

가우시안 피라미드 기반 차영상을 이용한 도로영상에서의 이동물체검출

김동근^{1*}

¹공주대학교 컴퓨터공학부

Moving Object Detection using Gaussian Pyramid based Subtraction Images in Road Video Sequences

Dong-Keun Kim^{1*}

¹Division of Computer Science and Engineering, Kongju University

요약 본 논문은 도로상에 설치한 고정 카메라로부터 획득된 비디오 영상으로부터 이동물체를 검출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 배경과 입력 비디오 프레임에서 가우시안 피라미드를 사용한 배경 차영상 기법에 기반하며, 입력 비디오 프레임과 배경영상의 오정합으로 발생하는 오검출을 줄이는데 화소기반 방법에 비해 효과적이다. 차영상에서 임계값을 효과적으로 결정하기위하여 각 프레임에서 Otsu의 방법으로 계산된 임계값에 스칼라 칼만필터를 적용하여 필터링하였다. 실험 결과 도로 비디오 영상에서 움직이는 물체를 효과적으로 검출함을 보였다.

Abstract In this paper, we propose a moving object detection method in road video sequences acquired from a stationary camera. Our proposed method is based on the background subtraction method using Gaussian pyramids in both the background images and input video frames. It is more effective than pixel based subtraction approaches to reduce false detections which come from the mis-registration between current frames and the background image. And to determine a threshold value automatically in subtracted images, we calculate the threshold value using Otsu's method in each frame and then apply a scalar Kalman filtering to the threshold value. Experimental results show that the proposed method effectively detects moving objects in road video images.

Key Words : Moving Object Detection, Gaussian Pyramid, Road Video Sequences

1. 서론

최근에 자동차는 운전자의 편의 및 안전을 위해 똑똑한 자동차로의 진화중이며, 기반시설인 도로망 역시 정보통신 기술과 접목하여 빠르게 지능화되고 있다. 이러한 지능화를 위하여 자동차 및 도로에 각종 센서를 부착하여 관련 정보를 수집하고 있으며, 카메라는 인간의 시각을 대신하는 매우 중요한 센서이다. 자동차 및 도로에 관련된 카메라의 이용은 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 하나는 카메라를 자동차에 탑재하는 경우로, 카메라를 통해 획득한 비디오를 저장하여 사고발생시 블랙박스로 활

용하거나, 획득된 비디오 영상에서 차선 검출, 전후방의 자동차 또는 장애물을 자동으로 검출하여 사고예방 및 운전자의 안전을 높이는데 이용된다. 다른 하나는 기반시설인 도로, 교량, 터널 등에 카메라가 고정 설치되어 과속 단속의 증거를 획득하거나, 교통량 및 사고 유무 등을 원거리에서 모니터링을 위한 목적으로 이용된다[1,2]. 특히 최근에는 터널 및 교량 등에서 교통량 및 사고 유무를 감시하기 위하여 다수의 카메라가 설치되고 있으나, 대부분 카메라에 의해 획득된 비디오 영상을 유무선 통신을 통하여 원거리에서 육안으로 모니터링하고 있다.

본 논문에서는 도로상에 설치한 고정된 카메라로부터

이 논문은 2010년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

*교신저자 : 김동근(dgkim@kongju.ac.kr)

접수일 11년 11월 01일

수정일 (1차 11년 11월 10일, 2차 11년 11월 17일)

계재확정일 11년 12월 13일

획득된 비디오 영상에서 움직이는 이동물체를 자동으로 검출할 때, 바람 및 자동차 등의 움직임에 의한 카메라의 흔들림으로 인한 오검출(false detection)을 해결하기 위하여 가우시안 피라미드 기반 차영상과 자동 임계값 검출 및 필터링 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 설명하고, 3장에서 제안된 가우시안 피라미드 기반 차영상을 이용한 도로영상에서의 이동물체 검출을 설명하고, 4장에서는 실험 결과를 보이고, 끝으로 5장에서 결론과 앞으로의 연구 방향을 설명한다.

