

논문 2015-52-3-18

주차장 환경에서의 차량 사고 검출

(Detection of Car Accidents in Parking Lots)

정우진*, 이종민*, 박기태**, 문영식***

(Woo Jin Jeong, Jong Min Lee, Ki Tae Park, and Young Shik Moon[©])

요약

본 논문에서는 주차장 환경에서의 차량 사고 감지방법을 제안한다. 제안하는 방법은 차량 검출, 차량 추적, 사고 감지의 3단계로 구성된다. 차량 검출 단계에서는 픽셀 기반의 전경 검출 방법과 모션맵을 이용하여 차량을 검출하고, 차량 추적 단계에서는 검출된 차량 정보를 바탕으로 차량의 이동을 추적한다. 마지막 단계인 차량 사고 감지 단계에서는 차량의 이동 방향에 맞추어 사고 감지 영역을 지정하고 사고 감지 영역에서 발생하는 움직임의 변화량을 분석하여 차량 사고를 감지한다. 실험을 통해 제안하는 방법은 주차장 환경에서 발생하는 차량 사고를 효과적으로 검출함을 보였다.

Abstract

We propose a detecting method for a car accident in parking lots. The proposed method consists of 3 parts : car detection, car tracking, and accident detection. In the car detection part, we detect the car using the pixel based foreground extraction method and the motion map. From the result of the car detection, the moving car is tracked. In the accident detection part, we set the accident detecting region in front of car, and then the car accident is detected using the difference of the motion. Experimental results show that the proposed method effectively detects the car accident in the parking lots.

Keywords : car accident detection, motion map, parking lot

I. 서론

최근 범죄, 화재, 각종 보안 차원에서 감시 카메라를 이용한 영상 감시 시스템의 사용이 증가 하고 있다. 특히 차량 사고가 발생한 경우 영상 감시 시스템은 사

고 순간의 영상을 확보하는데 도움이 되고 있다. 그러나 기존의 단순형 감시 시스템은 영상의 내용을 자동으로 분석하는 기능이 부족하기 때문에 영상의 내용을 분석하기 위해 사람의 판단이 필요하다. 따라서 영상 감시 시스템 운영에는 항상 상황을 감시하는 감시자가 필요하며 때로는 감시자의 부주의로 인해 식별해야 할 사고를 놓치는 상황이 발생하기도 한다. 이를 개선하기 위하여 최근에는 감시자 없이 영상의 내용을 판단하거나 감시자의 판단을 보완해주는 지능형 감시 시스템이 도입되고 있다.

지능형 감시 시스템은 영상 정보를 분석해 자동으로 이상 행위를 탐지하는 시스템으로 교통 흐름의 변화, 차량 사고 등의 감시에 사용되고 있다. 이중 차량 사고를 감지하기 위한 많은 연구^[1~4]가 있었으나 대부분의

* 학생회원, *** 정회원, 한양대학교 컴퓨터공학과 (Dept. of Computer Science & Engineering, Hanyang University)

** 정회원, ETRI 부설연구소 (The attached institute of ETRI)

© Corresponding Author(E-mail: ysmoon@hanyang.ac.kr)

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2012002464).

Received ; October 31, 2014 Revised ; February 3, 2015
Accepted ; March 5, 2015

연구가 교차로 및 도로에서의 차량 사고를 감지하는 연구였다. 반면 주차장 환경에서의 연구는 미흡하였기 때문에, 본 논문에서는 주차장 환경에서의 차량 사고 감지 기술에 대하여 연구하였다.

기존의 주차장 감시 시스템에서는 상시로 영상을 저장하고 사고가 발생하면 기록된 영상을 탐색하게 된다. 이 경우 대부분의 영상이 의미 없이 저장되며, 사고 영상을 탐색하기 위해 많이 시간이 필요하다. 따라서 의미 없는 영상의 저장을 줄이고, 사고 이후 빠르게 사고 순간의 영상을 확보하기 위해 사고가 발생한 시점과 위치를 정확하게 판단하는 기술이 필요하다.

주차장 사고는 주로 이동 중인 가해 차량이 정지되어 있는 피해 차량과 충돌하여 발생하는 특징이 있다. 이때 영상에서 피해 차량으로부터 가해 차량과 동일한 방향의 움직임이 갑자기 크게 감지된다. 본 논문에서는 움직이는 차량을 추적하고 차량의 진행 방향 앞에서 갑작스럽게 발생하는 움직임을 분석하여 사고를 감지하였다.

