

차량의 움직임 벡터와 체류시간 기반의 교차로 추돌 검출

Traffic Collision Detection at Intersections based on Motion Vector and Staying Period of Vehicles

신윤철*, 박주현*, 이명진*⁰

Youn-Chul Shin*, Joo-Heon Park* and Myeong-Jin Lee*⁰

요 약

최근 영상처리 기법에 기반한 지능형 교통시스템의 개발이 활성화되고 있다. 본 논문에서는 도심 사거리에서 획득한 비디오를 분석하여 차량의 움직임 변화와 체류시간에 기반한 추돌 검출 알고리즘을 제안한다. 가우시안 혼합 모델 기반으로 생성된 배경과 입력영상의 차 영상으로부터 관심영역(ROI)안의 객체를 추출한다. 추출된 객체에 대해 계산된 움직임벡터와 화면 내 차량 체류시간을 이용하여 교차로 내 차량추돌과 교통체증을 검출하였다. 제안된 알고리즘은 추돌을 포함한 실제 교차로 영상에 대해 테스트되었고, 탐지율은 85.7%이고, 오탐율은 7.7%였다.

Abstract

Recently, intelligent transportation system based on image processing has been developed. In this paper, we propose a collision detection algorithm based on the analysis of motion vectors and the staying periods of vehicles in intersections. Objects in the region of interest are extracted from the subtraction image between background images based on Gaussian mixture model and input images. Collisions and traffic jams are detected by analysing measured motion vectors of vehicles and their staying periods in intersections. Experiments are performed on video sequences actually recoded at intersections. Correct detection rate and false alarm rate are 85.7% and 7.7%, respectively.

Key words : traffic accident, collision detection, motion vector, intelligent transportation system, traffic

I. 서 론

지능형교통시스템(ITS : Intelligent Transportation System)은 도로와 차량 등 교통의 구성요소에 첨단 전자, 정보, 통신 기술을 적용시켜 교통 시설을 효율적으로 운영하고, 도로 사용자에게 유용한 정보를 제공하는 시스템이다. 이로 인해 교통체계 운영효율성

및 용량의 증가를 통한 교통 혼잡 완화, 여행자 서비스 개선을 통한 운전자의 이동성, 편의성 및 안전성 향상, 교통 시스템의 안전성 제고를 도울 수 있다[1]. 기존 영상기반의 ITS에 대한 연구는 교차로 내의 차량들의 움직임을 기반으로 한 교통흐름 분석[2], 사고 원인 분석, 교차로의 안전도 향상을 위한 방안 연구[3] 등에 대해 주로 이루어졌다. 그러나, 도로상에서 발생하는 사고의 자동감지에 대한 연구는 사고를

* 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 (School of Avionics and Telecommunication Engineering, Korea Aerospace University)

· 제1저자 (First Author) : 신윤철(Youn-chul Shin)

0 교신저자 (Corresponding Author) : 이명진 (Myeong-jin Lee, Tel: +82-2-300-0421, email: mjlee@ieee.org)

· 접수일자 : 2013년 1월 25일 · 심사(수정)일자 : 2013년 2월 8일 (수정일자 : 2013년 2월 21일) · 게재일자 : 2013년 2월 28일

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.01.090>

일으킨 사람, 사고현장을 경유하는 택시기사, 버스기사, 시민에 의한 신고에 의존하고 있고, 영상 기반의 자동 감지에 대한 연구는 부족한 실정이다.

영상기반 교통사고 검출에 대한 기존 연구로는 교차로 내 차량의 움직임을 추적하여 속도와 방향, 위치, 면적 정보들을 취합하여 차량간 추돌을 검출하는 연구[4], 교차로 신호를 보조 입력으로 활용하여 ‘사고를 유발할 수 있는 차량간의 상호 작용’을 단계별로 나누어 차량간 추돌을 검출하는 연구[5] 등이 있다. 속도, 방향, 위치, 면적 정보들을 취합하여 차량간 추돌을 검출하는 경우에는 50%의 탐지율과 0.00496%의 오탐율을 보였으며 충분한 실험 환경이 구축되지 않아 제한된 성능을 보인다. 차량간의 상호 작용을 단계별로 나누어 추돌을 검출하는 경우에는 입력으로 사용되는 데이터의 부족으로 탐지율과 오탐율을 산정하지 못하였다.

