

가우시안 배경혼합모델을 이용한 Tracking기반 사고검지 알고리즘의 적용 및 평가

Measuring of Effectiveness of Tracking Based Accident Detection Algorithm Using Gaussian Mixture Model

오 주 택 Ju-Taek Oh | 정회원 · 한국교통대학교 도시공학과 조교수 (E-mail : jutaek@ut.ac.kr)
민 준 영 Jun-Young Min | 상지영서대학 국방정보통신과 교수 (E-mail : wmjy@paran.com)

ABSTRACT

Most of Automatic Accident Detection Algorithm has a problem of detecting an accident as traffic congestion. Actually, center's managers deal with accidents depend on watching CCTV or accident report by drivers even though they run the Automatic Accident Detection system. It is because of the system's detecting errors such as detecting non-accidents as accidents, and it makes decreasing in the system's overall reliability. It means that Automatic Accident Detection Algorithm should not only have high detection probability but also have low false alarm probability, and it has to detect accurate accident spot. The study tries to verify and evaluate the effectiveness of using Gaussian Mixture Model and individual vehicle tracking to adapt Accident Detection Algorithm to Center Management System by measuring accident detection probability and false alarm probability's frequency in the real accident.

KEYWORDS

automatic accident detection, gaussian mixture model(GMM), tracking, center management system, false alarm

요지

자동사고검지 알고리즘의 대부분은 사고가 발생했을 때 사고로 검지하지 못하고, 혼잡으로 검지하는 경우가 많다는 문제점을 가지고 있다. 또한 교통정보센터 운영자들은 교통사고검지시스템을 운영하면서 대부분 CCTV 육안감시 또는 운전자들의 신고에 의존하여 사고처리를 하고 있는 실정이다. 그 이유는 현재 운영되고 있는 교통사고검지시스템에서는 실제 사고가 아닌 데도 불구하고, 사고라는 오검지 경보가 많이 발생되어 시스템 전체의 신뢰도가 떨어진다는 문제점이 있기 때문이다. 다시 말해 교통사고검지시스템의 알고리즘은 검지율(Detection probability)이 높아야 함과 동시에, 오검지율(False alarm probability)은 낮아야 하고, 정확한 사고지점과 시간을 검지해 낼 수 있어야 한다. 이에 본 연구는 검지율을 높이고 동시에, 오검지율을 낮추는 방법으로 기 개발된 가우시안 혼합모델(Gaussian Mixture Model)과 개별차량 Tracking을 이용하여 개발한 사고검지 알고리즘을 교통정보센터 관리시스템(Center Management System)에 적용하고, 실제 교통상황에서 사고검지율과 오검지의 빈도를 측정하여 그 효과를 검증 및 평가하고자 한다.

핵심용어

자동사고검지, 가우시안 혼합모델, Tracking, 센터관리시스템, 오검지

1. 서론

도로에서 발생한 사고의 20~50%는 1차 사고(first

accident)에 이어서 발생하는 2차 사고(secondary accident)로 연결될 수 있으며, 1차 사고 발생 후 10분

이내에 2차 사고의 50% 이상이 발생한다. 따라서 1차 사고 이후에 발생하는 2차 사고를 줄이기 위해서라도 사고의 실시간 검지는 교통분야에서 매우 중요한 기술 중의 하나이며, 많은 발전이 요구되는 분야이기도 하다. 그러나 현존하는 교통사고 자동검지시스템의 대부분은 사고가 발생했을 때 이것을 사고로 검지하지 못하고, 혼잡으로 검지하는 경우가 많다는 기술적 문제점을 가지고 있다(Reijmers, 2006). 또한, 센터 운영자들이 교통사고 자동검지시스템을 가동하면서도 대부분 CCTV의 육안감시 또는 운전자들의 신고에 의존하여 사고처리를 하고 있는 실정인데, 그 이유는 현재 운영되고 있는 교통사고 자동검지시스템에서는 실제 사고가 아닌데도 불구하고, 사고라는 오검지 경고가 많이 발생하여 시스템의 전체적인 신뢰도가 떨어지는 문제점이 있다. 따라서 교통사고 자동검지시스템의 알고리즘은 검지율(Detection probability)을 높여야 함과 동시에, 오검지율(False alarm probability) 역시 낮춰야 하고, 정확한 사고지점과 시간을 검지해야 한다.

본 연구는 이러한 교통사고검지시스템의 검지율(Detection probability)을 높이고 동시에, 오검지율을 낮추는 방법으로 기존 영상분야에서 사용하고 있는 가우시안 혼합모델(Gaussian Mixture Model; GMM)를 사고검지에 적용하고(오주택 등, 2010), 실제 교통상황에서 사고검지율과 오검지의 빈도를 측정하고 그 효과를 검증하고자 하였다. GMM을 이용한 사고검지는 도로주행 중 사고발생 시, 사고의 오검지율을 낮추기 위해 두 단계를 거쳐 사고확정 판정을 하는 방법으로, 사고로 인한 정지차량이 있고, 이를 피해 서행으로 이동하는 차량이 있다는 전제 하에 배경영상을 일정시간 저장하는 방법을 이용하여 사고차량을 검지하는 1차사고 예비검지를 하고, 이후 저장된 교통정보와 개별차량의 추적(tracking)을 이용하여 속도변화량, 궤적변화량을 비교하여 사고확정판정을 하는 알고리즘으로 구성되어 있다.

