

■ 論 文 ■

# 신호교차로 내 실시간 교통사고 자동검지 알고리즘 개발

## Development of the Algorithm for Traffic Accident Auto-Detection in Signalized Intersection

오 주 택

(한국교통연구원 책임연구원)

임 재 극

(서돌전자통신 이사)

황 보 희

(한국교통연구원 연구원)

### 목 차

I. 서론	IV. 신호교차로 교통사고 자동검지 알고리즘 개발
1. 연구의 배경 및 목적	1. 신호교차로 교통사고 자동검지 알고리즘 구현
2. 연구의 범위 및 방법	2. 현장시험
II. 선행연구	3. 시험결과
III. 이론적 고찰	V. 결론
1. 배경 생성 및 갱신	1. 연구결과
2. 차영상 생성 및 정적인 정보 추출부	2. 향후 연구과제
3. 개별차량 추적을 위한 ROI 생성	참고문헌
4. ROI내 히스토그램의 동적영역, 평균, 분산의 분석을 통한 배경영상 오인식 배제	

Key Words : 신호교차로, 교통사고 자동검지, 오인인식 유형, 경계선 크기의 비 변화 검지법, 개별차량추적  
Signalized Intersection, Traffic Accident Auto-Detection, Types of Detection Errors, Edge magnitude Change ratio Detection Algorithm, Individual Vehicle Tracking

### 요 약

영상기반의 교통정보수집시스템은 관리 및 운영상의 한계를 보이고 있는 기존의 루프검지기의 역할을 대체하는 검지기로서의 역할 뿐만 아니라 다양한 교통류의 정보를 제공하고 관리할 수 있다는 점에서 여러 나라에서 보급·활용되기 시작했다. 또한 용도와 사용범위에 있어서도 획기적인 확장세에 있다. 반면에 교통사고 관리와 관련하여 현재까지는 단순히 교통사고 예상지역에 감시카메라를 설치해 두고 기록되는 자료의 디지털화를 추진하는 정도의 영상처리기술을 활용하고 있는 형편이다. 교차로 내 교통사고의 발생 전과 후의 순차적인 상황을 정확히 기록하고, 이 자료를 통해 발생된 교통사고의 사고 메커니즘을 객관적이고 명확하게 조명하고 분석하는 것은 교통사고 처리에 있어서 어느 것보다 시급하고 중요한 부분이다. 기존 기술들은 교차로의 환경적 다양한 변화로 인해 극복하기 매우 어려운 차량의 객체분리, 추적 등의 기술을 가지고 있음에도 불구하고 엄청난 데이터 처리용량으로 실시간으로 적용하기 어려운 문제들을 갖고 있다. 이에 본 연구는 이를 극복할 수 있는 기술 방식을 제시하고자 한다. 또한 기존에 잘 알려진 환경적 장애요소 제거방식 중 가장 우수한 방식으로 평가받고 있는 가우시안 복합모델 분석기법에서 조차 환경적인 요인으로 인해 자주 발생하고 있는 오 검지 상황들을 효과적으로 저감시킬 수 있는 능동적이고 환경적응적인 기법을 제시하고 구현하여 그 기술의 성능을 평가하고자 한다. 기존의 교통사고자동기록장치와 비교해 본 연구의 결과가 비교우위의 성능을 구현하였음을 입증하기 위해 실제 운용되고 있는 신호교차로의 영상을 실시간 온라인으로 입력받아 시험하였으며 이 시험결과를 기존의 다른 기술의 성능과 비교평가를 실시하였다.

Image-based traffic information collection systems have entered widespread adoption and use in many countries since these systems are not only capable of replacing existing loop-based detectors which have limitations in management and administration, but are also capable of providing and managing a wide variety of traffic related information. In addition, these systems are expanding rapidly in terms of purpose and scope of use. Currently, the utilization of image processing technology in the field of traffic accident management is limited to installing surveillance cameras on locations where traffic accidents are expected to occur and digitalizing of recorded data. Accurately recording the sequence of situations around a traffic accident in a signal intersection and then objectively and clearly analyzing how such accident occurred is more urgent and important than anything else in resolving a traffic accident. Therefore, in this research, we intend to present a technology capable of overcoming problems in which advanced existing technologies exhibited limitations in handling real-time due to large data capacity such as object separation of vehicles and tracking, which pose difficulties due to environmental diversities and changes at a signal intersection with complex traffic situations, as pointed out by many past researches while presenting and implementing an active and environmentally adaptive methodology capable of effectively reducing false detection situations which frequently occur even with the Gaussian complex model analytical method which has been considered the best among well-known environmental obstacle reduction methods. To prove that the technology developed by this research has performance advantage over existing automatic traffic accident recording systems, a test was performed by entering image data from an actually operating crossroad online in real-time. The test results were compared with the performance of other existing technologies.

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업(06교통핵심C01)의 연구비지원으로 수행되었습니다.

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

영상기반의 교통정보수집시스템은 관리 및 운영상의 한계를 보이고 있는 기존의 루프검지기의 역할을 대체하는 검지기로써의 역할뿐만 아니라 다양한 교통류의 정보를 제공하고 관리할 수 있다는 점에서 여러 나라에서 보급 활용되기 시작했으며 그 사용 용도와 사용 범위에 있어서도 획기적인 확장세에 있다. 반면에 교통사고에 대해서는 현재까지는 단순히 교통사고 예상지역에 감시카메라를 설치해 두고 기록되는 자료의 디지털화를 추진하는 정도의 영상처리기술을 활용하고 있는 형편이다. 교통사고 발생 메커니즘에 관한 기존의 조사 및 사고 연구는 주로 사고 후의 잔존 물적 증거에 의한 사고 재구성, 혹은 물리적 가능성의 모의시험, 사고 관련자들의 증언의 청취 조사 등의 방법으로 행해져 왔다.

이러한 방법은 사고 발생 직전 상황에 대한 운전자의 판단이나 인지 등 여러 가지 항목이 조사자 자신의 경험이나 학식에 따라 비정형화 편견이 개입될 수 있는 것은 물론, 피조사자의 사고와 관련된 사전지식의 유무에 따라 실제 그 사고의 규명이 오히려 왜곡될 수 있는 점 등의 우려가 있어왔다. 실제로 현재 교통사고 조사 시 경찰에서는 사고 당사자나 목격자의 진술, 교통사고 결과에 의한 잔존물, 흔적, 차량 파손 상태 및 형태 등의 현장조사 결과에 크게 의존하고 있으며, 반면에 물적 사고를 포함한 연간 40여만 건의 각종 교통사고 중에서 사고 당사자가 이의를 제기하는 숫자도 줄어들고 있지 않는 등의 경찰의 사고조사 결과에 만족하지 못하는 실정이며, 교차로나 횡단보도의 경우 단순 통행도로에 비해 신호위반의 유무, 충돌시의 상충각도, 충돌속도 등 사고요인이 매우 복잡하고, 원인조사를 위한 증거 자료의 수집에 많은 노력과 비용이 소요되고 있으나 그 신뢰도는 오히려 단순 통행도로에 비해 떨어지고 사고 당사자들의 불만이 높으며 이로 인한 많은 민원의 발생이 끊이지 않고 있는 실정이다.

따라서 교차로 내에서 교통사고의 발생 전과 후의 순차적인 상황을 정확히 기록하고, 이 자료를 통해 발생된 교통사고의 사고 메커니즘을 객관적이고 명확하게 조명하고 분석하는 것은 교통사고 처리에 있어서 어느 것보다 시급하고 중요한 부분이다.

이에 본 연구는 교차로 내 교통사고 발생 시 사고발생의 자동 인식과 사고발생 상황의 교통정보를 산출할 수

있는 기술을 개발하고, 취득된 사고 당시의 영상을 자동으로 기록하여, 교통사고 조사에 필요한 정확한 증거영상과 과학적인 판단 자료를 확보할 수 있도록 하여, 사고 조사에 투입되는 인력의 과중한 업무 경감은 물론 사고 조사의 시간을 단축할 수 있고, 이로 인한 조사비용의 경감을 실현할 수 있을 뿐 아니라, 사고조사에서 가장 필요한 증거영상을 확보 기록함으로써 효과적이고 과학적인 교통사고의 조사 분석을 위한 기술적 토양을 제시함을 그 목적으로 한다.

### 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 그 동안 여러 연구를 통해 제기되어 온 복잡한 교통상황이 발생하는 교차로의 환경적인 다양성과 변화로 인해 극복하기 매우 곤란한 차량의 객체분리, 추적 등의 기존의 기술들이 가지고 있는 그 우수성에 비해 엄청난 데이터 처리용량으로 인해, 실시간 적용하기 곤란한 문제들을 극복할 수 있는 기술방식을 제시할 뿐 아니라, 기존에 잘 알려진 환경적 장애요소 제거방식 중 가장 우수한 방식으로 평가받고 있는 가우시안복합모델 분석기법에서 조차 환경적인 요인으로 인해 자주 발생하고 있는 오검지 상황들을 효과적으로 저감시킬 수 있는 능동적이고 환경적응적인 기법을 제시하고 구현하여 그 기술의 성능을 평가하고자 한다.

