

## 영상 Subtraction을 이용한 이동 물체 감시 시스템

### Moving Object Surveillance System based on Image Subtraction Technique

이 승 현\* · 류 충 상\*\*

Seung-Hyun Lee · Chung-Sang Ryu

(1997년 3월 14일 접수, 1997년 9월 20일 채택)

#### ABSTRACT

In this paper, a moving object surveillance system, which can extract moving object in real-time, using image subtraction method is described. This technique based on the novelty filter having the structure of neural network associative memory. Digital arithmetic and timing control parts were composed of hardwired controller to treat two-dimensional massive image information. SRAMs having 20 ns access time were used for the image buffer that has high speed write/read property. Image extraction algorithm is discussed and supported by simulation and experiments.

#### 1. 서론

이동물체의 실시간 처리기술은 컴퓨터 비전, 교통제어, 자동감시등 다양한 응용분야에서 중요한 기술로 많은 연구가 진행되고 있다.

이동정보의 추적, 감시, 인식 등을 필요로 하는 산업안전 분야에서 이동물체를 추출하는 기술은 기본적이고 필수적인 기술이며, 이를 위해

서는 이동물체의 운동에 대한 해석이 우선되어야 한다<sup>1,2)</sup>. 즉, 이동물체를 처리하는 순서는 먼저 움직이는 부분을 찾아내고 움직이는 부분을 영역화(세그멘테이션)하여 처리 데이터를 줄여 준 다음, 이를 이용하여 이동물체를 추적하거나 감시, 인식을 하게 된다.

지금까지 제안된 이동물체 추출 알고리즘은 크게 특징에 근거한 것과 광류에 근거한 것으로

\* 광운대학교 전산사회교육원

\*\* 광운대학교 전자공학과

분류할 수 있다. 광류에 기초한 알고리즘은 서로 다른 운동을 하고 있는 물체를 지역화 하기 위해 영상 프레임으로부터 얻어진 광류를 집단화하고 벡터 양이 같은 집단에 기초하여 움직이는 물체로 가정하게 된다. 일반적으로, 정확하게 광류를 결정하는 것은 어려운 일이고 또한, 계산 량이 많이 요구되고 있으며, 심지어 광류가 구해진 후에도 배경으로부터 움직이는 물체를 구분하는 것도 어렵다<sup>3,4)</sup>. 특징추출과 정합에 기초한 접근방법 또한 대부분의 자연계 영상에서 연속되는 영상으로부터 일정한 특징을 얻기가 어렵기 때문에 처리가 어렵다<sup>5,6)</sup>.

자연환경에서 움직이는 물체를 실시간으로 처리하기 위해서는 이동 물체의 손실을 피하기 위해 고속의 영상 처리시스템이 요구된다. 지금까지 이동물체를 추출하는 알고리즘이 많이 개발되고 있지만 대부분 엄청난 계산시간이 소모됨으로 실시간 응용이 크게 제한되고 있다.

그러나 최근, 신경회로망 연상메모리에 근거한 novelty 필터는 자연 환경의 랜덤한 장면에 있어서 물체들의 움직임을 분석할 수 있는 능력을 지니므로, 이를 이용한 이동물체 추출 및 실시간 추적 가능성을 제시하고 있다<sup>7,8)</sup>. 이러한 novelty 필터는 레이더 신호를 수신하는데 있어서, 움직이지 않는 배경 물체들로 인한 잡음 방해를 제거하기 위해 레이더 발달 초기부터 사용되어 왔으며, 디지털 컴퓨터를 이용한 기존의 novelty 필터는 기준 영상 혹은 입력 영상을 시간에 따라 연속적으로 갱신하여 현재 시간의 프레임 영상과 다음에 입력되는 영상 프레임 사이에 발생하는 변화량을 화소대 화소로 추출함으로써 실현된다<sup>9,10)</sup>.

