

컴퓨터 비전을 이용한 교차로 사고 감지

정성환*, 이준환**

*전북대학교 컴퓨터공학과

**전북대학교 전자정보공학부

e-mail:shjeong, chlee@jbnu.ac.kr

Traffic Accident Detection of Crossroad Using Computer Vision

Sung-Hwan Jeong*, Joonwhoan Lee**

*Dept of Computer Engineering, Chonbuk National University

**Div of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University

요 약

본 논문에서는 배경영상과 교차로 내의 신호등의 주기를 이용한 교차로 교통 사고 감지 방법을 제안한다. 교차로 내의 객체의 움직임 궤적 정보, 객체의 움직임 정보에 기반한 배경영상 생성과 교차로 신호등 주기를 이용하는 사고 감지 방법으로 구성된다. 환경적인 잡음과 카메라의 잡음을 효과적으로 제거하고 객체를 개별적으로 추적하지 않고 사고를 감지 할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 제안한 알고리즘의 성능을 알아보기 위하여 교차로에 설치된 DVR을 통해 다양한 환경의 사고영상을 저장하여 실험한 결과 모든 동영상에서 사고를 감지하였다.

1. 서론

차량이 증가함에 따라 도로에서 운행되고 있는 차량의 수는 도로가 수용할 수 있는 한계치를 이미 넘어서고 있으며 도심 내에서 교통 체증의 문제가 더욱 심각해지고 있다. 교통이 복잡한 교차로에서 발생하는 교통사고는 도심 내 도로의 사고 발생빈도의 50%이상을 차지하고 있다 [1]. 교차로 내에 교통사고를 판단하는데 있어서 영상을 사용하였을 경우 배경영상과 현재 영상과의 차 영상을 생성하여 교차로 내에 진입한 차량들을 추적하여 추적한 차량들의 바운딩(Bounding) 박스끼리의 교차점을 기본으로 한 사고감지 장치들이 개발되어 있다[2].

Ki[2]은 교차로 내의 실시간 차 영상에서 각 차량 객체를 추출 한 후 차량의 이동방향, 가속도, 위치, 면적의 크기를 이용하여 사고를 감지하지만, 이 방법은 교통상황이 혼잡하여 차량들이 많이 밀집되어 있는 경우나 환경적 잡음, 차량의 전조등의 잡음이 있을 경우 이들 모두를 객체로 판단하여 모두 추적하게 되는 문제점 및 사고의 오판단 가능성과 실시간 처리에 있어서 모든 차량들을 추적하는 것은 프로세서의 비용이 높게 측정되는 문제점이 있다. 또한 교차로 밖에서 발생한 사고차량이 교차로 내부에서 서서히 진입하였을 경우 이 차량이 단순히 정지선을 위반하여 교차로 내에 진입하였는지 또는 사고 차량인지를 판단하기 쉽지 않은 문제점을 가지고 있다.

Kamijo[3]은 배경영상을 생성하여 객체를 추출하고 추출된 객체를 보존해가며 바운딩 박스 내의 객체 정보를 업데이트하는 방식으로 교차로 내 차량을 추적하고 있으며 차량이 오래 정지할 경우 사고차량으로 간주하여 사고

를 판단하는 방법이다. Kamijo[3]가 제시한 방법은 배경영상 업데이트 주기가 매우 느리며 처음 객체를 추출하는데 있어서 다른 차량과 붙어 있거나 가려지는 경우, 환경적 잡음요소인 야간의 전조등 및 우천시 노면의 반사, 카메라의 잡음등을 고려하지 않은 방법으로 좋은 환경 조건하에서 제안된 방법이다. 기존의 방법들은 교차로 내에서 차량을 추적하여 차량들의 행태에 따라 사고 및 혼잡도 등을 판단하는 방법으로 급격한 조명의 변화, 야간의 차량의 전조등, 그림자, 출퇴근 시간의 차량들이 많이 밀집되어 있는 경우 등에서 교차로 내에서 발생하는 상황을 감지하지 못하는 문제점이 있다.

