

# BBME와 DD를 통합한 움직이는 카메라로부터의 이동물체 추적 시스템

(A Moving Object Tracking System from a Moving Camera by  
Integration of Motion Estimation and Double Difference)

설 성 욱<sup>†</sup>    송 진 기<sup>\*\*</sup>    장 지 혜<sup>†</sup>    이 철 현<sup>\*\*\*</sup>    남 기 곤<sup>\*\*\*\*</sup>  
(Sung-Uk Sul)    (Jin-Gi Song)    (Jee-Hye Jang)    (Chul-Hun Lee)    (Ki Gon Nam)

**요약** 본 논문에서는 움직이는 카메라로부터 획득한 연속영상에서 이동물체를 자동으로 검출하고 추적하는 시스템을 제안한다. 제안된 방법은 크게 이동물체 검출과 추적과정으로 나뉘어진다. 이동물체는 BBME(block-based motion estimation)와 DD(double difference)를 통합한 방법을 이용하여 검출된다. 검출된 이동물체는 히스토그램 백 프로젝션을 통하여 분할되며, 히스토그램 인터섹션과 XY-프로젝션을 사용하여 대상물체를 정합하고 추적된다. 본 논문에서는 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안된 방법이 움직이는 카메라로부터 획득된 영상에서 이동물체를 검출하고 큰 오차 없이 추적함을 보였다.

**키워드** : 이중 차영상, 움직임 추정, 이동 카메라, 물체 추적

**Abstract** In this paper, we propose a system for automatic moving object detection and tracking in sequence images acquired from a moving camera. The proposed algorithm consists of moving object detection and its tracking. Moving object can be detected by integration of BBME and DD method. We segment the detected object using histogram back projection, match it using histogram intersection, extract and track it using XY-projection. Computer simulation results have shown that the proposed algorithm is reliable and can successfully detect and track a moving object on image sequences obtained by a moving camera.

**Key words** : double difference, motion estimation, moving camera, object tracking

## 1. 서론

이동물체 추적은 컴퓨터 비전 및 여러 응용 분야에서 많은 연구가 진행되고 있는 분야이다. 특히, 움직이는 카메라에서 이동물체를 추적하는 것은 컴퓨터 비전 분야에서 대단히 도전적인 과제중 하나이다. 이동물체 검출 및 추적 시스템은 물체 인식, 로봇, 감시시스템, 무인 차량 시스템과 같은 다양한 응용 분야에 적용된다[1]. 이동물체 추적은 카메라와 물체사이의 이동 관계에 따라 카메라는 고정되어 있고 물체가 이동하는 경우, 물체

는 고정되어 있고 카메라가 움직이는 경우와 물체가 이동하고 카메라도 움직이는 경우로 분류된다. 이동물체를 추적하는 기존의 방법으로 차 영상 기반의 방법, 광류(optical flow)[2,3], 기하학적 변환[4,5] 및 카메라 모션 정보[6]를 이용한 방법이 있다. 차 영상 기반의 방법은 카메라는 고정되어 있고 물체가 이동하는 경우에 적용 가능하며 배경영상과 차 영상을 이용하여 물체를 검출하고 추적한다[7]. 이 방법은 카메라가 움직일 경우에는 배경영상을 구하기가 어려우므로 물체 검출을 할 수 없는 단점이 있다. 카메라가 움직이는 경우는 광류, 지형적 변환, 카메라 모션 정보를 이용한 방법이 주로 쓰인다. 광류를 이용한 방법은 이전 프레임에서 구해진 물체가 시간과 공간의 변화를 거쳐서 다음 프레임의 한 위치에 있을 때 시공간 벡터를 이용하여 물체의 이동을 인식하고 추적한다. 계산량이 많기 때문에 처리속도가 느린 단점이 있다. 지형적 변환 및 카메라 모션 정보를 이용한 방법은 균일한 배경 정보를 추출하기 어려운 단점이 있다.

<sup>†</sup> 비회원 : 부산대학교 전자공학과  
susul@vision.ee.pusan.ac.kr  
jhjang@vision.ee.pusan.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 비회원 : (주)팬텍&큐리텔 근무  
jgsong@pantek.co.kr

