
다양한 특징 매칭을 이용한 움직이는 물체 추적 시스템에 관한 연구

박재준* · 김선우* · 최연성* · 박춘배* · 하태령*

A Study on the Moving Object Tracking System Using Multi-feature Matching

Piao Zai-jun* · Sun-Woo Kim · Yeon-Sung Choi · Chun-Bae Park · Tae-Ryeong Ha

요 약

비디오 감시 시스템에서 물체의 추적은 매우 중요하다. 본 논문에서는 외부 환경에서 움직이는 물체를 추적하는 방법을 제안한다. 움직이는 물체를 추적하기 위하여 먼저 가중치 차 영상을 구하여 움직이는 물체를 추출한 후 다시 닫힘 연산을 사용하여 잡음을 제거한다. 그리고 추출된 다양한 특징 정보로 매칭하여 움직이는 물체를 추적한다. 제안된 추적 방법은 가중치 차 영상을 사용하여 움직이는 물체를 추적하기에 정지된 물체가 갑자기 움직이거나 갑자기 멈출 때도 정확히 추적할 수 있다. 본 논문에서 제안한 추적 시스템은 공간위치, 형상과 명암도 특징을 종합하기에 움직이는 물체를 보다 더 효과적으로 추적할 수 있다.

ABSTRACT

Moving object tracking is very important in video surveillance system. This paper presents a method for tracking moving objects in an outdoor environment. To moving object tracking, first, after extract object that move yielding weight subtraction image and then use close operator to reduce the noise. And we track a object that move detected by matching the extracted multi-feature information. The proposed tracking technique can track moving object by multi-feature matching method so that exactly tracking the objects which are suddenly move or stop. The proposed tracking technique can be efficiently tracking the moving objects, because of combined with spatial position, shape and intensity informations.

키워드

Tracking moving object, Multi-feature, Spatial position, Shape, Intensity

I. 서 론

동영상에서의 물체 추적은 최근 몇 년간 컴퓨터 비전 및 여러 실용적 응용 분야 등에서 관심을 갖고 있는 주제 중 하나이다. 최근까지, 많은 추적 알고리즘들이 개발되어 왔는데, 3-D 모델 기반의 방법^{[1][2]}, 영역 기반의 방법^[3], 능동 윤곽선 기반의 방법^[4], 특징 기반의 방법 등이

있다. 3-D 모델 기반의 방법은 소수의 차량에 대해 정확성이 높은 모델과 케이스를 복원하는 것이며, 상세한 기하학적 물체의 모델이 주어져야 하는 단점이 있다. 왜냐하면 모든 움직이는 물체에 대한 상세한 모델을 기대하는 것은 비현실적이기 때문이다. 영역 기반 방법은 연속 영상에서 연결된 영역을 구하고 상관관계(cross-correlation) 측정을 이용하여 움직이는 물체를 추적하는 방법이며

현재의 배경을 측정하여 입력되는 영상과의 차 영상에서 물체를 검출한다. 이 방법은 차 영상에 임계값 이상의 화소를 연결한 영역은 찾으나 혼잡한 물체의 상태에서 각각의 물체를 분할해야 하는 단점이 존재한다. 윤곽선 기반의 방법은 물체의 경계진 윤곽선을 표현하고, 그것을 동적으로 갱신하면서 추적하는 방법이며, 이 방법의 이점은 영역 기반에 비해 복잡한 계산이 줄어든다는 것이나 일부 가려짐이 발생할 경우 물체를 분할할 능력이 없다. 이러한 단점을 해결할 수 있는 방법은 움직이는 물체에서 추출한 여러 가지 다양한 특징을 매치시켜 움직이는 물체를 추적하는 것이다.^[6]

2장에서는 야외 환경에서 움직이는 물체를 분리하는 알고리즘을 기술하였고 3장에서는 움직이는 블립(blob)에서 특징을 추출한다. 주요한 특징은 블립의 무게중심, 길이, 너비, 영역, 구조, 방향, 명암도 등이다. 4장에서는 분기 방법을 사용하여 위치, 형상, 명암도 등을 가지고 블립과 템플릿을 비교한다. 5장에서는 실험 결과로 야외 환경에서의 추적 정확도를 검증하고 마지막으로 6장에서는 논문의 결과와 향후의 연구 과제를 제시한다.