기존의 교통사고자동기록장치에 비교해 본 연구의 결과가 비교우위의 성능을 구현하였음을 입증하기 위해 실제 운용되고 있는 교차로의 영상을 실시간 온라인으로 입력받아 시험하였으며, 이 시험결과를 기존의 다른 기술의 성능과 비교평가를 실시하였다.

## II. 선행연구

영상 기반의 교통사고 자동 검지 기술은 최근 다양한 방법으로 연구되고 있다. 그 기술들의 배경은 교통사고 발생 시 수반되는 교통 혼잡도의 증가, 대기행렬의 증가, 소통속도의 저하 등의 영상 판별이 가능한 영상검지방식과 사고 순간에 발생하는 충돌 및 충격음을 검지하는 음향검지 방식으로 크게 나누어진다.

<표 1>은 국내와 미국, 영국, 일본에서 적용하고 있는 교통사고 자동검지 기술에 대한 비교이다.

국내에서는 건교부에서 공모한 지능형교통시스템(ITS)연구개발사업의 일환으로 교차로 내에서 차량 사

<표 1> 주요 국가별 교통사고 자동검지 기술 비교

구분	음향기술	영상기술
배경이론	FFT, DWT, RCT 등 주파수 필터링 기술	영상 필터링을 포함한 경계 추출, 객체 추출, 움직임 검지
검지방식	주파수 분리 및 DB 필터링	경계추출, 객체추출
적용국가	일본, 영국, 미국	한국(응용기술)

고 시 사고 전·후 총 10초간의 영상을 저장할 수 있는 시스템을 개발하는 연구가 수행되었다. 이 연구는 교통사고의 판별을 영상과 음향분석을 동시에 수행하여 검지하는 방식으로 수행하였으며 영상검지의 기본원리는 두 차량 간의 상대거리와 방향벡터를 이용하여 충돌 여부를 검지하는 방식이며, 음향분석의 경우는 교통사고 충돌음의 주파수 특성에 따라 검지하는 방식이었다. 이 기술은 실용화 되지는 못했으나 사고 전·후 동영상을 캡처하여 메모리 카드에 기록하는 기술과 교통사고 동영상을 PCS 망을 이용하여 교통 센터에 전송하고, 교차로에서 개발된 기술을 차량장착 기술로 활용되었다.

비디오 시퀀스를 이용하여 차량궤적 정보, 돌발상황 정보, 위반차량 정보, 사고 정보 등을 추출은 다양한 방법들에 의해 연구개발 되고 있다. 이들 방법들을 크게 상향처리방식(Bottom-up processing)과 모델기반 방법(Model based Processing) 두 부류로 나누어 볼 수 있다.

상향 처리 방식을 기반으로 개발한 중국 칭화대학 VISTRAM 시스템은 도로의 차선과 수직방향과 수평방향의 일정 부분에 해당하는 동영상 프레임의 한 부분의 프로파일을 모아 영상의 형태로 재구성하고, 재구성된 영상에서 차량유무, 차종, 차량속도 등의 정보를 추출한다. 이 방법은 조명의 변화, 일부의 가려짐 등에 대해 안정된 데이터 산출이 가능하지만 사고차량이나 개별 차량의 추적을 통해 다양한 정보를 추출하기에는 부적합한 방법인 것으로 알려져 있다.

또 Autoscope 등이 사용하고 있는 일반 동영상 프레임 이용 하는 방법은 다양한 정보를 산출할 수 있다는 이점이 있으나 가려짐, 그림자, 조명변화 등의 문제를 해결해야 안정된 정보를 추출할 수 있다. 이 방법 역시 배경영상을 획득하는 방법, 배경영상과 현재의 영상을 비교하여 차영상을 생성하고 이를 이진화하여 차량객체의 유무를 알아내는 전처리과정, 개별차량의 추적 방식에 따라 여러 가지 변용이 있다.

상향 처리 방식과 다르게 모델기반 방법은 연구 구현된 예가 거의 알려져 있지 않으며, 통상의 경우 Bottom-up

방식을 채용 기본적으로 채용하고 영상 프레임들로부터 에지나 오브젝트의 추출 등을 통한 특징점 등의 기본적인 정보들을 산출하고 이를 저장된 모델과 비교를 통해 차종과 추적을 진행하는 방식을 사용한다. 이러한 모델 기반의 영상처리법은 교통정보시스템이 가져야만 하는 주요한 특징인 실시간 영상처리라는 특징 때문에 현재의 교통정보시스템에서는 아직은 실용화되기에는 부족한 것으로 평가되고 있다.

### III. 이론적 고찰

#### 1. 배경 생성 및 갱신

배경영상이란 차량이 주행하는 도로에서 변화속도가 느린 도로 및 주변 환경조건에 해당하는 부분만의 영상을 취득하여 구성된 영상을 의미한다. 차영상을 생성하여 차량객체를 추출하기 위해서는 배경영상은 차량의 속도보다 느린 도로상의 조명변화, 차선, 가로수 및 구름, 가로수의 그림자, 도로 주변의 시설물 등이 배경영상에 반영되어야 한다. 즉 배경영상이 정교하게 추출되어야 차영상을 통해 차량객체의 영역이 확연하게 드러날 수 있다. 본 연구에서 현재까지 계산속도와 정확도 측면에서 가장 우수하다는 미국의 Lee가 고안한 Adaptive GMM 방법을 사용하였다.

GMM은 각 화소를 임의의 개수의 가우시안 분포의 혼합으로 모델링하는 방법이다. 이 방법은 온라인 근사법을 이용하여 모델의 계수를 갱신하는데, 계수의 값을 조절하여 다양한 환경에 적응하는 배경을 추출할 수 있다.

시간  $t$ 에서 화소  $\{x_0, y_0\}$ 의 히스토리는 식(1)과 같다.

$$X_1, \dots, X_t = I(x_0, y_0) : 1 \leq i \leq t \tag{1}$$

여기서,  $I$ 는 영상의 시퀀스(sequence)이다. 각 화소의 최근 히스토리를  $K$ 개의 GMM으로 나타내면 식(2)와 같다.

$$P(X_t) = \sum_{j=1}^K w_{j,t} * \eta(X_t, \mu_{j,t}, \Sigma_{j,t}) \tag{2}$$

여기서,

$w_{j,t}$  : 시간  $t$ 에서  $j$ 번째 가우시안 가중 계수 ( $0 < w_{j,t} < 1$ )

$\mu_{j,t}$  : 시간  $t$ 에서  $j$ 번째 가우시안 평균

$\Sigma_{j,t}$  : 시간  $t$ 에서  $j$ 번째 가우시안 분산

$\eta$  : 가우시안 확률 분포 함수

각 분포의 계수를 초기화한 후 새로 들어온 프레임의 화소  $X_t$ 에 대하여 각 분포의 표준 편차를 구하고, 표준 편차가 2.5이내인 매칭 분포를 찾은 후, 구한 분포를  $w_k/\sigma_k$  값이 큰 순서대로 정렬하여 이 중 몇 개의 분포를 영상의 배경으로 간주하고 식(3)과 같이 계수를 갱신한다.

$$\omega_{i,n} = (1 - \alpha)\omega_{i,n-1} + \alpha M_{i,n} \quad (3)$$

여기서,

$\omega_{i,n}$  : 가중 변수

$\alpha$  : 학습률(learning rate),  $0 \leq \alpha \leq 1$

$M_{i,n}$  : 정합함수(Matching Function)

$$= \begin{cases} 1: \text{정합되었음} \\ 0: \text{정합되지 않았음} \end{cases}$$

$1/\alpha$  : 시정수(Time constant)

가중변수는  $1 \sim n$  시간동안  $i$ 번째 가우시안에 정합된 픽셀 값들의 평균에 대해서는 저역 통과필터를 적용한 것과 같은 효과를 갖는다. 이러한 가중 변수는 과거의 픽셀 값들에 대한 지수 윈도우(exponential window)를 적용하여 기댓값을 구하는 것과 동일한 효과를 낸다. 정합되지 않은 가우시안들의 평균과 분산은 그대로 유지하고, 정합된 가우시안들은 현재 픽셀 값으로 평균과 분산을 갱신한다. 결국  $n$ 번째 프레임에서 갱신되어질 가중변수 및 평균, 분산은 식(4)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \omega_{k,t} &= (1 - \alpha)\omega_{k,t-1} + \alpha M_{k,t} \\ \mu_{k,t} &= (1 - \rho)\mu_{k,t-1} + \rho X_t \\ \sigma_{k,t}^2 &= (1 - \rho)\sigma_{k,t-1}^2 + \rho(X_t - \mu_{k,t})^T(X_t - \mu_{k,t}) \end{aligned} \quad (4)$$

<그림 1>은 Adaptive GMM에 의해 구현된 배경영상과 이진화된 차영상이다.