<sup>\*\*\*</sup> 정회원 : 부산정보대학 전기전자계열 교수  
chlee@vision.ee.pusan.ac.kr

<sup>\*\*\*\*</sup> 비회원 : 부산대학교 전자공학과 교수  
kgnam@pnu.edu

논문접수 : 2002년 9월 16일

심사완료 : 2003년 9월 18일

본 논문에서는 움직이는 카메라로부터 획득한 연속영상에서 이동물체를 자동으로 검출하고 추적하는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 크게 이동물체 검출과 추적과정으로 나뉘어진다. 이동물체 검출과정은 BBME와 DD를 통합한 방법을 이용하여 수행된다. 검출된 이동물체는 히스토그램 백 프로젝션을 통하여 분할되며, 히스토그램 인터섹션과 XY-프로젝션을 사용하여 대상물체를 정합하고 추적된다. BBME는 비디오 압축(video compression) 분야에 주로 사용되는 방법이며, 히스토그램 백 프로젝션과 히스토그램 인터섹션은 영상 검색(image retrieval)분야에 사용되는 방법이다. 이동물체 추적분야에서는 이들 방법을 적용하여 이동물체를 검출하거나 분할 및 정합하는 일은 드물다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안한 이동물체 검출, 물체 분할 및 정합 모델을 사용한 추적 시스템에 대해서 설명하고, III장에서는 BBME와 DD를 통합한 이동물체 검출과정에 대해서, IV장에서는 검출된 이동물체를 히스토그램 백 프로젝션을 통하여 분할하며, 히스토그램 인터섹션과 XY-프로젝션을 사용하여 대상물체를 정합하는 과정에 대해서 설명한다. V장에서는 앞에서 언급한 알고리즘을 컴퓨터 모의실험에 적용해서 카메라가 움직이는 상황에서 물체를 추적해 나가는 것을 보이며, VI장에서 결론을 맺는다.

### 2. 이동물체 추적 시스템

움직이는 카메라로부터 획득한 연속영상에서 이동물체를 자동으로 검출하고 추적하는 시스템을 그림 1에서 블록다이어그램으로 나타내었다. 시스템은 이동 물체의

검출, 대상물체의 분할, 정합 및 추적으로 나누어진다.

이동물체의 검출은 변화하는 배경을 제외시키기 위해 블록단위로 모션을 추정하고 추정된 모션의 변화가 심한 부분을 제거하는 BBME 방법과 움직임이 발생한 영역을 검출하기 위한 DD 방법으로 구성되며, 두 방법을 통합하여 검출된 이동물체를 초기 모델로 정한다.

대상물체의 분할 및 정합은 연속된 프레임에서 검출된 차량을 추적하는 과정으로 히스토그램 백 프로젝션을 사용하여 대상물체를 분할하고, 히스토그램 인터섹션, XY-프로젝션을 사용하여 대상물체를 정합하고 추출한다. 추출된 대상물체는 다음 프레임에서 추적을 위한 모델로 갱신된다. 그림 1의  $I_t$ 는 이동물체의 검출을 위한 연속 프레임을 나타내고,  $M_t$ 는 이동물체 검출 후 얻어진 추적하고자 하는 모델을 나타낸다.  $S_t$ 는  $t$  번째 프레임에서 이전에 추적하던 추적모델과 정합 시켜 정교하게 추출된 추적모델을 나타낸다.  $P_t$ 는 추적 모델의 위치 정보를 나타낸다.

### 3. 이동 물체 검출

실시간 처리를 위한 추적 시스템은 처리속도가 빨라야 하고, 변화하는 배경에서도 용이하게 이동물체를 추적할 수 있어야 한다. 이런 상황에서 이동물체의 검출은 배경을 제외시키는 검출 영역의 축소 및 이동물체의 특징을 고려한 후보 영역이 설정되어야 한다. BBME 방법은 비디오 압축분야에 주로 사용되는 방법이며, 블록단위의 모션을 추정하여 압축하는데 사용된다. DD 방법은 일정한 배경부분에서 이동물체를 추출하는 방법이다. 제안한 검출방법은 BBME와 DD를 통합하여 이동물체

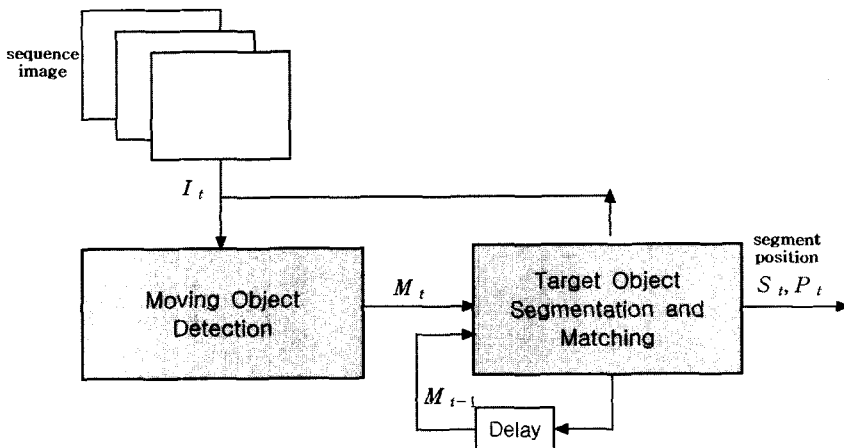


그림 1 이동물체 추적 시스템 블록다이어그램

를 검출하고자 한다. BBME 방법은 카메라 앞쪽 영역의 변화가 심한 배경부분을 추정하고 제거함으로써 후보영역을 검출하는데 사용된다. DD 방법은 카메라 먼 쪽 배경 중 변화가 없는 영역에서 움직임이 발생하는 영역을 검출하는데 사용된다. 그림 2는 이동 물체 검출 과정을 나타낸다.  $B^n$ 은 이동물체가 존재할 가능성이 높은 블록영역을 나타내고,  $I_{DD}$ 는 이중 차 영상 결과물,  $M^n$ 은 검출된 초기 물체를 나타낸다.