차량간의 속도와 거리정보를 이용하여 추돌을 검출하는 경우는 카메라로 획득한 영상과 실제 차량이 존재하는 공간과의 매핑이 필요한데 카메라 각도에 따라 객체 겹침 현상을 사고로 오검출 하는 문제점이 존재한다.

본 논문에서는 도심 주요 교차로에서 획득한 비디오의 분석을 통해 추출된 객체 정보를 이용하여 차량의 움직임 변화와 교차로 내 체류시간에 기반한 교통사고 추돌과 차량정체를 검출하는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 제안하는 교차로 추돌 검출 시스템에 대해 간략히 설명하고, 제3장에서는 교차로 내 객체 검출 방법을 설명한다. 제4장에서는 차량 움직임과 체류시간 기반의 추돌 검출 알고리즘을 제안하고, 제5장에서는 실제 교차로 영상 시퀀스들에 대한 실험 결과를 제시한다. 마지막으로 제6장에서 결론 및 추후 연구에 대해 논한다.

II. 제안하는 교차로 추돌 검출 알고리즘

도심 교차로는 상시 차량의 흐름이 존재하며 정

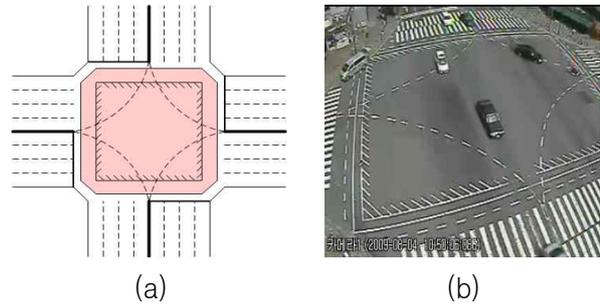


그림 1. 교차로 평면도 및 실제 교차로 영상
(a)교차로 평면도 (b) 실제 교차로 영상

Fig. 1. Top view of intersections and actual intersection image

(a) top view of intersections (b) actual intersection image

차해서는 안 되는 구간이다. 이 특징을 이용하여 교차로 내에 일정 시간 이상 멈춰있는 차량을 추돌이나 교통정체의 검출 대상으로 선정할 수 있다.

본 연구는 도심의 주요 교차로에서 촬영된 주간 CCTV 영상을 대상으로 한다. 일반 도로는 적용 대상이 아니며 그림 1(a)와 같이 대형 도심의 트래픽이 집중되는 왕복 8차선 이상의 교차로를 적용 대상으로 한다. 이들 교차로에서는 높은 위치에서 차량의 흐름을 파악하기 위한 다수의 CCTV들이 설치되어

있다. 대형 교차로일수록 카메라 설치위치가 높아 서차량간 가림현상이 비교적 덜 한 특징이 존재한다. 본 연구에서는 교차로 내부인 붉은색 음영 부분을 관심영역으로 설정하여 알고리즘을 적용하였다. 그림 1(b)는 실험에 사용된 실제 교차로 영상이다.

교차로 내 추돌 검출을 위해서는 먼저 화면 내 이동하고 있는 차량 객체 추출이 필요하다. 이를 위해 배경생성, 관심영역 설정, 객체 추출, 잡음 제거, 추출된 객체별 움직임 벡터 및 체류시간 계산, 객체정보 기반 선택적 배경 갱신 등이 필요하다. 그리고 지속적인 객체 관리를 위해 프레임 내의 객체 정보를 저장하는 구조체를 만들어 관리한다. 전체적인 시스템 구성은 그림 2와 같다.

컬러정보를 활용하여 배경 생성이나 객체 추출의 성능을 높일 수 있으나 추가의 많은 연산량과 메모리가 필요하여, 본 논문에서는 적은 연산량과 메모리 용량을 요구하는 임베디드시스템이나 다채널 ITS 시스템에 탑재될 수 있도록 흑백 영상만을 고려한다.