본 논문에서는 이전에 제안되었던 방법^[5]을 개선하여 주차장 환경에 알맞은 차량 사고 검출 방법을 제안한다. 이전의 방법에 비해 본 논문은 차량 검출 단계, 차량 추적 단계, 사고 검출 단계의 구체적인 사항을 명확하게 제시하였다.

II. 본 론

제안하는 차량 사고 감지방법은 차량 검출, 차량 추적, 사고 감지의 3단계로 구성된다. 그림 1은 제안하는 방법의 흐름도이다. 첫 번째 단계인 차량 검출 단계에서는 전경 검출 방법과 모션맵(Motion Map)을 이용하여 차량을 검출한다. 차량 추적 단계에서는 프레임 간 차량 검출 결과를 비교하여 차량을 추적한다. 마지막

단계인 사고 감지 단계에서는 차량의 위치와 이동 방향을 고려하여 사고 감지 영역을 지정하고, 사고 감지 영역에서의 움직임의 변화량을 분석하여 차량 사고를 감지한다.

1. 모션맵

차량 사고 감지를 위해서는 가해 차량과 피해 차량의 움직임을 검출해야 한다. 본 논문에서는 모션맵을 이용하여 차량의 움직임을 검출한다. 모션맵은 영상에서 각 화소별로 발생한 움직임의 크기를 [0,1]의 범위로 정규화한 것이다. 그러나 매 화소 마다 움직임의 크기를 구하는 계산방법은 많은 시간이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 영상을 여러 개의 블록으로 나누어 중심화소의 움직임을 구한 뒤 나머지 화소의 움직임은 보간을 통해 계산한다. 그림 2는 모션맵을 생성하는 과정을 나타낸다. 영상을 블록 단위로 나누고 각 블록의 중심점에 대해 optical flow를 계산함으로써 각 블록의 움직임을 대표하는 로컬 모션 벡터를 얻는다. 이때 optical flow 계산에는 Lucas-Kanade(LK) 방법^[6]이 사용되며 LK방법의 입력으로는 현재 영상과 3 프레임 이전의 영상이 사용된다. 3 프레임 간격의 영상이 사용됨으로써 1 프레임 간격으로는 검출하기 어려운 작은 움직임도 쉽게 검출된다. 그림 2(b)에서 로컬 모션 벡터는 흰색 직선으로 표현된다. 그림 2(c)는 모션맵으로 각 화소의 밝은 값은 해당 화소의 움직임의 크기를 나타낸다. 움직임의 크기는 로컬 모션 벡터의 크기(Magnitude)와 동일한 개념이다. 각 블록의 중심 화소의 경우 해당 블록의 로컬 모션 벡터를 이용하여 움직임의 크기를 계산하며 그 이외의 화소는 주변 블록의 로컬 모션 벡터 크기를 선형 보간하여 움직임의 크기를 계산한다. 이때 로컬 모션 벡터의 크기는 모두 [0,1]로 정규화 된다. 정규화 과정에서 작은 작은 모션에도 민감하게 반응하기 위

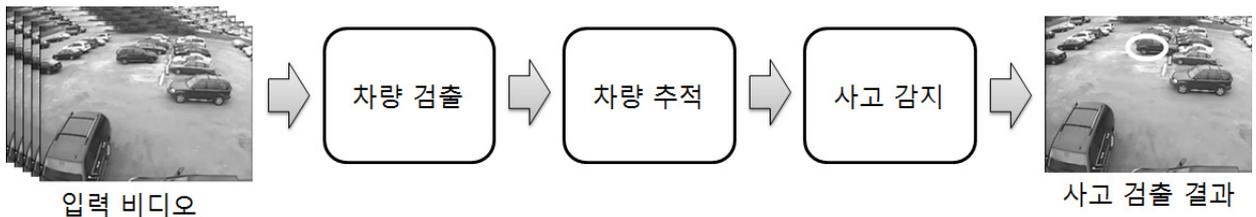


그림 1. 제안하는 방법의 흐름도
Fig. 1. Flow diagram of the proposed algorithm.