GMM을 이용한 사고검지시스템을 평가하기 위해 본 연구에서는 자유로 10개 지점에 CCTV를 설치하여 실시간으로 고양시교통정보센터에 영상을 전송하고, 정상기후와 악천후 시 시스템의 신뢰성 변화에 대한 검증된 평가결과를 제시한다.

2. 기존의 사고검지시스템 및 적용 사례

사고검지는 교통상황의 변화(change of traffic situation)를 분석하여 판단하게 되는데, 이전까지는

주로 루프데이터에서 올라오는 데이터를 분석하는 방법이었으나, 최근에는 영상을 통한 사고검지 알고리즘이 많이 개발되고 있다. 특히, 영상에 의한 사고검지는 사고 상황을 즉각적으로 볼 수 있으며, 이에 대한 심각성의 정도를 파악할 수가 있다. 기존에 사용되고 있는 사고검지 알고리즘은 크게 두 가지로 나눌 수 있다(Quan et al., 2006).

○ 모델기반의 사고검지 알고리즘

사고시간 동안의 측정된 교통데이터에 따라 수학적 모델을 설계하는 방법으로, 여기 모델에는 패턴인식(pattern recognition), 유체역학(hydronechanics), 통계적 예측(statistical forecast), 필터링(filtering) 모델 등이 속한다.

○ 지능형 사고검지 알고리즘

하나의 모델이 비선형(nonlinear)으로 이루어지는 교통흐름의 특성을 완전히 포함할 수 없기 때문에, 인공지능을 이용한 지능형 검지 알고리즘을 이용하게 되는데, 신경망(neural network) 기반의 퍼지 논리(fuzzy-logic) 알고리즘 등 복합적인 방법을 이용한다.

모델기반의 시스템은 주로 루프검지기를 이용하여 연속된 지점별 교통흐름(traffic flow) 데이터를 분석하여 사고검지를 하는 것으로 현재 운영되고 있는 것으로는 TVSG그룹의 microscopic AID 시스템(Quan et al., 2006)은 각각의 차량을 한 지점의 검지에서 다음 지점의 검지까지 따라가는 방법으로 한 지점을 통과한 후 다음지점까지 도달하는 예측시간(expected time)과 속도를 계산하여 실제 값과 비교하여 그 값이 유의수준을 넘으면(significant difference) 사고로 판단하는 시스템으로 이는 각각의 차량을 추적하는 데 정확도가 전제되어야 하는 데, 현실적으로 차로변경 차량 등 정확한 추적이 불가능하다는 문제가 있다.

1971년부터 시작된 미국 LA freeway Surveillance and Control Project(Quan et al., 2006)은 Santa Monica freeway, San Diego freeway, Harbor freeway의 42마일에 걸쳐 700개 이상의 루프검지기를 설치하여 검지기의 점유율을 비교하여 어느 지점에 사고가 발생하였으면, 그 지점 이전에 점유율이 상승하고 이후 지점부터는 급격히 하락하는 방법으로 사고검지를 하였다.

Tokyo Expressway Control System(Quan et al., 2006) 역시 두개의 연속된 검지기의 상태를 비교하여 변화량을 보면서 사고검지를 하는 데, 5분 이상의 이동평균법(moving average)을 적용하였다.

영상검지기를 이용한 돌발상황검지시스템으로는 Traficon[Traffic Video Systems], Autoscope (Panda and Chan, 2000) 등이 상용화되어 있는데, 이들 제품들의 돌발검지방법을 살펴보면 지점검지형태로 정지차량, 길어깨 주차, 역주행 등 비정상적 도로주행을 검지하는 기능으로 교통정보를 주로 수집하는 기존의 영상검지기기능에서 제한적으로 돌발검지를 추가하는 기능으로 소개 되고 있다.

현재 국내에서 운영되고 있는 영상검지 교통사고검지 시스템은 지역 장치(현장 장치)와 교통정보센터 장치로 크게 구분되는데, 지역 장치는 실제 현장에 철구조물을 이용하여 메인 카메라와 신호등을 촬영하는 보조카메라가 설치되고 사고 자동 검지를 위한 시스템과 교통정보센터로 동영상을 전송하기 위한 통신장비로 구성되어 있으며, 교통정보센터 장치는 지역 장치와 연결되어 검지된 동영상이 데이터베이스화 되고 수시로 검색할 수 있는 검색용 컴퓨터, 교통사고를 통보해주는 알림장치가 설치되어 있고, 현재 국내에서 운영 중인 교통사고자동기록장치용 영상검지 시스템의 알고리즘의 대부분은 단속류 도로에 적용되며, 교차로를 촬영하고 있는 카메라의 영상신호를 입력하여 차량 및 사람 등 이동 객체를 추출하고 이들 객체들의 화면상 지연시간을 추출하며 전·후 화면을 비교하는 방식이다(유성준, 2007). 또한 연속류 도로에 현재 상용화되어 있는 영상검지 시스템들은 지정된 영역 내의 차량주행 중 정지차량 감지, 갓길주행, 역주행 등 비정상적 도로주행을 감지하는 돌발상황검지를 중심으로 교통량, 속도 등의 교통정보를 주목적으로 제공하도록 알고리즘을 설계하고 있어 연속류 도로의 사고검지에 적합하지 않다.