본 논문에서 제안하는 물체 추적 시스템의 알고리즘은 다음과 같다.

1. 카메라로부터 영상을 입력 받음
2. 가중치 차 영상을 이용하여 움직이는 물체의 블립을 검출함
3. 특징을 추출하고 매칭 시킴
 - 가. 블립으로부터 움직이는 물체의 공간 위치 특징을 추출하고 템플릿과 매칭
 - 나. 블립으로부터 움직이는 물체의 형상 특징을 추출하고 템플릿과 매칭
 - 다. 블립으로부터 움직이는 물체의 명암도 특징을 추출하고 템플릿과 매칭
4. 3의 가,나,다의 특징과 매칭되지 않으면 새로운 후보자 템플릿을 생성하고 2~4 과정을 반복함
5. 특징 정보와 매칭되면 템플릿을 업그레이드 하고 물체를 추적한다.

그림 1은 본 논문에서 제시한 물체 추적 시스템의 구조에 대한 흐름도를 보여준다.

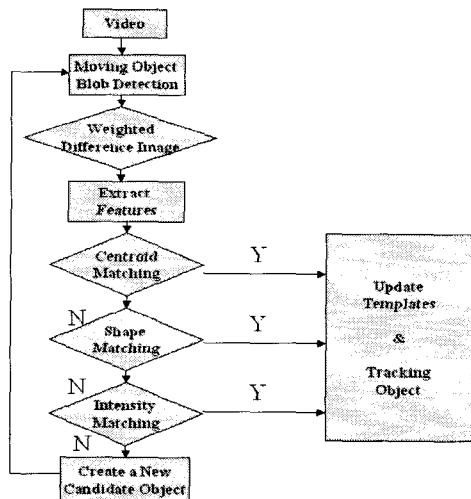


그림 1. 제안된 물체 추적 시스템의 흐름도
Fig. 1. Proposed Object Tracking System Flow

II. 움직이는 물체 추출

움직이는 물체 추적의 제일 단계는 물체를 배경에서 분리하는 것이다. 가중치 차 영상을 이용한 움직임 검출은 움직이는 객체를 추출하고 다이나믹한 환경을 적용하기 위한 가장 간단한 방법이다. 그러나 일정한 명암도로 움직이는 객체의 완전한 외양은 검출할 수 없다. 본 논문에서는, 첫 번째 영상을 배경영상으로 정하고 현재 영상과의 차 영상을 구한 후, 차 영상의 임계값을 통하여 변화된 영역을 얻는다. 임계값 T_d 는 다양한 실험을 통해서 동적으로 사용할 수 있다. 주변 영상의 변화가 별로 심하지 않은 장소에서는 T_d 값을 적게 잡고, 주변 영상의 변화가 심할수록 T_d 값을 높이면 된다. 여러 번의 실험을 거쳐 40정도 되었을 때 영상 잡음을 많이 줄일 수 있었습니다. 느린 움직임 또는 시간적으로 정지된 객체의 상태를 검출하기 위하여 특별히 설정해 놓은 고정된 가중치 (W_{accun})를 둔다. 이것은 차 영상 $I_{\text{difference}}(x, y, t)$ 을 계산하기 위하여 사용되며, 다음의 식으로 보여 진다.^[5]

$$I_{difference}(x, y, t+1) = \{ \begin{array}{l} 1, \text{ if } I_{accum}(x, y, t+1) > T_d \\ 0, \text{ otherwise } \end{array} \}, \quad (1)$$

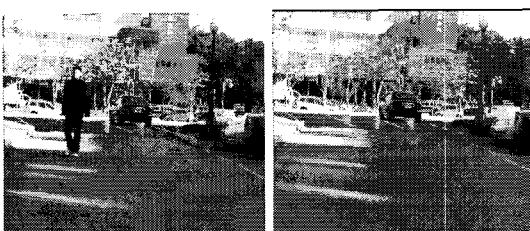
$$I_{accum}(x, y, t+1) = (1 - W_{accum}) I_{accum}(x, y, t) + W_{accum} |I(x, y, t+1) - I(x, y, t)| \quad (2)$$