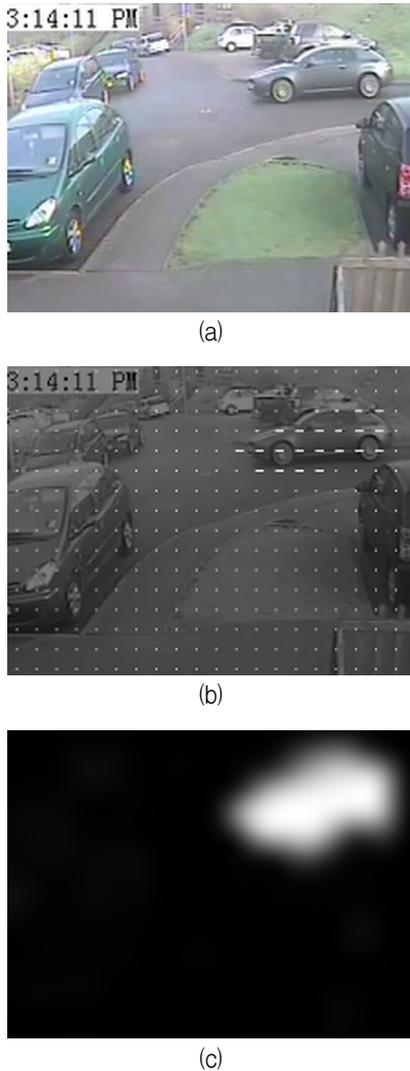


그림 2. 모션맵 생성 과정
(a) 입력영상, (b) 로컬 모션 벡터, (c) 모션맵
Fig. 2. Generation process of motion map.
(a) Input, (b) Local motion vector,
(c) Motion map.

하여 모션의 크기가 1 이상일 경우 모두 1로 정규화한다. 이는 움직임의 크기가 1 이상일 경우 동일하게 표시됨을 의미한다. 그러나 낮은 최댓값은 계산오차, 작은 물체의 움직임 등으로 인해 잘못된 움직임이 발생할 경우에도 민감하게 반응하는 단점이 있다. 이러한 잡음의 영향을 줄이기 위해 정교한 로컬 모션 벡터 검출 방법이 필요하며 Kalai가 제안한 전방-후방 오차와 정규화된 상관계수 오차를 이용한 검증 방법^[7]을 이용하여 로컬 모션 벡터를 검증한다. 검증을 통과하지 못하는 경우 잡음으로 판단하여 움직임의 크기를 0으로 설정한

다. 블록의 크기는 카메라와 촬영 목표와의 거리, 차량의 크기를 종합하여 결정된다. 특히 이후의 과정에서 로컬 모션 벡터는 차량의 이동 방향을 계산할 때 활용되기 때문에 차량으로부터 충분한 양의 로컬 모션 벡터가 검출되어야 한다. 본 연구에서는 5개의 주차장 사고 영상에서 차량의 움직임 추적에 적합한 블록의 크기에 대해 조사하였으며 영상 폭의 1/30로 블록의 크기를 설정할 경우 하나의 차량으로부터 최소 40개의 로컬 모션 벡터를 얻었다. 40개의 로컬 모션 벡터는 차량 움직임 추적에 충분한 양이므로 이후 모든 실험에서 블록의 크기를 1/30로 지정하였다.