**3.1 BBME**

BBME는 영상을 정방향 블록 단위로 나누어, 연속적인 프레임  $I(x, y, t)$ 와  $I(x, y, t+\Delta t)$  사이의 모션을 추정하는 비디오 압축에 사용되는 방법이다[8]. 개별 모션 벡터의 추정은 대개 프레임  $I(x, y, t)$ 의 개별 블록과 프레임  $I(x, y, t+\Delta t)$ 의 미리 정의된 검색 윈도우 내부에서 전 영역을 비교하는 과정으로 수행된다. 따라서 수행 시간이 많이 걸리게 되는 단점이 있다. 이에 계층적 구조[9]를 가지는 정규화된 상호 상관관계(cross-correlation)를 사용하여 수행 시간을 단축하였다[10]. 또한, 이 방법은 회전 및 크기 변화가 심한 배경을 제거하는 역할을 수행하며, 변화가 적은 이동물체의 모션 벡터를 정확하게 추정함으로써 움직이는 카메라로부터 이동물체의 검출을 위해 사용코자 한다. 계층적 구조를 가진 정규화된 상호 상관관계를 적용한 BBME방법은 일정 프레임 동안 추정된 모션 벡터 정보 중에서 일정한 크기 변화를 벗어나는 블록 영역을 제거함으로써 이동물체가 존재할 후보영역을 축소시켜 나간다. 모션 벡터  $d$ 는 식 (1)과 같다.

$$d = \arg \max_{d \in W} M\{I(r, t + \Delta t), I(r - d, t)\} \quad (1)$$

여기서,  $M\{\cdot\}$ 는 상호 상관관계 측정값을 나타내고,  $d$ 는 변위(displacement)를,  $W$ 는 검색 영역을,  $r$ 은 영상의  $x, y$  좌표를 나타낸다. 검색 영역  $W$ 의 크기는  $32 \times 32$  픽셀로, 개별 블록의 크기와 일치한다. 블록 영역

추출은 다음 식 (2)와 같다.

$$B^n = \begin{cases} 1 & \text{if } d < T_d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서,  $T_d$ 는 변위 벡터의 임계값( $T_d=10$ )을 나타낸다. 변위 벡터의 크기가 10 픽셀 이상이면 배경 블록으로 제거한다.

그림 3은 초기 프레임에서 개별 블록을 정하고, 연속된 8 프레임 동안 BBME를 시행하여 이동물체가 존재할 후보영역을 축소시켜 나온 결과를 나타내고 있다.

**3.2 DD**

연속 영상으로부터 영역의 모션 정보를 얻기 위해 이중 차영상을 사용한다. DD의 적용은 대개 영상이 움직이는 물체만으로 구성된다는 가정을 한다. 즉, DD는 배경의 변화가 없는 영상으로부터 이동 물체에 대한 모션 정보를 추출하는 데 적용할 수 있다[11].

차영상은 다음 식 (3)과 같다.

$$D_i(x, y) = |I_i(x, y) - I_{i-1}(x, y)| \quad (3)$$

이중 차영상은 2개의 연속 차영상에 속한 픽셀과의 논리적 AND를 수행함으로써 획득된다. 이중 차영상은 다음 식 (4)와 같다.

$$DD_i(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (D_{i+1}(x, y) > T) \wedge (D_i(x, y) > T) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

여기서,  $T$ 는 임계값을 나타낸다. 구해진 이중 차영상에 잡음을 제거하기 위해 형태학적 필터를 수행한다.  $B$ 를 structuring element라 정의하면 팽창은 식 (5)

$$DD_i \oplus B = \{x | (\hat{B}_x \cap DD_i) \neq \emptyset\} \quad (5)$$

로 표현한다.  $\hat{B}_x$ 는  $x$ 만큼 움직인  $B$ 집합이다. 침식은 식 (6)

$$DD_i \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq DD_i\} \quad (6)$$

으로 표현한다. 적용된 형태학적 필터 결과는 식 (7)과 같다.