또한, Lee는 매 프레임마다 가우시안 계수를 갱신하는데 있어 환경의 변화에 빠르게 적응하는 새로운 보류 요인(retention factor)을 도입하여 계수수렴 속도를 개선하였다. <그림 2>는 실제 전경과 추출된 배경 영상을 사용하여 감시 및 검출 대상 목표물을 추출하는데 실 예를 보여 주고 있다.

이러한 복합 가우시안 모델 또는 초기에 다수의 영상 프레임을 통해 기준영상을 추출해 내는 것은 많은 메모리와 계산량이 수반되는 어려움이 있기 때문에 초기 상태에 한해 식(5)와 같은 간단한 가중 평균법을 사용해서



<그림 1> Adaptive GMM에 의한 배경영상 및 차영상(1)



<그림 2> Adaptive GMM에 의한 배경영상 및 차영상(2)

배경영상을 추출해 낼 수도 있다.

$$M(t+1) = \frac{(2 - \alpha)M(t) + \alpha N(t)}{2} \quad (5)$$

여기서,

$M(t+1)$  : 새로 갱신할 기준 배경

$M(t)$  : 갱신 전 기준 배경 영상

$\alpha$  : 가중치(Weight Factor)

$N(t)$  : 가우시안 Noise Function

즉, 새로 갱신할 기준 배경 영상은 갱신 전의 배경영상과 차량이 없을 때의 새로운 최종 목표영상과의 가중 평균으로 사용한다. 이는, 모든 픽셀에 대하여 가우시안 누적평균을 충분히 감안하지 않기 때문에 추출된 배경화면에 화질의 열화가 발생할 수도 있으나, 매 화상프레임을 기준으로 산술평균을 취하므로 계산량을 줄일 수 있다는 장점이 있다.

2. 차영상 생성 및 정적인 정보 추출부

차영상이란 추출된 배경영상과 현재 프레임의 영상의 차이를 구하여 얻은 영상으로 그 차이가 큰 부분은 차량객체가 존재할 가능성이 있다. <그림 2> Adaptive GMM에 의한 배경영상 및 차영상(2)의 이진 영상을 얻는 과정은 식(6)과 같다.

$$\begin{aligned}
 D_t(x,y) &= |I_t(x,y) - B_t(x,y)| \\
 D_t(x,y) &\geq Th, \quad Bm_t(x,y) = Black \\
 D_t(x,y) &\neq Th, \quad Bm_t(x,y) = White
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

위 식에서  $D_t(x,y)$ ,  $I_t(x,y)$ ,  $B_t(x,y)$ 는 각각 시간  $t$ 에서의 차영상, 입력동영상 프레임, 배경영상을 의미한다. 위와 같은 방식으로 얻어진 이진영상은 차량의 그림자(cast shadow)와 차량객체를 포함하게 된다. 따라서 그림자의 영향이 큰 경우에는 계산량이 늘어나더라도 그림자 제거 기법이 필요하다. 그림자 제거 방법으로는 색상과 채도의 변화양상에 기반하는 방법, 밝기의 기울기에 기반하는 방법, 조명 변화에 불변적인 고유영상 추정법 등이 알려져 있으나 본 연구에서는 야간이나 우천으로 인한 차량 신호, 조명 등의 반사로 인한 차량의 오인식을 줄일 수 있는 경계선 크기의 비 변화 검지법(ECD, Edge magnitude Change ratio Detection Algorithm)을 사용했다.

경계선 크기의 비가 모두 같고 변화가 없는 관심영역 내에서의 경계선 크기비의 분산은 식(7)과 같이 정의되고 값은 0이 된다.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{\nabla E_{ti}}{\nabla E_{bi}} - \bar{m} \right)^2
 \tag{7}$$

여기서,  $N$ 은 관심영역의 크기,  $\sigma^2$  은 경계선 크기의 비의 분산,  $\bar{m}$  은 경계선 크기 비의 평균이다. 따라서, 식

(8)과 같이 재정리 될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \sigma^2 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{\nabla E_{ti}}{\nabla E_{bi}} - \bar{m} \right)^2 \\
 &\cong \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{\nabla E_{ti}}{\nabla E_{bi}} - \frac{\nabla E_{ti}}{\nabla E_{bi}} \right)^2 = 0
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

만일, 관심영역에서 물체가 움직이면 경계선 크기의 비가 변화하여 식(9)가 성립되어 경계선 크기 비의 분산은 식(10)과 같으며 0보다 크게 된다.

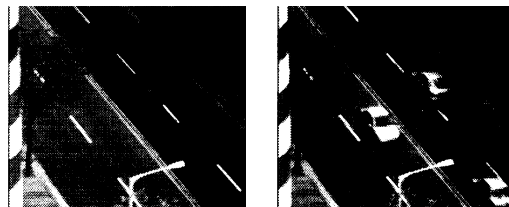
$$\frac{\nabla E_{t1}}{\nabla E_{b1}} \neq \frac{\nabla E_{t2}}{\nabla E_{b2}} \neq \dots \neq \frac{\nabla E_{tn}}{\nabla E_{bn}} \neq 0
 \tag{9}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{\nabla E_{ti}}{\nabla E_{bi}} - \bar{m} \right)^2 > 0
 \tag{10}$$

위와 같이 기준 배경 영상과 타겟 영상 사이의 경계선 크기 비의 분산을 측정치로 사용하면 차량의 유/무를 알아낼 수 있다. 경계선 크기의 비를 이용한 차량 검지 예는 <그림 3>와 <그림 4>와 같다.

Adaptive GMM을 통해 얻은 배경영상, ECD를 통해 얻은 차영상, 또는 이진영상은 <그림 5>과 같이 일정 시간동안 데이터베이스화하여 보관하게 된다.

이렇게 보관된 배경영상과 이진영상은 다음과 같은 목적으로 활용될 수 있다.

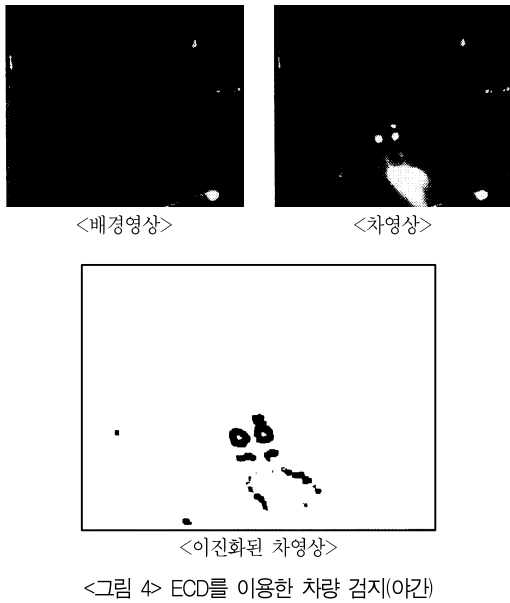


<배경영상> <차영상>

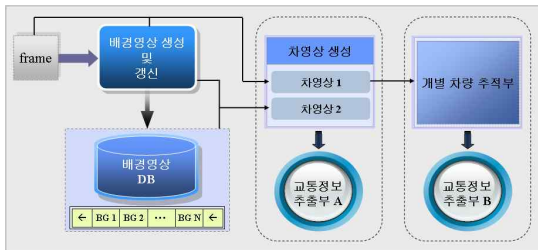


<이진화된 차영상>

<그림 3> ECD를 이용한 차량 검지(주간)



<그림 4> ECD를 이용한 차량 검지(아간)



<그림 5> 배경영상의 갱신 및 이진화 차영상 활용 구조

- 개별차량 추적을 위한 ROI(Region of Interest) 생성
- 혼잡도(Busyness) 분석을 통한 도로 점유율 산출
- 프로파일 분석을 통한 신호등 주변 대기행렬
- 노면상태 정보 추출 등

또한, 차영상은 배경영상을 사이에서도 생성될 수 있으며 이는 교통정보를 추출하는데 활용할 수 있다. 또 <그림 5>와 같이 배경영상 DB에는 일정 시간구간에서의 배경영상을 저장하고 있으며 식(11)과 같이 표현할 수 있다.

$$BD_t(x,y) = |B_t(x,y) - B_{t-T}(x,y)| \tag{11}$$

식(11)과 같이 시간  $t$ 에서의 배경영상  $B_t(x,y)$ 와  $(t-T)$ 에서의 배경영상  $B_{t-T}(x,y)$ 의 차영상  $BD_t(x,y)$ 는 배경영상에서의 변화를 포함하며, 시간간격  $t$ 사이에 갑작스럽

게 정지한 차량이나 차량의 고장, 이상 등의 함축적인 정보를 담고 있다. 따라서 배경영상의 변화된 정보를 이용하여 차량 사고 후 정지 혹은 정지차량, 고장차량 등을 감지할 수 있게 된다.