2. 관련연구

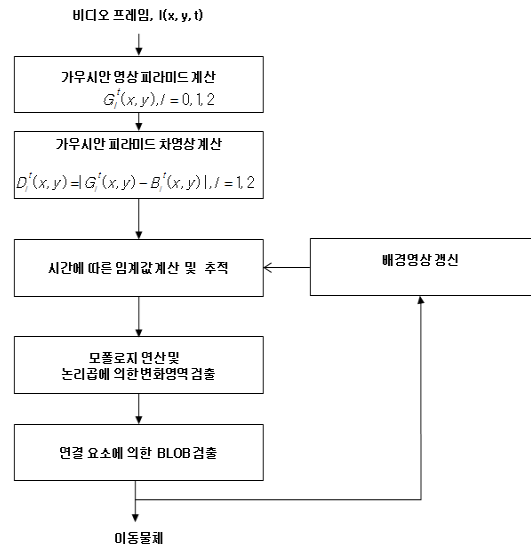
고정된 카메라로부터 획득한 비디오 영상에서 배경(background) 차영상(subtraction image) 방법은 간단하면서도 매우 효율적으로 이동물체 및 변화영역을 검출할 수 있어 비디오 영상 감시분야에서 널리 사용되고 있다[3-18]. 배경영상은 일정 시간의 영상 프레임의 각 화소 단위로 평균, 중위수(median), 최빈수(mode) 등의 통계적 추정 값으로 계산한다. 또한 조명 및 날씨 등에 의한 외부 환경에 의해 서서히 점진적으로 변화하는 화소 값을 반영하기 위한 방법으로 현재 프레임 이전의 배경영상과 현재 영상 프레임 사이의 가중평균에 의한 이동평균(running average)을 계산하여 배경영상을 갱신하는 방법, 칼만 필터(Kalman filer), 혼합가우시안 모델(Gaussian Mixture model, GMM) 등으로 배경영상을 모델링하는 방법 등이 있다[5,6,9-11].

최근 교통량 모니터링 및 이동 물체인 차량 등을 검출하기 위한 다양한 방법 들이 연구되고 있다[12-20]. R. Aarhi 등은 컬러와 코너 특징을 이용한 차량 검출을 제시하였다[12]. Jie Zhou] 등은 배경 차영상 방법에 의해 검출된 변화영역의 블록영역에서 주성분분석(principal component analysis)을 통해 추출된 특징벡터와 SVM(support vector machine)으로 차량영역을 검출하였다[13]. Rensso과 K. Song 등은 배경영상을 사용한 배경 차 영상 방법을 사용하여 교통량을 감시하기 위하여 시간에 따른 화소 값의 히스토그램을 이용한 배경영상 생성 및 갱신 방법을 제안하였다[14,15]. S. Zhang 등은 화소 주변의 이웃관계에 의한 히스토그램을 이용하여 배경영상을 생성하는 방법으로 차 영상 방법을 사용하였다[16]. Erhan 등은 배경 차 영상과 차선 정보를 이용한 감시시스템을 제시하였다[17].

이러한 배경영상을 기반으로 한 차 영상 방법들은 배경영상과 현재의 입력 영상프레임 사이에 정합(registration)

이 정확해야 오검출을 줄일 수 있다. 그러나 도로상황 및 교통량 감시 목적으로 설치된 감시용 카메라로부터 획득되는 비디오 영상은 대부분 바람 및 차량 움직임 등에 의한 외부환경에 의해 정합이 정확히 이루어지지 않는 경우가 발생한다. 따라서 도로 비디오 영상을 화소단위로 배경영상과 현재 프레임 영상의 차영상을 계산하면 이동물체 뿐만 아니라 차선 및 인위적인 구조물 등의 경계에서 높은 차이 값을 갖게 되어 오검출이 발생한다. 또한 배경과의 차영상을 계산한 후에 임계값을 결정하는 어려움이 있다. 낮은 임계값을 적용하면 너무 많은 변화영역이 검출되고, 너무 높은 임계값을 설정하면 변화영역이 검출되지 않을 수 있으며, 차영상의 차이 값의 분포만을 고려하여 독립적으로 계산하면 거의 이동 물체가 없는 경우에도 임계값을 계산하게 되며, 인접 프레임 사이의 임계값의 변화가 매우 크게 된다.

3. 가우시안 피라미드 기반 차 영상을 이용한 도로영상에서의 이동물체 검출



[그림 1] 제안 방법의 흐름도
[Fig. 1] Flowchart of the proposed method

본 논문에서는 그림 1의 흐름도와 같이 고정된 카메라로부터 획득한 도로 비디오 영상에서 가우시안 피라미드 기반 차영상을 이용하여 이동물체를 검출하는 방법을 제안한다. 입력 비디오 프레임에 대하여 가우시안 피라미드 영상을 계산하며, 계산된 가우시안 피라미드 영상의 각

단계에 대응하는 배경영상과의 차영상을 계산하고, 변화영역을 검출하기 위하여 차 영상에서 임계값을 자동으로 계산하고, 스칼라 칼만필터를 사용하여 시간에 따라 임계값을 추적한다. 모폴로지 연산을 적용하여 독립되어 떨어져 있는 작은 영역은 없애고, 물체 내부의 구멍을 채워서 각 가우시안 피라미드 영상에서의 변화영역 정보를 갖는 이진영상을 계산한다.