$$I_{DD} = (DD_i \ominus B) \oplus B \quad (7)$$

앞서 BBME를 이용한 후보영역 축소 과정에서 사용

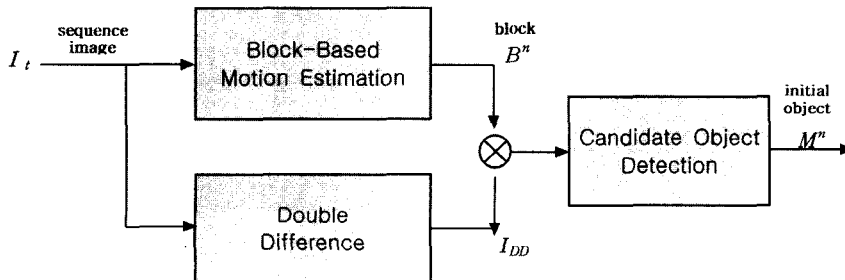


그림 2 이동 물체의 검출과정

한 연속된 영상에서 움직임이 있는 영역에 DD를 이용하여 검출하여 누적시킨 후 형태학적 필터를 거친 결과는 그림 4와 같이 나타난다.

3.3 후보 물체 검출

BBME를 적용한 결과는 움직임이 거의 발생하지 않는 배경정보는 제거되지 않는다. 따라서, BBME와 DD를 거친 결과 영상에 AND 연산을 적용함으로써 모션

이 발생하지 않는 배경 영역을 제거하고자 한다. 제거되고 남은 영역을 이동물체가 존재할 후보영역으로 판단하고 검출한다.

그림 5는 BBME와 DD를 적용한 결과 영상들을 AND 연산하여 나온 최종 후보영역을 나타낸다.

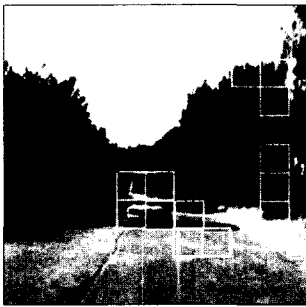
입력으로 받아들여진 영상 내에 움직이는 물체가 2개 이상이 있는 경우 최종 후보 블록들은 이에 상응하는



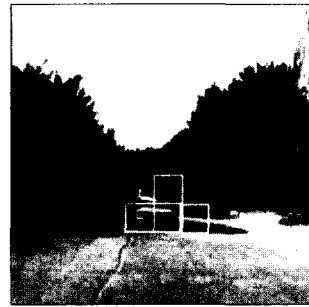
(a) 초기 개별블록 및 그 중심점들



(b) 1 단계 피라미드 영상

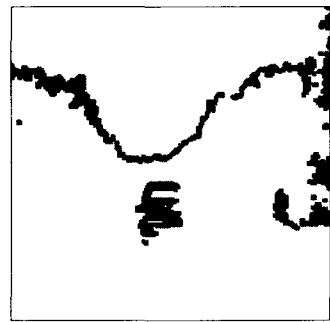


(c) 1 프레임 이후의 후보 블록들



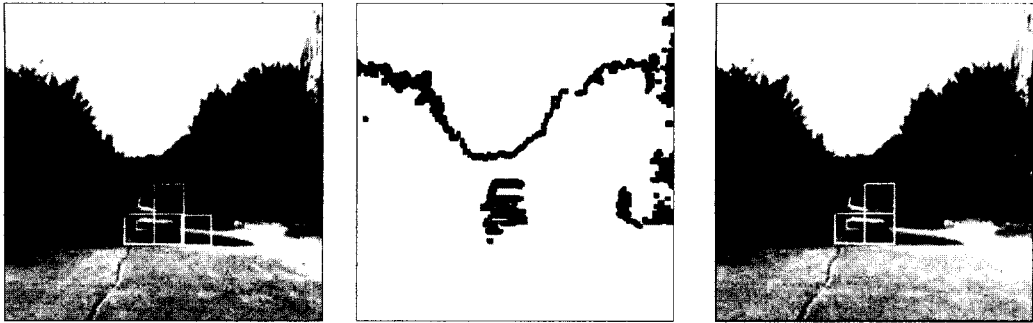
(d) 8 프레임 이후의 후보 블록들

그림 3 BBME를 이용한 후보영역의 축소 과정



(a) 초기 프레임 3개를 이용한 DD 결과 (b) 연속된 8 프레임 동안 DD를 이용 (c) 형태학적 필터를 이용하여 잡음을 하여 모션정보를 누적시킨 결과 제거한 결과

그림 4 DD를 이용한 연속된 영상으로부터의 모션정보 획득



(a) BBME를 적용한 결과영상 (b) DD를 적용한 결과영상 (c) (a),(b) 두 영상의 AND operation 후의 최종 후보영역 검출 결과 영상

그림 5 최종 후보영역 검출 결과

서로 떨어진 군집들을 이루게된다. 다중 이동물체의 검출을 위해서 이런 블록 군집들을 서로 나누기 위한 레이블 과정을 수행함으로써 다중물체 추적이 가능해진다. 영상 내의 움직이는 물체는 각 블록 군집들의 최외각을 둘러싸는 사각형의 영역에 다시 오프셋을 두어 탐색 창을 만들고 XY-프로젝션을 수행함으로써 검출할 수 있다. 실험적으로 오프셋은 각 물체의 외곽에 10 픽셀로 설정한다.