W_{accum} 은 차 영상의 계산을 위하여 시간적 범위를 서술하는 계산된 파라미터이다. 시스템에서 $I_{accum}(x, y, t+1)$ 은 빈 영상으로 초기화되며, 동일한 결과를 위하여 T_d 는 40, W_{accum} 은 0.5로 설정한다. 이미지 내의 영역 크기는 $(0, 0)$ 에서 (w, h) 로부터 변화한다. w 와 h 는 각각 입력 영상의 폭과 높이이다. 원영상의 크기는 352×240 이다. 모든 영상을 사용하는 대신에, 변화된 영역은 움직임을 위한 시간 필터를 적용하기 위하여 나중에 사용된다.

산란한 배경으로 인하여 최종 검출된 전경에는 잡음이 함유된다. 때문에 모폴로지의 닫힘 연산 (closing operator)을 사용하여 잡음을 제거한다. 닫힘 연산은 팽창 연산과 침식 연산 순으로 두 연산을 조합하여 수행한다. 팽창 연산으로 객체를 확장하기 때문에 빈 공간이 메워진 후, 침식 연산으로 원 영상의 크기로 돌아가게 하여 배경보다 객체를 더 강조한다. 그림 2는 가중치 차 영상을 사용한 후 닫힘 연산을 사용하여 잡음을 제거하여 움직이는 물체 블립을 추출한 결과를 나타낸 것이다.

III. 다양한 특징 추출

본 시스템은 움직이는 블립에서 공간위치, 형상, 명암 3가지 특징을 추출한다.



(a) 원 영상

(b) 배경 영상



(c) 움직이는 물체 블립

그림 2. 가중치 차 영상을 사용한 움직이는 물체 블립

Fig. 2. The Moving Object Blob Using Weighted Difference Image

2.1. 공간 위치 특징 추출

블립의 무게중심은 블립의 공간위치를 알려준다. 이는 블립의 모든 픽셀들의 위치의 평균이다. 한 물체는 최근의 위치로부터 멀리 움직이지 못한다. 때문에, 무게중심은 물체를 추적함에 있어서 강인하고 유용한 특징을 제공한다.

이진 영상 $I(x, y)$ 에서

$$\bar{X} = \frac{1}{A} \sum_{(x, y) \in R} X \quad (3)$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{A} \sum_{(x, y) \in R} Y \quad (4)$$

로 무게중심 (\bar{X} , \bar{Y})를 계산하는데 위 식들에서 A는 블립에 있는 모든 픽셀들의 개수이다.

2.2. 형상 특징 추출

형상 특징은 물체의 형상·기반(형상에 관한) 정보를 제공해준다. 한 물체는 일반적으로 전 프레임에서 나타냈던 형상과 비슷한 형상을 유지한다. 예를 들어 장면 내에서 움직이는 자동차는 고유의 솔리드 형상을 유지하지 사람과 같은 다른 형상으로 변화하지 않는다. 동일한 분할 방법을 사용하였다는 가설하에 복잡한 형상의 물체는 간단한 형상의 물체보다 compactness를 더욱 많이 변화시킨다. 본 논문에서 형상특징으로 물체의 길이, 너비, Area, Compactness와 Orientation을 추출한다.

길이와 너비 (L , W), Compactness C , Area A , Orientation Θ 는 아래와 같다. Area는 물체 블립의 모든 화소값들의 집합이며 이 물체 블립의 면적으로 볼 수 있다. Compactness는 원형도라고 하는데 이는 면적과 주변길이 이 두 정보로 물체의 형태 복잡 정도를 계산하는

특정량이다. 반경이 r 인 원에서 면적은 πr^2 이고, 주변 길이는 $2\pi r$ 이기에 식 (7)에 의하면 Compactness는 1이 된다. 때문에 형태가 원에 가까울수록 Compactness의 값은 커지고 최대치는 1이다. 때문에 Compactness 값의 범위는 0부터 1사이에 있다. Orientation은 물체의 길이 방향이고 $\mu_{p,q}$ 는 물체의 길이 방향을 관찰 할 수 있는 구역 모멘트이다.