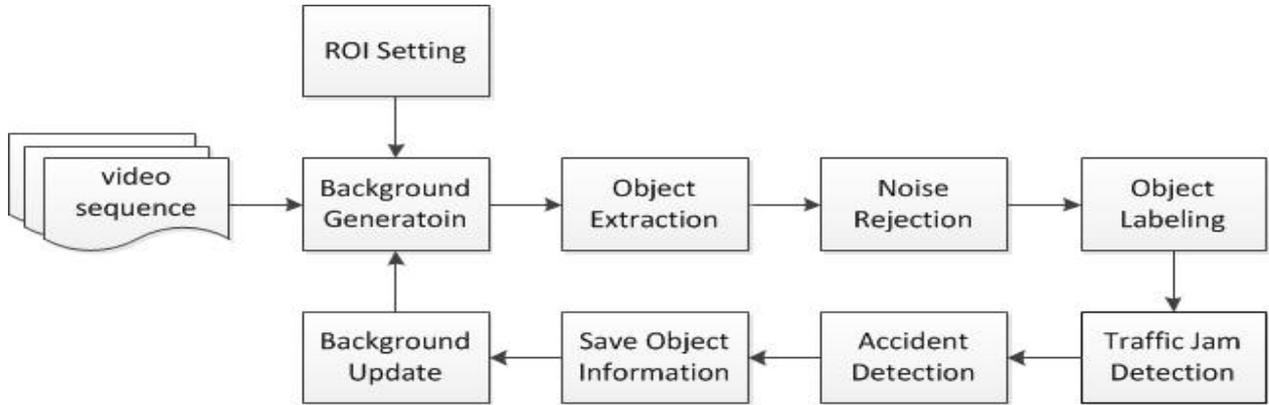


그림 2. 객체의 움직임 벡터와 교차로 내 체류시간 정보 기반의 추돌 검출 알고리즘
 Fig. 2. Collision detection algorithm based on motion vectors and staying periods of objects

III. 교차로 내 객체 검출 및 추적

본 절에서는 교차로 내 객체의 추출을 위한 배경생성, 생성된 배경과 현재 영상과의 차 영상, 차 영상의 객체 정보를 라벨링하는 단계를 설명한다.

3-1 초기 배경 생성 및 관심영역 설정

주간 교차로 영상은 일반적으로 태양의 위치에 따라 화면내 영역들의 밝기가 변하는 특성을 가지고 있다. 본 논문에서는 시간의 변화에 따른 배경의 변화를 효과적으로 반영하기 위해 GMM(Gaussian Mixture Model)[6]을 기반으로 한 배경생성을 수행한다.

영상 시퀀스의 처음 200 프레임은 초기 배경 생성을 위해 사용되며 이후에는 매 입력프레임마다 배경을 갱신한다. 생성된 초기 배경에 다각형 구조로 관심영역 (ROI : Region of Interest)이 설정되고, 객체 검출 및 추적 등의 모든 연산 과정은 ROI 내에서만 수행된다. 그림 3은 초기 생성된 배경과 다각형 구조로 설정된 ROI다.

3-2 객체 추출 및 잡음 제거

GMM 기반 배경영상과 입력영상의 차 영상을 이용한 객체 검출방법에서는 배경색과 유사한 색을 지닌 객체의 영역을 정확히 추출하지 못하거나, 하나의 객체가 2개 이상의 작은 객체들로 분리되는 문제가 존재한다. 이를 보완하기 위해서 본 논문에서는 배경영

상과 현재 영상의 차 영상과 이전 영상과 현재 영상의 차 영상을 결합하여 객체 추출에 사용하였다. 사용된

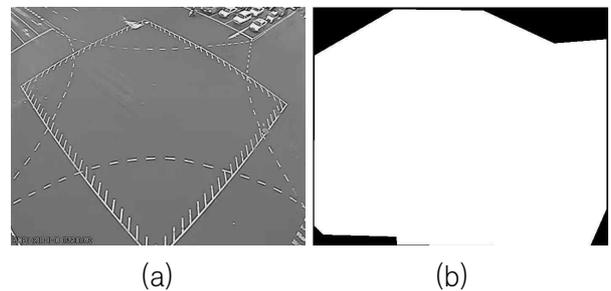


그림 3. 초기 생성 배경 및 관심영역
 (a) 초기 생성 배경 (b) 관심영역
 Fig. 3. Initial background generated and region of interest
 (a) initial background generated (b) region of interest

