

교차로 사고감지를 위한 강건한 비전기반 알고리즘

정 성 환[†] · 이 준 환^{††}

요 약

본 논문에서는 객체이동을 고려한 배경영상 생성과 사고 후보영역의 보존 및 검증하는 방법을 포함하는 개선된 교차로 교통사고 감지 방법을 제안한다. 교차로 내 신호등 주기를 이용한 교차로 사고감지 방법이 제안된 바 있는데 이는 사고 객체의 가려짐이 발생할 경우 사고를 감지하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 역원근변환을 수행하여 객체의 크기를 일정하게 하였으며, 환경잡음에 강건한 배경영상 생성, 객체의 이동정보를 이용한 사고 후보영역의 생성, 에지 정보를 이용한 사고 후보영역의 보존 및 삭제 방법 등을 제안한다. 제안한 알고리즘의 성능을 알아보기 위하여 교차로에 설치된 DVR을 통해 출퇴근 시간대의 영상, 야간 및 주간의 우천 시의 다양한 사고 영상, 조명 및 그림자의 환경적 잡음이 포함된 영상을 저장하여 실험하였다. 실험 결과 실험에 포함된 20건의 사고를 모두 감지하였으며 실제 사고 유효 획득률은 76.9%로 나타났다. 또한 검지영역의 면적에 따라 초당 10~14프레임의 처리속도를 나타내어 실시간 처리에 문제가 없을 것으로 판단된다.

키워드 : 교차로사고감지, 교통사고감지, 배경영상 갱신

Robust Vision Based Algorithm for Accident Detection of Crossroad

Sung-Hwan Jeong[†] · Joonwhoan LEE^{††}

ABSTRACT

The purpose of this study is to produce a better way to detect crossroad accidents, which involves an efficient method to produce background images in consideration of object movement and preserve/demonstrate the candidate accident region. One of the prior studies proposed an employment of traffic signal interval within crossroad to detect accidents on crossroad, but it may cause a failure to detect unwanted accidents if any object is covered on an accident site. This study adopted inverse perspective mapping to control the scale of object, and proposed different ways such as producing robust background images enough to resist surrounding noise, generating candidate accident regions through information on object movement, and by using edge information to preserve and delete the candidate accident region. In order to measure the performance of proposed algorithm, a variety of traffic images were saved and used for experiment (e.g. recorded images on rush hours via DVR installed on crossroad, different accident images recorded in day and night rainy days, and recorded images including surrounding noise of lighting and shades). As a result, it was found that there were all 20 experiment cases of accident detected and actual effective rate of accident detection amounted to 76.9% on average. In addition, the image processing rate ranged from 10~14 frame/sec depending on the area of detection region. Thus, it is concluded that there will be no problem in real-time image processing.

Keywords : Accident Detection of Crossroad, Traffic Accident Detection, Background Image Update

1. 서 론

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

내에서는 신호위반, 정지선 위반, 꼬리물기, 교통사고, 보행자 등 다양한 위험상황이 발생하며 이들을 미연에 방지하기 위해 교차로 진입 부 노면에 설치한 루프감지기과 카메라를 이용하여 신호위반 차량, 과속차량 등의 위험한 차량을 감지 단속하여 교차로 내에서 발생 할 수 있는 위험상황을 줄이고 있다. 하지만 이러한 장비는 도로 노면에 설치하여 감지하는 방법으로 차량의 흐름을 제한할 뿐 교차로 내에서 발생하는 교통사고는 감지 할 수 없다. 교차로 내에서 발생하는 사고는 신호등의 방향에 따라 서로 다른 방향의 차량 충돌, 같은 방향 차량의 충돌, 차량과 사람, 차량과 이륜 차량 등의 사고가 발생할 수 있으며 사고 발생 시 횡단보도

[†] 준 회 원 : 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
^{††} 정 회 원 : 전북대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자)
 논문접수 : 2010년 12월 22일
 수정일 : 1차 2011년 2월 17일
 심사완료 : 2011년 5월 19일

이용자나 대기행렬의 차량들까지 피해를 미치는 사고로 간주될 수 있다. 교차로 내 교통사고 발생 시 항상 문제가 되고 있는 가.피해자 판별에 대하여 신호등의 진입문제와 같은 사고 원인 파악이 어려운 문제점을 겪고 있다[2]. 따라서 교차로를 감시 할 수 있는 카메라를 이용하여 교차로 내에 교통사고를 감지하는 연구가 진행되고 있다[3][4][5][6].

영상을 이용하여 교차로 내에 교통사고를 판단하는 방법은 교차로 내의 객체를 추적하여 객체끼리의 충돌모형을 이용하여 감지하는 방법과 객체를 추적하지 않고 검지영역 내 배경영상을 생성하고 배경영상끼리의 차 연산에서 발생하는 객체를 감지하는 것으로 나눌 수 있다. 영상에서 객체를 추적하기 위해서는 먼저 움직이는 객체를 추출해야 한다. 객체를 추출하는 방법은 현재 영상끼리의 차 영상 방법, 배경영상을 생성하고 현재 영상과 배경영상간의 차 영상을 이용하는 방법, 특징점을 이용하는 방법, 모델 기반 방법으로 구분될 수 있다[7][8][9][10][11].