상위 레벨의 피라미드에서 계산된 이진영상을 확대한 후에 비트 단위 논리곱연산을 통하여 변화영역을 검출하고, 최종적으로 이동영역으로 검출된 이진영상에서 이웃 화소를 고려한 연결요소 알고리즘으로 변화영역의 이동 물체를 검출하고, 검출된 변화영역 정보를 이용하여 배경영상을 갱신한다.

3.1 가우시안 피라미드에 의한 차 영상 계산

그레이 스케일 입력 비디오 영상 프레임에서 잡음을 제거하고, 바람 등에 의한 물체 또는 카메라의 흔들림 등에 의한 이동물체의 오검출을 줄이기 위하여 가우시안 필터링에 의한 서브 샘플링을 수행하여 피라미드영상을 생성한다. 시간 t 에 입력영상의 l 레벨에서의 가우시안 피라미드 영상 $G_l^t(x, y)$ 은 식 (1)과 같이 생성한다.

$$G_l^t(x, y) = \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 w(m, n) G_{l-1}^t(2x+m, 2y+n) \quad (1)$$

식 (1)에서 $w(m, n)$ 은 가우시안 커널이며, $l = 0$ 에서의 가우시안 피라미드 영상은 입력 영상과 같은 $G_0^t(x, y) = I^t(x, y)$ 이다. 가우시안 피라미드 영상을 사용하는 장점은 가우시안 커널에 의해 화소 주위의 가중평균에 의해 잡음이 제거 또는 약화되고, 레벨 l 에서 가우시안 파라미드 영상은 $l - 1$ 의 가우시안 피라미드 영상의 가로와 세로의 각각을 $1/2$ 로 스케일이 줄어드는 서브 샘플링에 의해 바람 및 카메라의 미세한 흔들림 등의 외부환경에 의한 배경영상과 현재영상의 정합오차를 줄일 수 있으며, 계산 속도를 빠르게 할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 $l = 0, 1, 2$ 의 가우시안 피라미드를 사용한다.

3.2 가우시안 피라미드 기반 차 영상에 의한 변화영역 검출

고정된 카메라에 의한 영상 감시 및 이동물체 검출에서 효과적인 배경영상 차영상에 의한 이동 및 변화영역 검출 방법은 배경영상과 현재 프레임 영상의 화소위치가

정합이 정확히 되어 있어야한다. 그러나 차량 등의 이동 물체를 감시하기 위하여 설치된 감시용 카메라로부터 획득되는 비디오 영상은 대부분 바람 및 차량의 움직임 등에 의한 외부환경에 의해 정합이 약간씩 되지 않는 경우가 발생한다. 이러한 도로 비디오 영상을 화소단위로 배경영상과 현재 프레임 영상의 차 영상을 계산하면 이동 물체에서 뿐만 아니라 차선 및 인위적인 구조물 등의 경계에서 높은 값을 갖게 되어 오 검출이 발생한다. 본 논문에서는 이러한 정합 오차를 줄이기 위하여 가우시안 피라미드를 이용하여 잡음제거 및 스케일을 줄인 상태에서 차 영상을 계산한다.

시간 t 의 입력영상의 가우시안 피라미드인 $G_l^t(x, y)$ 와 배경영상의 가우시안 피라미드 영상 $B_l^t(x, y)$ 사이의 차 영상 $D_l^t(x, y)$ 을 식 (2)과 같이 $l = 1, 2$ 에 대하여 계산한다.

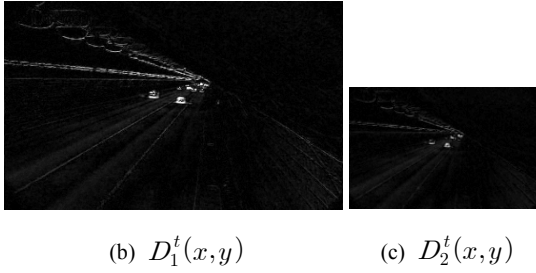
$$D_1^t(x, y) = |G_1^t(x, y) - B_1^t(x, y)| \quad (2)$$

$$D_2^t(x, y) = |G_2^t(x, y) - B_2^t(x, y)|$$

$D_1^t(x, y)$ 은 가우시안 피라미드에 의하여 영상의 크기가 가로 세로 각각이 $1/2$ 로 스케일이 축소된 차 영상이며, $D_2^t(x, y)$ 은 가우시안 피라미드에 의하여 영상의 크기가 가로 세로 각각이 $1/4$ 로 스케일이 축소된 차 영상이다.