4. 물체 분할 및 정합

제안된 시스템은 물체 분할과 정합을 위해 밝기값을 특징으로하는 패턴인식의 방법인 히스토그램 백 프로젝션과 히스토그램 인터섹션방법을 사용하며, 밝기의 변화에 따른 물체와 배경의 정확한 분할을 위해 XY-프로젝션방법을 사용한다[12].

4.1 히스토그램 백 프로젝션

히스토그램 백 프로젝션은 영상 내에 있는 물체를 분할하고, 추적하고자 하는 물체의 위치를 찾아내는데 유용한 방법이다. 입력 영상 I의 히스토그램을 H<sub>I</sub>로 정의하고 모델이 되는 물체 I<sub>M</sub>의 히스토그램을 H<sub>M</sub>라고 정의한다. H<sub>R</sub>는 H<sub>M</sub>을 H<sub>I</sub>로 나눈 히스토그램으로 둔다. H<sub>R</sub>에 의해 역 투사된 영상 I<sub>B</sub>를 구하게 되는데 식 (8)과 같다.

$$H_R(j) = \frac{H_M(j)}{H_I(j)}, I_B(x, y) = \text{Min}(H_R(I(x, y)), 1) \quad (8)$$

물체는 역 투사된 영상 I<sub>B</sub>의 최고 값 근처에 존재할 확률이 높다. 좀 더 정확한 결과를 얻기 위해서 밀집도 필터링(density filtering)을 사용했다. D<sup>r</sup><sub>x,y</sub>는 반지름 r을 갖는 원형 마스크로 정의하고 식 (9)와 같다.

$$D^r_{x,y} = \begin{cases} 1 & \text{if } \sqrt{x^2 + y^2} < r \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

여기서, r은 물체영상 대각선 길이의 절반 값으로 정의한다.

밀집도 필터링을 사용한 개선된 히스토그램 백 프로젝션 알고리즘을 그림 6에 나타내었다. I<sub>B</sub>은 밀집도 필터링 과정을 거친 후의 영상을 나타낸다.

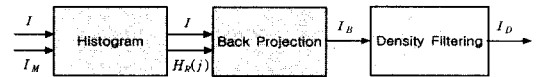


그림 6 개선된 히스토그램 백 프로젝션 블록다이아그램

위의 과정을 통해 물체의 위치를 찾을 확률이 더 높아지게 된다.

그림 7은 히스토그램 백 프로젝션을 수행했을 때의 결과를 나타낸다. I<sub>D</sub> 영상을 보면 모델과 유사한 물체가 있을 확률이 높은 위치가 표시되어진 것을 알 수 있다.

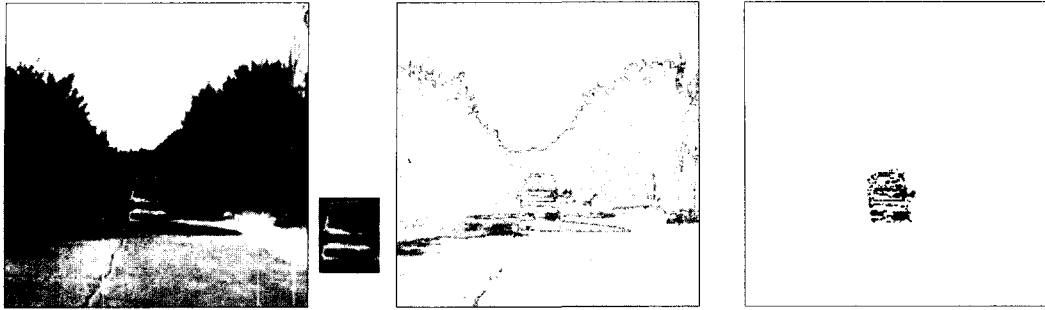
4.2 히스토그램 인터섹션

히스토그램 정합에 관한 연구범으로써 히스토그램 인터섹션은 고전적인 패턴인식의 일종이라고 할 수 있다. 이 방법은 특징점으로써 히스토그램의 각 밝기 값을 이용한다.