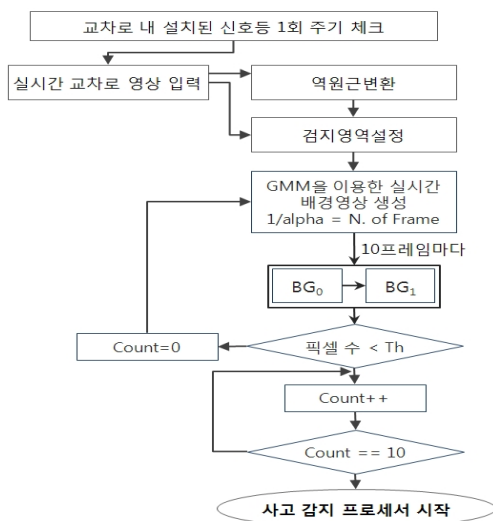
정성환[4]은 교차로 내 신호등의 주기를 이용하여 교차로 내 사고감지를 제안하였다. 이는 차량을 추적하지 않고 차량이 정지하면 배경영상에 등록되는 점을 이용하여 배경끼리 차 영상을 기준으로 차량의 유무 판단과 사고 후보 영역 위로 지나다니는 객체가 있을 경우 잡음으로 간주하여 사고를 판단하는 방법을 제안하였지만 사고가 발생 하였을 경우 버스나 다른 차량 및 카메라의 잡음에 의해 사고영역이 가려질 경우 사고를 감지하지 못하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 이러한 환경적인 요소들을 충분히 제거하며 교차로 내에서 발생하는 사고를 감지 할 수 있는 능동적인 배경영상 갱신 방법 제안과 교차로 내 설치된 신호등의 주기와 객체들의 이동 궤적을 이용한 교차로 사고 감지 방법을 제안한다.

2. 교차로 사고 감지

본 논문에서는 기존 교차로에 설치되어 있는 카메라에서 영상을 입력 받아 감지에 이용하였다. 교차로 내에서 차량의 흐름은 출퇴근 시간의 주행 차량의 증가로 인해 신호 위반 및 정지선 위반, 꼬리물기 등의 이유로 차량의 이동은 복잡하게 나타난다. 또한, 교차로에서의 교통사고는 일반 연속류 도로와는 다른 복잡한 사고패턴이 발생하게 되며, 외부환경적인 요소인 주변의 조명, 차량의 조명, 주/야간의 조명의 반사, 그림자, 눈, 비등의 다양한 환경조건이 발생한다. 이 과정에서 개별 차량 추적은 매우 어려우며 만약 개별 차량 추적에 성공한다 하더라도 매우 복잡하고 무거운 방법을 적용해야 하므로 실시간 처리에는 적용하기 힘들다[5].

본 논문에서는 그림 1과 같이 교차로 내 설치된 신호등의 1회 주기를 체크한 후 실시간 영상에서 역원근변환 좌표를 입력받아 영상을 원근변환 후 검지영역을 설정하고 검지영역의 배경영상을 생성하여 생성된 배경이 일정한 주기 동안 변화가 없다면 사고감지 프로세서를 시작하였다. 이는 초기에 GMM을 이용한 배경 생성 시에 일정한 프레임동안 배경을 생성하고 생성된 배경을 기준으로하여 사고감지를 시작하였지만, 이는 최초에 잡음이 많이 포함된 배경일 경우 프로세서 초기부터 잡음 때문에 사고의 오 판단 현상이 발생할 수 있는 문제점[4]을 해결하였다.