Ki[4]는 교차로 내의 현재영상과 이전영상의 차 영상에서 차량 객체를 추출하여 이를 사고 감지에 이용하였다. 이 방법은 추출된 객체를 추적하고 차량들의 바운딩(Bounding) 박스의 이동방향, 가속도, 위치, 면적을 이용하는 사고 감지 방법이다. 이 방법은 추적한 차량들의 충돌을 감지하는 경우이며 느리게 이동하는 객체의 경우에는 움직이는 객체를 추출할 수 없다. 또한 교차로 밖에서 발생한 사고차량이 교차로 내부에 서서히 진입하였을 경우 이 차량이 단순히 정지선을 위반하여 교차로 내에 진입하였는지 또는 사고 차량인지를 판단하기 쉽지 않은 문제점을 가지고 있다.

Kamijō[5]은 배경영상을 생성하여 현재영상과의 차 영상을 통하여 객체를 추출하고 추출된 객체를 보존해가며 바운딩 박스 내의 객체 정보를 업데이트하는 방법으로 교차로 내 차량을 추적하여 차량이 오래 정지할 경우 사고차량으로 간주하여 사고를 판단하는 방법이다. Kamijō[5]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 잡음 등을 고려하지 않은 방법으로 좋은 환경 조건하에서 제안된 방법이다. 현재 처리에 있어서 차량의 이동방향이 일정하지 않은 교차로에서 차량이 많은 시간대에 모든 차량을 추적하는 것은 처리속도가 느려 현재 처리에 문제점이 있다. 급격한 조명의 변화, 야간의 차량의 전조등, 그림자, 출퇴근 시간의 차량들이 많이 밀집되어 있는 경우 등에서 교차로 내에서 발생하는 상황을 감지하지 못하는 문제점이 있다.

Kim[7]은 특징점과 배경영상을 이용하는 사고감지 방법을 제안하였다. 이 방법은 검지영역 내 배경영상을 생성하고 현재 영상에서 배경영상에 포함되지 않은 특징점을 추출하여 추출된 특징점을 추적하였다. 추적된 특징점의 이동 궤적을 이용하여 특징점을 그룹핑하고 이를 객체로 간주하여 교차로 내에서 객체들끼리 충돌이 발생하는 경우를 사고로 간주하였다. 이 방법은 객체들끼리 서로 떨어져 있어

야하며 객체들의 이동 궤적이 서로 달라야 객체를 그룹핑할 수 있다. 이는 객체의 이동이 많을 경우, 객체들이 서로 겹쳐서 이동할 경우, 객체들의 이동 궤적이 같을 경우에는 객체를 그룹핑 할 수 없기 때문에 사고를 오 판단할 수 있는 가능성이 많으며 복잡한 상황에서 사고를 감지 할 수 없는 문제점이 있다. 또한 특징점을 이용하여 객체를 그룹핑하는 경우에 있어서 특징점들을 어떠한 방법으로 한 대의 차량으로 그룹핑 할 것인지에 대한 문제점을 가진다. 예를 들어 버스, 트럭, 소형차, 자전거, 사람을 볼 때 객체들의 크기는 모두 다르며 특징점은 주로 코너에서 얻기 때문에 버스와 트럭의 넓은 면에 특징점이 없다면 이는 두 대 또는 그 이상으로 분리될 수 있는 문제점이 있다[8][9].

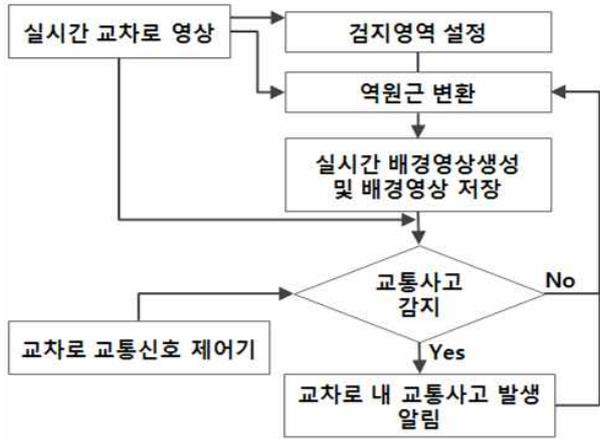
Kim[12], Haag[13], Han[14], Forstner[15] 등은 차량 모델을 미리 생성하여 객체 추적에 이용하였다. 이 방법은 현재 영상에서 추출한 기울기 정보와 모델 정보를 비교하여 차량을 추출한 후 추적한다. 이 방법은 차량의 흐름 방향이 일정하거나 차량 겹침이 발생하지 않는 영상에서 적용 가능하며 연산량이 많아 실시간 처리에는 부적합하고 교차로와 같이 차량의 이동이 각기 다르며 환경적인 잡음이 발생하여 기울기 정보가 없어질 경우 차량을 추적할 수 없는 문제점이 있다.