2. 차량 검출 단계

차량 검출 단계에서는 전경 검출 결과와 모션맵을 이용하여 움직이는 차량을 검출한다. 검출된 차량은 하나

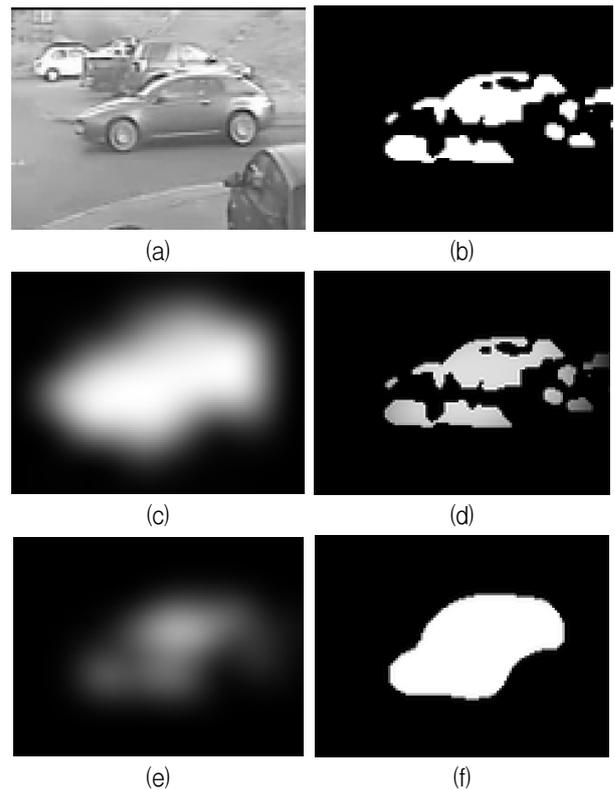


그림 3. 차량 검출 과정
(a) 입력 영상, (b) 전경 검출 결과, (c) 모션맵,
(d) (b)와 (c)의 곱영상, (e) 가우시안 블러링,
(f) 차량 검출 결과
Fig. 3. Process of car detection.
(a) Input, (b) Forward detection result, (c) Motion map, (d) Multiplied image of (b) and (c), (e) Gaussian blurring, (f) Car detection result.

의 레이블로 표현되어 다음 단계로 전달된다. 그림 3은 입력 영상에서 움직이는 차량을 검출하는 과정이다. 그림 3(b)는 전경 검출 결과이다. 일반적으로 전경 검출은 고정된 카메라로 획득한 영상에서 움직이는 객체를 분리하는데 효과적이다. 그러나 그림 3(b)과 같이 동일한 객체를 서로 다른 덩어리로 분리하거나 그림 3(b)의 우측과 같이 잘못된 객체를 전경으로 분류하는 경우가 있다. 본 연구에서는 전경 검출 결과에 모션맵 정보를 혼합하여 객체 검출 성능을 향상 시켰다. 그림 3(d)는 전경 검출 결과와 모션맵의 곱 연산 결과이다. 모션맵과 곱 연산 이후 우측의 오검출 된 영역이 줄어들었다. 이후 자동차의 전경 영역을 하나의 연결된 영역으로 만들기 위해 가우시안 블러링과 이진화를 순차적으로 적용한다. 검출된 차량은 하나의 전경 영역으로 분리되며 각각의 전경 영역은 하나의 레이블로 표현된다. 전경 검출에는 픽셀단위의 확률 모델 기반 전경 검출 방법 중 하나인 Zivkovic의 방법^[8]을 사용한다.

3. 차량 추적 단계

차량 추적 단계에서는 연결된 프레임 사이에서 전경 영역의 레이블 간 유사성을 비교하고 유사한 레이블을 동일한 차량으로 판단하여 차량의 이동을 추적한다. 레이블 간 유사성 판단을 위해 레이블 간의 오차를 정의하고 전체 오차가 가장 적은 경우를 찾는 방법을 사용하였다. 레이블 간 오차는 식 (1)로 정의 된다.

$$e_{ij} = \frac{e_{ij}^s + e_{ij}^p}{2} \tag{1}$$

where

$$e_{ij}^s = \frac{|s_i - s_j|}{\max(s_i, s_j)}$$

$$e_{ij}^p = \min\left(\frac{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\lambda}, \lambda\right)$$

식 (1)에서, i 와 j 는 각각 이전 프레임과 다음 프레임에서의 레이블 번호이다. x 와 y 는 각각 레이블의 중심 좌표이고, s 는 레이블의 크기이다. e^p 와 e^s 는 각각 레이블간 거리와 크기 차이에 대한 오차이다. λ 은 최대 거리를 제한하기 위한 파라미터로 본 논문에서는 실험을 통하여 30을 사용한다. 식 (1)에 따라 레이블 간의 거리가 가깝고 크기 차이가 적을 경우 같은 차량으로 간주하여 추적한다.

4. 사고 감지 단계

사고 감지 단계에서는 이전 단계에서 추적된 차량과 모션맵을 이용하여 차량 사고 여부를 감지한다. 차량의 진행 방향을 고려하여 진행 방향의 전방, 왼쪽, 오른쪽에 사고 감지 영역을 설정한다. 그리고 사고 감지 영역에서 갑작스런 움직임의 증가가 있을 경우 차량 사고로 판단한다. 그림 4는 전방 사고 감지 영역을 나타낸다.