객체 추출 방식은 배경과 입력영상의 차 영상 기반 객체 추출 방식에 비해 객체 검출 오류가 감소한다. 영상 내 객체 추출을 위해 GMM으로 생성된 배경과 입력 프레임의 차이, 현재 프레임과 이전 프레임의 차이를 문턱치와 비교하여 각 이진 영상을 생성한다. 배경과 입력프레임의 차 영상의 이진화 영상은 다음과 같다.

$$BD_t(i,j) = \begin{cases} 255, & |F_t(i,j) - BG_t(i,j)| > T_{bin} \\ 0, & otherwise \end{cases}, \quad (1)$$

여기에서 $F_t(i,j)$, $BG_t(i,j)$, T_{bin} 는 각각 현재 프레임, 배경화면의 시각 t 에서 (i,j) 위치의 화소 값, 문턱치를 나타낸다.

현재 프레임과 이전 프레임의 차 영상 이진화 과정은 다음과 같다.

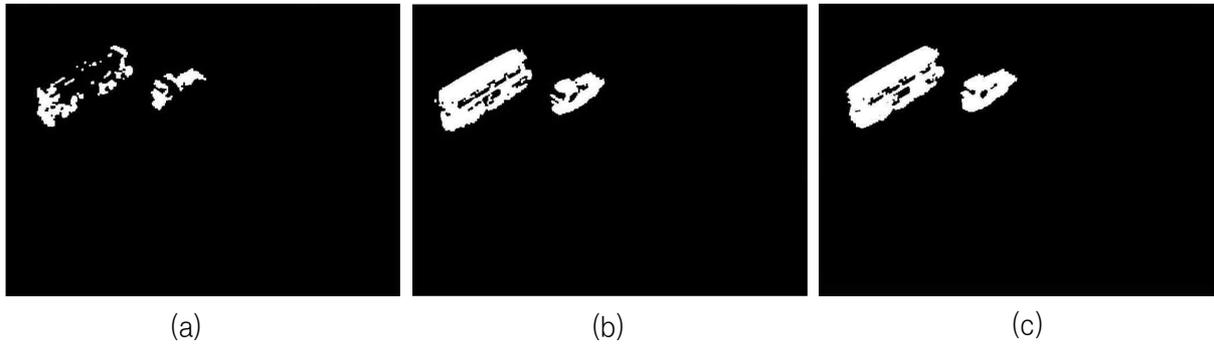


그림 4. 시간 차 영상, 배경 차 영상, 차 영상 결합 기반 객체 추출
 (a) 시간 차 영상 FD_t (b) 배경 차 영상 BD_t (c) 차 영상 결합 영상 B_t

Fig. 4 Object extraction based on temporal and background differences and their combination
 (a) temporal difference image (b) Background difference image (c) Combined image

$$FD_t(i,j) = \begin{cases} 255, & |F_t(i,j) - F_{t-1}(i,j)| > T_{bin} \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

잡음 제거와 객체 인식률을 높이기 위해 식 (1), (2)를 통해 얻어진 BD_t , FD_t 에 3x3 정사각형 커널을 이용하여 모폴로지 열립, 닫힘 연산을 각 1회씩 수행한다.

이후 과정에서 사용될 최종 이진 영상은 다음과 같이 배경 차 이진화 영상과 프레임 차 이진화 영상의 OR 연산을 통해 얻어진다.

$$B_t(i,j) = BD_t(i,j) \vee FD_t(i,j). \quad (3)$$

그림 4(c)는 그림 4(a)의 이전 영상과 현재 영상의 차 영상과 그림 4(b)의 배경 영상과 현재 영상의 차 영상을 결합한 영상이다. 결합된 영상의 경우 결합 전 다른 영상들에 비해 비교적 객체 영역을 정확히 추출하고 있음을 알 수 있다.