정성환[3]은 배경영상끼리의 차 영상에서 정지한 객체를 추출하고 교차로 내 신호등의 주기를 이용하는 교차로 내 사고감지를 제안하였다. 이는 차량을 추적하지 않고 차량이 정지하면 배경영상에 등록되는 점을 이용하여 배경끼리 차 영상을 사고 후보 객체로 판단하였다. 또한, 사고 후보 영역 위로 지나다니는 객체가 있을 경우 잡음으로 간주하여 사고 후보 영역을 제거하였다. 이는 사고가 발생 하였을 경우 버스나 다른 차량 및 카메라의 잡음에 의해 사고영역이 가려질 경우 사고를 감지하지 못하는 문제점이 있다.

객체 추출 방법에 있어서 빠른 연산속도와 비교적 정확히 객체를 추출할 수 있는 배경영상을 이용하는 방법이 가장 많이 사용되고 있다[3][5][6]. 배경영상에 되도록 객체가 포함되는 것을 최소화 하고자 현재 영상에서 객체가 나타나는 부분만을 배경영상에 업데이트 하지 않는 방법들이 연구되고 있지만 이 역시 차량이 많을 경우에는 배경영상이 업데이트 되지 못하는 문제점이 있다[16]. 또한 배경차이법을 이용할 경우 환경적 잡음이 발생하지 않는 좋은 환경에서 가능하며 객체들이 겹쳐 있을 경우, 그림자, 급격한 조명의 변화가 내포되는 경우에는 객체를 분리하여 추출해 낼 수 없다[17][18][19][20].

교차로에서 사고가 나는 경우는 보행자 까지 위협하는 위험한 사고 상황으로 이어질 수 있으므로 사고 감지 시스템은 높은 사고 감지율을 필요로 하며, 가능한 범위 내에서 사고 오 감지를 줄여야 한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 큰 범주에서 기존 정성환[3]의 방법과 동일하다. 하지만 버스나 다른 차량 및 카메라의 잡음에 의해 사고영역이 가려질 경우 사고를 감지하지 못하는 문제점을 해결하여 사고감지 성능을 향상시켰다. 이러한 성능향상은 객체의 이동에

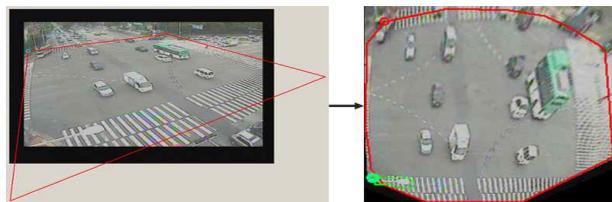
기반으로 한 강건한 배경영상생성, 객체의 이동궤적정보를 이용하는 사고 후보지역 생성, 영상의 에지정보를 이용하는 사고 후보지역의 검증 등의 방법이 추가 보완되었기 때문에 가능하였다.



(그림 1) 교차로 사고 감지 전체 흐름도

2. 교차로 사고 감지

제안한 교차로 사고감지 방법의 전체 흐름도를 (그림 1)에 나타내었다. 교차로 내 사고 감지는 실시간 영상을 검지영역 정보에 따라 역원근변환을 수행하고, 변환된 영상에서 객체의 이동 빈도에 따라 실시간 배경영상 생성하고 객체 부분을 제외한 배경영상 저장, 객체의 이동 궤적을 기반으로 하는 사고 후보영역 생성, 에지 정보를 이용한 사고 후보영역 검증, 교차로 교통신호 제어기로부터 교통신호를 입력받아 교통 사고감지에 이용하여 교차로 내 사고를 감지하는 방법으로 구성된다.



