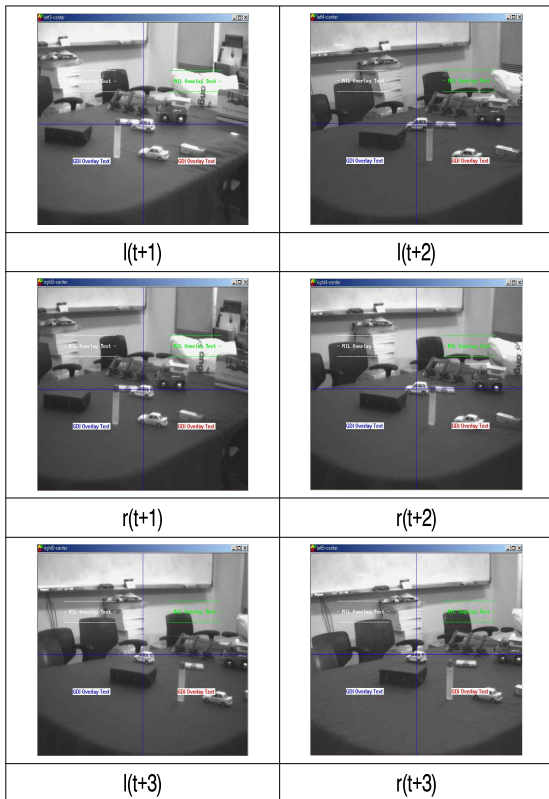
<그림 8>을 보면 배경잡음에 관계없이 추적하고자 하는 표적물체의 효과적인 검출과 그에 따른 표적 마스크가 적응적으로 이루어지고 있으며, 모폴로지 서클 필터 처리 후에 일정 크기의 영역화 마스크만을 선택하기 때문에 전경과 배경에 존재하는 다른 물체와 관계없이 적응적인 표적탐지가 가능함을 알 수 있다. 또한, <그림 8>에서, 위치좌표는 입력영상의 중심좌표를 기준으로 하여 x, y축 방향으로 이동된 추적물체의 위치를 나타낸 것이며, 추출된 이 위치좌표는 우측 카메라의 팬틸트 제어에 사용된다.

<표 2>는 추출된 좌측 영상의 위치좌표와 우측 영상의 위치좌표를 식 (10)과 (11)의 서보모터의 제어값인 각도(degree)로 환산한 값이다.

<표 2> 픽셀간 서보모터의 제어각도

| 프레임 \ 각도 | 좌측영상 각도 | 우측영상 각도 |
|----------|----------------------|----------------------|
| t+1 | (1.64062, -1.9687) | (0.89062, -1.9687) |
| t+2 | (1.45312, -1.9687) | (0.9375, -2.625) |
| t+3 | (-2.85937, 0.8437) | (-3.5625, 0.46875) |

<그림 9>는 순차적인 5개 프레임의 좌, 우 입력영상에 대해 <표 2>에 따라 최종적으로 서보모터가 제어된 영상을 나타낸 것이다. <그림 9>에서 보면 추적물체(자동차)는 정확히 카메라 시야(FOV: field of view)의 중앙에 위치하는 것을 볼 수 있으며, 이는 추적물체의 스테레오 시차를 없애주는 주시각 제어에 사용된다. <그림 10>은 <그림 9>의 서보모터 제어 후의 좌, 우측 입력영상에 대한 스테레오 합성영상을 나타낸 것이다.



<그림 9> 서보모터 제어후의 영상

<그림 10>에서 보면 추적물체(자동차)는 본 논문에서 제안한 추적 알고리즘을 통해 스테레오 카메라의 주시각 및 서보모터가 정확히 제어되어 좌, 우 시점이 표적물체에 일치되는 하나의 합성영상으로 나타나지만 그 이외의 전경 및 배경 물체들은 스테레오 시차로 인해 2개로 겹쳐 보임을 알 수 있다.