(a) $D_0^t(x, y)$



[그림 2] 차영상, $D_l^t(x, y)$

[Fig. 2] Subtraction images, $D_l^t(x, y)$

그림 2는 가우시안 피라미드의 각 레벨에서의 차영상을 계산한 결과이다. 그림 2(a)는 기존의 방법과 같이 화소 단위로 차영상을 계산한 결과이며, 그림 2(b)와 그림 2(c)는 각각 가우시안 피라미드 레벨 $l = 1, 2$ 에서 차영상을 계산한 결과이다. 가우시안 피라미드 레벨 $l = 1, 2$ 에서 계산한 차영상 $D_1^t(x, y)$ 과 $D_2^t(x, y)$ 는 화소 단위로 차영상을 계산한 $D_0^t(x, y)$ 에 비해 터널 벽에 설치된 전등 주위, 차선 및 경계 영역 주위에서 카메라의 흔들림으로 인하여 발생하는 차이 값이 상대적으로 작은 값을 갖는 것을 확인할 수 있다. 식 (3)은 레벨 $l = 1, 2$ 의 차영상 $D_1^t(x, y)$ 와 $D_2^t(x, y)$ 에서 임계값 $T(t)$ 을 적용하여 변화영역 정보를 갖는 이진영상 $M_1^t(x, y)$ 과 $M_2^t(x, y)$ 을 계산하고, 작은 잡음영역을 제거하기 위하여 침식(erosion)과 팽창(dilation) 연산을 적용하여 이진영상 $MP_1^t(x, y)$ 과 $MP_2^t(x, y)$ 을 계산한다.

$$M_1^t(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } D_1^t(x, y) > T(t) \\ 0 & \text{o.w.} \end{cases} \quad (3)$$

$$M_2^t(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } D_2^t(x, y) > T(t) \\ 0 & \text{o.w.} \end{cases}$$

$$MP_1^t(x, y) = \text{Dilate}(\text{Erode}(M_1^t(x, y)))$$

$$MP_2^t(x, y) = \text{Dilate}(\text{Erode}(M_2^t(x, y)))$$

$$M^t(x, y) = MP_1^t(x, y) \& Up(MP_2^t(x, y))$$

$MP_2^t(x, y)$ 의 가로 세로 각각의 크기를 2배로 하여 $MP_1^t(x, y)$ 과 크기를 동일하게 하고 비트단위 논리곱에 의해 시간 t 의 $l = 1$ 에서의 변화영역 $M^t(x, y)$ 을

계산한다.

레벨 $l = 1, 2$ 의 이진영상의 비트단위 논리곱을 사용함으로써 서로 다른 스케일에서 모두 변화영역으로 검출된 영역만을 변화영역으로 검출하여 보다 안정적으로 변화영역을 검출할 수 있다. 확대를 위한 $Up()$ 함수는 이진영상에 대한 스케일링이므로 인접한 화소를 2번 복사하는 방식으로 스케일링한다.

3.3 시간에 따른 임계값 계산 및 추적

시간 t 에서의 임계값 $T(t)$ 을 계산하기 위하여 먼저 Otsu[20]의 방법을 사용하여 각 프레임에서의 임계값 $Z(t)$ 자동으로 계산한다. Otsu의 두 클래스 분류를 위한 임계값 결정 방법은 식 (4)에 의해 두 클래스 B, O 사이의 분산을 최대화 하는 임계값, $Z(t)$ 을 계산한다.

$$\sigma_B^2(Z(t)) = nB(Z(t))nO(Z(t)) [\mu B(Z(t)) - \mu O(Z(t))]^2$$

$$\text{where } nB(Z(t)) = \sum_{i=0}^{Z(t)-1} p(i) \quad (4)$$

$$nO(Z(t)) = \sum_{i=Z(t)}^{N-1} p(i)$$

$$\mu B(Z(t)), \mu O(Z(t)) : Z(t) \text{에 의해 구분되는 두 클래스의 평균}$$

시간 t 에서의 임계값을 식 (4)과 같이 각 프레임 별로 계산하면, 변화영역이 없거나 아주 적은 경우에도 해당 프레임 내에서의 차이 값을 기반으로 임계값을 계산하게 되는 문제점이 발생한다. 비디오에서 프레임을 충분히 획득하면 인접한 프레임 사이의 임계값은 유사하게 결정될 수 있다.