따라서, 본 논문에서는 novelty 필터이론에 근거하여 계산이 간단하면서 효율적으로 이동물체를 추출할 수 있는 새로운 접근 방법으로 연속된 3개의 영상 프레임을 입력받아 현재 영상에 2개의 이전 영상을 빼주고, 논리적 연산을 부가함으로써 움직이는 부분만을 효과적으로 세그멘테이션 하는 새로운 시스템을 구현하였다. 방대한 2차원 영상 정보를 처리하기 위하여 디지털 연산 및 타이밍 제어부는 hardwired controller로 구성하였고, 영상버퍼는 고속의 영상

저장 및 인출을 위하여 20 ns의 접근시간을 갖는 SRAM으로 구성하였다. 또한, 감시되고 있는 목표 영상의 영역화 및 추출 알고리즘을 분석하였고, 시뮬레이션 및 실험 결과를 통해 산업안전분야에 응용 가능성을 보였다.

## 2. Novelty 필터

신경회로망 연상메모리 구조에 근거한 novelty 필터는 입력을 한 개 혹은 일련의 기준 패턴과 비교하여 새로운 것 혹은 변화한 것을 출력하는 시스템을 말하며, 임의로 이동하는 물체들의 움직임을 적응적으로 분석할 수 있는 능력을 지닌다. 즉, novelty 필터는 현재의 주어진 입력을 학습하므로 양과 음의 가중치가 균형을 이루게 되어 결과 출력을 0으로 하게 되며, 학습된 패턴이 이동하게 되면 균형을 잃게 되고 다시 이동된 패턴에 대해 새로운 학습이 수행될 때까지 이전의 학습 패턴과 새로운 입력 패턴 사이의 차이를 출력하게 되는 것이다. Novelty 필터를 신경회로망적으로 분석하면 Fig. 1과 같이 부궤환을 갖는 단층의 선형 유니트로 구성할 수 있다.

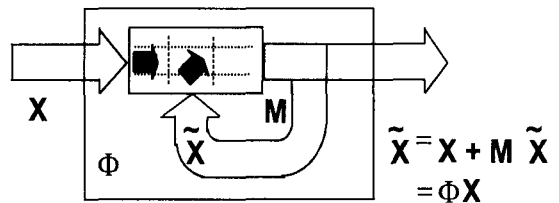


Fig. 1 System model of the novelty filter

여기서, 출력벡터  $\tilde{X}$ 의 각 원소를  $\tilde{X}_i$ 라 하고, 연결 강도  $W_{ij}$ 를 통해 다른 원소  $\tilde{X}_j$ 로부터 궤환을 받을 때 출력 신호  $\tilde{X}_i$ 는 식(1)과 같이 입력 신호  $X_i$ 와 궤환 신호의 선형적인 조합으로 이루어진다.

$$\tilde{X}_i = X_i + \sum_j W_{ij} \tilde{X}_j \dots\dots\dots (1)$$

연결 강도  $W_{ij}$ 는 적응적이며, 초기 값은 0으로 가정된다. 식(2)와 같이 연결강도의 변화가 이루어지므로써 선형유니트의 학습이 수행된다<sup>7)</sup>.

$$dW_{ij} / dt = -\alpha \bar{X}_i \bar{X}_j \dots\dots\dots (2)$$

식(2)에서  $\alpha$  는 학습과정 동안에 적응적으로 변화하며, 가장 최근에 학습된 패턴과 그 이전에 학습된 패턴 사이의 차이 값을 나타낸다. 따라서, 값이 0일 때 필터는 완전한 수렴 상태에 도달한다.