### 3. 개별차량 추적을 위한 ROI 생성

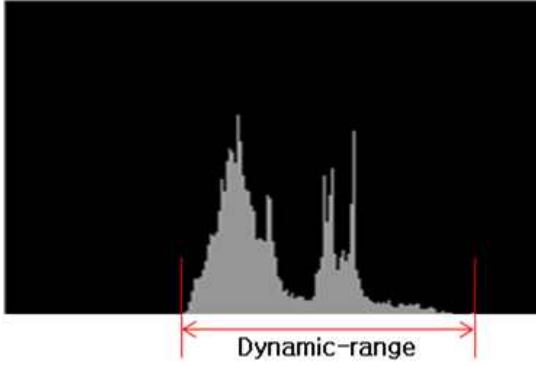
이진화 영상은 차량의 밝기, 색 등의 외관 형태와 유사한 밝기 정보를 가진 배경화면으로부터의 추출과정에서 불필요한 구조를 갖게 된다.

이 불필요한 구조에는 이진영상 내 Object 영상과 반대되는 정보가 포함되어 있거나 차량의 그림자 등과 같은 외적인 환경요인에 의해 발생하는 차량 외부에 추가되는 노이즈이다. 이러한 노이즈 정보는 차량의 모폴로지(morphology) 정보를 사용하여 개곡선 부위의 확장(Dilatation), 이진화상 내부에 발생한 hole 부위는 Object의 확장(Expansion), 고립화점들은 축퇴 및 희석(Shrink and Delution)으로 개별 Object를 ROI화 한다.

### 4. ROI내 히스토그램의 동적역역, 평균, 분산의 분석을 통한 배경영상 오인식 배제

일정 간격의 입력된 영상프레임을 통해 얻어진 새로운 배경영상은 사고정보를 추출하는데 꼭 필요한 깨끗한 배경영상이 아닌 불필요한 차량의 흔적을 가진 영상일 수 있다. 이러한 배경영상의 오류는 입력되는 영상프레임의 수가 증가하는 시간동안 해당 영상 내 잔류하는 차량의 존재 기간이 길어질수록 그 오류정보는 더 신뢰할 수 있는 배경영상으로 오판할 가능성이 높아진다. 이러한 오판을 피하기 위해, 배경화면으로서 임시 저장된 다수의 배경버퍼의 최종 산출된 배경 버퍼에 대해 영상 히스토그램의 동적범위(Dynamic-range), 평균(mean), 분산(variance) 등의 값을 계산하고, 저장 되어 있는 가장 앞 쪽의 배경버퍼에서 산출된 해당 값들과 비교하여 최종적으로 배경 영상의 오류 여부를 판단한다. 이때 오류여부를 판단하는 기준으로서 판단 대상이 되는 지역의 교통상황의 흐름이 충분히 변화될 수 있는 최소한의 시간 내(신호1회기 ~ 3회기이내) 에서 판단하게 된다.

영상의 히스토그램 Dynamic-range는 <그림 6>과 같이 히스토그램을 나타내는 전체 밝기 영역에 대해 픽셀들의 밝기의 분포가 일정한 범위 내에 집중된 에너지



<그림 6> 영상 히스토그램의 동적범위(Dynamic-range) 정의

대역으로 정의할 수 있다.

평균(Mean) 값은 동적범위(Dynamic-range) 내에 속한 전체 픽셀값의 평균레벨을 의미하며 식(12)와 같이 정의된다.

$$\bar{X} = \text{MAX} \left\{ K \left| \frac{\sum_{i=m}^K f(i)}{\sum_{i=m}^n f(i)} \leq \frac{1}{2} \right. \right\} \quad (12)$$

여기서  $m$ 은 히스토그램 동적범위(Dynamic-range)의 시작위치,  $n$ 은 동적범위(Dynamic-range)의 끝 위치이며, 평균값  $\bar{X}$ 는,  $m \leq K \leq n$  범위 내 전 픽셀 밝기 총합에 대해 동적범위의 시작점 위치  $m$ 으로부터  $n$ 에 이르는 범위 내 히스토그램을 나타내는 픽셀수를 누적하여 그 누적 값 총합의 절반 이하 중 최대를 만족하는 밝기 레벨  $K$ 를 나타낸다.(<그림 6>)

영상처리 계산량이 많을 경우 평균값 대신 중앙(median)값을 쓰는 경우도 있으며, 두 값을 기준으로 분산(variance)을 산출하게 되면 그 결과에 있어서는 약간의 차이가 있다.

입력 영상 히스토그램의 분산(variance)  $\sigma$ 는 아래의 식(13)과 같이 표현되며, 영상 히스토그램상의 동적 범위(Dynamic-range)내 픽셀들의 밝기별 분산 총합에 대해 정규화(normalize) 한다.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2 \quad (13)$$

여기서

$N$  : 관심 영역 내 총 픽셀수

$x_i$  : 관심 영역 내 임의의 픽셀 밝기

$\bar{X}$  : 동적범위(Dynamic-range) 평균레벨

#### IV. 신호교차로 교통사고 자동검지 알고리즘 개발

신호교차로 교통사고 자동검지 알고리즘은 크게 3가지 단계로 구분된다. 연속적으로 입력되는 영상 시퀀스를 적용형 가우시안 복합모델을 사용하여 입력된 연속적인 동영상의 시퀀스로부터 추출된 주행 중인 차량의 이진영상을 추출하고, 일정 시간 간격으로 배경영상의 갱신을 통해 교차로 내 이상 징후를 보이는 차량을 검지(1단계 : 예비 사고검지)부분과 그 차량이 사고 차량인지 아닌지에 대한 여부를 사고 영상 처리의 판단 기준에 따라 차영상과 배경영상을 비교 분석하여 사고를 검지(2단계 : 1차 사고검지 및 해제)하는 부분, 마지막으로 지속적으로 갱신하고 있는 기준 배경영상의 갱신주기나 신호체계 운영에 따른 교차로 내 대기 또는 통과 차량에 대한 오인식을 해소할 수 있는 예외상황 처리과정(3단계 : 2차 사고분석) 부분으로 구분될 수 있다.

##### 1. 신호교차로 교통사고 자동검지 알고리즘 구현

###### 1) 1단계 : 예비 사고검지

###### (1) 배경영상 생성 및 갱신

카메라로부터 입력되는 영상 시퀀스로부터 적용형 가우시안 복합모델을 이용하여 생성한 배경영상을 기준으로 전 단계에서 판정된 배경영상 저장여부의 판단을 통해 배경영상을 저장하는 기능과 전 단계에서 사고영상으로 판정되었을 경우 해당 영상 프레임을 1차 사고검지 판단 부로 보내는 기능을 가지고 있다.

기준 배경영상은 시간의 변화 및 주변 환경의 변화에 따른 대상 영상의 밝기와 그림자 등의 변화를 수반하게 되는데, 이 기준영상을 기준으로 입력영상을 이용하여 영상처리, 검지, 측정 처리하는 시스템에 있어서는 변화되는 배경영상의 적응적 갱신이 중요한 요소가 된다. 조명의 변화에 적응하기 위해서는 정적인 배경영상을 가정하고 실제로 배경영상의 변화는 매우 느리다고 보아도 무방하기 때문에 일정 시간을 가정한 배경영상의 생성과 마찬가지로 일정 시간이 경과한 후에 새로운 배경영상을 기준 배경 영상으로 변경하게 된다. <그림 7>은 배경영상의 생성 및 갱신 과정을 나타내고 있다.

배경영상의 갱신은 주변 영향의 변화의 빈도가 크지 않은 경우에는 지속적인 배경영상의 갱신이 가능하지만 실제 영상 검지의 응용의 경우 중, 특정 지역에서의 사고

의 자동 검출이나 장애물의 발생 등을 자동으로 검출하기 위해서는 위의 자동 갱신 주기 이외에도 별도의 배경 화면 비교 주기가 필요하게 된다.