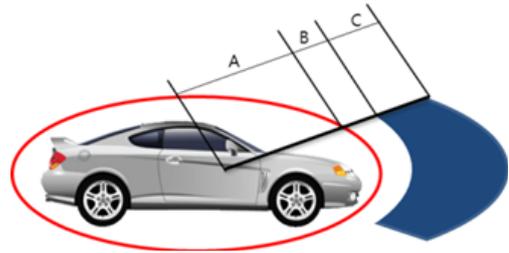


그림 4. 전방 사고 감지 영역
Fig. 4. Forward accident detecting region.

자동차를 둘러싸는 타원은 차량을 표시하는 영역이고 자동차 앞의 영역이 전방 사고 감지 영역이다. A는 차량의 크기이며, B는 오경보(False Alarm)를 고려한 여백(Margin)이고, C는 전방 사고 감지 영역으로 차량의 진행 방향을 중심으로 $\pm 30^\circ$ 의 영역이다. 차량의 진행 방향의 대각선 방향에서 발생하는 충돌을 감지하기 위하여 진행방향의 $+30^\circ$ 와 -30° 에 왼쪽, 오른쪽 사고 감지 영역을 추가로 설정한다.

사고 감지 영역에서 발생한 움직임의 변화량이 일정 수준 이상으로 증가할 경우 사고가 발생한 것으로 판단한다. 사고 감지 영역에서 발생한 움직임의 양과 움직임의 변화량은 식 (2)와 식 (3)을 이용하여 계산한다.

$$M_t = \frac{\sum_{i \in W_t} m_i^t}{k} \tag{2}$$

where $W_t = \{p_1^t, p_2^t, p_3^t, \dots, p_k^t\}$

$$D_t = M_t - M_{t-1} \tag{3}$$

M_t 는 t 프레임에서의 사고 감지 영역에서 발생한 움직임의 양을 나타내며 m_i^t 는 i 위치에서의 모션맵의 값을 나타낸다. W_t 는 t 프레임에서의 사고 감지영역을 나타내는 k 개의 화소로 이루어진 영역이며 p 는 각각의 화소를 나타낸다. D_t 는 t 와 $t-1$ 프레임 사이에 사고 감지 영역에서 발생된 움직임의 변화량이다. 제안하는

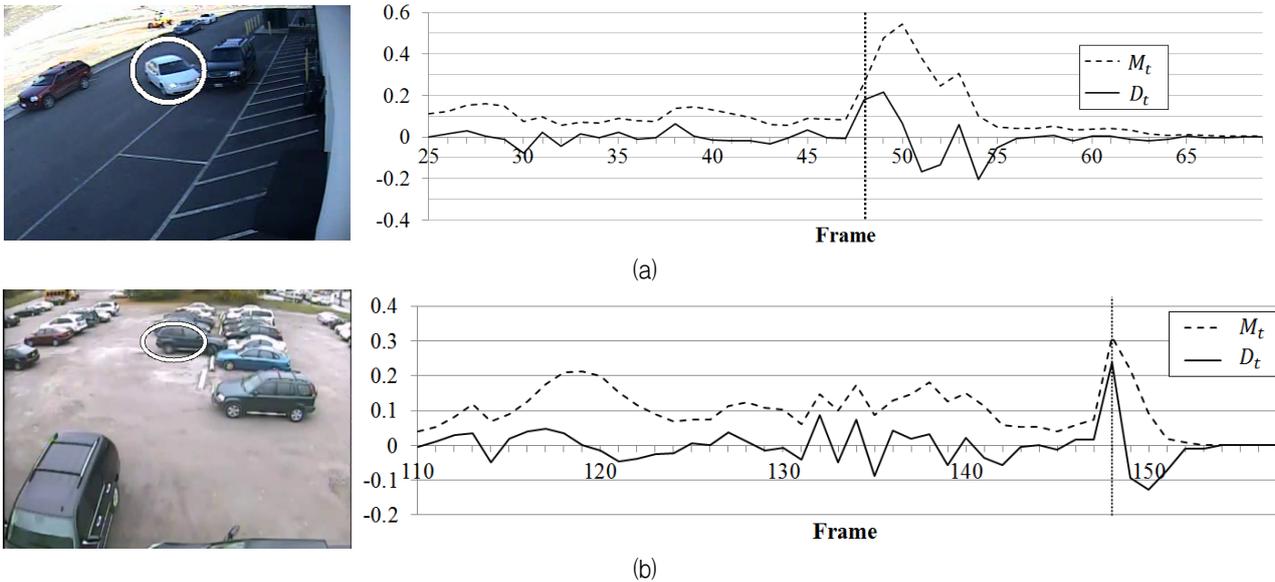


그림 5 사고 감지 영역에서의 움직임의 양과 움직임의 변화량 (a) VIDEO1, (c) VIDEO2
Fig. 5. The amount and variation ratio of motion on detection region. (a) VIDEO1, (c) VIDEO2.