3-3 객체 라벨링을 통한 객체 추적

화면 내에 차량들의 정보를 지속적으로 관리하고 이동을 분석하기 위해서는 각 객체의 라벨링과 라벨링된 객체의 위치와 크기정보를 바탕으로 이전 프레임에서 객체의 존재 여부를 판단하는 과정이 필요하다.

객체 추출을 위해 앞 절에서 얻은 이진 영상을 이용하여 ROI 내의 객체를 라벨링한다. 라벨링 방법은

메모리 요구량이 적고 별도의 라벨 번호 통합과정이 필요없는 컨투어 라벨링[7]을 사용하였다. 라벨링 도중 객체가 일정크기 이하의 화소 개수를 가지면 관심 대상인 차량이 아니라고 판단하여 해당 객체를 삭제한다.

영상 내에 존재하는 객체의 수와 위치는 시간에 따라 변하기 때문에 관심영역에 존재하는 모든 객체들의 정보 관리가 필요하다. 이를 위해 매 프레임 추출된 객체의 무게중심과 라벨 번호를 저장하고 이전 영상에 존재하는 객체로부터 현재 영상에 존재하는 동일 객체로의 움직임 벡터를 구한다. 일정크기 이하의 벡터를 가지는 객체 중 가장 가까운 객체에게 이전 영상에 존재하는 객체의 라벨 번호를 부여하며, 그렇지 못한 경우에는 새로 나타난 객체로 판단해 새로운 라벨 번호를 부여한다.

검출된 객체의 화면 내 이동, 체류시간 등을 검출하기 위해서는 객체의 대표위치가 필요하다. 본 논문에서는 객체의 무게중심을 객체의 대표위치로 사용한다. 객체의 무게중심은 다음과 같이 계산한다.

$$CP(O_t^n) = \frac{\sum_{p \in o_t^n} (x,y)_p}{A(O_t^n)}, \quad (4)$$

여기에서 $(x,y)_p$ 는 화소 p 의 화면 내 위치 벡터를 나타내고, O_t^n , $A(O_t^n)$ 는 각각 t 번째 프레임의 n 번째 객체, O_t^n 의 면적이다.

현재 프레임의 n 번째 객체의 라벨할당을 위해 먼

저 직전 프레임 내 객체들과의 거리를 구한다.

$$d_{(n;m)} = dist(O_t^n, O_{t-1}^m), m \in (1, 2, \dots, K_{t-1}), \quad (5)$$

여기에서 K_{t-1} 은 $t-1$ 번째 프레임에서 객체들의 수를 나타낸다.

객체의 라벨은 식 (5)의 거리를 최소화하는 직전 프레임의 객체의 라벨을 선택하는데, 이 객체와의 거리가 일정기준 보다 큰 경우 새로운 객체의 출현으로 판단하여 새 라벨을 할당한다.

$$L(O_t^n) = \begin{cases} L(O_{t-1}^{min}), & d_n^{min} < T_{dist} \\ new\ label, & otherwise \end{cases}, \quad (6)$$

여기에서 $d_n^{min} = \min(d(n;m))$ 이고, T_{dist} 는 신규 객체 판별을 위한 문턱치이다.

IV. 차량 움직임과 체류시간 기반의 추돌 검출

차량의 움직임을 기반으로 추돌을 검출하기 위해서는 교차로 내 객체 검출 및 추적단계에서 계산된 객체 정보를 이용한 객체 분류과정이 필요하다. 객체 별로 무게중심을 이용하여 움직임 벡터를 계산하고, 움직임 벡터의 크기에 따라 객체의 정지시간을 계산하여 교차로 내 추돌을 검출한다.

4-1 차량 정체 검사

도심 속 주요 사거리의 경우 출퇴근 시간에 차량 정체현상이 빈번하게 발생한다. 차량정체 검사를 하는 이유는 차량정체시 차량주행속도가 평소보다 느려지는 것을 감안하여 추돌 검출을 위한 시간 문턱치를 다르게 적용하기 위해서이다.