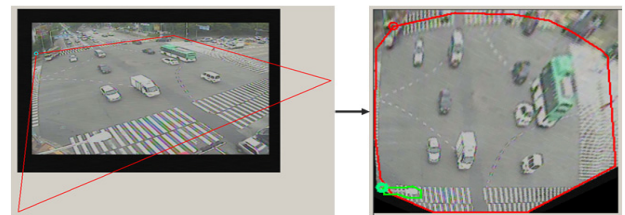
(그림 1) 사고감지 시작 흐름도

2.1 역원근변환 및 검지영역 설정

교차로에 카메라가 설치 될 수 있는 교차로 코너 지점이며, 가까이 있는 차량과 멀리 있는 차량의 크기는 원근감에 의하여 크기가 다르게 나타난다. 크기가 다르게 나타날 경우 사고감지에 사용되는 필터인 크기필터(Size Filter)의 임계값(threshold value)과 배경거리의 차 영상에서 객체의 크기를 확인하는 임계값을 설정하는데 문제가 발생하기 때문에 실시간 영상을 원근변환 할 필요성이 있다.

본 논문에서는 그림 3과 같이 역원근변환을 적용하여

카메라와 객체의 거리에 상관없이 객체의 크기를 일정하게 유지시키고자 하였다. 또한 카메라가 고정되어 있는 상황에서는 원근변환을 매프레임마다 할 필요가 없으므로 최초에 수행된 산출좌표를 계속 이용함으로써 원근변환에 소요되는 시간을 최소화 하였다. 그림 3의 (a)는 실시간 영상에서 역원근할 좌표 4개를 입력받아 이를 이용하여 (b)와 같이 영상을 원근변환하며 변환된 영상에서 검지영역을 설정하게된다. 그림 3의 (b)는 교차로 내 검지영역을 지정하는 것으로 연두색 부분은 교통섬 부분이나 가로등에 의해 객체가 가려지거나 가로등 조명에 의하여 사고 오 판단이 발생할수 있는 상황을 미연에 방지하고 불필요한 연산을 제거하여 처리속도 향상을 꾀할 수 있다



(a)역원근변환 좌표입력

(b)검지영역 설정

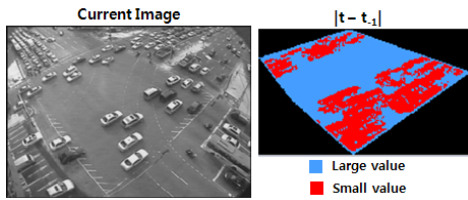
(그림 2) 역원근변환 및 검지영역 설정

2.2 배경영상 생성 및 배경영상 저장 방법

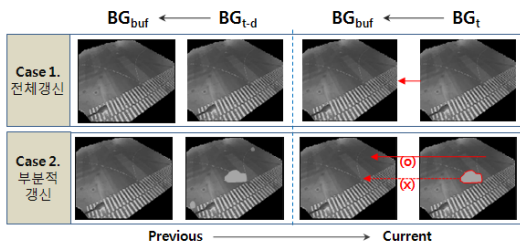
객체 추출 방법에 배경영상을 사용하는 경우 실시간으로 변화하는 환경에서 움직이는 객체를 감지하기 위해서는 배경영상에 객체 부분을 제외한 나머지 배경부분을 빠르게 어떠한 방법으로 업데이트 할 것인지에 대한 문제가 제기된다.

GMM은 각 화소를 임의의 개수의 가우시안 분포의 혼합으로 모델링하는 방법이다[6]. GMM에서 사용하는 변수 중 망각요인(forgetting factor) α 는 사용자가 정한 0과 1 사이의 값을 가지는 실수로, 배경영상을 만들 때 이전 프레임의 영향을 조절하는 상수이다. 즉 이 값이 작으면 배경영상을 갱신할 과거 영상에 의한 관성이 커져서 과거 영상에 의한 배경 효과가 강하게 나타난다. GMM을 이용한 배경영상 생성방법은 α 값에 따라 빠르게 지나가는 객체에 대해서는 배경에 반영이 되지 않지만 출퇴근 시간과 같이 차량의 흐름이 많을 경우에는 서로 다른 객체의 연속적인 움직임의 영향 때문에 배경에 움직이는 차량들의 객체 잡음이 발생할 수 있다. GMM의 α 값을 어떻게 설정하느냐에 따라 객체가 배경에 등록되는 시간이 결정되며 이 값을 어떻게 설정하든 모든 상황에 맞는 최적화 값을 찾는다는 것은 매우 어렵다. 본 논문에서는 배경 생성에 사용되는 α 값을 실시간 영상에서의 객체 움직임 정보를 바탕으로 그림 3과 같이 가변적으로 적용하였다. 실시간으로 생성되는 배경에서 일정한 간격으로 배경영상을 저장하여 저장한 배경영상과 실시간 배경영상의 차 영상 $(|BG_t - BG_{buf}|)$ 에서 정지한 객체를 추출해 낼 수 있다. 정지한 객체를 제외하는 나머지 부분을 업데이트하는 방