$$L = \max x(t) - \min x(t) \quad (5)$$

$$W = \max y(t) - \min y(t)$$

$$Area A = \sum_{(x,y) \in R} \sum I(x,y) \quad (6)$$

$$Compactness C = \frac{4\pi^* Area}{perimeter^2} \quad (7)$$

$$Orientation \Theta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}} \right) \quad (8)$$

$$\mu_{p,q} = \sum_x \sum_y (x - \bar{X})^p (y - \bar{Y})^q \quad (9)$$

식 (7)에서 perimeter는 검출된 물체 블립의 주변의 길이이고 (9)에서 $p,q=0,1,2$ 이다.

2.3. 명암도 특징 추출

형상 정보가 확실하지 않을 때 명암도 특징을 사용하여 물체를 추적한다. 명암도는 방향이 변화되지 않고 물체의 사이즈와 관계 없기에 부분 물체를 검출할 때 매우 유용한 정보이다. 하지만, 빛의 변화에 의해 명암도 역시 변화될 수 있다.

본 논문에서는 화소들로 구성된 분리된 물체의 명암도의 평균을 구한다. 물체의 평균 명암도 i 는 아래와 같다.

$$i = \frac{\sum_{x,y \in R} \sum intensity(x,y)}{A} \quad (10)$$

하지만 평균 명암도 특징만 가지고 물체를 추적하기에는 부족하다. 때문에 본 논문에서는 분할된 물체의 가로 세로 비 특징 r 을 보충한다.

$$r = \frac{W}{L} \quad (11)$$

각각의 물체 블립에서 이상의 특징들을 추출한 후, 특징 벡터 $R_{i,t} = [\bar{X}, \bar{Y}, L, W, A, C, \Theta, i, r]$ 로 물체를 표시한다.

IV. 물체 추적

본 논문에서의 추적 방법은 특징 벡터 $R_{i,t}$ 와 모든 템플릿 $T_{i,t-1}$ ($i = 1, 2, 3, \dots M$)를 비교한다. 만약 매칭된다면, 템플릿은 아래와 같은 형식의 필터를 통하여 다음번 매칭을 위해 업데이트 된다.

$$T_{i,t} = \beta T_{i,t} + (1 - \beta) R_{i,t} \quad (12)$$

만약 여러 개의 연속적인 프레임이 매칭 되지 않으면, 새로운 후보자 템플릿 T_{m+1} 이 생성된다. 매칭 방법은 무게중심 매칭, 형상 매칭, 명암도 매칭이 순차적으로 매칭되는데, 1/15-1/30초 간격의 차 영상을 사용하므로 짧은 시간에 전혀 새로운 위치, 형상, 명암도가 인접할 수 없기 때문이다. 또한 AND 연산은 과도한 연산량으로 실시간 처리에 장애를 초래하기도 한다.

3.1. 무게중심 매칭

장면내에서 움직이는 한 물체의 다음 위치는 현 프레임 내에서의 위치의 근처에 있다. 물체가 모든 템플릿 중 한 템플릿과 가장 먼 거리를 가지고 이 거리가 특정된 하한 임계치보다 작을 때 매칭이 발생한다. 만약 거리가 상한 임계치보다 클 때 이 물체는 다른 물체임을 나타낸다. 만약 이 절차가 물체를 템플릿으로 매칭하는데 실패하면, 다음 절차 - 형상 매칭이 필요하다.

3.2. 형상 매칭

본 논문에서는 형상 특징 벡터 $[A, C, \Theta]$ 로부터 템플릿과의 차이를 계산한다. 물체와 템플릿과의 차이의 평방 합 SSD_s (Sum Square Distance)를 아래 식으로 구한다.

$$SSD_s = \left(\frac{A}{A_{temp}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{C}{C_{temp}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{\Theta}{\Theta_{temp}} - 1 \right)^2 \quad (13)$$

다음, 이 차이를 설정된 임계값과 비교하여 형상 매칭을 한다. SSD_s 의 값이 클수록 검출된 물체와 템플릿 사이의 형상에서의 차이가 작고 잘 매칭 된다. 만약 매칭 되지 않으면 다음 절차 - 명암도 매칭이 필요하다.