또한, 제안한 시스템으로 구한 이동물체의 위치와 실제 위치가 0~3 픽셀 정도의 작은 오차로 나타남으로써 본 논문에서 제안한 시스템이 효과적으로 이동물체를 추적할 수 있음을 알 수 있다.



<그림 10> 이동물체의 자동감시 추적결과

IV. 결론

본 논문에서는 자동 감시추적의 새로운 접근방법으로 시차정보 기반의 배경분리를 통한 표적 검출 알고리즘과 카나타니의 영상보정 알고리즘을 변형한 모터 제어각도를 상호 보완적으로 이용한 자동감시 시스템을 제안하였다. 즉, 제안된 시스템에서는 먼저, 순차적으로 입력되는 좌, 우 영상에 대해 SAD 기저함수를 통한 표적영상의 배경분리를 수행하고 이어서, 모폴로지 서클 필터를 이용하여 구성된 표적 투영마스크를 통해 표적물체의 영역화 및 위치정보를 검출한 다음 최종적으로, 카나타니의 영상보정 알고리즘을 변형한 모터 제어각도 산출을 통해 카메라에 부착된 서보모터를 제어함으로써 이동물체를 위한 자동감시 시스템의 실시간적 구현 가능성을 제시하였다.

참고문헌

[1] Ignacio Serrano-Pedraza and Jenny C. A. Read, "Stereo vision requires an explicit encoding of vertical disparity," *Journal of Vision*, vol. 9, 2009, pp. 1-13.

[2] Durand, J. B., Celebrini, S., and Trotter, Y., "Neural bases of stereopsis across visual field of the alert macaque monkey," *Cerebral Cortex*, vol. 17, 2007, pp. 1260 - 1273.

[3] Hibbard, P. B., "A statistical model of binocular disparity," *Visual Cognition*, vol. 15, 2007, pp. 149 - 165.

[4] James Black and Tim Ellis, "Multi-camera image measurement and correspondence," *Measurement*, vol. 32, 2002, pp. 61~71.

[5] J. C. A. and Cumming, B. G., "Understanding the cortical specialization for horizontal disparity," *Neural Computation*, vol. 16, 2004, pp. 1983 - 2020.

[6] K. Kanatani, "Transformation of optical flow by camera rotation," *IEEE Trans.*, vol. 10, 1988, pp. 131-143.

[7] J. C. A., & Cumming, B. G., "Does depth perception require vertical-disparity detectors?," *Journal of Vision*, vol. 6, 2006, pp. 1323 - 1355.

[8] Cucchiara, R, Perini, E and Pistoni, G, "Efficient Stereo Vision for Obstacle Detection and AGV Navigation," *ICIAP2007*, vol. 14, 2007, pp. 291-296.

[9] 고정환, "스테레오 비전 시스템을 위한 표적물체의 배경 분리," *디지털산업정보학회논문지*, vol. 4, No. 1, 2008, pp. 25-31.

[10] 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, 2006, pp. 100-107.

[11] Afael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2002.

[12] Trotter, Y., Celebrini, S., & Durand, J. B., "Evidence for implication of primate area V1 in neural 3-D spatial localization processing," *The Journal of Physiology*, vol. 98, 2004, pp. 125 - 134.

[13] <http://www.activrobots.com>.

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

■ 저자소개 ■



신 흥 열
Shin, Heung Yeoul

1992년 3월~현재
인하공업전문대학 메카트로닉스과
교수
1995년 2월 인하대학교 자동화공학과(공학박사)
1982년 2월 한국과학기술원 기계공학과
(공학석사)
1980년 2월 서울대학교 농공학과(농학사)
관심분야 : 유공압 제어, 자동화시스템
E-mail : heung@inhatc.ac.kr

논문접수일 : 2010년 3월 15일
수 정 일 : 2010년 5월 17일
게재확정일 : 2010년 6월 8일