(a)역원근변환 좌표입력 (b)검지영역 설정

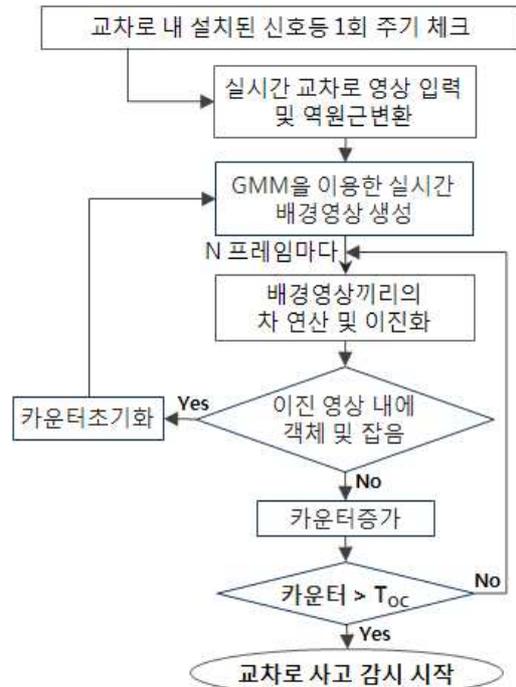
(그림 2) 역원근변환 및 검지영역 설정

2.1 검지영역 설정 및 역 원근 변환

교차로의 교통 정보 수집을 위한 카메라는 교차로의 모퉁이에 설치된다. 카메라의 원근으로 인해 차량의 크기는 가까운 차량과 멀리 떨어진 차량의 크기는 다르게 나타난다. 교차로 내 사고감지에 사용되는 잡음제거 필터인 크기필터(size filter)의 적절한 임계값(threshold value)을 설정하기가 어렵다. 본 제안방법에서는 (그림 2)와 같이 역원근변환[21]을 적용하여 카메라와 객체의 거리에 상관없이 객체의 크기

를 되도록 일정하게 유지시키고자 하였다. 또한 카메라가 고정되어 있는 상황에서는 최초로 산출된 좌표를 이용하기 때문에 매 프레임 원근변환을 수행할 필요가 없다.

(그림 2)의 (a)는 현재 영상에서 역원근할 좌표 4개를 입력받아 이를 이용하여 (b)와 같이 영상을 원근변환하며 변환된 영상에서 검지영역을 설정한다. (그림 2)의 (b)는 교차로 내 검지영역을 지정하는 것으로 왼쪽 아래 부분의 점선 부분은 교통섬 부분이나 가로등에 의해 객체가 가려지거나 가로등 조명에 의하여 사고 오 판단이 발생할 수 있는 상황을 미연에 방지하고 불필요한 연산을 제거하였다.



(그림 3) 교차로 사고감지 시작 방법

2.2 사고감지 시작방법

기존의 정성환[3]이 사용한 사고감지 시작 방법은 교차로 교통신호 주기를 파악한 후 배경영상을 d프레임마다 버퍼에 저장하여 버퍼 입력이 완료되면 사고감지를 시작하였다. 이는 초기에 배경에 객체들이 존재할 경우 사고 시작 초기부터 사고 오 판단이 발생할 가능성이 존재하기 때문에 본 논문에서는 사고감지 시작 방법을 (그림 3)과 같이 변경하였다. 교차로 내에 설치된 신호등 제어기로부터 교차로 신호 1회 주기를 확인 한 후, 역원근변환된 현재 영상에서 안정화된 배경영상을 생성한다. 안정화된 배경영상에 객체잡음(ghost noise)이 포함되는 경우 배경끼리 차 연산 시에 잡음이 발생하여 이로 인해 객체 검출에 나쁜 영향을 미치며, 사고 감지 시작 초기에 사고 오 판단 현상이 발생할 수 있다.

본 논문에서는 배경영상을 이용하는 객체 검출 방법을 사용하기 때문에 객체가 없는 초기 배경영상 생성이 중요하다. 따라서 배경영상 내에 연속적으로 잡음이 발생하지 않

을 경우 사고 감지를 시작한다. (그림 3)은 초기 생성되는 배경영상 내에 잡음이 연속적으로 존재 하지 않을 경우 사고 감지를 시작하는 것을 나타낸 것이다. (그림 4)의 T_{OC} 는 10으로 설정하였다. 이는 배경영상끼리 차 연산에서 객체 및 잡음이 나타나지 않는 횟수로 배경영상끼리의 차 연산에서 객체 정보가 10회 연속으로 발생되지 않을 경우의 임계값을 나타낸다.

2.3 적응적 배경영상생성 및 저장 방법

본 논문에서는 Lee[22]가 제안한 GMM(Gaussian Mixture Model)을 변형하여 사용하였다. GMM은 각 화소를 임의의 개수의 혼합된 가우시안 분포로부터 얻어졌다고 가정하는 방법이다. 이 방법에서는 온라인 근사법을 이용하여 모델을 갱신하고, 파라미터 값을 조절하여 다양한 환경에 적응하는 배경을 추출할 수 있다. 시간 t 에서 픽셀(x_0, y_0)의 과거 히스토리는 식 (1)과 같다.

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

각 화소의 최근 히스토리를 k 개의 가우시안으로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$P(x_t) = \sum_{j=1}^k w_{j,t} \cdot \eta(X_t, \mu_{j,t}, \sigma_{j,t}) \quad (2)$$

식 (2)에서 $w_{j,t}$ 는 시간 t 에서 j 번째 가우시안 모델의 가중계수로 하나의 화소위치에 여러 개의 배경 분포가 나타나는 경우 그 분포의 강도이며, 모든 분포의 강도의 합은 1로 정규화 시킨다. 강도가 높은 분포의 의미는 최근 프레임에 자주 나타나는 값들을 대표하는 분포이다. $\mu_{j,t}$ 와 $\sum_{j,t}$ 는 시간 t 에서 j 번째 가우시안의 평균과 공분산행렬로 계산상의 이유로 $\sum_{k,t} = \sigma_{k,t}^2 I$ 라고 가정한다. 배경영상을 생성하기 위해서는 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/σ_k 값이 큰 순서대로 정렬하여 이중 몇 개의 분포를 영상의 배경으로 간주 하고 다음과 같이 계수를 갱신한다.