### 3. 영상 Subtraction 알고리즘

운동요소를 찾기 위한 알고리즘은 다음과 같다. 움직이는 연속된 세 프레임의 영상을  $F_{t-1}(i, j)$ ,  $F_t(i, j)$ ,  $F_{t+1}(i, j)$ 라고 할 때 이웃하는 영상간의 차이는 식(3), (4)와 같다.

$$d_{t,t-1}(i, j) = | F_t(i, j) - F_{t-1}(i, j) | \dots\dots\dots (3)$$

$$d_{t,t+1}(i, j) = | F_{t+1}(i, j) - F_t(i, j) | \dots\dots\dots (4)$$

그리고, 움직이는 부분을 확실히 하기 위하여 thresholding 과정을 두개의 차분 영상에 적용하게 되면 식(5) 와 같다.

$$T(i, j) = \begin{cases} 1 : d(i, j) \geq \delta \\ 0 : d(i, j) < \delta \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

여기서,  $\delta$  는 thresholding 레벨이다.  $F_t(i, j)$  프레임의 운동성분을 구하는 방법으로 차분 영상 두개를 AND 연산 처리하면 식(6)이 된다.

$$O_t(i, j) = T_{t,t-1}(i, j) \& T_{t,t+1}(i, j) \dots\dots\dots (6)$$

이 과정에 대한 컴퓨터 시뮬레이션은 Fig. 2와 같다. 연속된 영상 프레임의 두쌍, 즉, 프레임 t-1 과 t, 그리고 t 와 t+1 에서 각각의 영상간의 차이를 구하게 된다. Fig. 2의 (d)와 (e)에서 볼 수 있듯이 움직임이 없는 물체는 제거가 되고 움직이는 물체는 나타남을 볼 수 있다. 그리고, thresholding 과정을 두개의 차분 영상에 적용하여 움직이는 영역을 확실히 하고, 필터를 사용하여 군데군데 작은 영역을 제거한다. 마지막으로, 두개의 이진화 영상으로부터 움직이는 영역을 AND 연산처리 한다. Fig. 2 (f)에서의 영상은 Fig. 2 (d)와 (e)의 공통된 부분을 찾으므로써 Fig. 2 (b)와 같이 t 프레임의 이동부분만을 추출할 수 있다. 따라서, 본 논문에서 사용된 영상 subtraction을 이용하는 방법은 움직이는 물체를 추출하는 알고리즘인 특징, 광류에 기초한 것보다 훨씬 계산량이 적고 간단하므로 실 시간적 구현이 가능한 것으로 분석되었다.