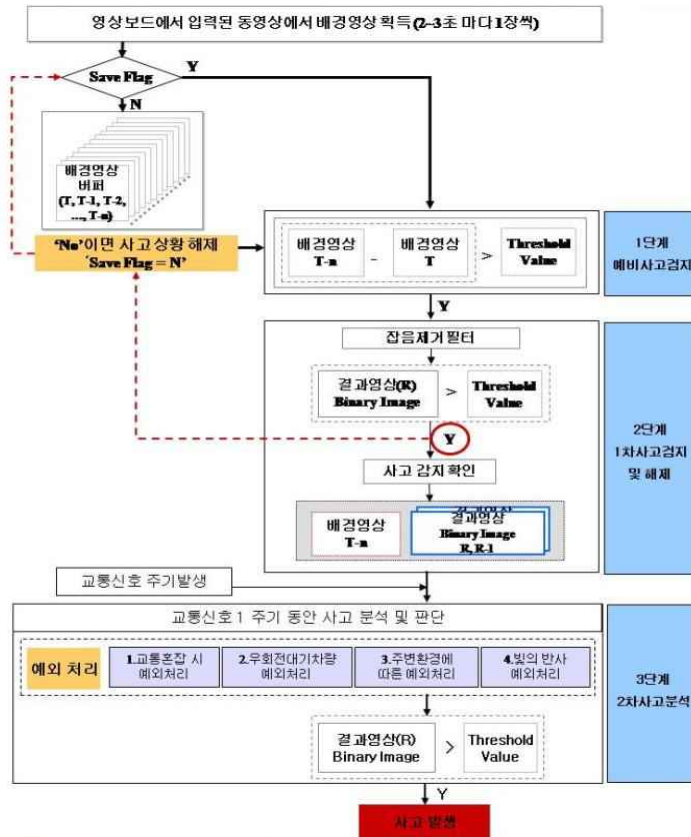
이 배경 주기는 교차로 등의 지역에서 사고로 인해 교통의 흐름을 차단할 수 있는 장애요소가 발생한 것을 검출하기 위해서 필요한 재 검출 시간 간격을 어떻게 설정하는가가 중요한 변수가 될 수 있다.

이러한 배경 기준영상 재 추출 시간 간격을 설정하는 기준 또는 근거로서 다음을 고려할 수 있다.

- 교차로 신호의 1회전 주기를 기준으로 하여 사고 발생 직후 입력된 영상을 최초 사고 영상 검출 후 첫 번째 진행방향 신호등을 시점으로 하여 다음 진행방향 신호등까지의 기간 동안 배경 영상에 전경영상의 변화가 없는 특정 이미지에 대해 사고로 간주함
- 위의 경우에 대해 신호 1주기 시간 간격이 정확한

판단의 구간으로는 짧을 수 있기 때문에 신호 1주기 시간 간격을 단위 구간으로 하여 2~5회 까지 가변적으로 사고 판단시간을 운용할 수 있음

- 일차적으로 차량 사고 혹은 장애물 발생으로 판단이 된 이후, 위의 주기가 종료되면 사고 혹은 장애물의 발생에 대한 지역 또한 정상적인 기준 배경 영상으로 판단함
- 갱신된 기준영상을 배경영상으로 하여 새로운 돌발 상황에 대해서도 순차적으로 판단할 수 있도록 함
- 새로운 사고 위치 판단으로 추출된 부분의 영상은 별도로 사고위치 정보로서 보관하며, 이를 판단하기 위해서는 최초 사고 및 장애로 판단된 영상 이전의 기준배경영상(최초기준영상)을 보관하여 두고 사고위치의 영상이 변경되었을 때 최초기준영상을 근거로 하여 Threshold value<sup>1)</sup>를 기준으로 사고처리 여부를 판단함



<그림 7> 배경영상의 생성 및 갱신 flow

1) 배경영상 차분 임계값으로서 주간은 12level, 야간 10level로 설정하였음.(영상신호의 레벨은 0~255단계로 구성되어 있음. 즉 최대 영상밝기 255 level 중 차분영상 level이 주간 12, 야간 10 level임)



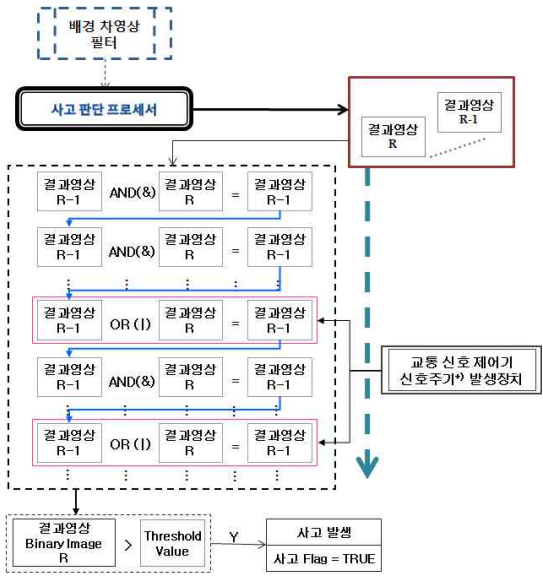
(2) 기준 배경영상 복구

급격한 조명 변화 등 여러 환경 변화에 따라 기준 배경 영상(Background Reference Image)을 상실하면 차량 사고검지 알고리즘은 회복할 수 없는 경우로 빠져들게 되고, 결국 그 알고리즘은 실패하게 된다. 따라서 그런 경우 발생 시 기준 배경 영상을 복구하는 방법이 필요하다. 이런 경우에는 새로운 영상을 얻은 다음 두 영상의 밝기 값의 비율에 대한 분산이 Threshold 값 이하이면 타겟 영상을 새로운 기준 배경영상으로 복구한 뒤 가우시안 혼합모델을 적용하여 배경영상에 대해 지속적인 변화를 누적 평균하는 방법으로 배경영상을 복구하게 된다.

2) 2단계 : 1차 사고검지 및 해제

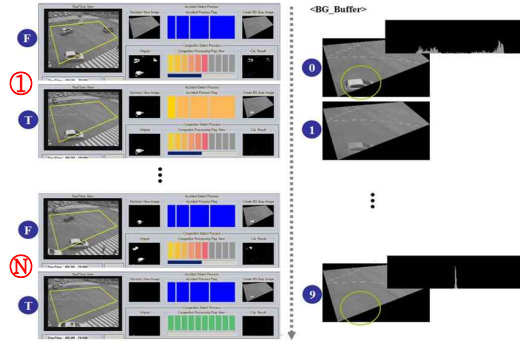
배경영상을 저장하기 위한 버퍼는 10개로 구성하며, 배경영상은 깨끗한 영상을 저장하도록 <그림 8>과 같은 과정으로 저장된다.

<그림 9>는 배경영상에서 사고로 1차 판단된 영상을 저장하고 시간이 경과됨에 따라 입력영상의 상황을 판단하여 사고판단 상황을 해제 하는 과정<2>의 실 예를 보이고 있다.



\* 교통 신호 제어기 신호주기의 한 주기(혹은 2주기)를 기준으로 최종 사고로 판단.

<그림 8> 저장을 위한 배경영상 생성절차



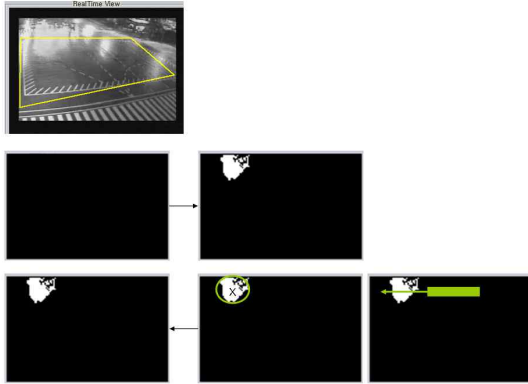
<그림 9> 배경영상 생성-사고검지 해제 과정

- 신호등 표시에 따라 검지영역에 일정시간 정지해 있을 경우, 배경 업데이트 과정에서 현재 상황을 1차 사고 상황(예비사고검지)으로 판단됨(사고판단화면 ①)
- 이때, 차량이 지나갈 경우(화면 왼쪽 1번 ~ N번 입력화면) 사고 상황이 해제되는데(화면 오른쪽 0번배경 ~9번배경) 사고 상황이 해제되는 경우, 위 그림 오른쪽의 0번의 배경부터 9번째 배경까지 저장된 배경은 버퍼 Queue에 의하여 배경 0번에 최종 입력됨(화면 오른쪽 9번 버퍼 배경화면)
- 사고의 감지 조건은 배경 버퍼 0은 항상 깨끗한 배경 이어야 하며 사고 상황일 경우 마지막 9번 배경은 차량의 존재로 인하여 배경보다는 영상에 잡음이 많이 남아있게 됨. 이때 위 그림의 오른쪽 아래 그림의 흰색 부분을 기준으로 하여 배경 0과 배경 9의 히스토그램의 분포를 확인하면 0번째 배경은 화상 히스토그램의 dynamic-range, mean, variance 값이 크게 나타나며 9번 배경은 작게 나타남. 이때의 상황을 사고 오 판단으로 간주하여 사고 상황을 해제하게 됨
- 영상이 복잡할수록 영상 히스토그램의 Dynamic-range, Mean, Variance 값은 커지며, 차량이 있는 경우와 차량이 없는 경우에 히스토그램을 구할 경우 차량이 있는 영상에서 좀 더 복잡한 히스토그램을 산출해 낼 수 있음

3) 3단계 : 2차 사고분석

3단계 2차 사고분석 과정에서의 예외처리 과정으로서 영상을 처리하는 방법은 1단계와 동일한 조건에서 출발한다. 다만 생성된 사고 배경영상과 새로 생성된 영상에

2) 2단계에서 사용하는 임계값은 1단계에서 사고영상으로 생성된 영상의 크기를 정의함. 사고 검지를 위해 설정된 화면 내 감시영역은 감시지역의 특성이나 규모에 따라 다르지만 본 논문에서 시험한 지역의 영상을 기준으로 할 때 2진화된 사고영상이 가지는 영상의 크기를 말하며, 이 때의 크기는 Pixel단위임(주간 50, 야간 70pixel)



<그림 10> 전조등에 의한 사고오판 예외처리

서 차량의 진행으로 인해 배경이 제거되는 상황을 판단하는 과정<sup>3)</sup>이다.