또한, 기존 교통사고 자동기록장치의 문제점은 비교적 단순한 로직(Logic)에 의하여 사고를 검지함에 있어 환경적인 요인에 매우 밀접하게 동작한다는 점이다. 영상검지는 음향검지 기술과 달리 특별히 데이터베이스화된 필터가 필요 없으나 환경적 요인을 무시할 수 없다. 현행 영상검지를 이용한 교통사고 자동기록장치는 조명, 날씨, 일출, 일몰 등 외부 환경적 요인에 의하여 오인식된 영상이 발생하고 있다. 단순화소(Pixel)변화에 의한 교통사고 자동검지기술은 우천 시 차량의 전조등에 의한 반사현상, 심야시간에 가로등에 의한 반사현상,

차량전조등 불빛, 일몰 또는 일출 시 건물 또는 가로수 등 기타 도로주변 시설물에 의한 그림자 등 다양한 환경 요인에 의한 오검지율이 높게 나타난다(Versavel and Roelants, 2006).

3. 사고검지 알고리즘의 개발

3.1. 가우시안 혼합모델을 이용한 배경영상 저장

영상 프레임 시퀀스(frame sequences)에서 이동물체(moving foreground objects)를 추출(segmentation)하기 위하여 가장 많이 이용하는 방법으로 배경영상 차이(background subtraction)가 있는데, 이 방법의 단점은 픽셀값이 갑자기 변화할 때(sudden illumination changes), 배경영상이 움직일 때(motion changes), 배경영상에 이동물체가 정지해 있을 때에는 정확한 참조영상(reference images)을 만들 수가 없다는 것이다. 예를 들어 구름이 지나가는 경우(sudden illumination change cases), 나무기지가 흔들릴 때 또는 파도 물결이 일 때(motion change cases), 차량이 주차하고 있는 경우 기준이 되는 배경영상을 얻을 수가 없으며, 정확한 물체를 추출할 수가 없다(Piccardi, 2004). 이를 해결하기 위한 방법으로, 인접 프레임 차이(neighborhood frame subtraction)를 구하는 방법이 있으나, 이 역시 정확한 임계값 설정이 어렵고, 조명 변화나 동적인 변화에 대한 반영이 불가능 하다.

반면, 가우시안 혼합모델(Gaussian Mixture Model; GMM)은 프레임 시퀀스에서 영상 내 픽셀 은 이전 프레임 을 통한 분포는 일정한 평균값과 표준편차의 가우시안 분포를 따른다는 전제하에 프레임 시퀀스에 따라 픽셀값의 상태를 다양하게 변화시키는 특징을 가지고 있다. 즉, 영상프레임에서 발생하는 픽셀값 X 는 영상 프레임 시퀀스 상태에 따라 변하게 되는 데, 이를 pixel process라고 한다. 이 pixel process는 일정한 분포를 가지는 데, 이를 $f(X|k)$, ($k=1, 2, \dots, K$)라고 정의하고, 이 f 의 확률밀도함수(probability density function)가 식 (1)의 가우시안 분포를 따른다고 가정한다.

$$f_{X|k}(X|\mu_k, \Sigma_k) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma|^{1/2}} \times e^{-1/2(X-\mu_k)^T \Sigma^{-1}(X-\mu_k)} \quad (1)$$

여기서, μ_k, Σ_k 는 각각 k 상태 분포에서 평균과 분산을 의미한다.

가우시안 알고리즘에서는 신규 입력 프레임의 픽셀 값 x 에 대하여 각 분포의 표준편차, 그리고 표준편차가 일정한 크기 이내인 매칭 분포를 찾은 후, 새로이 선택된 데이터로부터 구해진 분포값이 큰 순서대로 정렬하여 이 중 몇 개의 분포를 영상의 배경으로 간주하고 가중계수를 갱신하여 배경영상의 정확도를 높인다. 그림 1은 위 가우시안 방법으로 배경영상을 추정하는 과정을 보이고 있다.

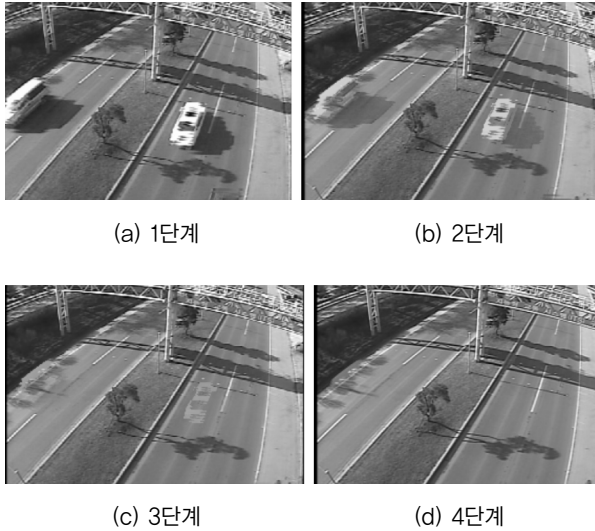


그림 1. 가우시안 방법의 배경영상 추정 4단계

3.2. 가우시안 혼합모델과 Tracking을 이용한 사고차량 검지

가우시안 혼합모델은 경미한 사고나 또는 대형사고 모두 사고가 발생한 지점에는 사고차량이 서있게 되어, 위 가우시안 혼합모델을 이용하면 사고차량 역시 배경영상으로 저장된다.