$$w_{k,t} = (1 - \alpha)w_{k,t-1} + a(M_{k,t}) \quad (3)$$

$$\mu_{k,t} = (1 - \rho)\mu_{k,t-1} + \rho X_t \quad (4)$$

$$\sigma_{k,t}^2 = (1 - \rho)\sigma_{k,t-1}^2 + \rho(X_t - \mu_{k,t})(X_t - \mu_{k,t}) \quad (5)$$

where

$$M_{k,t} = \begin{cases} 1 : \text{for the model which matched} \\ 0 : \text{for the remaining model} \end{cases} \quad (6)$$

$$\rho = \alpha \eta(X_t | \mu_k, \sigma_k) \quad (7)$$

여기서 망각 요인(forgetting factor) α (alpha)는 사용자가

정한 0과 1사이의 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. 배경과 현재 영상의 차 영상에서 객체가 빈번히 이동하는 부분에 따라 α 를 0~1사이로 능동적으로 조절한다면 배경에 나타나는 객체 및 환경적인 잡음의 영향을 최소화 할 수 있다.

2.3.1 적응적 α 값 결정 방법

본 논문에서는 배경영상에 생성에 사용되는 망각요인 α 을 객체의 이동에 따라 값을 달리하여 객체잡음을 최소화 하고자 하였다. 현재영상과 이전영상, 현재영상과 배경영상의 차 영상을 기준으로 차량의 이동이 빈번하게 발생하는 영역은 α 값을 매우 작게 하여 배경영상 갱신을 매우 느리게 하며, 차량 객체의 이동이 빈번히 발생하지 않는 영역은 α 를 크게 하여 현재 영상이 배경영상에 갱신되는 속도를 빨리 하였다. 식(8)의 RB_n 은 현재 영상의 차 연산의 결과이며 I_t 는 현재 영상, I_{t-1} 은 이전 영상을 나타낸다. 식(9)의 TB_n 은 배경영상과 현재영상의 차 연산 결과이며, BG_{buf} 는 저장된 배경영상을 나타낸다.

$$RB_n(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I_t(i, j) - I_{t-1}(i, j)| > T_B \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (8)$$

$$TB_n(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I_t(i, j) - BG_{buf}(i, j)| > T_B \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (9)$$

T_B 는 차 연산의 임계값을 나타내며, n 은 프레임을 나타낸다. 본 제안방법에서 T_B 는 2로 설정하였으며 이는 배경색과 비슷한 차량까지 객체로 판단하기 위함이다. 식(10), (11)은 현재 차 영상에서 객체의 이동이 자주 발생하는 픽셀을 나타낸다. 식 (10)의 T 는 차 영상의 프레임 개수를 나타낸다. 식 (10)의 $E_n(i, j)$ 는 T 프레임 동안 객체의 이동을 더한 것으로 픽셀에서의 객체의 빈번한 이동을 의미한다. 식 (11)은 $E_t(i, j)$ 가 1일 경우(임계값 TF 보다 클 경우) 객체의 이동이 빈번히 나타난 픽셀임을 의미한다. 임계값 TF 가 작을 경우 잡음까지 객체의 이동영역으로 판단되어 지므로 이를 최소화하고 객체의 이동 정보를 파악하기 위해 본 제안 방법에서는 4로 설정하였다. 식(12)의 $\Omega_n(i, j)$ 는 객체 이동이 자주 발생하는 픽셀과 배경영상과 현재 차 영상에서 객체로 나타나는 부분을 의미한다. 식(13)의 $a(i, j)$ 는 식 (3)과 식 (7)에서 배경영상 생성 시 사용되는 각 픽셀에서의 α 를 의미하며 객체의 이동에 따른 각 픽셀 마다 배경영상 갱신 속도를 조절한다.

본 제안방법에서는 α 를 이용하여 배경영상에 현재 영상이 갱신되는 속도를 조절하였다. 이동 후 정지한 객체의 이동 정보를 보존해야 하며, 정지 후에는 이동 정보가 없으므로 식 (13)에 의해 배경영상에 갱신되는 α 가 *Large*