3.3. 명암도 매칭

본 논문에서는 명암도 특징을 사용하여 추적하고자 하는 물체를 인식하기 위하여 사용된 특징들은 분할된 물체의 화소 수 A , 분할된 물체의 화소들이 가지는 명암도 평균 i , 분할된 물체의 가로 세로 비 r 이다. 이런 명암 특징 벡터로부터 물체와 템플릿사이의 명암도의 차이를 계산한다. 형상 매칭 방법과 마찬가지로 물체와 템플릿사이의 명암도 차이의 평방 합 SSD_i 을 구한다.

$$SSD_i = \left(\frac{A}{A_{temp}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{i}{i_{temp}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{r}{r_{temp}} - 1 \right)^2 \quad (14)$$

다음, 이 차이를 설정한 임계값과 비교하여 명암도 매칭을 한다.

만약 물체가 이 세 절차를 통하여도 템플릿과 매칭되지 않는다면, 이 물체를 위하여 새로운 후보자 템플릿이 생성된다. 이 후보자 템플릿은 여러 장의 연속적인 프레임 내에서 지속되어야만 진정한 템플릿으로 변화된다. 그러나 이 잠간 시간 내에 임시 후보자 템플릿은 매칭에 사용되지 않고, 물체가 다른 템플릿과 매칭하는 작업 중에서는 이 후보자 템플릿을 삭제한다.

만약 두개 또는 그 이상의 물체가 템플릿과 매칭되면, 어느 것을 사용하여 이 템플릿을 업데이트 할지 결정한다. 보통, 무게 중심으로부터 템플릿과의 최소거리를 가지는 물체를 템플릿으로 업데이트한다.

V. 실험 결과

다양한 특징의 매칭을 사용하여 움직이는 물체를 검출하기 위하여 제안된 알고리즘의 효율을 구하기 위해 외부환경에서 다양한 실험을 하였다. 또한 동일한 결과를 얻기 위하여 각 단계에서의 임계값 및 파라미터는 동일하게 설정하였다.

실험은 공과대 주차장의 여러 위치에서 초당 30프레임의 영상을 촬영할 수 있는 CCTV 카메라로부터 얻은 352×240의 영상을 RAW 파일로 변환하여 각각을 비교하였다. 시스템은 펜티엄-IV 3.0GHz의 CPU, 512MB의 메모리를 갖는 컴퓨터에서 마이크로소프트사의 Visual C++ 6.0에서 프로그래밍 하였다. 그림 3은 추적 시스템의 결과 영상을 나타낸 것이다.

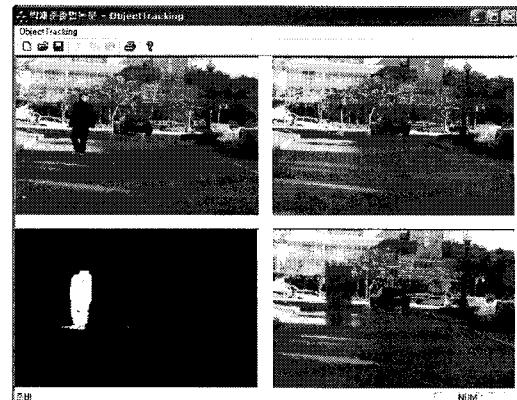


그림 3. 추적 시스템의 결과 영상
Fig. 3. Result Image of Tracking System

그림 4는 주차장 앞을 걸어 지나는 사람을 추적하고 있는 장면을 나타낸 것이다. 추적과정을 설명하게 나타내기 위하여 움직이는 물체에 칼라 마스크를 씌웠으며, 실시간 추적이 가능하였다.

그림 5는 주차장 앞을 지나가는 차량을 추적하는 과정을 나타낸 것이다.

두 그림에서 나타낸 결과는 추적 과정을 설명하게 나타내기 위하여 10 프레임을 간격으로 나타낸 것이다.