(1) 기존 예외처리 방법

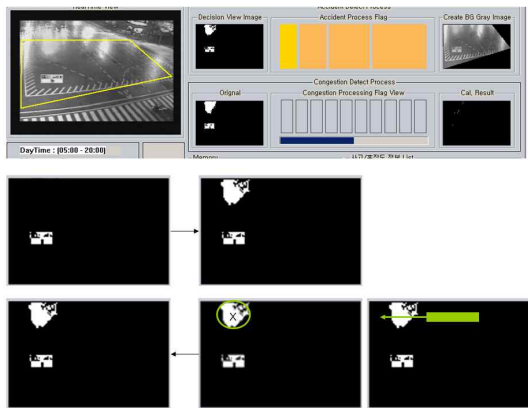
- 자동차 전조등으로 인한 예외처리

<그림 10>와 같이 자동차 전조등으로 인하여 사고로 간주되는 객체 생성 시 현재의 알고리즘에서는 다른 차량이 사고객체 위를 지나가야만 사고에서 해제된다.

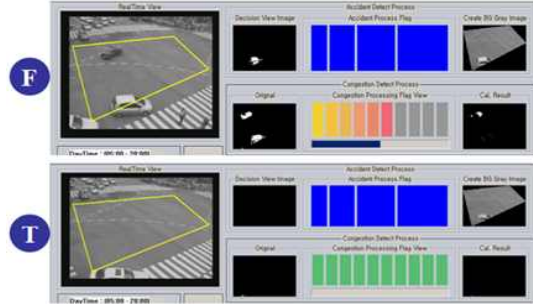
현재 사고로 오판단되는 상황은 거의 새벽시간에 자주 발생하며 위 그림과 같은 상황이 나타나지 않았을 때(차량 통행이 거의 없는 시간에 1주기인 경우) 사고 오판단에 대해 해제가 되질 않아 사고로 검지되는 현상이 나타난다.

- 중복 사고검지 시 예외처리

<그림 11>과 같이 야간 차량의 전조등으로 인하여 새로



<그림 11> 전조등에 의한 중복검지시 사고오판 예외처리



<그림 12> 우회전 대기차량 예외처리

운 객체로 등록이 되고 녹색 부분 상황처럼 차량이 지나갈 경우 사고 픽셀 중 절반 이상을 건드리게 된다. 이때, 기존 알고리즘에서는 사고픽셀의 %로 구분하여 건드리는 픽셀 수가 절반 이상 건드리게 되면 사고해제로 판단한다.

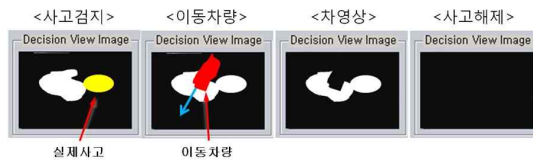
- 우회전 대기차량 예외처리

<그림 12>과 같이 좌회전 및 우회전 대기 차량을 1차 사고로 검지하며, 해당 방향의 보행자 신호가 녹색신호에서 적색신호로 변경되면 이동차량의 변화량을 검지하여 이동 상황인 경우에는 사고 상황을 해제한다.

- 교통 혼잡 시 예외처리

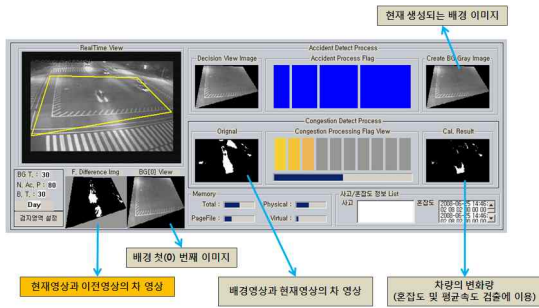
녹색신호 시 교차로 내 차량 혼잡이 발생하는 경우에는 1차 사고로 검지하며, 적색신호 시 해당 진행 방향으로 차량의 변화량을 검지하여 이동 상황인 경우에는 사고 상황을 해제한다.

위와 같은 기존 1차 시험 알고리즘에서는 차량의 변화량 이용하여 사고 검지 후 검지영역 내 다른 차량의 통과 유·무로 사고 유무를 판단하였으나, 1차 사고검지 후 검지영역 내 다른 차량의 변화량이 발생되지 않는 현상이 빈번하게 발생되었다. 또한 <그림 13>과 같이 기존 라벨링에 의한 컴포넌트 객체(사고 오판단 객체)의 업데이트 시 배경에 있는 10장의 버퍼에 모두 업데이트하여 사고가 해제되는 문제점도 발생하였다.

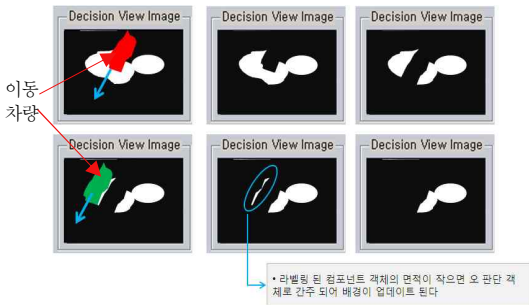


<그림 13> 1차 검지 알고리즘 검지 오류 (이동차량에 의한 사고해제 오류)

3) 1단계와 동일한 조건에서 사고분석하는 과정으로써 Threshold value는 예비사고검지와 동일한 주간 12, 야간 10level로 설정하였음



<그림 14> 사고검지 프로세서 모니터링 화면



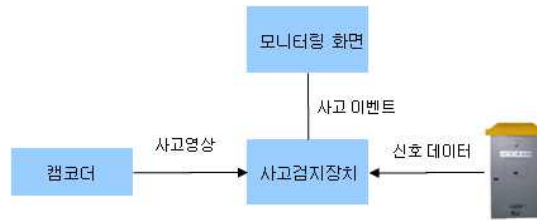
<그림 15> 1차 검지 알고리즘 검지 오류 개선사항

(2) 기존 예외처리 방법의 문제점 보완

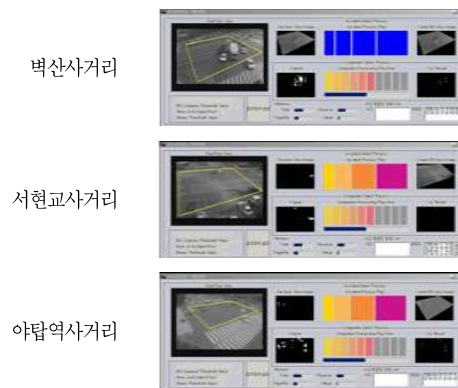
<그림 14>는 현재영상과 이전영상의 차영상을 생성하는 모니터링 화면이며 <그림 15>는 현재영상과 이전영상의 차영상을 이용하여 차량의 이동정보 부분만을 업데이트 하여 사고 해제 프로세스에 적용하는 방식으로 개선하여 2차 시험을 한 결과를 나타낸다.