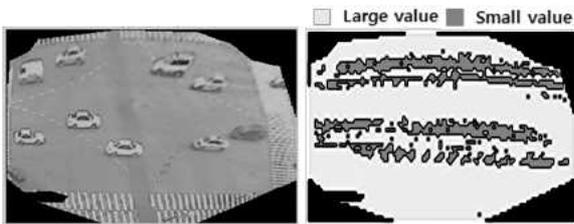
Value로 변경된다. 이동 후 정지한 객체가 현재 배경영상에 완전히 등록되기까지는 $1/\alpha$ (Large Value) 프레임이 소요된다. 즉, α 값이 0.008일 경우 M_{mi} 는 125로 설정되어 객체의 움직임 정보가 125 프레임동안 유지된다. 이는 정지한 객체가 현재 배경영상에 등록되어 배경끼리의 차 연산 시에 정확한 객체로 판정하기 위함이며 Small Value는 움직임이 빈번히 발생하는 영역일 경우 배경영상에 객체 잡음(Ghost Noise)이 최소화되도록 줄이고자 α 값을 작게 설정하였다.

$$E_n(i, j) = \sum_{t=n-T}^n RB_t(i, j) \quad (10)$$

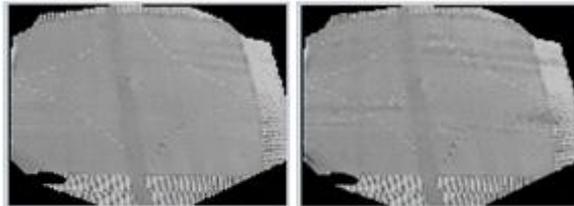
$$E_t(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } (E_n(i, j) > TF) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (11)$$

$$\Omega_n(i, j) = TB_n(i, j) \& E_t(i, j) \quad (12)$$

$$\alpha(i, j) = \begin{cases} \text{Small Value}(0.00001) & \text{if } (\Omega_n(i, j) = 1) \\ \text{Large Value}(0.008) & \text{else} \end{cases} \quad (13)$$



(a) 현재영상 (b) Alpha map
(그림 4) 배경영상 생성에서 능동적인 α 의 변경



(a) 적용 (b) 미 적용
(그림 5) 현재 배경영상 생성에서 능동적인 α 에 따른 배경영상의 차이



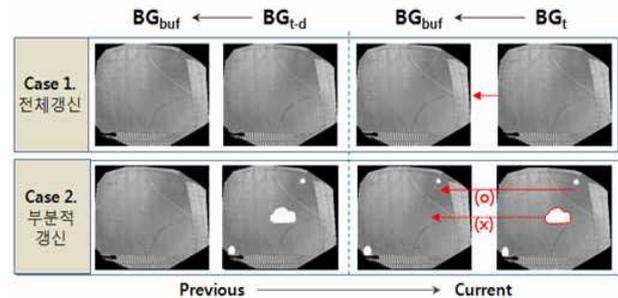
(a) 건물의 그림자 (b) 젖은 후 노면의 건조
(그림 6) 환경적 잡음의 변화

(그림 4)는 객체 이동에 따라 배경영상 갱신에 사용되는 α 값을 현재로 변경하는 것을 나타낸 것으로 (그림 5)의 (b)의 어두운 영역은 객체이동이 자주 발생하여 객체 잡음이

발생할 수 있는 영역으로 배경영상 갱신 속도를 느리게 하는 영역이며, 밝은 영역은 객체 이동이 자주 발생하지 않는 영역으로 배경 갱신 속도를 빠르게 하는 영역을 나타낸다.

(그림 5)의 (a)는 능동적인 α 값 적용한 배경영상이며 (b)는 적용하지 않은 배경영상으로 (b)의 배경영상에 객체 잡음이 포함되어 생성된 것을 확인 할 수 있다.

본 논문에서는 일정한 프레임 간격으로 배경영상끼리 차 연산에서 정지 객체를 추출하는 방법을 이용하므로 (그림 6)과 같이 주변 시설물의 그림자 및 조명, 우천 후 젖은 노면이 서서히 건조되는 경우 등의 환경의 영향에 의한 잡음이 현재 배경영상에 등록되어 객체로 나타날 수 있으며, 이러한 잡음은 사전에 제거할 필요가 있다. (그림 6)과 같은 환경적인 잡음 요소를 본 논문에서는 식 (13)과 같은 방법으로 제거하였다. 환경적 요인의 변화는 객체의 이동속도보다 느리기 때문에 식 (8)의 실시간 차 연산에서 RB_n 이 1로 나타나지 않아 객체의 이동 정보가 누적되지 않는다. 따라서 느리게 움직이는 환경적인 잡음이 배경영상 끼리의 차 연산에서 객체로 나타나지만 과거 객체의 이동 정보가 없기 때문에 사고 후보 영역에 등록되는 것을 사전에 제거 할 수 있다.



(그림 7) 기준 영상에 따른 배경영상 저장 방법

2.3.2 배경영상 저장 방법

배경영상에 등록되는 정지한 객체는 식 (14)를 통하여 추출 할 수 있다. 현재 생성되는 배경영상을 d 프레임 간격으로 배경 버퍼에 저장하여 배경영상끼리의 차 영상을 통해 정지한 객체를 추출할 수 있다.