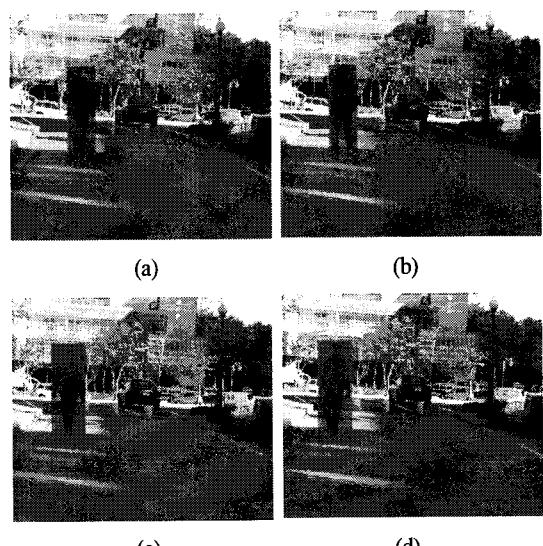


그림 4. 움직이는 사람 추적
Fig. 4. Tracking Moving Person

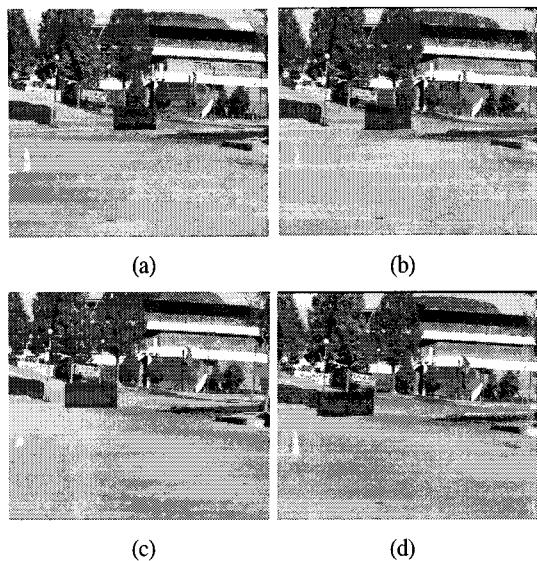


그림 5. 움직이는 차량 추적
Fig. 5. Tracking Moving Car

표 1에서 나타난 바와 같이 다양한 특징 매칭을 이용하여 움직이는 물체를 추적하는 방법은 공간 위치 특징 매칭, 형상 특징 매칭, 명암도 특징 매칭 방법들보다 타겟을 추적하는 면에서 더 안정적이다. 공간 위치 특징 매칭 방법이나 형상 특징 매칭 방법은 사람을 추적할 때 사람의 불규칙적인 움직임으로 하여 무게 중심과 형태가 자주 변화하기에 다른 추적 방법에 비해 추적 효율이 많이 떨어지고 명암도 특징 매칭은 차량을 추적할 때 한 장면에서 동일 색상, 동일 타입의 차량을 추적할 때 동일한 물체로 인식하기에 오류가 발생한다. 때문에 본 논문에서 제안한 추적 방법은 이런 방법들을 종합하였기에 각 방법의 장점을 유지하고 결점을 보완할 수 있다.

표 1. 제안된 추적방법과 다른 방법들과의 결과 비교
Table. 1. Compare Proposed Method with Others

	총 추적수		추적성공		추적율(%)	
	차량	사람	차량	사람	차량	사람
공간위치특징 매칭	83	74	68	54	81.9	72.9
형상특징 매칭	83	74	77	62	92.7	83.7
명암도 특징 매칭	83	74	74	69	89.1	93.2
다양한 특징 매칭	83	74	80	71	96.1	95.9

위 실험 결과에서 보듯이 기존의 기법을 하나씩 사용

했을 때 보다 본 논문에서 제안한 다양한 특징 매칭법을 사용했을 경우에 사람의 경우 2-23%, 차량의 경우 7-15%의 향상된 결과 값을 얻을 수 있었다. 또한 실험 결과에 대한 처리 시간은 0.1-0.5초 미만의 결과가 측정되었다.