인식하고자 하는 물체와 동일한 물체인지를 판단하기 위해서 히스토그램 인터섹션을 이용하게 되는데, 결과 값이 클수록 인식하고자 하는 물체와 유사하다고 할 수 있다. 히스토그램 인터섹션은 식 (10)과 같다.

$$\sum_{j=1}^n \text{Min}(H_{I_i}(j), H_M(j)) \quad (10)$$

여기서, 입력 영상 I의 한 점 k를 중심으로 가지는



(a) 입력 영상(좌) 및 모델 영상(우) (b) HBP 후의 결과 영상 (c) 밀집도 필터링 후의 결과 영상  $I_D$

그림 7 히스토그램 백 프로젝션과 밀집도 필터링을 수행한 결과

모델 영상과 같은 크기의 정합후보 영상을 만든다.  $H_I$ 는 정합후보 영상의 히스토그램이고  $H_M$ 는 모델 영상의 히스토그램이다. 정합후보 영상과 모델 영상은 동일한  $n$ 개의 밝기 값을 갖고 있다. 모델 영상의 히스토그램과 정합후보 영상의 히스토그램 인터섹션의 결과는 정합후보 영상에서 동일한 밝기 값을 갖는 픽셀에 대응되는 모델 영상의 픽셀의 갯수가 된다.

0과 1 사이의 정합 값을 갖도록 하기 위해서 히스토그램 인터섹션 값을 정규화 시킨다. 모델 영상의 히스토그램에 대응되는 픽셀의 갯수를 적용시키는데 정규화된 값은 식 (11)로 나타낼 수 있다.

$$H(I_k, M) = \frac{\sum_{j=1}^m \text{Min}(H_{I_k}(j), H_M(j))}{\sum_{j=1}^m H_M(j)} \quad (11)$$

히스토그램 인터섹션 결과 값은 배경과의 분할이 쉽게 되지 않는 상황에서도 그 값이 감소되지 않는다. 배경에서 물체를 완벽하게 분할해 내기란 쉽지 않은데 만약 모델 내부에 있는 픽셀이 동일한 밝기 값을 갖는다면 정합 값이 커지게 된다. 그리고 정합을 하려는 물체 내부의 특정 밝기 값을 갖는 픽셀의 갯수가 모델 영상에서 동일한 값을 갖는 픽셀의 갯수보다 적으면 정합 값이 높아진다.

추적 시스템에 적용시킬 경우 조명이나 다른 환경의 영향을 받기 때문에 정확하게 물체를 정합하지 못한다. 이점을 고려하여 히스토그램 인터섹션을 수행하여 나온 결과에 오프셋을 두었다.

### 4.3 XY-프로젝션

히스토그램 백 프로젝션을 사용하여 물체가 있을 확률이 높은 위치를 찾는다. 찾은 위치를 정합 후보 점으로 두고 히스토그램 인터섹션을 적용하면 정합하고자 하는 물체를 포함한 영역을 얻게된다. 이 정보를 가지고 XY-프로젝션을 수행하면 물체의 최외곽을 찾아낼 수

있다. XY-프로젝션을 수행하기 위해 히스토그램 인터섹션을 수행하고, 얻어진 영역내부의 영상에 대해서 수직 에지와 수평 에지를 구한다. 수직 에지 영상은  $Vert(x, y, t)$ 로 나타내고 수평 에지 영상은  $Horz(x, y, t)$ 로 나타내는데 밝기 경사를 이용하여 구한다. 수평, 수직 에지를 이용하여  $x, y$ 축으로 투사시키는데, 수직 에지를  $x$ 축으로 투사하여 구한 결과를  $u$ 로 둔다. 그리고 수평 에지를  $y$ 축으로 투사하여 구한 결과를  $v$ 로 두는데 각각 식 (12)와 (13)으로 나타낸다.

$$u = (u_1, \dots, u_n, t) = \left( \sum_{j=1}^m V(x_1, y_j, t), \dots, \sum_{j=1}^m V(x_m, y_j, t), t \right) \quad (12)$$

$$v = (v_1, \dots, v_m, t) = \left( \sum_{i=1}^n H(x_i, y_1, t), \dots, \sum_{i=1}^n H(x_i, y_n, t), t \right) \quad (13)$$

잡음을 없애고 물체를 추출해 내기 위해서 임계값을 정하여 설정하였으며 임계값은 각 방향으로 프로젝션 시킨 값의 평균값으로 한다.

$$U_{\tau n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{u_i\} \quad (14)$$

$$V_{\tau m} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \{v_j\} \quad (15)$$

수직 에지를  $x$ 축 방향으로 프로젝션 시켜서 나온 값을 왼쪽 끝과 오른쪽 끝에서 각각 중심으로 진행해 나가면서 조사한다. 조사하는 과정에서 임계값보다 크게 나올 경우 물체의 좌우 외곽을 찾았다고 판단하고 멈춘다. 수평 에지도 마찬가지로 처리하여 물체를 추출한다.