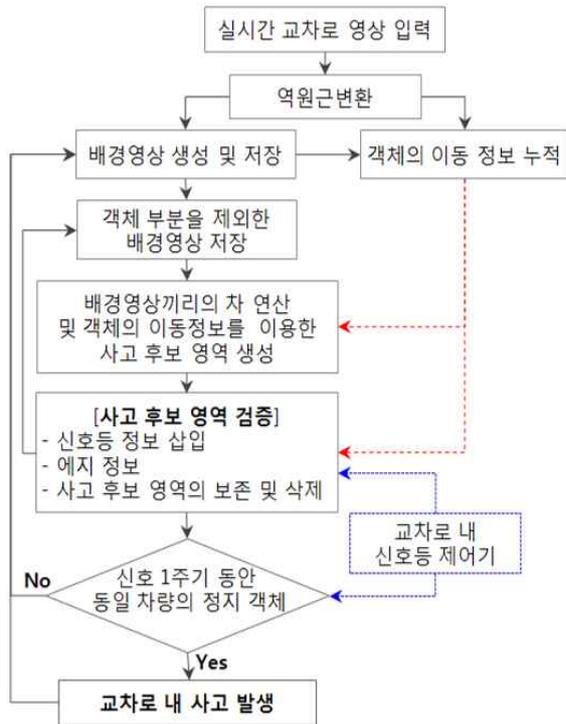
$$oB_n(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |BG_t(i, j) - BG_{buf}(i, j)| > T_B \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (14)$$

BG_t 는 현재 배경영상, BG_{buf} 는 저장된 배경영상, T_B 는 차 연산에 사용되는 임계값을 나타낸다. 식 (14)의 결과 영상에서 나타난 이진영상 oB_n 은 컴포넌트를 찾은 후 면적이 임계값보다 크면 해당 레이블은 보존되며, 작으면 삭제되는 크기 필터를 통하여 변경된다. 변경된 이진영상을 이용하여 (그림 7)과 같이 현재 배경영상을 배경버퍼에 저장하였다. (그림 7)은 배경을 저장하는 방법은 두 가지 경우로 이진영상(oB_n)에 따라 객체가 존재하지 않는 경우에는

배경영상 전체를 버퍼에 저장하며(Case 1), 크기가 큰 객체가 존재하는 경우 사고 후보영역을 보존하기 위하여 객체를 제외한 나머지 부분만을 버퍼에 저장하였다(Case 2). 즉 객체가 존재 하는 영역에서는 배경을 갱신하지 않음으로 식 (14)를 통하여 계속적으로 객체로 판단되어 지기 위함이다.

2.4 교차로 사고 감지

본 사고 감지 방법은 배경영상 내에 등록된 객체가 신호등 1주기 동안 머물러 있는 경우 사고로 판단하기 때문에 교차로 내에 설치된 신호등 제어기로부터 신호 상태를 입력받아 사고 감지에 이용하였다. 교차로 신호등 정보를 이용하는 방법은 정성환[3]의 방법과 동일하게 이용하였다. 배경영상 끼리의 차 연산에서 객체를 추출하는 방법 또한 정성환[3]의 방법과 동일하다. 하지만 객체의 이동 정보를 누적함으로써 환경적인 잡음을 사전에 제거하여 움직임 후 정지한 객체에 대해서만 사고 후보 영역으로 간주한다. 사고 후보 영역의 생성과 검증절차에서 교차로 주변의 환경적인 잡음에 강인하고 사고후보 영역이 순간적으로 또는 부분적으로 가려지는 경우에도 사고를 감지하는 개선된 교차로 내 사고감지 방법을 제안한다.



(그림 8) 교차로 사고 감지 세부 흐름도

(그림 3)의 과정을 통하여 교차로 사고 감지가 시작된 후의 사고 감지 과정은 (그림 8)과 같다. 배경영상 끼리의 차 연산인 식 (14)의 oB_n 이 1이고 객체의 이동 정보가 존재하였다면 사고 후보 영역으로 간주한다. 사고 후보 영역으로 등록되는 객체 영역에 현재의 신호등 상태를 저장한다. 이는 정지한 객체가 신호 1주기 동안 정지해 있는지를 판단하

기 위함이다. 등록된 사고 후보 영역은 현재 영상, 현재 배경영상, 저장된 배경영상의 에지 정보와 다른 객체의 이동 정보를 이용하여 사고 후보 영역을 보존 할 것인지 삭제할 것인지를 판단한다. 사고 후보 영역 검증 과정에 있어서 사고 오 판단 영역일 경우 사고 후보 영역을 삭제하고 삭제된 영역은 객체영역이 아니므로 배경영상을 저장하게 된다. 최종 사고 감지 방법은 위의 과정에서 삭제되지 않은 정지 객체가 신호 1주기 동안 움직이지 않을 경우 최종 사고로 감지하는 방법이다[3].