VI. 결 론

본 논문에서, 우리는 외부 환경에서 움직이는 물체를 추적하는 시스템을 제안하였다. 움직이는 물체를 추적하기 위하여 먼저 미디언 필터를 사용하여 배경을 업데이트한 후, 물체 블록의 공간위치, 형상 등 특징을 종합하여 이들에 관한 정보를 추출한다. 다음 추출된 특징 정보를 템플릿과 매칭시켜 물체를 추적한다. 본 논문은 공간위치, 형상 등 특징을 결합하여 사람과 차량을 추적하는데서 좋은 효과를 보여주고 있다. 하지만 본 논문에서 제안한 방법에도 단점은 있다. 먼저, 움직이는 물체가 다른 물체에 의해 가려질 때 정확히 추적할 수 없고, 다음, 미디언 필터를 사용하여 배경을 업데이트 하기에 메모리 사용량이 많다. 향후 과제는 물체가 가려질 때와 한 물체가 다른 물체들과 그룹질 때, 그리고 움직임이 한 장면에서 동시에 다발적으로 발생할 때 상황을 해결하고 검출된 물체를 사람과 차량으로 분류하여 더 효율적으로 추적하는 것이다.

참고문헌

- [1] D. Koller, J.Danilidis and H. Nagel, "Model-based Object Tracking in Monocular Image Sequences of Road Traffic Scenes", *Int'l J. of Computer Vision*, Vol.1, No.3, pp.257-281. 1993.
- [2] K.D. Baker and G.D. Sullivan, "Performance Assessment of Model-based Tracking", *In Proc. of the IEEE Workshop on Applications of Computer vision*, pp. 28-35, Palm Springs, CA, 1992.
- [3] P. Salesmbier, L.Torres, F. Meyer and C.Gu, "Region-based Video Coding Using Mathematical Morphology", *Proc. of the IEEE*, Vol.83, No.6, pp. 843-857, 1995.

- [4] M. Isard and A. Blake, "Contour Tracking by Stochastic Propagation of Conditional Density", In Proc. European Conf. Computer Vision, pp. 343-356, 1996.
- [5] 김태훈, "가중치 차영상과 움직임 벡터를 이용한 두 드러진 움직임 정보 검출 기법", 군산대학교 석사 학위 논문, 2006.
- [6] 남기환, 배철수, "고정 카메라 및 능동 카메라 환경에서 이동 물체 추적 알고리즘에 관한 연구", 한국 해양 정보 통신 학회 논문지, Vol.7, No.2, PP. 344 - 352, 2003.

저자소개



박 재 준(Piao Zaijun)

2004년 중국 길림성 장춘대학교
컴퓨터공학과 학사
2005년 - 현재 군산대학교
전자정보공학부 대학원 석사과정

※ 관심분야 : 영상처리, 정보검색

김 선 우(Sun-Woo Kim)



2000년-2002년 군산대학교
정보통신공학과 공학 석사
2005년- 현재 군산대학교
전자정보공학부 박사과정

※ 관심분야 : 영상 압축, 워터마킹, DVR, 영상회의

최 연 성(Yeon-Sung Choi)



1982년 중앙대학교 전자공학사
1984년 중앙대학교 정보공학석사
1989년 중앙대학교 정보공학박사

1997년-2005년 한국해양정보통신학회 감사 및 상임이사
1989년-1991년 국립제주대학교 조교수
1991년-현재 국립군산대학교 전자정보공학부 교수
※ 관심분야 : 인공지능, 영상 처리, 멀티미디어 시스템,
신호 처리 시스템



박 춘 배(Chun-Bae Park)

1993년 광주대학교 전자공학과 학사
1996년 군산대학교 정보통신공학과
공학석사

2003년-현재 군산대학교 전자정보공학부 박사과정
1990년-1993년 중앙전파관리소 광주분소
1993년-1995년 전북체신청 전파과
1996년-현재 전북체신청 전파업무과, 전파기술과
※ 관심분야 : 영상처리, 초고속멀티미디어통신



하 태 령(Tae-Ryeong Ha)

2000년-2003년 원광교육대학원
정보, 컴퓨터교육전공(교육학석사)
2004년-현재 군산대학교
전자정보공학부 박사과정

2003년-현재 명신대학교 조교수
※ 관심분야 : 영상처리, 정보검색