법과 실시간 배경영상 전체를 업데이트하는 방법으로 나뉘어 실시간 배경영상을 그림 4와 같이 저장하게 된다.



(그림 3) GMM의 가변적 α 설정



(그림 4) 배경영상 저장

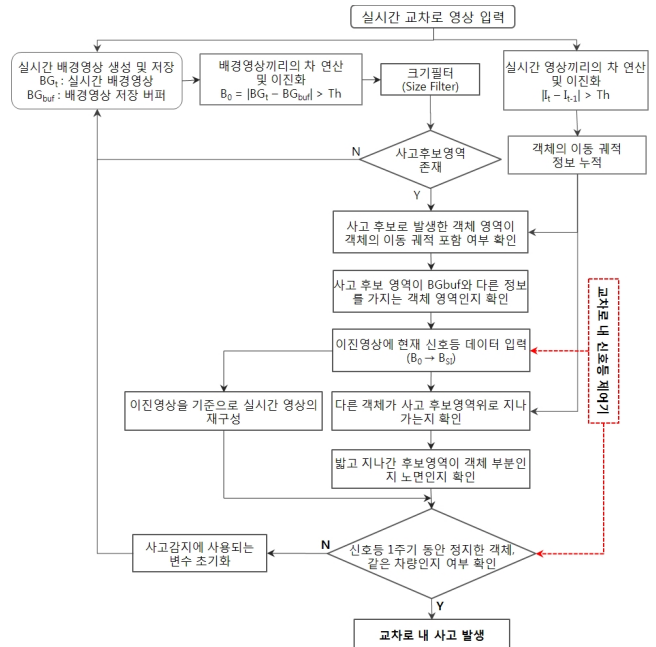
2.3 교차로 내 사고감지

교차로 내부에서의 교통사고는 일반 연속류 도로와는 달리 복잡한 사고 패턴이 발생하게 된다. 서로 다른 방향의 차량, 같은 방향의 차량, 차량과 오토바이, 차량과 사람 등의 다양한 충돌패턴이 발생하여 사고 발생을 예측하는 것은 불가능하다. 또한, 교차로내의 배경영상에 등록되는 객체는 다양할 수 있으며 배경영상 끼리의 차 영상을 생성하는 경우 이를 객체로 볼 수 있게 되는데 이진영상에 나타나는 객체는 실제 사고가 아닌 외부 환경에 의한 잡음, 교차로 내 정지선을 위반한 차량, 정지 차량의 조명, 주변 가로등 및 건물의 조명, 그림자 등에 의한 객체로 나타날 수 있다.

교차로 내부의 검지영역을 설정하고 본 논문에서 제안한 배경영상 생성방법을 이용하여 실시간 배경영상을 생성한다. 생성되는 배경영상은 차량의 흐름에 반응하여 가변적인 파라미터 값을 가지고 배경을 생성하며 배경끼리의 차 연산과 실시간 영상의 차 연산을 이용하여 객체가 움직이는 궤적 정보, 교차로 신호등의 신호주기를 이용하는 교차로 사고감지 방법을 제안한다. 그림 5는 제안 방법을 나타낸 것이다.