본 연구를 위해 사용한 사거리 시퀀스들의 분석 결과 평소 ROI 면적 대비 모든 객체의 면적합이 10% 이내인 반면, 차량정체시 약 20% 이상임을 알 수 있다. 본 연구에서는 영상 내 ROI 면적 대비 모든 객체의 면적합이 20% 이상인 경우 차량정체로 판단한다. 차량정체로 판단될 경우 배경 갱신을 하지 않고 추돌을 판별하는 객체 정지시간 문턱치를 상향 조정한다.

$$Traffic\ Jam = \begin{cases} 1, & \sum_{n=1}^{K_t} A(O_t^n) / A(ROI) > 0.2 \\ 0, & otherwise \end{cases}, \quad (7)$$

여기서 K_t 는 t 번째 프레임에서 객체의 수이고, $A(ROI)$ 는 ROI 전체면적이다.

4-2 움직임 벡터 기반 객체 정지시간 측정을 통한 추돌 검출

본 논문에서는 매 프레임 객체별로 무게중심, 라벨 번호, 화소 수, bounding box 크기, 정지 시간 등을 구조체로 정의하여 저장한다. 이전 프레임과 현재 프레임에 동일 라벨 번호를 갖는 객체간의 무게중심의 차이를 객체의 움직임 벡터로 정의한다. 움직임 벡터의 크기가 1 이하일 경우 해당 객체의 움직임이 없는 것으로 판단하여 정지시간이 증가하고, 10초 이상 움직임이 없을 경우를 사고 검출 대상으로 한다. 차량 정체시에는 10초인 검출 시간을 15초로 상향 조정한다.

$$Collision = \begin{cases} 1, & Stop(O_t^n) > T_{collision} \\ 0, & otherwise \end{cases}, \quad (8)$$

여기서 $Stop(O_t^n)$, $T_{collision}$ 은 각각 현재 프레임의 n 번째 객체의 정지시간, 사고 검출 기준시간을 나타낸다.



그림 5 원본영상 및 추돌 검출영상, col8 시퀀스

(a) 검출시 원본영상 (b) 검출영상

Fig. 5. Original image and collision detection image, sequence col8

(a) original image (b) collision detection image

그림 5(a)는 입력영상이며, 사고 발생 시점에서 12초 후의 화면이다. 그림 5(b)는 사고 검출을 확인하기

위한 영상으로 ROI 내에 객체가 5초 이상 머물 경우 노란색으로 객체영역을 표시하고 10초 이상 머물 경우 적색으로 객체영역을 표시한다.

4-3 객체 정보저장 및 선택적 배경 갱신

제안 알고리즘에서는 매 프레임 GMM 기반 배경 갱신을 하는데, 선택적으로 배경을 갱신함으로써 전경 물체가 배경에 흡수되는 것을 방지하여, 지속적인 사고 검출을 가능하게 한다.

ROI 내에 객체가 3초 이상 한 곳에 머물 경우 객체가 배경으로 흡수되는 것을 방지하기 위해 객체가 존재하는 영역과 객체가 존재하지 않는 영역을 나누어 배경을 갱신한다. 객체가 존재하는 영역은 객체의 정지시간을 측정하여 3초 이상일 경우 배경을 갱신하지 않고, 3초 미만일 경우 GMM을 이용해 배경을 갱신한다. 객체의 정지시간을 고려한 배경갱신 과정은 다음과 같다.

$$BG_{(t, O_t^n)} = \begin{cases} BG_{(t-1, O_t^n)}, & \text{if } Stop(O_t^n) > T_{bg} \\ BG_{(t, O_t^n)}^{GMM}, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (9)$$

여기에서 $BG_{(t, O_t^n)}$, $Stop(O_t^n)$, $BG_{(t, O_t^n)}^{GMM}$, T_{bg} 은 각각 t 번째 배경 프레임에서 t 번째 프레임의 n 번째 객체의 영역, t 번째 프레임에서 n 번째 객체의 정지시간, t 번째 배경 프레임의 n 번째 객체의 영역을 GMM으로 갱신한 결과, 배경갱신 여부를 결정하는 시간 문턱치를 나타낸다.