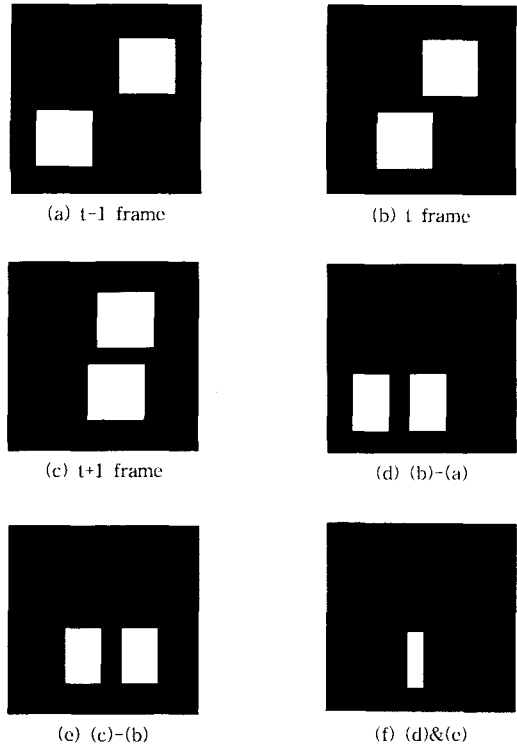


Fig. 2. Moving object extraction algorithm

영상 subtraction에 대한 처리 흐름도는 Fig. 3과 같다. 여기서, t 시간에서의 이동부분을 검출하기 위해서는 일정 간격을 갖는 t-1, t+1 프레임의 영상을 필요로 하며 t-1 과 t 프레임, t와 t+1 프레임간의 차이를 각각 구한 다음, 구해진 영상간의 공통된 부분을 얻으면 결과적으로 t 프레임에서의 이동부분이 검출된다. 이동한 물체의 인식을 위해서는 검출된 이동부분의 대표적인 형태를 몇 가지 추출하여 그에 해당하는 물체를 인식할 수 있도록 신경회로망을 이용 학습을 시켜주므로써 이동한 물체를 검출·인식할 수 있는 시스템을 구성할 수 있다. Fig. 4는 자연환경에서 이동하는 자동차를 찾아내는 과정을 보인 것으로 Fig. 4 (f)는 t 프레임에서 자동차의 이동부분을 알려준다. Fig. 4의 실험을 위해 비디오로 기록해 놓은 영상을 그래픽을 이용하여 일정한 시간 간격으로 입력 영상을 얻었으며, IBM PC를 이용하여 영상 subtraction, 영역화를 수행하는 방법으로 이동 영상을 추출하였다. 또

한, 연속적인 영상에서 이러한 처리를 거치는 동안에 여러 형태의 자동차가 생성될 것인데 대표적인 것 몇 가지를 추출하여 학습을 시켜주면 자동차를 인식할 수 있게 된다.

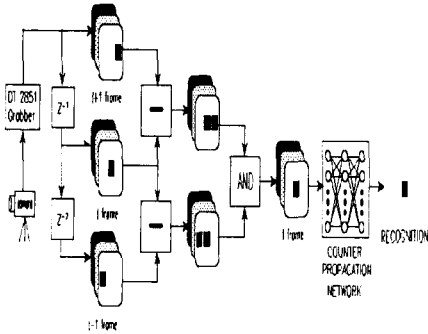


Fig. 3 Flowgram of moving object extraction using image subtraction



Fig. 4. Image extraction of a moving car

#### 4. 개선된 영상 Subtraction 필터를 이용한 이동물체 추출

본 논문에서 사용한 방법은 영역에 기초한 접근방법으로 연속되는 영상프레임으로 부터 물체의 위치를 기록하며, 영역은 이동물체의 추출에 의해서 얻어진 점들의 연결된 요소로 정의하는 알고리즘이 기본이 된다. 그 영역은 입력영상에서 카메라의 상대적인 움직임에 대해서 물체의 투영된 그림자(silhouette)로 해석될 수 있으며 카메라는 회전과 확대가 가능하고, 카메라의 느린 속도 때문에 카메라에 의해 획득되는 영상의 배경은 일정하다고 할 수 있다. 또한, 배경의 제거는 간단히 두 영상 프레임의 차이를 이용할 수 있다.

여기서, 목표물체가 실시간 비디오 신호비율로 움직이고 있다고 가정하면, 목표영상의 시퀀스에서의 물체의 운동은 거의 일정한 속도로 같은 방향으로 주기적인 시간으로 구성되게 된다. 따라서, 움직이는 물체는 그것의 운동으로 특징지어지므로 운동요소를 찾고 분석해서 물체를 찾아내고 그것의 이동궤적을 찾아낼 수 있다. 즉, 기존의 시스템은 움직이는 부분만을 찾아낸 다음, 얻어진 이동부분으로부터 물체를 유추해내는 방식으로 영상을 인식하는데 반해 개선된 방식은 이동부분으로부터 간단한 논리연산을 통해 물체를 인식할 수 있게된다.