방법은 D_t 가 지정된 임계값보다 크게 나타나는 경우 사고라고 판단한다.

III. 실험

1. 사고 감지 단계에 대한 분석

사고 감지가 올바르게 이루어지는지 확인하기 위하여 D_t 와 M_t 의 변화를 분석하였다. 실험에는 VIDEO1, VIDEO2 동영상을 사용하였으며, 각각 50, 348프레임에서 사고가 발생하였다. 그림 5는 VIDEO1과 VIDEO2에서 D_t 와 M_t 의 변화그래프이다. D_t 와 M_t 는 사고 발생 전후로 현저하게 증가하거나 감소하였다. 좌측 영상은 각 그래프에서 처음으로 D_t 가 10%를 초과한 프레임의 영상으로 각각 48, 346 프레임의 영상이다. 이는 실제 사고가 발생한 프레임과 2프레임 차이를 보이며 사고 순간을 특정하기에 충분히 정확한 검출 결과이다. 따라서 이후 실험에서는 D_t 값이 0.1 이상인 프레임을 사고 발생 프레임으로 판단하였다.

2. 검출 결과

표 1은 제안하는 방법의 검출 결과이다. 사고 발생 프레임은 각 동영상을 육안으로 확인한 사고 발생 프레임 번호이며, 사고 검출 프레임은 제안하는 방법으로

표 1. 사고검출 결과

Table 1. Result of accident detection.

동영상	사고발생 프레임	사고검출 프레임	사고검출	오검출
VIDEO1	50	48, 49	검출	없음
VIDEO2	150	149	검출	없음
VIDEO3	348	346, 347	검출	없음
VIDEO4	105	71, 101, 102, 105	검출	1회
VIDEO5	544	543, 544	검출	없음

사고를 검출한 프레임 번호이다. 사고 발생 프레임 ± 5 프레임 이내에 사고 검출 프레임이 있을 경우 사고 검출에 성공한 것으로 판단하였다. 예를 들어 실제 사고가 100번째 프레임에서 발생하였을 때 103번째 프레임과 107번째 프레임에서 사고가 검출될 경우, 103번째 프레임은 검출에 성공한 것이고 107번째 프레임은 오검출이다. 오검출은 오경보(False Alarm; False Positive)를 의미하며 실제 사고가 발생하지 않았으나 사고가 발생한 것으로 오검출 한 것을 말한다. 5개의 실험 동영상에 오검출은 1회 발생하였으며 VIDEO4에서 하나의 차량을 2개의 차량으로 인식함으로 인해 발생하였다. 본 실험에서 놓친 검출(Missing; False Negative)은 발생하지 않았다.

3. 수행 속도

수행 속도 분석을 위해 Inter Core 2 Duo E6400 프로세서, 8GB ram의 컴퓨터를 이용하였다. 프로그램은 OpenCV와 Boost 라이브러리를 이용하여 C++언어로 구현되었다. 표 2는 동영상의 크기와 평균 수행 속도를 나타낸다. 320×240급 동영상에서는 평균 10.3fps의 수행 속도를 보였으며 480×360급에서는 8.6fps, 640×480급에서는 4.1fps의 속도를 보였다.

표 2. 평균 수행 속도

Table 2. Average running time.

동영상	영상 해상도	평균 수행 속도(fps)
VIDEO1	352×240	10.8200
VIDEO2	480×360	6.4909
VIDEO3	352×288	8.5682
VIDEO4	640×480	4.0678
VIDEO5	320×240	11.5177

4. 한계

제안하는 방법은 모션맵으로부터 차량을 검출한다. 모션맵은 모든 물체의 움직임을 감지하기 때문에 사람이나 동물 등 차량이 아닌 것들의 움직임도 차량으로 검출하는 문제가 있다. 따라서 그로 인한 오검출 사례가 발견되었다. 또한 2개 물체의 움직임이 겹쳐있을 경우 단일 물체로 감하는 문제도 발생할 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해서는 정확한 차량 검출 방법이 필요하다.