객체가 존재하지 않는 영역은 GMM을 이용하여 다음과 같이 배경을 갱신한다.

$$BG_{(t,p)} = BG_{(t,p)}^{GMM}, \quad (10)$$

여기에서 $BG_{(t,p)}^{GMM}$ 는 t 번째 프레임에서 화소위치 p 에 대해 GMM으로 갱신된 배경이다.

그림 6은 그림 5의 사고발생시 선택적으로 배경 갱신이 일어나는 화면이다. 사고가 발생하여 장시간 머무르고 있는 객체영역에 대해서도 배경이 효과적으로 유지됨을 알 수 있다. 단순히 GMM을 사용하였을때는 사고차량이 배경으로 흡수될 수 있으나 본 제안기법에서는 배경을 정확하게 생성

하여 사고차량이 지속적으로 검출될 수 있다.

차량정체가 검출될 때에는 배경의 상당 부분이 장시간 가려지므로, 배경 전체 영역을 갱신하지 않는다.

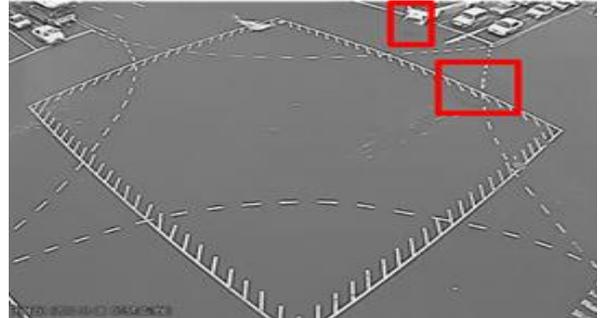


그림 6 사고 발생시 선택적인 배경 갱신, col8 시퀀스
Fig. 6. Selective background generation after collision, sequence col8

V. 실험 결과

본 논문에서는 제안한 차량의 움직임 벡터와 교차로 내 체류시간 기반 추돌 검출 알고리즘의 성능 평가를 위해 총 13개의 교차로 시퀀스에 대해 실험하였다. 이들 시퀀스 중에서 추돌 사고를 포함한 시퀀스는 7개이다. 표 1은 시퀀스별 추돌 검출 여부와 제안된 알고리즘에 의한 실험결과를 나타낸다.

표 1. 시퀀스별 추돌 포함 여부 및 검출 결과
Table 1. collision detection results

시퀀스	추돌발생	추돌검출
col1	0	0
col2	X	X
col3	0	0
col4	X	X
col5	X	X
col6	X	0
col7	0	0
col8	0	0
col9	X	X
col10	0	0
col11	X	X
col12	0	0
col13	0	X

추돌을 검출한 결과 총 7개의 시퀀스에서 사고를 검출하였다. 알고리즘이 검출한 사고시퀀스 7개 중에 6개 시퀀스는 실제로 사고를 포함한 시퀀스이며, 1개는 사고가 포함되지 않은 시퀀스이다. 추돌 시퀀스 col1, col3, col7, col8, col10, col12는 추돌상황이 포함되어 있고, 제안한 알고리즘이 정확하게 추돌을 검출한 시퀀스들이다. 시퀀스 col6는 사고를 포함하지 않았지만 알고리즘이 추돌을 오검출한 경우이다. col13은 실제 사고를 포함한 영상이지만, 사고차량의 색체 정보와 배경 프레임에서 사고차량 영역의 색체 정보가 매우 유사하여 객체 추출 및 추적이 정확하게 이루어지지 않았기 때문에, 제안한 알고리즘이 사고를 검출하지 못하였다.

성능 평가를 위해 탐지율(Detection Rate)과 오탐률(False Alarm Rate)은 다음과 같이 계산되었다.

$$Detection Rate = \frac{no. of detected collisions}{no. of collisions} \times 100, \quad (11)$$

$$False Alarm Rate = \frac{no. of false alarms}{total no. of seq} \times 100, \quad (12)$$

실험결과 제안한 알고리즘의 탐지율은 85.7%이며, 오탐률은 7.7%이다.