본 논문에서는 Otsu의 방법으로 계산된 임계값 $Z(t)$ 을 스칼라 칼만필터로 시간에 따라 추적하며 필터링하여 적용한다[21]. 시간갱신을 위한 식 (5)과 측정값갱신을 위한 식 (6)을 이용하여 Otsu의 방법으로 계산된 임계값 $Z(t)$ 을 필터링하였다. 프로세스 분산은 $Q = 1e - 5$ 로 초기화 했으며, 임계값의 초기값은 $\hat{T}(t-1) = 100$, 측정치의 분산은 $R = (10)^2$ 으로 초기화 하였다.

그림 3은 터널 비디오 영상에서 스칼라 칼만필터에 의한 임계값 필터링의 결과이다. 프레임별로 독립적으로 계산한 임계값 $Z(t)$ 에 비해 스칼라 칼만필터에 의한 임계값 $\hat{T}(t)$ 는 매우 안정적으로 검출됨을 알 수 있다.

$$\hat{T}(t)^- = \hat{T}(t-1) \quad (5)$$

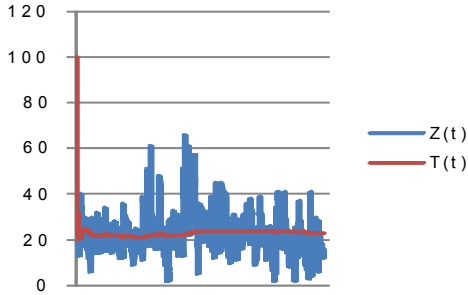
$$P^-(t) = P(t-1) + Q$$

$$\hat{K}(t)^- = \hat{P}(t)^- (\hat{P}(t)^- + R)^{-1} \quad (6)$$

$$= \frac{\hat{P}(t)^-}{(\hat{P}(t)^- + R)}$$

$$\hat{T}(t) = \hat{T}(t)^- + K(t)(Z(t) - \hat{T}(t)^-)$$

$$P(t) = (1 - K(t))P(t)^-$$



[그림 3] 스칼라 칼만필터에 의한 임계값 필터링
[Fig. 3] Filtering the threshold value using a scalar Kalman filter

3.4 이동물체 영역 검출 및 배경영상 갱신

시간 t 의 가우시안 피라미드를 이용한 차 영상과 스칼라 칼만필터에 의해 필터링된 임계값에 $T(t)$ 의한 이진영상의 비트 논리곱에 의해 검출된 변화영역 $M^t(x, y)$ 에서 연결요소에 의한 레이블링 알고리즘을 적용하여 이동물체의 경계선 $C^t(i), i = 0, \dots, n - 1$ 을 검출한다. 경계선 $C^t(i), i = 0, \dots, n - 1$ 을 이용하여, 각 물체가 차지하고 있는 최소사각영역 $R^t(i), i = 0, \dots, n - 1$ 을 계산하고, 식 (7)에 의해 배경영상을 시간에 따라 갱신한다. 변화영역내의 화소는 갱신하지 않고, 변화하지 않는 영역에서는 배경영상이 점진적으로 변화하는 것을 고려하기 위하여 갱신한다.

$$B_l(x, y)^{t+1} = \alpha \times G_l(x, y)^t + (1 - \alpha) \times B_l(x, y)^t$$

if $(x, y) \notin R^t(i)$

$$B_l(x, y)^{t+1} = B_l(x, y)^t$$

o.w.

where $l = 1, 2$

(7)

4. 구현 및 결과

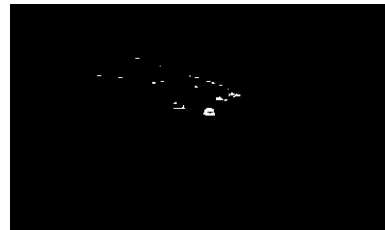
본 논문에서 제안한 가우시안 피라미드 기반 차영상을 이용한 도로영상에서의 이동물체 검출 알고리즘을 인텔 펜티엄IV 2.4GHz의 퍼스널 컴퓨터에서 VC++과 OpenCV를 이용하여 구현 및 실험하였다. 실험 비디오 영상은 터널 비디오 영상과 일반 CCD 캠코더로 도로를 촬영한 비디오에 대하여 실험하였다. 원본 비디오는 720×480×24비트의 비디오를 그레이 스케일로 변환하여 사용하였으며, 가우시안 피라미드의 레벨 $l = 1$ 에서의 영상 $G_1^t(x, y), B_1^t(x, y), D_1^t(x, y), M_1^t(x, y), MP_1^t(x, y), M^t(x, y)$ 의 크기는 360×240이며, 레벨 $l = 2$ 에의 영상 $G_2^t(x, y), B_2^t(x, y), D_2^t(x, y), M_2^t(x, y), MP_2^t(x, y)$ 의 크기는 180×120의 크기이다.