본 연구는 배경영상만의 시퀀스를 n 초 간격으로 만들어 버퍼에 저장한 다음, 일정시간 간의 차이를 구해 임계값이 넘는 영역에 대해 사고차량이라고 감지할 수가 있다. 사고발생 이후 일정시간이 지나면 이동차량을 제외한 사고차량으로 포함하여 정차차량 모두가 배경영상으로 들어가며, 최초의 배경영상으로부터 사고차량이 포함된 배경영상까지 버퍼에 저장이 되고, 계산하면 사고차량의 전경이 추출되어 사고지점 및 사고차량을 검지할 수 있다. 본 시스템에서는 10초 간격으로 배경영상을 저장한 다음 1분전 영상과 비교하여 사고지점을 검지하도록 1차 사고판단 알고리즘을 설계하였다. 여기서 문제는, 심한 정체인 경우도 차량의 이동이 없어 사고 경우와 같이 판단이 되는데, 이는 개별차량의

Tracking을 이용한 2차 사고판단단계에서 판단하게 된다.

영상검지시스템이 갖춰야할 항목으로 감지율(Detection probability)이 높아야 함과 동시에(must be high), 오감지율(False alarm probability) 역시 낮춰야(must be low) 한다. 즉, 사고가 아닌 경우를 사고로 판단하여 경고를 자주하게 되면(wrong call) 영상시스템의 신뢰도가 떨어져, 사고감지의 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 본 연구에서 사고를 판단하는 2차 기준으로 개별차량의 속도변화량과 이동궤적 등이 정상 또는 비정상을 포함하여 사고감지를 한다. 즉, 개별차량의 궤적분석은 사고 발생이후 궤적흐름의 패턴이 크게 두 가지로 나눌 수가 있는데, 첫째, 경미한 사고가 발생하는 경우로, 이때 발생하는 현상은 사고지점을 중심으로 후속 차량들이 사고지점을 피하려 차로변경을 하게 된다. 연속류 도로에서 정상소통인 상황에서는 차로변경의 횟수가 많지 않으나, 사고가 발생을 하면 그 횟수가 많아지게 된다. 둘째, 대형사고로 인하여 전 차로가 막힌 경우로, 이는 검지영역 내에서 궤적이 나타나지 않게 된다. 본 논문은 전자의 경우를 가정하여 궤적에 의한 차로변경 횟수를 측정하여 사고감지 알고리즘을 전개한다.

4. 사고검지 알고리즘의 검증

본 연구에서 개발한 사고검지 영상시스템은 실시간 비디오 영상입력정보를 GMM 기반의 영상처리기술을 사용하여 배경영상을 생성하고, 또 전경영상으로부터 차량객체를 추출한다. 특히, 실제 도로환경 하의 영상수집장치를 통해 입력된 다양한 환경 하의 영상을 사용하여 도로의 교통정보 추출은 물론 도로상에서 발생하는 사고를 실시간으로 감시한다. 따라서 본 연구에서는 개발된 영상시스템을 도로 상 다양한 환경시험을 통해 차량검지 신뢰도를 검증할 필요가 있다.

이를 위해 본 연구에서는 경기도 고양시를 통과하는 자유로의 일부구간을 선정하여 영상검지시스템(영상카메라, 지주, 통신장비 등)을 설치하고 사고검지 알고리즘의 정확도를 검증하였다.

사고검지 알고리즘의 정확도 검증을 위해 본 연구에서는 1) 다양한 환경조건(정상적인 기후, 강우, 안개 기후)에서 과연 GMM 기반의 영상처리기술이 교통량, 속도 등의 기본적인 교통정보를 정확히 제공하는지를 검증하고, 2) GMM 기반의 사고검지 알고리즘의 정확도

검증을 모의사고실험을 실시하고, 3) 실제 사고데이터를 갖고 알고리즘을 검증하였다.

본 연구에서는 검증을 위해 고려한 평가 주안점은 다음과 같다.

- 정상 기후환경에서 실시간 차량이동영상을 사용하여 수집된 영상검지데이터와 기준검지기(Loop) 사이의 데이터 오차의 분산도는 10% 이하 이내 유지 여부
- 이상기후변화(강우, 안개, 눈)에 따른 객체 검지의 정확도가 일정수준 이상 유지 여부 (20% 이내)
- 모의사고영상의 실시간 검지 여부(100%)
- 실제사고영상의 실시간 검지 여부(100%)

본 연구를 위한 이상기후 즉, 강우, 안개, 눈의 영향을 실험하기 위해 다수의 이상기후 영상을 취득하였고, 이들 취득된 영상의 날짜를 살펴보면 표 1과 같다.