본 논문에서는 운동요소를 찾기 위해 다음과 같은 처리를 하였다. 연속되는 3개 프레임의 영상을  $S_{t-2}(i, j)$ ,  $S_{t-1}(i, j)$ ,  $S_t(i, j)$ 라고 할 때 3개 프레임의 영상간의 차이는 식(7)과 같다.

$$D_t(i, j) = f \{ S_t(i, j) - S_{t-1}(i, j) - S_{t-2}(i, j) \} \dots (7)$$

여기에서  $f(x)$ 는 thresholding 함수로서 식(8)로 표시된다.

$$f(x) = \begin{cases} x : x > 0 & \dots \dots \dots (8) \\ 0 : x \leq 0 \end{cases}$$

$S_t(i, j)$ ,  $S_{t-1}(i, j)$  프레임의 영상 두개를 novelty 필터 개념에서 식(9)에서 처럼 XOR 연산처리를 하고

$$E_t(i, j) = S_t(i, j) \text{ XOR } S_{t-1}(i, j) \dots \dots \dots (9)$$

이로부터 이동영역을 판별하기 위하여 식(10)과 같이  $E_t(i, j)$ 와  $S_t(i, j)$ 를 다시 한번 XOR시키고 식(11)과 같이 contour map을 구한다.

$$E'_t(i, j) = S_t(i, j) \text{ XOR } E_t(i, j) \dots \dots \dots (10)$$

$$F_t(i, j) = \text{CONTOURMAP}_0(E'_t(i, j)) \dots \dots \dots (11)$$

여기서,  $CONTOURMAP_0()$  함수는 화소값이 0으로 둘러싸인 전 영역을 0으로 맵핑시키는 함수를 뜻한다.

$F_t(i, j)$ 로 부터  $E_t'(i, j)$ 를 빼면 식(12)와 같이 최근 두 프레임에 위치한 이동 물체의 공통된 부분을 구할 수 있다.

$$G_t(i, j) = F_t(i, j) - E_t'(i, j) \dots\dots\dots (12)$$

식  $G_t(i, j)$ 와  $D_t(i, j)$ 을 OR 시키고 다시 contour map을 구하면 식(13)과 같은 이동물체 추출 필터가 형성된다.

$$H_t(i, j) = CONTOURMAP_1(d_t(i, j) \text{ OR } G_t(i, j)) \dots\dots\dots (13)$$

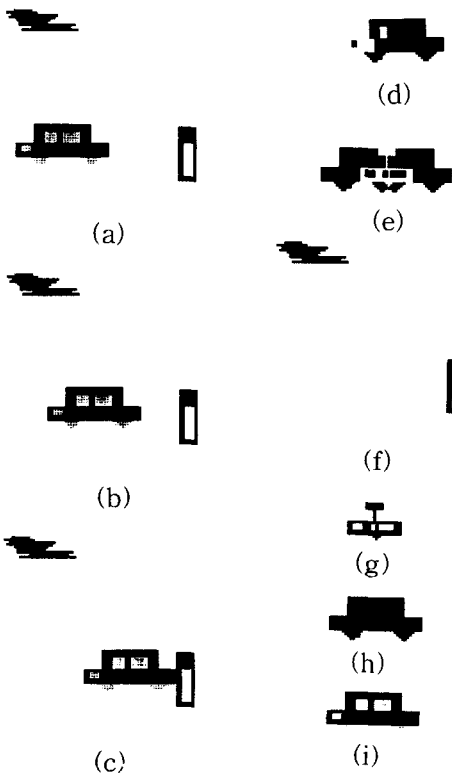


Fig. 5. Computer simulation results

여기서,  $CONTOURMAP_1()$  함수는 화소값이 1로 둘러싸인 전 영역을 1로 맵핑시키는 함수를 뜻한다.

식(14)와 같이 필터와  $S_t(i, j)$ 의 AND 연산을 통해 완전한 최종 이동물체를 추출할 수 있다.