2. 현장시험

본 연구에 사용된 알고리즘을 검증하기 위해 3곳의 교차로 현장에 설치된 CCTV 카메라로부터 실시간으로 동영상상을 입력받아 교차로 현장에서 발생하는 사고 상황에 대한 검지결과를 분석하였다. 분석을 위해 동영상상을 취득한 교차로는 '분당사거리', '말레이시아교사거리', '정자사거리'였고, 실험기간은 2008년 2월 14일 ~ 2008년 4월 28일(기존 예외처리 방법), 2008년 5월 10일 ~ 2008년 6월 24일(기존 예외처리 방법의 문제점 보완) 두 기간에 걸쳐 실시간 영상을 통한 사고검지 시험이 실시되었다. 이 기간 동안에 실제 사고가 발생되지 않아 사고 검지 유무는 판단할 수 없었으나, 실제 사고 동영상을 확보하여 현장상황과 동일한 조건으로 <그림 16>과 같이 실험을 수행하였으며, <그림 17>는 3개 교차로



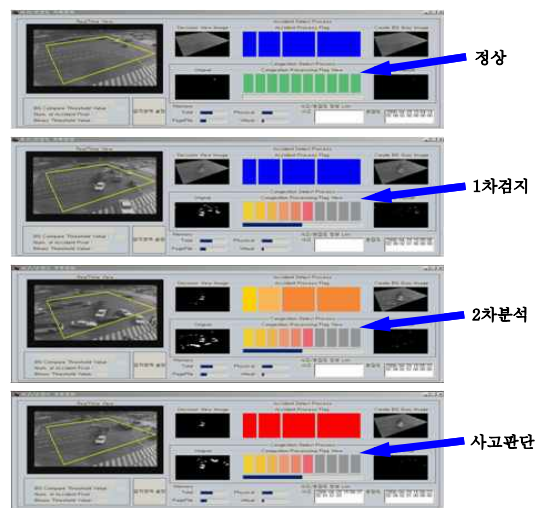
<그림 16> 사고영상을 이용한 시험방법



<그림 17> 사고영상을 이용한 시험화면

에서 발생한 사고 동영상으로 시험결과 화면이며, 3개 교차로 모두 정상적으로 검지되었다.

<그림 18>은 현장 시험을 위해 사용된 현장 사고검지 및 모니터링 시스템의 실제 샘플화면이며 실제 시험에 사용된 여러 사고 상황 중의 한 가지 상황이며, 사고 상황을 순차적인 영상처리 과정을 화면 모니터와 함께 보이고 있다.



<그림 18> 현장 사고검지 진행 Flow



<그림 19> 센터 사고검지 모니터링 화면 예

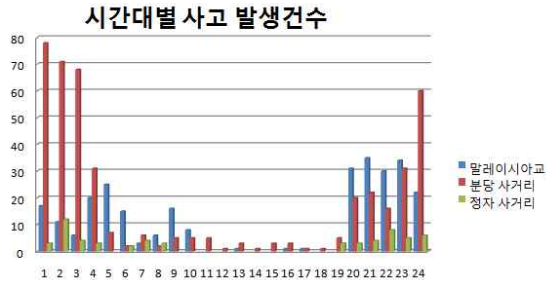
<그림 19>은 센터에서 사고검지 모니터링을 하고 있는 실제 현장상황을 보이고 있다.

3. 시험결과

본 연구의 알고리즘의 유효성을 검증하기 위해 실시한 2번의 현장 시험 중 1차 현장시험의 결과, 오인 인식된 사고 기록 및 시간대별 사고 검지건수는 <표 2>, <그림 20>과 같다.

<표 2> 단속류 1차 현장 시험결과('08.2.14~' ~'08.04.28)

오인인식 분류	말레이시아교 사거리	분당 사거리	정자 사거리
검지구역 안으로 신호대기를 위해 정차한 경우	13	21	
야간에 주변조명에 의해 감지되어 발생하는 오류	112	136	21
야간 차량 조명에 의해 감지되어 발생하는 오류	124	148	19
주간 그림자에 의해 발생하는 오류			
검지구역이 하얗게 감지되어 변하면서 감지되는 현상	11	12	
젖은 노면에 의해 오류가 발생하는 유형	5		
포리 물기에 의한 혼잡 상황으로 감지되는 현상	1	1	
우회전 대기차량에 의해 감지되는 오류	2	2	
햇빛에 의해 감지되는 현상			1
기타(원인 불명)	3	3	4
총 사고검지건수	271	323	45
	639		
실제 사고발생 건수	0	0	0



<그림 20> 1차 현장시험 결과 시간대별 발생건수 분석

기존 예외처리 방법을 이용한 1차 현장 시험 후 오인 인식된 사고 감지율을 보완하기 위해 기존 예외처리 방법의 문제점을 보완 후 실시한 2차 현장시험에 대한 결과는 <표 3>, <그림 21>과 같다.

1차, 2차 현장 시험 기간 동안 시험현장인 3개의 교차로를 통과한 차량의 수는 약 130만대, 80만대 정도로 추정되며 각 현장 시험 기간 동안 사고로 인식된 숫자는 1차 현장 시험 시 총 636건(1차 사고검지(2단계):639건), 2차 현장 시험 시 총 0건(1차 사고검지(2단계):50건)으로 집계되었다. 물론 현장 시험 현장인 3개의 교차

<표 3> 단속류 2차 현장 시험결과('08.5.10~'08.06.14)

오인인식 분류	말레이시아교 사거리	분당 사거리	정자 사거리
배경영상 변경시점에서 잘못되어 발생	32	1	1
야간에 주변조명에 의해 발생하는 오류			1
적신호시 대기차량이 감지되어 발생하는 오류	3		
그림자에 의해 발생하는 오류		1	
검지구역이 하얗게 되면서 감지되는 현상	7		
교차로 내에 빛에 의하여 차선을 감지하는 현상	3		1
총 사고검지건수	45	2	3
	50		
실제 사고발생 건수	0	0	0



<그림 21> 2차 현장시험 결과 시간대별 사고발생건수 분석

로에서 동 기간 동안 실제 사고가 발생하지 않음에 따라 시험 결과에 대한 성능평가를 논하는 것은 무리가 있다. 그러나 현장 시험에 참여한 인원이 실험실 모니터를 통해 집계한 결과는 실제 1차 현장 시험 기간 동안 사고로 평가되는 상황이 3건이었기 때문에 오인 인식이 매우 높았다 할 수 있다.

2차 현장 시험까지의 기간 동안 1차 현장 시험 시 오인 인식에 대한 보완된 알고리즘을 고안하고, 추가 시험을 거쳐 2차 현장 시험을 한 결과, 1차 시험보다 시험기간은 짧았지만 차량의 추정 통행량 대비 교통사고로 오인 인식된 숫자는 현저하게 줄었음을 알 수 있었다.(<표 4>) 실제 현장에서 사고로 보고된 건수를 알 수 없는 상황과 실제 사고와 비사고의 판단이 명확하게 구분될 수 없는 등 오인 인식률의 현실적인 평가 기준이 없는 관계로 통행량 대비 사고 인식건의 비율로 본 연구의 개선이 진행되고 있음을 <표 4>와 같이 간접 평가해 보았다.

<표 4> 현장 시험 최종 오인 인식 결과(1차, 2차)

구분	사고검지건수	교통량 (천대)	오인 인식율(%)
최종오인 인식결과 (1차)	1차 검지	639	0.049
	2차 분석	636	0.048
최종오인 인식결과 (2차)	1차 검지	50	0.006
	2차 분석	0	0.000

<표 5> 단속류 사고검지 오인인식 유형분석(분당사거리)

사고 오인인식 유형	문제점
검지구역 안으로 정차한 경우 발생하는 오류	차량이 검지구역 안에서 정차한 후 1주기가 되지 않았지만 사고로 처리하는 오류 발생
야간에 주변 조명이 계속 감지되어 발생하는 오류	야간조명 변화에 의해 감지되어 오류 발생
차량이 감지되어 발생하는 오류	정지신호를 받은 차량이 감지된 후 1주기가 되는 순간에 사고로 처리하는 오류 발생
그림자에 의해 발생하는 오류	건물그림자가 지속적으로 감지되어 오류가 발생
검지구역이 하얗게 감지되는 현상	특별한 이유 없이 검지구역이 하얗게 인식을 하면서 오류 발생
감지되는 이유를 모름	검지구역 내에 아무것도 없는 부분에서 감지되어 발생하는 오류
꼬리 물기 유형	꼬리 물기에 의해 차량들이 검지구역 내에 정차하여 1주기가 되기 전에 오류 발생
젖은 노면에 의해 오류가 발생하는 유형	젖은 노면에 의하여 야간에 조명들이 바닥에 비춰져서 더욱 예민하게 감지가 되어 오류 발생

<표 6> 단속류 사고검지 오인인식 유형분석(말레이시아교사거리)

사고 오인인식 유형	문제점
차량조명에 의해 발생하는 오류	차량이 검지구역 안에서 정차한 후 1주기가 되지 않았지만 사고로 처리하는 오류 발생
야간에 주변조명이 계속 감지되어 발생하는 오류	야간조명이 1주기 이상 계속 감지되어 오류 발생
특정시간대에 검지구역의 특정부분이 하얗게 변하면서 검지	새벽 05시 전후 특정 시간대에 사고로 처리하는 오류 발생
그림자에 의해 발생하는 오류	건물그림자가 지속적으로 감지되어 오류 발생
적신호시 검지구역 내 정차 차량이 감지되어 검지되는 현상	적신호시 교차로 신호대기 차량을 감지하여 오류 발생
우회전 대기차량에 의해 발생하는 현상	우회전 대기차량이 감지되어 발생하는 오류
꼬리 물기 유형	꼬리 물기에 의해 차량들이 검지구역 내에 정차하여 1주기가 되기 전에 오류 발생
젖은 노면에 의해 오류가 발생하는 유형	젖은 노면에 의하여 야간에 조명들이 바닥에 비춰져서 더욱 예민하게 감지가 되어 오류 발생

<표 7> 단속류 사고검지 오인인식 유형분석(정자사거리)

사고 오인인식 유형	문제점
차량조명에 의해 발생하는 오류	차량이 검지 구역 안에서 정차한 후 1주기가 되지 않았지만 사고로 처리하는 오류 발생
햇빛에 의해 발생하는 오류	검지 구역 내 햇빛이 지속적으로 들어와 검지되는 현상

또한, 시험 결과 오인 인식된 데이터이긴 했지만 사고의 발생 시간대를 분석해 본 결과 1차 현장시험, 2차 현장 시험 기간 각각 사고로 인식된 비율이 높은 시간대역은 20시~05시, 23시~04시 시간대로 나타났다. 이 시간대는 차량통행이 나머지 시간대에 비해 비교적 적을 것으로 추정 가능하기 때문에 야간의 교차로 상황에서 차량의 사고 검지에 대한 추가적인 보완 방법이 요구되어진다.