VI. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 도심 교차로에서 움직임 벡터와 객체의 체류시간 기반의 차량간 추돌 검출 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 교차로 CCTV영상에 대해 추돌검출 성능이 평가 되었다.

추돌 이벤트는 특성상 실제 사고가 일어난 시퀀스의 확보가 어렵다. 추후 다양한 추돌 시퀀스를 확보하여 제안한 알고리즘의 추가 검증과 성능 개선이 필요하다. 제안된 알고리즘은 주간 영상을 대상으로 하였기 때문에 야간에도 추돌 검출을 위한 알고리즘 추가연구가 필요하다.

사고를 검출하지 못한 시퀀스의 경우 추출된 객체 영역을 포함한 주변영역에 식 (1), (2)의 T_{bin} 보다 낮

은 문턱치를 적용하여 배경색과 유사한 색을 지닌 객체도 검출이 가능하도록, 객체 추출 및 추적과정의 알고리즘의 보완이 필요하다.

감사의 글

본 논문은 경기도 기술개발사업의 사업비 지원(C12121920)과 한국연구재단의 기초연구사업(2012-0002263) 지원으로 수행되었음.

Reference

- [1] Won-Sik Sin, Se-do Oh, Young-Jin Kim, "Development of Traffic Congestion Prediction Module Using Vehicle Detection System for Intelligent Transportation System", *Korean Institute of Industrial Engineers, IE interfaces*, vol. 23, no. 4, pp. 349-356, Dec 2010
- [2] Chang Choi, Mi-Young Cho, Jun-Ho Choi, Dong-Jin Choi, Pan-Koo Kim, "Auto-Analysis of Traffic Flow through Semantic Modeling of Moving Objects", *The Journal of Korean Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 8, no. 6, pp. 36-45, Nov 2009
- [3] "A Study for Improvement Measures of Urban Intersection Safety", *Korea Transportation Safety Authority*, 2006
- [4] Yong-Kul Ki, Dong-Yung Lee, "A Traffic Accident Recording and Reporting Model at Intersections", *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, vol. 8, pp. 188-194, Issue 2, Jun 2007
- [5] Joon-young Min, Ju-tack Oh, Myung-seob Kim, Tea-won Kim, "A Development of a Automatic Detection Program for Traffic Conflicts", *The Journal of Korean Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 7, no. 5, pp. 64-76, Oct 2008
- [6] Chris Stauffer, W.E.L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking", *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol.2, pp. 246-252, 1999.
- [7] Robert Walczyk, Alistair Armitage and David Binnie, "Comparative study on connected component labeling algorithms for embedded video processing systems", *IPCV 2010*, LasVegas, USA, pp. 853-859.

신 윤 철 (Youn-Chul Shin)



2013년 2월 : 한국항공대학교 정보
통신공학과 (공학사)
2013년 3월~현재 : 한국항공대학교
정보통신공학과 (석사과정)
관심분야 : 지능형 영상감시 시스템,
ITS, 영상처리, 컴퓨터 비전

박 주 현 (Joo-Heon Park)



2013년 2월 : 한국항공대학교 정보
통신공학과 (공학사)
2013년 3월~현재 : 한국항공대학교
정보통신공학과 (석사과정)
관심분야 : 지능형 영상감시 시스템,
영상처리, 컴퓨터 비전

이 명 진 (Myeon-Jin Lee)



1994년 2월 : KAIST 전기 및
전자공학과 (공학사)
1996년 2월 : KAIST 전기 및
전자공학과 (공학석사)
2001년 8월 : KAIST 전자전산
학과 (공학박사)
2001년 3월 ~ 2004년 2월 : 삼성전자(주)

SYSTEM LSI 사업부 책임

2004년 3월 ~ 2007년 2월 : 경성대학교 전기전자공학과
조교수

2007년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보
통신공학부 부교수

관심분야: 영상처리, 영상통신, 컴퓨터비전, 영상 회로 및
시스템 설계