사고감지 시작 초기에 실시간 영상에서의 검지영역을 지정하고 교차로 내 신호등의 1회주기 동안의 총 점멸 횟수를 파악한 후 교차로 내 사고감지를 시작한다. 실시간으로 생성되는 배경영상을 현재 사고 판단 정보를 이용하여 BG_{t-d} 에 저장하며 저장된 배경과 실시간 배경의 차 연산을 통하여 객체를 검출하게 된다. 검출된 객체는 크기에 따라 객체 및 잡음으로 분리되며 잡음으로 분리될 경우 차후 잡음에 의한 오 판단을 방지하기 위하여 잡음 부분만 실시간 배경영상에서 BG_{t-d} 로 저장하게 된다. 배경영상

끼리의 차 연산을 통하여 판단된 객체가 실시간 영상에서의 움직임 정보를 가지고 있었던 객체인지를 판단하고 차 연산시의 신호등 정보를 저장하여 이후 자신과 같은 신호등 신호까지의 사고판단 과정을 거쳐 최종적인 사고 유무를 판단하였다.



(그림 5) 교차로 사고감지 흐름도

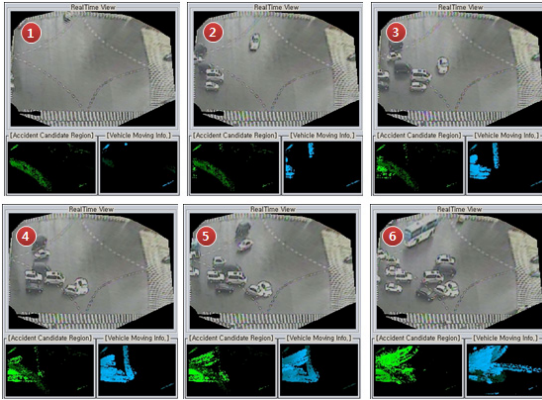
3. 실험 및 토의

본 논문에서 제안한 교차로 사고 감지 알고리즘은 객체의 이동에 근거한 배경영상과 신호등의 주기를 이용하여 교차로 내 사고를 감지하는 방법을 제안하였다. 객체의 이동이 빈번히 발생하는 영역을 기준으로 실시간 배경영상을 생성하며 차량의 이동 궤적 정보를 이용하여 사고 발생 예상 지역을 파악하였으며, 정지한 차량이 계속적으로 머물러 있는지, 다른 차량인지를 판단하여 사고를 감지하였다. 본 실험에 사용한 교차로 영상은 실제 교차로에 설치된 CCTV를 통하여 저장된 DVR영상을 저장하여 사용하였다. 실험에 사용한 영상 크기는 320×240이며 실시간 영상 입력은 Matrox Frame Grabber(CronosPlus)를 이용하였다.

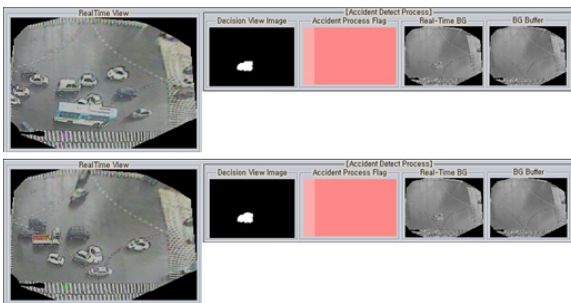
그림 6은 $|I_t - I_{t-1}|$ 의 영상에서 객체의 이동 궤적을 추적하여 사고 후보 영역이 차량이 이동했던 영역인지를 판단하는 것을 나타낸 것이다. 객체의 움직임과 같이 빠르게 나타나지 않는 환경적인 잡음이 배경영상에 등록되어 사고 후보영역으로 나타날 경우 객체의 이동 궤적 정보를 이용할 경우 잡음을 효과적으로 제거 할 수 있다.