(a) $MP_1^{t=190}(x, y),$
 $Z(190) = 13$



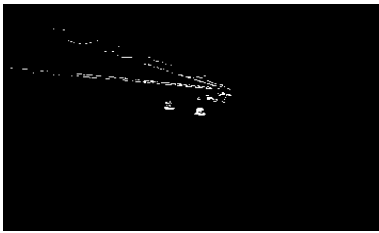
(b) $MP_2^{t=190}(x, y),$
 $Z(190) = 13$



(c) $M^{t=190}(x, y),$
 $Z(190) = 13$

[그림 4] $Z(t)$ 을 사용한 변화영역 $M^t(x, y)$ 검출
[Fig. 4] Change area, $M^t(x, y)$ detection using $Z(t)$

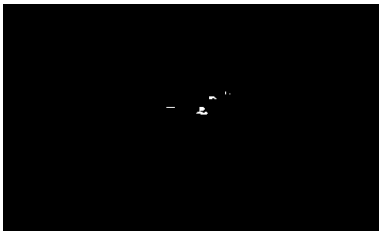
그림 4는 터널 비디오에서 $t = 190$ 에서 프레임별 임계값 결정방법과 스칼라 칼만필터에 의해 필터링된 임계값에 의한 변화영역 검출 실험결과이다. 차영상에서 각 프레임별로 계산한 임계값 $Z(t) = 13$ 을 사용하여 변화영역을 검출한 실험이다. 그림 4 (a)는 가우시안 피라미드의 레벨 $l = 1$ 에서 차 영상에서 Otsu의 방법으로 계산한 임계값 $Z(t) = 13$ 을 적용하고, 모폴로지 연산을 적용한 결과이며, 그림 4 (b)는 가우시안 피라미드의 레벨 $l = 2$ 에서 차영상에 임계값 $Z(t) = 13$ 을 적용하고, 모폴로지 연산을 적용한 결과이다. 그림 4 (c)는 레벨 $l = 1$ 과 레벨 $l = 2$ 의 임계값 적용 결과를 비트 논리곱 연산을 적용한 최종 변화영역의 결과이다.



(a) $MP_1^{t=190}(x,y)$,
 $T(190) = 23$



(b) $MP_2^{t=190}(x,y)$,
 $T(190) = 23$



(c) $M^{t=190}(x,y)$,
 $T(190) = 23$

[그림 5] $T(t)$ 을 사용한 변화영역 $M^t(x,y)$ 검출
[Fig. 5] Change area, $M^t(x,y)$ detection using $T(t)$

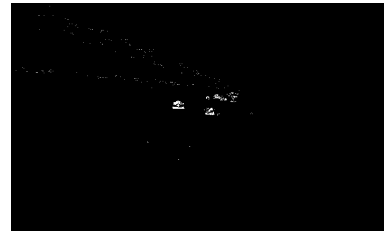
그림 5는 Otsu의 방법으로 계산한 임계값 $Z(t) = 13$ 을 스칼라 칼만필터로 시간에 따라 추적하며 필터링한 임계값 $T(t) = 23$ 을 적용한 결과이다. 그림 5 (a)는 가

우시안 피라미드의 $l = 1$ 에서 차영상에 스칼라 칼만필터에 의해 필터링된 임계값 $T(t) = 23$ 을 적용하고, 모폴로지 연산을 적용한 결과이며, 그림 5 (b)는 가우시안 피라미드의 $l = 2$ 에서 차 영상에 임계값 $T(t) = 23$ 을 적용하고, 모폴로지 연산을 적용한 결과이다. 그림 5 (c)는 레벨 $l = 1$ 과 레벨 $l = 2$ 에서의 결과를 비트 논리곱 연산을 적용한 최종 변화영역의 결과이다.