위와 같이 각 교차로에서의 현장 시험을 통해 오인 인식된 유형으로 분석된 결과는 <표 5>, <표 6>, <표 7>과 같다.

## V. 결론

### 1. 연구결과

본 연구 결과는 실험실 환경에서의 시험과 노변의 다양한 환경과 환경조건의 끊임없는 변화 등을 포함한 실

제 상황이 얼마나 많은 차이를 보여주고 있는지 현장 시험을 통해 명확하게 보여주고 있다.

1차 현장시험을 통해 얻은 결과는 매우 불만족스러운 상태였다. 2차 시험에서는, 1차 시험 결과 단속류 사고 검지의 오인 인식 원인에 대해 조사하고, 오인 검지에 대한 유형을 분석해, 이를 바탕으로 사고의 오인 인식에 대한 예외 처리 알고리즘을 부가해 시험할 수 있었고, 그 결과, 1차 시험 기간에 비해 추정 통행 차량 대비 단속류 사고검지 오인 인식의 비율은 현저히 감소했음을 알 수 있었다.

그러나 현장 시험을 통해 취득한 영상 자료를 분석하고 사고 검지율을 산출해, 실제 교통사고 처리 업무를 담당하는 관할 경찰서에 보고되는 사고 자료와 비교해야 함에도, 공적인 정확한 사고 기록에 접근하지 못해 본 연구 결과에 대한 정확한 성능평가를 수행할 수 없었다는 점이 현재로서는 문제점이며, 그렇다고 모의 사고를 통해 현장시험을 할 수 없다는 점도 본 연구에 대해 정확한 평가를 할 수 없는 요인이 되고 있다는 것이 현재로서는 아쉽고 취약한 부분이라고 할 수 있다.

다만, 본 연구 결과를 바탕으로 현장시험결과로부터 오인 인식 유형이 수집되고, 또 이에 대한 보완 방법이 연구될 수 있는 실질적인 근거 자료가 축적되기 시작했다는 점은, 본 연구와 현장시험을 통해 얻은 큰 성과라고 평가할 수 있다.

## 2. 향후 연구과제

본 연구를 통해 얻은 결과는 실제 현장에서 벌어지고 있는 다양한 조건의 환경과 사고 발생 유형, 또 시간대별, 계절별로 변화하는 환경조건 등, 실험실 내에서 미처 예상하지 못했던 다양한 상황이 발생할 수 있다는 점을 보여 주고 있다. 따라서 본 연구를 통해 더 많은 경우에 어떻게 현재의 문제점들을 분석하고 보완해 나갈 것인지에 대해 방향을 제시하고 있다.

첫째, 본 연구와 그에 수반되는 현장시험을 통해 단속류 교통상황에서의 사고검지에 영향을 미치는 오인식의 유형이 수집되기는 했으나, 현재까지의 오인식 유형은 불과 3 장소의 교통환경에 불과한 만큼 더 다양한 교통소통구조를 가지는 교차로에 대해 시험을 실시하고 그에 따른 오인 인식유형을 파악해야 하고 그 다양한 유형에 대한 보완 기술을 연구해야 할 것이다.

둘째, 영상검지에 있어서, 그것도 공적 사건으로 보고

되고 기록되고 있는 교차로 교통사고에 대한 기록에 접근하는 것이 쉽지 않기 때문에, 현장의 영상정보만을 가지고 사고 검지 결과를 생성했다 하더라도, 공식적인 자료와 비교할 수 없는 만큼, 사고 자동 검지율을 객관적으로 평가하고 보완하는데는 한계가 있다는 점이 현재로서는 난제라고 할 수 있다. 교통 사고 보고서에 대한 접근권을 부여받아 공식적으로 사고분석을 할 수 있는 근거를 마련해야 본 연구의 성과를 더욱 높이고, 사고검지 기술의 성능 향상을 기할수 있을 것이다.

셋째, 현재까지의 연구는 영상만을 가지고 교차로에서 발생할 수 있는 사고검지 기술을 연구했지만, 영상정보 이외에도 사고당시의 음향조건 또한 좋은 사고 검지 기술 향상을 위한 좋은 정보가 될 수 있으며, 음향 이외에도 다른 정보에 대한 발굴이 수반되어야 할 것이다.

마지막으로 교차로 영상정보를 통해 교차로 차량사고 자동감지뿐 아니라 자동차의 소통의 구조를 분석하고 교통량 정보를 취득하여 연계된 도로와 교차로간의 소통정보를 분석하고 최대의 소통효과를 가져올 수 있도록 더 많은 교통관련 정보를 생산해 낼 수 있는 부가적인 연구가 병행되어야 할 것이며, 지금까지의 사무실내 pc를 통한 소프트웨어 기반의 교통정보 분석에서 한발 더 나아가, 교차로 영상신호 분석 시스템이 독립적으로 구축되고, 복잡하고 많은 계산량이 수반되는 소프트웨어의 실시간 처리를 가능케 하는 더 빠른 속도의 하드웨어를 병행 개발해야 한다. 일례로 현재 PC의 처리속도를 가진 영상처리 전담 하드웨어에 현재의 교통영상 분석 소프트웨어를 구동시킨다면 최소한 현재보다 2~3배의 처리속도 확보가 가능할 것으로 판단되며, 이는 교통정보를 생산하는 시스템의 다양한 발전을 가져올 것으로 기대한다.

## 참고문헌

1. 일본경찰청(2003), 교통사고 자동기록장치의 정비 사업평가경과 보고서.
2. 성산승(2005), “교통사고 자동기록장치(TAAMS)에 의한 교통사고의 발생메카니즘에 관한 연구”, 일본 경찰과학연구소 보고, 교통편 Vol.38, No.2.
3. 유성준 외2인(2006), “교차로 교통사고 검지시스템 성능개선 방안 연구”, ITS학회 제5회 추계학술대회 논문집, pp.254~259.
4. 비클텍(주)(2001), “교차로 사고 및 차량 충돌 시 증거 획득을 위한 영상 블랙박스”, 건설교통부.

5. Eero Pasanen(1993), "The Video Recording of Traffic Accident", Helsinki City Planning Department Publication.
6. Zhigang Zhu와 4인(1996), "VISATRAM: A real-time vision system for automatic traffic monitoring", Image and Vision Computing Journal (to appear), 3rd IEEE (WACV '96), December 02-04, p.162.
7. Dar-Shyang Lee(2005), "Effective Gaussian Mixture Learning for Video Background Subtraction", IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 27, NO. 5.
8. S. Khan 외 1인(2000), "Tracking People in Presence of Occlusion" in Asian Conference on Computer Vision, pp.1132~1137.
9. C. Stauffer와 1인(2000), "Learning Pattern of Activity Using Real-time Tracking", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 8, pp.747~757.
10. Y. Cheng(1995), "Mean Shift, mode Seeking, and Clustering", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., pp.790~799.
11. Gary R. Bradski(1998), "Computer Vision Face Tracking For Use in a Perceptual User Interface" Intel Technology Journal Q2.
12. Surendra Gupte 외 3인(2002), "Detection and Classification of Vehicles", IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol. 3, NO. 1.
13. Hough(1962), "Method and Means for Recognizing Complex Patterns.", U.S. Patent 3,069,654.

✉ 주 작 성 자 : 오주택  
 ✉ 교 신 저 자 : 황보희  
 ✉ 논문투고일 : 2008. 9. 2  
 ✉ 논문심사일 : 2008. 11. 17 (1차)  
                   2009. 3. 27 (2차)  
                   2009. 7. 30 (3차)  
 ✉ 심사판정일 : 2009. 7. 30  
 ✉ 반론접수기한 : 2010. 2. 28  
 ✉ 3인 익명 심사필  
 ✉ 1인 abstract 교정필