전체 연산시간 중 60~80%를 모션맵 계산 과정이 차지한다. 정확한 모션맵의 계산을 위해 전방-후방 오차와 정규화 된 상관계수 오차를 이용한 검증 방법을 사용하였는데 이것은 2배의 연산을 필요로 한다. 모션맵 계산과정을 정확하면서도 빠르게 개선할 경우 속도 향상이 기대된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 차량 검출 및 추적과 피해 차량에서 발생하는 모션의 변화량을 이용하여 주차장 환경에서의 차량 사고를 검출하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 확률 기반의 전경 검출과 모션맵을 이용하여 차량을 검출하고, 프레임 간 차량 검출 결과를 이용하여 차량을 추적한다. 차량의 위치와 이동방향을 고려한 사고

감지 영역에서의 피해차량의 모션의 변화량을 이용하여 차량 사고를 검출한다. 다양한 차량 사고 영상에 대해 실험을 수행한 결과, 제안하는 방법이 주차장 환경에서 차량 사고를 정확하게 검출할 수 있음을 확인하였다. 향후 주차장 환경을 3차원 공간으로 분석하는 방법, 이동 중인 차량 간의 사고 검출 방법 등 검출 성능과 정확도를 향상시키기 위한 보완 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] S.H. Yi, J.Y. Min, and S.B. Cho, "Multiple-View Cooperation based Context Recognition System for Automatic Detection of Traffic Accidents," Korea Computer Congress, vol. 38, no. 1(c), pp. 273-275, 2011.
- [2] S. Kamijo, Y. Matsushita, K. Ikeuchi, and M. Sakauchi, "Traffic monitoring and accident detection at intersections," IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, vol. 1, no. 2, pp. 108-118, 2000.
- [3] J.W. Woo, W. Lee, and M.H. L, "A Traffic Surveillance System Using Dynamic Saliency Map and SVM Boosting," International Journal of Control, Automation, and Systems, vol. 8, no. 5, pp. 948-956, Oct. 2010.
- [4] Y.K. Ki and D.Y. Lee, "A traffic accident recording and reporting model at intersections," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 8, no. 2, pp. 188-194, 2007.
- [5] D.K. Shin, W.J. Jeong, J.M. Lee, K.T. Park, and Y.S. Moon, "Car accident detection in parking lots," International Conference on Electronics, Information and Communication 2014, Kota Kinabalu, Malaysia, pp. 110-111, Jan. 2014.
- [6] B.D. Lucas and T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision," International Joint Conference on Artificial Intelligence(IJCAI), vol 81, pp. 674-679, 1981.
- [7] Z. Kalal, K. Mikolajczyk, and J. Matas, "Forward-backward error: Automatic detection of tracking failures," Internal Conference on Pattern Recognition (ICPR) 2010, IEEE, pp. 2756-2759, 2010.
- [8] Z. Zivkovic, "Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction," International Conference on Pattern Recognition (ICPR) 2004, IEEE, vol. 2, pp. 28-31, 2004.

저 자 소 개



정 우 진(학생회원)
2012년 2월 한양대학교
전자컴퓨터공학부 공학사
2012년 3월~현재 한양대학교
컴퓨터공학과 석박사과정
<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터
비전>



이 중 민(학생회원)
2007년 2월 한양대학교
컴퓨터공학과 공학사
2009년 2월 한양대학교
컴퓨터공학과 공학석사
2010년 3월~현재 한양대학교
컴퓨터공학과 박사과정
<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전>

박 기 태(정회원)

2000년 2월 한양대학교 전자계산학과 공학사
2002년 2월 한양대학교 컴퓨터공학과 공학석사
2007년 8월 한양대학교 컴퓨터공학과 공학박사
2007년~2009년 삼성전자 책임연구원
2009년~2014년 한양대학교 기초융합교육원
조교수
2014년~현재 ETRI 부설연구소
<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식>



문 영 식(정회원)
1980년 2월 서울대학교
전자공학과 공학사
1982년 2월 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 공학석사
1990년 Ph. D. in Department of
Electrical and computer
Engineering University
of California at Irvine
1982년~1985년 한국 전자통신연구소 연구원
1989년~1990년 Inno Vision Medical 선임연구원
1990년~1992년 생산기술연구소 선임연구원
1992년~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 교수
<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식>