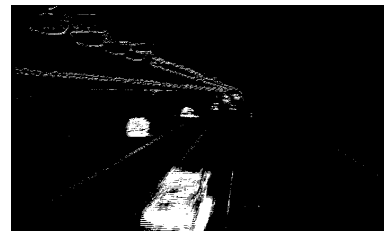
$t = 190$ 에서 이동물체인 자동차가 카메라로부터 멀리 떨어져 있어, 차 영상에서 이동물체로 인한 차이 값의 분포가 작은 곳에서 분포하고, 이에 비해 상대적으로 카메라의 흔들림으로 인한 화소 정합의 불일치로 인하여, 프레임별로 계산한 임계값 $Z(t)$ 을 그대로 적용한 그림 4 (c) 보다는 스칼라 칼만필터에 의한 임계값 $T(t)$ 을 적용한 결과인 그림 5 (c)에서 변화영역의 오 검출이 적은 것을 확인 할 수 있다.



(a) $t = 100$

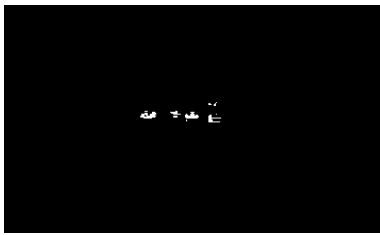


(b) $t=190$



(c) $t=300$

[그림 6] GMM을 사용한 변화영역 검출
[Fig. 6] Change area detection using GMM



(a) $M^{t=100}(x,y)$
 $Z(0) = 26, T(100) = 24$



(b) $M^{t=190}(x,y)$,
 $Z(190) = 13, T(190) = 23$



(c) $M^{t=300}(x,y)$,
 $T(300) = 22$

[그림 7] 제안된 방법으로 변화영역 검출
[Fig. 7] Change area detection using the proposed method

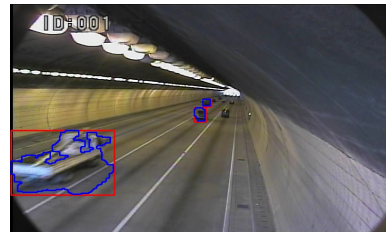
그림 6과 그림 7은 화소 단위 가우시안 혼합모델에 의한 변화영역 검출 방법[10]과 제안된 방법에서의 비교 실험 결과이다. 그림 6의 가우시안 혼합모델에서는 카메라의 흔들림으로 인한 화소 정합의 불일치로 인하여 터널 벽 근처에서 오 검출이 크게 발생하였으며, 그림 7의 제안된 방법에서는 이러한 미세한 흔들림의 불일치 문제를 가우시안 피라미드를 사용한 차 영상을 사용하여 해결하였음을 알 수 있다. 입력비디오 영상의 크기에 대하여 화소단위로 가우시안 혼합모델을 사용한 경우는 0.25sec이며, 제안된 방법은 초기 배경영상을 계산하는 시간을 제외하고 한 프레임의 처리속도가 0.015sec로 매우 빠른 속도로 처리한다.



(a) $t = 100$



(b) $t = 300$



(c) $t = 800$

[그림 8] 터널 비디오에서 제안된방법에 의한 이동물체검출
[Fig. 8] Moving object detection using the proposed method in tunnel video sequences

그림 8은 제안된 가우시안 피라미드 기반 차 영상을 이용한 터널 비디오영상에서의 이동물체검출 실험결과이다. 카메라 앞부분에서는 효과적으로 검출됨을 알 수 있으며, 터널 출구 쪽으로 이동함에 따라 차 영상의 값이 작아지기 때문에 검출이 어려움이 있음을 알 수 있다.

그림 9는 제안된 가우시안 피라미드 기반 차 영상을 이용한 고속도로 비디오영상에서의 이동물체검출 실험결과이다. 바람에 의해 카메라 및 도로이외의 나무 등에서 흔들림이 약간 있으나, 이동물체인 자동차가 효과적으로 검출됨을 알 수 있으며, 카메라로부터 멀리 떨어지거나 크기가 작은 영역은 검출되지 않았다.



(a) t=300



(b) t=800



(c) t=1500

[그림 9] 고속도로 비디오에서 제안된방법에 의한 이동물체검출

[Fig. 9] Moving object detection using the proposed method in highway video sequences

5. 결론

본 논문은 도로상에 설치한 고정된 카메라로부터 획득된 비디오 영상으로부터 움직이는 이동물체를 자동으로 검출하는 방법을 제안한다. 바람 및 자동차 등의 움직임에 의한 카메라의 흔들림으로 인한 오 검출을 해결하기 위하여 가우시안 피라미드 기반 차 영상과 자동 임계값 검출 및 필터링 방법을 제안하였다. 가우시안 피라미드 영상의 각 단계에 대응하는 배경영상과의 차 영상을 계산하고, 차 영상으로 부터 변화영역을 검출하기 위하여 임계값을 자동으로 계산하며, 스칼라 칼만필터를 사용하여 시간에 따라 임계값을 필터링하는 방법으로 변화영역을 효과적으로 검출하였다. 도로 및 비 도로 영역 분류에 관한 연구 및 이동물체의 종류 분류 등은 후속 연구과제로 남긴다.