$$I_t(i, j) = G_t(i, j) \text{ AND } S_t(i, j) \dots\dots\dots (14)$$

이 과정을 컴퓨터 시뮬레이션한 결과는 Fig. 5와 같다. Fig. 5 (a), (b), (c)는 연속된 영상 프레임의 세쌍이며, Fig. 5 (d)는 식(7)과 같이 세 프레임을 subtraction하여 thresholding한 결과이다. 최종 이동물체와 그 이전 영상간의 이동 영역을 구하기 위해 식(9)에 의해 구해진 결과는 Fig. 5 (e)와 같으며, 이를 이용하여 식(11)과 같이 배경으로부터 이동 영역을 삭제한 결과는 Fig. 5 (f)와 같이 된다. Fig. 5 (g)는 t 프레임과 t-1 프레임에서 이동 물체의 공통된 부분으로서, Fig. 5 (d)와 (g)를 논리적 OR한 후 식(13)과 같이 최종 이동 물체를 추출하기 위하여 본 논문에서 제안한 개선된 novelty 필터를 이용한 결과는 Fig. 5 (h)와 같이 된다. Fig. 5 (h)의 필터와 t 프레임(Fig. 5 (c))을 AND 하여 Fig. 5 (i)와 같이 최종 이동 물체를 추출해 낼 수 있다.

### 5. 실험결과 및 고찰

본 시스템의 광학적 신호처리 계통에서는 입력 신호 및 이동물체 추출 결과를 NTSC (national television system committee) 신호로 변환시켜주기 위한 외부 동기를 사용하는 1개의 CCD 카메라를 사용하였다.

그리고, 본 시스템의 입·출력 상태를 점검하는 방법으로 입력과 출력에 병렬로 감시용 모니터를 설치할 수 있도록 구성하였으며, 표적 위치는 컴퓨터를 통해서 나타낼 수 있도록 병렬 인터페이스 확장 포트를 포함시켰다.

영상을 입력시키기 위하여 사용한 2차원 영상 검출기는 SONY XC-37 CCD 카메라와 특성이 유사한 금성 하니웰의 GE-104E 카메라로 영상화소가 510(H)×492(V)로 구성되어 있다. 여기서, CCD 카메라는 해상도 380×350 에 수평동기 15.734Hz, 수직동기 59.9Hz를 가지며, 2 : 1 인터레이스 방식으로 구성되어 있다.

한편, 디지털 신호 처리계는 CCD 카메라에서 나오는 NTSC 영상 신호출력을 디지털 신호로 변환하기 위한 1개의 A/D 변환기, 이진화를 위한 1개의 COMPARATOR, t-1 프레임과 t-2 프레임을 더하기 위한 1개의 8비트 ADDER, XOR, AND 게이트로 구성된다. 그리고, t-2 프

레이미 및 t-1 프레임 영상, t 프레임 영상과 (t-2) + (t-1) 프레임의 결과를 저장하기 위하여 128K × 8 비트 20ns 접근시간(access time)을 갖는 SRAM(static random access memory) 8 개를 사용하였다. 메모리 어드레스와 타이밍 제어 신호를 만들어 주는 1개의 제어 논리를 구성하였다. A/D 변환출력과 영상 메모리 및 비디오 DAC로의 연결을 위해 bus interconnection을 구성하였다. NTSC 신호와 시스템간의 동기를 맞추기 위한 보조 동기 회로, 모니터에 세그멘테이션 결과를 출력하기 위한 1개의 triple 비디오 DAC, 그리고 후처리 장치 구동을 수행하기 위한 IBM bus interface 등으로 구성하였다. 또한, A/D 및 D/A 변환기와 CCD 및 각 회로의 동기를 조절하기 위하여 주파수 28.68686 MHz의 수정 발진기를 동기신호 발생기로 사용하였다.

본 논문에서 제안된 알고리즘을 검증하기 위하여 실제 자연계에서 이동하는 물체로 학교 교정에서 주행중인 회색 승용차를 단일 표적으로 설정하여 실험하였다. 시나리오는 배경인 하늘이 자동차에 비하여 콘트라스트가 높은 환경을 설정하였다. 즉, 실험실 내에서 컴퓨터에 의하여 발생시킨 시나리오 영상들 보다 신호 대 잡음비가 매우 낮도록 구성하여 시스템의 적응성 실험에 적합하도록 하였다. 시나리오에 따라 이동하는 차량은 CCD 카메라의 시야를 약 1초에 통과하도록 하여 전체 프레임이 30 프레임이 되도록 하였다.