그림 7의 (a)경우는 사고 발생 후보 영역에 버스와 같은 다른 차량이 이동하여 가려짐이 발생하는 경우 큰 객체가 몇 프레임 뒤에 지나갈지 여부를 알 수 없지만 자신의 신호등이 멈추기 이전에는 지나간다는 것을 사전 정보를 통

하여 알 수 있다. 최초 사고 후보영역을 실시간 영상에서 저장하여 t프레임 간격마다 실시간 영상을 재구성 할 경우 다른 차량의 가려짐 현상과 상관없이 최종적인 사고 차량을 감지할 수 있다. 만약 같은 자리에 다른 차량이 존재 할 경우 현재까지의 사고 감지 진행 플래그는 삭제되며 새로운 차량으로 등록되어 새로운 사고 감지 진행 플래그가 작동한다.



(그림 6) 사고 발생과 객체의 이동 궤적 정보

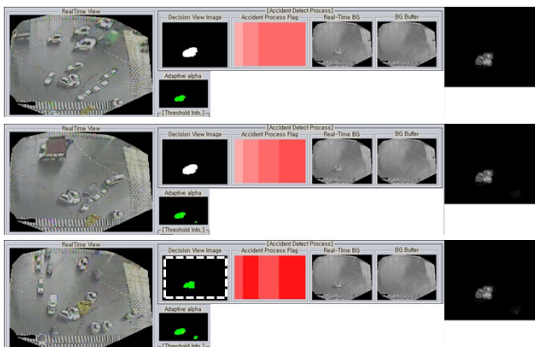


(a) 사고 영역 위로 다른 객체가 가려지는 경우



(b) 사고영역을 기준으로 실시간 영상의 재 생성

(그림 7) 사고 후보 영역의 보존



(그림 8) 교차로 내 사고 감지 및 좌표 확인

그림 8은 최종적으로 사고를 감지한 것으로 그림 아래 부분의 흰색 사각 점선으로 표시된 연두색 부분 최종적인 사고 감지영역을 나타낸 것이다.

본 논문에서는 객체의 움직임 정보를 이용하는 배경생성 방법과 이를 이용한 객체 추출 방법, 실시간 영상의 재생성 방법, 신호등 1주기 정보를 이용하는 교차로 감지 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과 취득한 샘플 영상에서 사고를 감지 할 수 있었으며, 사고 발생 후 사고를 판단함에 있어서 신호등의 1회 주기까지 계속적으로 필터링하게 되어 사고 발생 후 인식 시간이 신호등 1주기 시간이 걸린다는 단점이 있지만 다양한 사고 패턴에 대하여 정확히 사고를 감지해 낸다는 이점이 있다. 최초 사고 후보 발생 시점부터 영상을 저장한다면 불필요한 DVR저장공간 낭비를 줄일 수 있으며, 교차로 상황을 자동적으로 판단하여 교통종합센터에 교차로 소통 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 이형석, 김영욱, 권대길, 박기현, 이경복, 한민홍, “영상과 음향 기반의 교차로내 교통사고 감지시스템의 구현”, 제어 자동화 시스템 공학회, Vol. 10, No. 6, 2004.
- [2] Young-Kul Ki, Dong-Young Lee, “A Traffic Accident Recording and Reporting Model at Intersections”, IEEE Transaction on Intelligent Transportation System, Vol. 8, No. 2, 2007.
- [3] Shunsuke Kamijo, Yasuyuki Matsushita, Katsushi Ikeuchi, Masao Sakauchi, “Traffic Monitoring and Accident Detection at Intersections”, IEEE Transaction on Intelligent Transportation System, Vol. 1, No. 2, 2000.
- [4] 정성환, 이준환, “신호등 주기를 이용한 교차로 교통사고감지 알고리즘”, 한국정보처리학회, Vol. 16-B, No. 1, pp. 17-24, 2009.
- [5] ZuWhan Kim, “Real Time Object Tracking based on Dynamic Feature Grouping with Background Subtraction”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008.
- [6] DarShyang Lee, “Effective Gaussian Mixture Learning for Video Background Subtraction”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 27, No. 5, pp. 827-832, May 2005.