References

- [1] V. Kastinaki, M. Zervakis, and K. Kalaitzakis, "A survey of video processing techniques for traffic applications," *Image and Vision Computing*, vol. 21, pp. 359-381, 2003.
- [2] Guolin Wang et al, "Review on Vehicle Detection Based on Video for Traffic Surveillance," *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics Qingdao, China September 2008*.
- [3] A. Murat Tekalp, *Digital Video Processing*, Prentice Hall PTR, 1995.
- [4] Alan M. McIvor, "Background Subtraction Techniques," in *Proc. of Image and Video Computing New Zealand, 2000*.
- [5] Massimo Piccardi, "Background subtraction techniques: a review," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp.3099-3104, 2004.
- [6] C. Wren, A. Azabajejani, T. Darrell and A. Pentland, "Pnder: Real-time tracking of the human body," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no. 7, pp. 780-785, 1997.
- [7] Jianyang Zheng et. al. "Extracting Roadway Background Image: a Mode-Based Approach," *TRB 2006 Annual Meeting*.
- [8] J. Zheng, Y. Wang, N. Nihan, E. Hallenbeck, "Extracting Roadway Background Image: A mode based approach", *TRB 2006, 2006*.
- [9] C. Ridder, O. Munkelt, and H. Kirchner, "Adaptive Background Estimation and Foreground Detection using Kalman-Filtering", *Int. Conf. on Recent Advances in Mechatronics, UNESCO Chair on Mechatronics, 1995*, pp. 193-199.
- [10] C. Stauffer and E. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking", *IEEEComputerVision and Pattern Recognition Conference, Vol.2*, pp. 246-252, 1998
- [11] C. Stauffer, W.E.L. Grimson, "Learning patterns of activity using real-time tracking", *IEEE Trans. on Patt. Anal. and Machine Intell.*, vol. 22, no. 8, pp. 747-757, 2000
- [12] R. Aarhi, S. Padmavathi, and J. Amudha, "Vehicle detection in static images using color and corner map," in *ITC '10: Proceedings of the 2010 International Conference on Recent Trends in Information, Telecommunication and Computing*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2010, pp. 244 - 246.
- [13] J. Zhou, D. Gao, D. Zhang, "Moving vehicle detection

- for automatic traffic monitoring," IEEE Trans on Vehicular Technology, 56, pp.51-59, 2007.
- [14] Rensso et al, "Progressive Background Image Generation of Surveillance Traffic Videos Based on a Temporal Histogram Ruled by a Reward/Penalty Function," SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images, 24, 2011.
- [15] K. Song, J. Tai, "Real-Time Background Estimation of Traffic Imagery Using Group-Based Histogram", Journal of Information Science and Engineering, Volume 24, pages 411-423, 2008.
- [16] S. Zhang, H. Yao, S. Liu, "Dynamic Background Subtraction Based on Local Dependency Histogram", International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, IJPRAI 2009, 2009.
- [17] Erhan A. Ince et. al, "Background Subtraction and Lane Occupancy Analysis, Video Surveillance, chap. 10, InTech, February 2011.
- [18] Jose Manuel Milla et al, Computer Vision Techniques for Background Modeling in Urban Traffic Monitoring, Urban Transport and Hybrid Vehicles, InTech, August 2010.
- [19] Sen-Ching S. Cheung and Chandrika Kamath, "Robust techniques for background subtraction in urban traffic video," Proceedings of Electronic Imaging: Visual Communications and Image Processing WA:SPIE. 5308, pp.881-892, 2004.
- [20] Nobuyuki Otsu "A threshold selection method from gray-level histograms". IEEE Trans. Sys., Man., Cyber. 9 (1), pp.62 - 66, 1979.
- [21] Welch and Bishop, "An Introduction to the Kalman Filter," SIGGRAPH 2001 Course8.

김 동 근(Dong-Keun Kim)

[정회원]



- 1989년 2월 : 충남대학교 계산통계학과(학사)
- 1991년 2월 : 충남대학교 계산통계학과(석사)
- 1996년 8월 : 충남대학교 전산학과(박사)
- 2005년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터공학부 부교수

<관심분야>

영상처리, 컴퓨터 비전, 멀티미디어 응용