표 1. 이상기후 취득 날짜

이상기후	실험 날짜
눈	1월 14일, 3월 1일
비	5월 8일, 5월 10일, 5월 11일
안개	11월 29일, 11월 30일, 2월 23일 3월 28일, 3월 29일, 3월 30일

4.1. 교통정보정확도 검증

개발된 영상검지기의 효용성 검증을 위해 고려된 평가 주안점들을 기준으로 시험 데이터를 평가하면, 정상 기후상태에서의 교통량 데이터는 기준검지기(Loop) 대비 약 3% 내외의 오차율을 보였으며, 평균속도 오차데이터 역시 3%대 중반의 오차율을 나타냈다. 이는 루프검지기의 일반적인 오검지율을 감안하더라도 5% 이내의 오검지율을 보일 것으로 판단되며, 따라서 정상기후 환경에 대한 알고리즘 개선의 적합성은 유지되고 있음이 확인할 수 있었다. 강우(비) 환경의 경우, 교통량 오차 및 평균속도 오차 데이터는 각각 2.7%, 8.4%로서, 교통량 데이터는 정상기후와 큰 차이를 보이지 않았으나, 평균속도 오차는 다소 증가되는 것으로 나타났다. 따라서 강우 환경 조건에서의 객체 추출의 성능은 큰 영향을 받지 않는 반면, 영상검지기의 평균속도 오차 데이터는 강우량이 많아지는 등 기후조건이 악화될수록 나빠지고 있음을 알 수 있다. 따라서 어느 정도의 폭우와 같은 악천후조건이 나타나더라도 가시거리 시계가

100m 정도 확보되는 경우에는 사고 자동검지를 위한 객체추출에는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 안개 기후환경의 경우, 일조량이 증가하면 안개 조건이 해제되므로 실제 1 일 동안의 안개 데이터는 거의 존재하지 않고 대개의 경우 일출 전·후 2~3시간, 일몰 1~2시간 전부터 일몰 후 야간의 경우에 대해 안개의 영향을 받는다. 본 연구의 시험에서는 안개의 영향권에 들어 있는 오전 7:00~9:59까지 시간에 안개에 의해 가시거리 100m 내외의 조건 하의 환경에서 시험을 실시하였다. 시험결과 교통량 오차데이터와 평균속도 오차데이터는 각각 2.6%, 3.4%로 정상기후와 큰 차이는 발견하지 못했다. 그러나 가시거리 50~70m 이하로 악화될 경우, 오차율이 20~30%로 급증하는 것을 확인할 수 있었고, 이는 실제 사람의 눈으로도 식별할 수 없는 거리임을 고려할 때 영상검지기의 한계로 여길 수 밖에 없다. 눈의 경우, 1월 14일에는 약 2~3%의 오차율을 보인 반면, 3월 1일에는 오차율이 8~9%까지 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이 경우 역시, 본 평가기준에 마련된 이상기후 정확도 기준이 20% 이내인 것을 감안할 경우 10%내의 오차율은 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

표 2. 신뢰도 평가

기후	교통량 오차율(%)	속도 오차율(%)
정상기후	3% 내외	3% 중반
강우	2% 후반	8% 중반
안개	2% 후반	3% 중반
눈	8~9%	8~9%

4.2. 모의실험을 통한 사고검지 결과

본 연구에서 개발한 GMM을 이용한 교통사고 자동검지 알고리즘을 자유로 10개 지점에서 시험하였다(그림 2 참조). 사고시험은 실제 교통사고가 발생하기까지 시간이 많이 소요되고, 또한 사고 건수도 매우 적어 알고리즘 검증에 부족할 것으로 판단되어 사고발생 모의시험을 통하여 1차 검증을 하였다. 모의시험은 각 지점별 시험차량이 가상의 사고 상황을 연출하면서, 고양시교통정보센터에서 사고검지 유무를 검증하는 작업으로 진행하였다. 시험은 2010년 12월 27일 09시~11시 50분까지 진행하였으며, 그림 2에 표시된 설치지점 전 구간에서 실시하였다. 사전에 고양시교통정보센터에서 시스템 세팅 및 사고검지 프로그램 점검을 하고, 각 지점 현장에서 모의차량이 가상의 사고로 차로 가운데 정차를 하면, 사고검지시스템에서 사고여부를 판단하는 방식으로 진행하였다. 본 실험의 시나리오는 표 3과 같다.

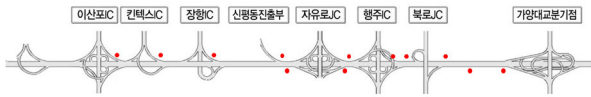


그림 2. 영상시스템 설치지점

표 3. 모의사고 시나리오

구분	실험 방법
사고	1 제1,2차량이 주행차선을 정속운행하면서, 카메라 설치 지점 앞에서 점차적으로 속도를 줄여 제1차량 정차 후 제2차량은 제1차량에 근접 정차
	2 제1,2차량이 사고지점까지 점차적으로 속도를 줄여 차량 근접정차 및 10초 후 제3차량은 차선을 변경하여 다음 목적으로 출발

각 지점별 모의시험결과를 살펴보면, 자유로JC의 경우에는 실험 당일 카메라 및 통신장애 문제로 인해 실험 대상지역에서 제외되었다. 그러나, 이외의 지점의 경우, 모의로 발생시킨 모든 사고영상에 대해 100% 검지에 성공하였고, 표 4는 모의실험결과를 나타낸다. 또한, 그림 3은 모의사고의 실험 당시 장항 3지점에서 실시간으로 시스템 상에서 사고를 검지하는 화면과 pop-up을 통해 사고 상황을 알리는 화면을 나타낸다.