### 5. 실험 결과

실험에 사용한 영상은 도로에서 차량의 움직임에 관한 영상이며, 1.5m 높이의 차량 위에 카메라를 고정시켜 영상을 획득하였다. 움직이는 차량에 탑재한 카메라로부터 얻은 영상을 비디오 디지털이저를 이용하여 초

당 15프레임의 연속 영상으로 저장하였으며, 사용된 비디오 디지털라이저는 CORECO사의 THE OCULUS-F FRAME GRABBER이다. 실험에 사용된 영상은 256×256의 8비트 그레이 레벨 영상이고, 2.0GHz의 클럭 주파수를 가지는 펜티엄 컴퓨터에서 본 알고리즘을 수행하였다. 본 알고리즘에 적용한 추적대상인 차량은 상행 운동을 한다.

그림 8은 획득한 영상에서 물체를 추적하는 과정을 나타낸다. #1600 프레임부터 연속된 8 프레임들에 BBME와 DD를 이용하여 최종 후보영역 및 움직이는 물체를 검출하였다. 그림 8의 (b)는 블록 군집들의 최외각을 둘러싸는 영역에 다시 오프셋을 둔 탐색 창과 XY-프로젝션을 수행한 후 검출된 물체를 나타낸다. 검출된 물체를 초기 모델로 저장하여 # 1609 프레임부터는 물체를 찾아내기 위해 히스토그램 백 프로젝션을 수행한 후 밀집

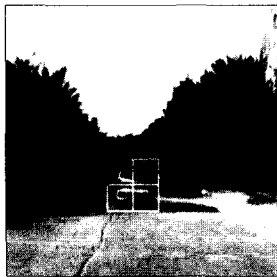
도 필터링을 거친다. 그리고 히스토그램 인터섹션을 통하여 정합을 한 후, XY-프로젝션을 수행하여 물체를 추출한다.

또한, 제안한 알고리즘의 실시간 적용 가능성을 알아보기 위해 일반 도로와 고속도로에서 획득한 몇 가지 종류의 영상으로 측정하였다.

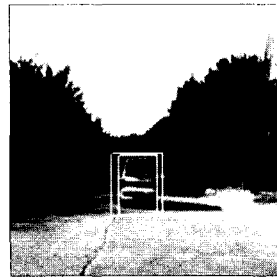
다양한 환경에서 획득한 영상으로 이동 물체의 검출과 추적에 소요되는 시간 측정 결과는 다음 표 1과 같다. 결과값은 충분한 횟수만큼 실시하여 취한 평균값이다.

표 1 이동 물체 검출과 추적 소요 시간

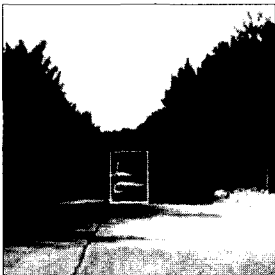
	영상 (a)	영상 (b)	영상 (c)	영상 (d)
프레임당 추적 시간 (ms)	16	15	15	16



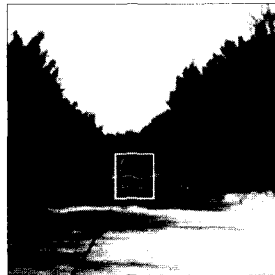
(a) # 1608 프레임에서 검출된 최종 후보 영역



(b) # 1608 프레임에서 검출된 움직이는 이동물체



(c) # 1642 프레임에서 물체를 추적하는 과정



(d) # 1652 프레임에서 물체를 추적하는 과정



(e) # 1662 프레임에서 물체를 추적하는 과정

그림 8 256×256 픽셀 크기의 영상에서 물체를 추적하는 과정

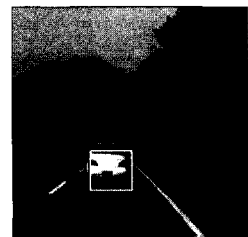
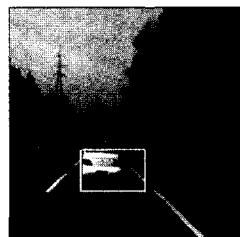
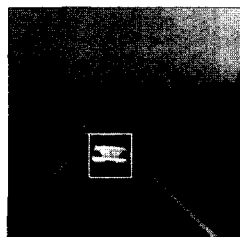
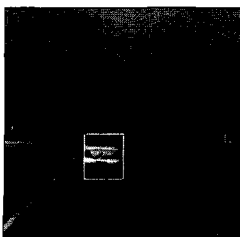


그림 9 제안한 알고리즘의 처리 시간 측정을 위해 사용된 다양한 환경의 영상

## 6. 결론

본 연구에서는 움직이는 카메라로부터 획득한 연속영상에서 이동물체를 자동으로 검출하고 추적하는 시스템을 제안하였다. 변화하는 배경에서 이동물체는 연속된 초기입력 프레임들로부터 얻은 물체의 모션정보와 제안한 검출법을 이용하여 검출되고 초기모델로 정해진 후 그 다음 프레임부터 그 물체를 영상에서 분할하고 정합하는 과정을 되풀이함으로써 추적된다. 이동물체 검출은 블록단위로 모션을 추정하고 추정된 모션의 변화가 심한 부분을 제거하는 BBME방법과 움직임이 발생한 영역을 검출하기 위한 DD방법을 통합하여 수행된다. 이동물체 추적은 연속영상에서 히스토그램 백 프로젝션을 통하여 물체를 분할하며, 히스토그램 인터섹션과 XY-프로젝션을 사용하여 대상물체를 정합함으로써 수행된다. 여러 가지 다양한 환경에서 획득한 영상에 적용하여 실시간적으로 추적이 가능함을 보였다.