Fig. 6의 (a), (b), (c)는 실험에 사용된 이동 영상을 연속적으로 나타내었다. Fig. 6(d)는 본 논문에서 제안한 새로운 영상 subtraction 방법으로 실험한 결과이며, 이동하는 물체의 완전한 추출을 이룰 수 있었다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 개선된 영상 subtraction 필터를 제안하여 자연환경의 감시영역내에서 이동하는 물체를 실시간으로 추출할 수 있는 시스템을 구현하였다. 실제 영상 데이터에 본 알고리즘을 적용하여 실험한 결과 효과적으로 목표영상

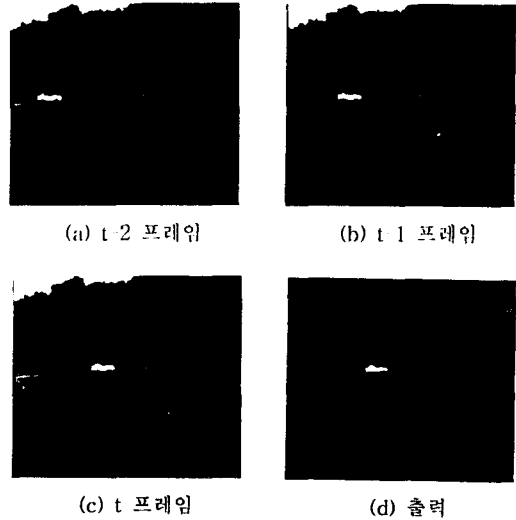


Fig. 6. Experimental results

을 영역화 할 수 있었으며, 산업안전을 위한 이동물체 감시시스템 및 인식 시스템의 전처리기로써 응용이 가능하리라 예측된다. 앞으로, 본 논문에서 제시된 알고리즘을 보다 개선하여 카메라가 움직일 때 발생하는 영상 silhouette 및 논리적 연산에서의 문제점을 해결해야 하고, 이를 통하여 산업안전시스템에서의 목표물 초기화와 목표물 인식에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- 1) W. N. Martin and J. K. Aggarwal, "SURVEY: Dynamic Scene Analysis," Computer Graphics and Image Processing 7, pp. 356~374, 1978.
- 2) S. Tsuji, M. Osada and M. Yachida, "Tracking and Segmentation of Moving Objects in Dynamic Line Images", IEEE Vol. PAMI-2, No. 6, pp. 516~522, 1980.
- 3) B. K. P. Horn and B. G. Schunck, "Determining Optical Flow", Artificial Intelligence 17, pp. 185~203, 1981.
- 4) J. H. Duncan and T. C. Chou, "On the Detection of Motion and the Computation

- of Optical Flow", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, No. 3, pp. 346~352, 1992.
- 5) A. Elnagar and A. Basu, "Motion Detection using Background Constraints", Pattern Recognition, Vol. 28, No. 10, pp. 1537~1554, 1995.
  - 6) M. P. Dubuisson and A. K. Jain, "Object Contour Extraction using Color and Motion", Proc. of IEEE, pp. 471~476, 1993.
  - 7) T. Kohonen, "Self-Organization and Associative Memory", Springer-Verlag, Berlin, 1988.
  - 8) E. Ardizzone, A. Chella, and F. Sorbello, "Application of the novelty filter to the motion analysis", Proc. of INCC, pp. 46~49, July, 1990.
  - 9) A. E. Chiou and P. Yeh, "Parallel Image Subtraction using a Phase-Conjugate Michelson Interferometer", Opt. Lett., Vol. 11, pp. 306~308, 1986.
  - 10) E. S. Kim and S. Y. Yi, "A Segmentation Technique of Moving Target Image using the Optical BPEJTC System", J. of KITE, Vol. 32-A, No. 4, 1995.