표 4. 모의사고를 통한 검지 결과

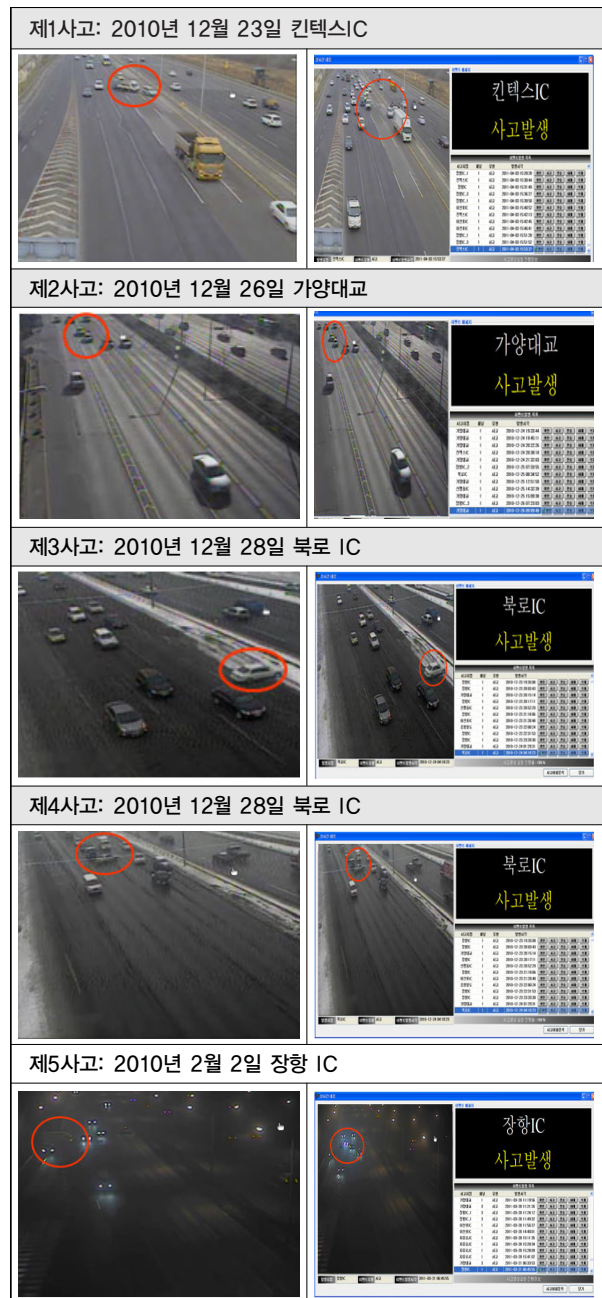
설치지점명	사고		현장시험 결과
	시험 여부	검지 여부	
신평IC	O	Yes	정상
장항IC	O	Yes	정상
킨텍스IC	O	Yes	정상
이산포IC	O	Yes	정상
가양대교	O	Yes	정상
공항철도	O	Yes	정상
북로JC	O	Yes	정상
자유로JC	No	No	통신장애
장항2지점	O	Yes	정상
장항3지점	O	Yes	정상



그림 3. 모의사고검지 영상 - 장항IC 3(서울방향)

4.3. 실제사고 실시간 검지 결과

본 연구에서 가장 주안점을 둔 사항은 실제의 사고상황에서도 개발된 알고리즘이 오차 없이 사고상황을 검지하는가였다. 이를 위해 알고리즘의 현장설치 이후 2010년 12월부터 2011년 3월까지 5개월 동안 자유로 10개 지점에서 실제 사고가 발생했을 때 사고검지를 정확히 하는지를 검증하였다. 5개월 동안 각 지점들에서 총 6건의 사고가 발생하였으며, 그 중 2건은 눈이 약하게 오는 날씨에 일어난 사고이고, 1건은 야간에 발생한 추돌사고였다. 본 연구의 실험결과 6건의 실제사고에



<실제사고화면>

<실시간 POP-UP화면>

그림 4. 실제사고검지 영상

대해 모두 실시간 검지가 이루어졌고, 현장에서 자동 검지된 사고정보를 고양시교통정보센터에 정확히 전달하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 4는 사고의 시간과 장소, 검지 Pop-up 화면을 보여준다.

4.4. 오검지 결과

사고검지 알고리즘의 검증에서는 검지율도 중요하지만 오검지율 역시 시스템의 신뢰도와 직결되기 때문에 본 논문의 알고리즘과 개별차량 추적 기반의 교통정보를 적용하여 사고의 오검지 건수를 측정하였다.

측정기간은 자유로 테스트베드 현장설치 총11개 지점(신평, 장항, 킨텍스, 이산포, 장항1, 장항2, 장항3, 자유로JC, 가양대교, 공항철도, 북로JC)에서 2011년 3월 01일부터 4월 18일까지 총 49일 동안 하루 24시간 데이터를 수집하였다.

사고검지의 범위는 실제 사고를 포함하여, 차로 및 노면에 잠시 정차했다가 출발하는 행위, 역주행 등 돌발행위 등 정상적인 주행을 제외한 비정상적인 운행을 모두 포함하였다.

측정방법은 시스템에서 측정한 사고건수와 녹화한 영상을 가지고 목측으로 확인한 사고건수를 비교하여 검증하였다. 각 지점별 1일 평균 돌발검지건수 대비 실제 돌발건수를 비교하면 그림 5와 같다.