향후 연구과제로 물체 인식, 로봇, 감시시스템, 무인차량 시스템과 같은 다양한 응용 분야에 실제적으로 적용하기 위해 추적하는 물체와의 거리를 추정할 수 있도록 스테레오 영상을 이용한 추적기법의 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] A. Behrad, A. Shahrokni, S. A. Motamedi and K. Madani, "A Robust Vision-based Moving Target Detection and Tracking System," *IVCNZ2001*, University of Otago, Dunedin, New Zealand 26th - 28th Nov., 2001.
- [2] T. Suzuki and T. Kanade, "Measurement of vehicle motion and orientation using optical flow," *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Tokyo, Japan, Oct., 1999.
- [3] H. H. Nagel and M. Haag, "Bias-corrected optical flow estimation for road vehicle tracking," *ICCV '98*, Bombay/India, 4-7 Jan., 1998.
- [4] J. Odobez and P. Bouthemy, "Detection of multiple moving objects using multiscale MRF with camera motion compensation," *Proc. ICIP '94*, vol. 2, pp. 257~261, 1994.
- [5] S. Araki, T. Matsuoka, N. Yokoya and H. Take-mura, "Real-time tracking of multiple moving object contours in a moving camera image sequences," *IEICE Trans. Inf. & Syst.*, vol. E83-D, no. 7, Jul., 2001.
- [6] D. Murray and A. Basu, "Motion tracking with an active camera," *IEEE Trans. Pattern Anal. & Mach. Intell.*, vol. 16, no. 5, pp. 449~459, 1995.
- [7] R. Jain, D. Militzer and H. Nagel, "Separating non-stationary from stationary scene components in a sequence of real world TV images," *Proc. fifth Int. Joint Conf. Artif. Intell.*, pp. 425~428,

1977.

- [8] M. Accame, F. G. B. De Natale and D. D. Giusto, "High Performance Hierarchical Block-based Motion Estimation for Real-Time Video Coding," *Real-Time Imaging*, vol. 4, no. 1, pp. 67~79, Feb., 1998.
- [9] F. Moschetti, E. Debes, "A Fast Block Matching for SIMD Processors Using Subsampling," *IEEE Int'l. Symposium on CS*, vol. 4, pp. 321~324, 2000.
- [10] R. Mandelbaum, G. Salgian, H. Sawhney, "Correlation-Based Estimation of Ego-motion and Structure from Motion and Stereo," *Proc. of the ICCV '98*, Kerkyra, Greece, Sept. 1999.
- [11] R. Cucchiara, M. Piccardi, A. Prati, N. Scarcabottolo, "Real-time Detection of Moving Vehicles," *Proc. of 10th ICIAP*, Venice, Italy, pp. 618~623, Sept., 1999.
- [12] 설성욱, 이희봉, 김효성, 남기곤, 이철현, "히스토그램 프로젝션을 이용한 움직이는 카메라로부터의 이동 물체 추적 알고리즘," *한국 신호처리 시스템 학회 논문지*, 제2권, 제4호, pp. 38~45, 2001. 10.



설성욱

1995년 경상대학교 컴퓨터공학과 학사  
1998년 부산대학교 전자공학과 석사  
2003년 부산대학교 전자공학과 박사. 관심분야는 영상처리 및 컴퓨터비전, 얼굴인식, 멀티미디어



송진기

2000년 부산대학교 전자공학과 학사  
2003년 부산대학교 전자공학과 석사. 현재 (주)팬택&큐리텔 근무. 관심분야는 컴퓨터비전, 패턴인식



장지혜

2002년 경북대학교 전자전기공학부 학사  
현재 부산대학교 전자공학과 석사과정  
관심분야는 영상처리, 추적 시스템, 영상인식





이 철 현

2000년 부산대학교 전자공학과 박사. 현재 부산정보대학 전기전자계열 전임강사  
관심분야는 컴퓨터비전, 멀티미디어 시스템



남 기 곤

1977년 부산대학교 전자공학과 학사  
1981년 부산대학교 전자공학과 석사  
1989년 부산대학교 전자공학과 박사. 현재 부산대학교 전자공학과 교수. 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신연구소 연구원  
관심분야는 컴퓨터 비전, 패턴 인식