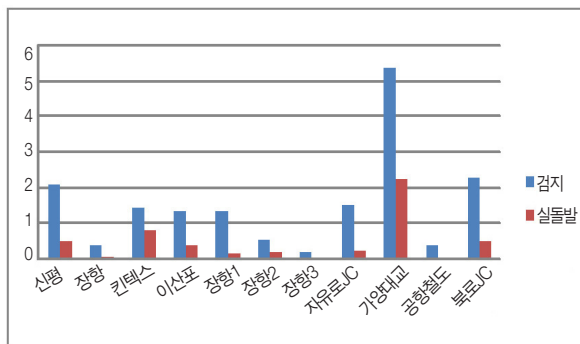


그림 5. 각 지점별 1일 평균 돌발검지건수 대비 실제돌발건수 비교

시스템에서 검지한 건수는 1일 평균 최소 0.2건(장항3)에서 5.3건(가양대교)까지 분포되어 있어, 모든 지점에서 하루 평균 5건 이내의 오검지를 나타내고 있다.

지점별로 오검지의 유형을 살펴보면 측정된 11개 지점 중 특히 가양대교 지점에서 오검지가 많이 발생하는데, 49일 중 6일에 걸쳐 10건 이상의 오검지가 발생하여 1일 평균 검지건수가 5.4건으로 나타났는데, 그 원인으로 카메라의 셋팅이 불안정하여 카메라의 오작동으로

인한 오검지가 가장 많이 나타났다. 또한 신평 역시 4월 8일과 4월 12일 이틀동안 카메라의 오작동으로 인하여 하루에 각각 12건과 11건의 오검지가 발생하였다. 그림 6은 카메라의 오작동으로 인한 오검지 유형을 나타내고 있다.

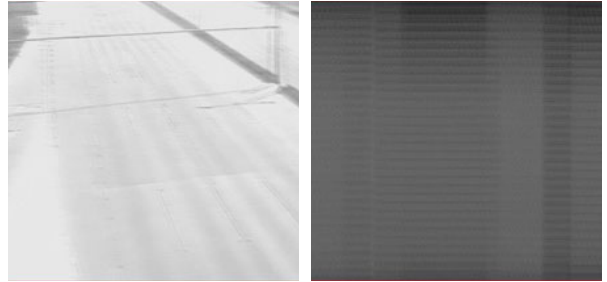


그림 6. 카메라 오작동으로 인한 오검지 유형

또한 그림 7과 같이 비온 후 도로에 가로등 불빛이 반사되는 경우도 오검지의 유형으로 나타나고 있다.

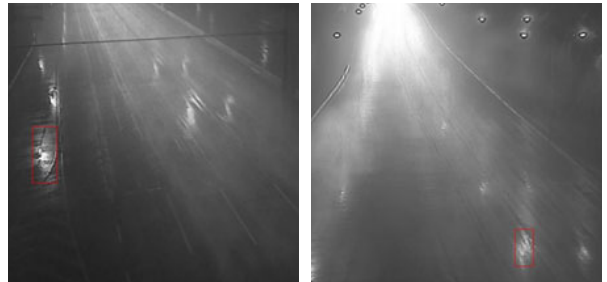


그림 7. 빗물에 반사된 빛에 의한 오검지 유형

킨텍스 지점인 경우 입간판이 바뀌면서 발생한 오검지와 비온 후 카메라에 빗물이 묻어 영상이 왜곡되어 오검지로 판명되는 경우도 있다(그림 8 참조).



그림 8. 킨텍스IC 입간판 신규설치 및 빗물 왜곡에 의한 오검지 유형

그 외 안개로 인한 오검지, 태양광 반사에 의한 오검지, 눈(snow)이 도로에 반사되어 차량과 같은 오브젝트로 인식하여 사고로 오검지하는 유형 등 날씨에 영향을 받아 오검지되는 사례가 많이 발생한다(그림 9 참조).

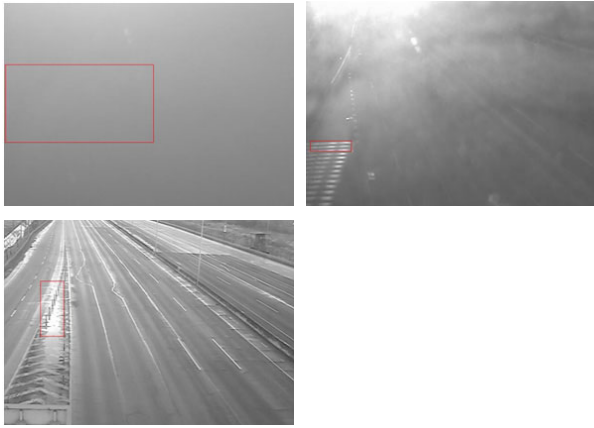


그림 9. 안개, 태양광 반사, 눈에 의한 반사에 따른 오검지 유형

예외적인 경우로 바람이 많이 불어 카메라가 흔들릴 경우 오검지의 원인이 되며, 램프로 진출하는 차량이 3분 이상 움직임 없이 장시간 정체되어 있을 때에도 사고로 오검지하는 경우도 발생한다(그림 10 참조).



그림 10. 바람으로 인한 카메라의 흔들림, 램프 진출 정체에 의한 오검지 유형

특히, 비오는 야간에 오검지 비율이 높아지는 데, 이는 도로가 젖은 상태에서 차량 전조등의 반사광이 노이즈로 작용하여 오검지되는 경우가 많이 발생한다(그림 11 참조).



그림 11. 비오는 야간 오검지 유형

현장에서 사용하고 있는 사고감지 시스템이나 사고기록장치는 하루에도 수차례 발생하는 오검지의 경고로 인하여 정작 사고가 발생했을 때에도 운영자는 오검지 경고로 간과하는 경우가 많이 발생하고 있다는 문제점을 해결하고자 본 사고감지 시스템은 하루 사고 경고건수를 5회 이하로 하도록 목표를 설정해 개발하였다.

본 논문의 현장 실험 역시 몇 개 지점에서 몇 시간간의 데이터를 수집한 것이 아니라, 실제 차량이 운행되는 자유로 11개 지점에 설치된 CCTV카메라에서 49일 연속 측정을 통해 수집된 결과로 알고리즘 신뢰도를 검증하였으며, 그 결과 카메라의 오작동을 제외하면 11개 지점 모두 하루 평균 5건 이내로 오검지 되었음을 보여 90%의 신뢰도를 요구하는 영상검지기의 특성상 양호한 결과를 도출하였다고 볼 수 있다.

5. 결론

현재 영상검지를 이용한 교통사고 자동기록장치는 조명, 날씨, 일출과 일몰 등 환경적 요인에 의하여 오인식된 영상이 자주 발생하고 있다. 단순화소(Pixel)변화에 의한 교통사고 자동검지기술은 우천 시 차량의 전조등에 의한 반사현상, 심야시간에 가로등에 의한 반사현상, 차량전조등 불빛, 일몰 또는 일출 시 건물 또는 가로수 등 기타 도로주변 시설물에 의한 그림자 등 다양한 환경 요인에 의한 오검지율이 높게 나타났다. 그로 인해 센터 운영자들이 교통사고 자동검지시스템을 가동하면서도 대부분 신뢰도가 떨어져 CCTV 육안감시나 운전자들의 신고에 의존하여 사고처리를 하고 있는 실정이다.

본 연구는 사고의 검지율을 높이고 동시에, 오검지율을 낮추는 방법으로 기 개발된 가우시안 혼합 모델을 이용한 사고검지 알고리즘을 교통정보센터 관리시스템에 적용하여 실제 교통상황에서 사고검지율과 오검지의 빈도를 측정하여 그 효과를 검증하였다.

이를 위해 자유로 10개 지점에 CCTV를 설치하여, 실시간으로 고양시교통정보센터에 영상이 전송되며, 센터 관리시스템으로 연속 관리를 함으로써 흐림, 비, 안개, 눈 등 악천후 날씨에 관계없이 측정하여 검증된 평가결과를 제시하였으며, 시험 평가는 모의시험과 실제 사고 건수와 검지건수를 측정하여 시행하였다.

본 연구의 의의는 교통사고 자동검지시스템을 몇 개의 표본영상을 대상으로 표본시험을 한 것이 아니라 도로에 설치된 CCTV를 통하여 실제 교통상황에 적용하였으며, 교통정보센터에 설치된 서버를 통하여 다양한 조건에서 일어날 수 있는 사고의 유형을 대상으로 사고검지를 시행했다는 데 있다.

시험결과 현행 국내에서 운영되고 있는 사고검지시스템의 문제점인 높은 오검지율을 떨어뜨릴 수 있었으며, 동시에 실제 사고에 따른 정확한 검지를 통하여 시스템의 신뢰도를 높였다.

본 연구의 향후 과제로는 상대적으로 높게 나오는 각 조건별 (악천우 포함) 오검지율을 더욱 떨어뜨리는 알고리즘의 업그레이드가 필요하며, 센터에서 운영하는 데 있어서 운영자들이 만족할 수 있도록 시스템의 전반적인 구성을 보완하여 고양시뿐만 아니라 다른 교통정보 센터로 그 활용도를 확대해 나가도록 하겠다.

참고 문헌

- 오주택, 임재극, 여태동(2010). "GMM(Gaussian Mixture Model)을 적용한 영상처리기법의 연속류도로 사고 자동 검지 알고리즘" *대한교통학회지*, 제 28권 제3월호, pp.21-36.
- 유성준(2007). "영상 및 음향기반 교통사고 자동검지 알고리즘 개발," 서울시립대학교대학원 박사학위논문.
- Reijmers, I.J.(2006) "*Traffic Guidance System*" Course ET4-024, Delft University of Technology.
- Versavel, J. and Roelants, I. (2006) "Improving Road and Tunnel Safety via Incident Management: Implementing a Video Image Processing System," *Safe & Reliable Tunnel, Innovative European Achievements, Second International Symposium*, Lausanne.
- Quan, Y., Jian, R., Yanming, G.(2006) "Highway Traffic Incidents Detection Algorithm Study in Beijing," *Proceedings of the 2006 International Symposium on Safety Science and Technology*, Changsha, Hunan, China, Oct. 24-17, pp.1946-1949.
- Piccardi, M. (2004) "Background subtraction techniques: a review," *The ARC Center of Excellence for Autonomous System(CAS) Faculty of Engineering*, University of Technology, Sydney, Apr. 15.
- Traffic Video Systems(2012) "*Traficon Video Detection Field proven, Easy to Install*", <http://www.ptr.poli.usp.br/lemt/documents/TraficonVideoDetector.pdf>
- Panda, D. P. and Chan, H. K.(2000) "Technology for Improved Operation and Maintenance of Video-based Automated Incident Detection Sensors," *The 6th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering*, Jun.
- (접수일 : 2011. 10. 17 / 심사일 : 2011. 10. 22 / 심사완료일 : 2012. 3. 14)