2.4.1 움직임 정보와 사고후보 영역

제안 방법에서는 언급한 바와 같이 배경끼리의 차 연산 및 크기 필터를 통과한 객체를 사고 후보영역으로 간주하였다. 그러나 차량의 사고는 사고 차량이 움직임 정보가 존재할 경우에 움직인 경우에 한정되기 때문에 발생한 사고 후보 영역 내에 객체의 이동정보가 존재할 경우 사고 후보영역은 보존되어야 하고, 존재하지 않을 경우는 잡음으로 간주되어 사고 후보영역을 삭제해야 한다.

이를 위해서는 이동 후 정지한 객체가 배경에 등록되어 배경끼리의 차 연산에서 객체로 나타나기까지 객체의 이동 정보를 유지해야 실제 객체인지 잡음인지를 판별할 수 있다. 객체의 이동 정보 누적은 식 (15), (16)과 같다. 제안된 배경영상 갱신방법에 따르면 정지한 객체가 배경영상에 등록되는 시간은 배경영상 생성 시에 사용되는 망각요인 α 에 따라서 결정된다.

$$M_{mi}(i,j) = \begin{cases} 1/\alpha (Large Value) & \text{if } (\Omega_n(i,j) = 1) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (15)$$

for every pixel
 if ($M_{mi}(i,j) > 0$) then $M_{mi}(i,j) = M_{mi}(i,j) - 1;$ (16)

$$AciReg(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{if } (oB_n(i,j) = 1 \text{ and } M_{mi}(i,j) > 0) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (17)$$

식(15)의 M_{mi} 는 식(12)의 AND 논리 연산으로 현재영상과 이전영상, 현재영상과 배경영상의 차 영상에서 동일하게 객체로 나타나는 픽셀일 경우, 즉 Ω_n 이 1일 경우, $1/\alpha$ ($\alpha = Large Value$)로 초기화되며 프레임이 진행되는 동안 순차적으로 감소하며 실제 사고객체가 배경에 등록되는 때까지 양의 값으로 움직임 정보를 유지한다.

식(15)에서 Ω_n 이 1일 경우 식 (13)과는 다르게 α 는 $Large Value$ 를 사용한다. 식 (17)의 $AciReg(i,j)$ 는 사고 후보로 등록된 객체가 이전에 움직임 정보가 있었다면 후보 영역은 보존하고 움직임 정보가 없는 영역은 삭제한 것을 나타낸다. 즉 식 (14)의 oB_n 이 1인 영역 중에 M_{mi} 이 완전히 감소하지 않은 영역 즉 이전에 움직임이 있었던 영역만을 사고 후보객체로 등록하는 것이다.

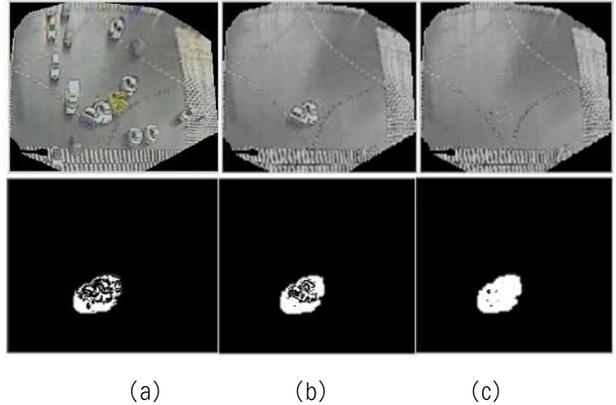
2.4.2 에지 정보를 이용한 사고 후보 영역 검증

식 (14)와 이전 절에서 언급한 사고후보 영역이 실제 사고 영역이라면 현재 배경영상의 사고후보 영역과 현재 영상은 유사한 특징을 가지며 그렇지 않은 경우에는 잡음으로 간주할 수 있다.

식 (17)에서 보존된 사고 후보 영역이 실제 객체 인지 잡음인지를 판별하기 위하여 oB_n 영상을 기준으로 현재 영상 (I_t), 현재 배경영상(BG_t), 저장된 배경영상(BG_{buf})에서 유사도로서 로컬 에지정보를 이용하였다. oB_n 영상을 기준으로 추출된 에지를 이용하여 현재 영상에 나타난 사고 후보영역이 차량인지 잡음인지를 확인하며, 현재 영상에서의 사고 후보영역이 현재 배경영상과 비슷하고 저장된 배경영상과 다를 경우 이를 실제 차량 객체로 판별하였다.

$$\begin{aligned}
 & \text{if}(AciObj_b = 1) \\
 & \text{if}\left(\left(\frac{CEBG_{bt}}{CEI_{bt}} \times 100\right) > \mu_0\right) AciObj_b = 1; \\
 & \text{if}\left(\left(\frac{CEBG_{buf}}{CEI_{bt}} \times 100\right) < \mu_1\right) AciObj_b = 0; \\
 & \text{if}\left(\left(\frac{CEBG_{buf}}{CEBG_{bt}} \times 100\right) < \mu_2\right) AciObj_b = 0;
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

(그림 9)와 같이 oB_n 영상에서 객체로 나타나는 영역을 기준으로 에지를 추출하며, 각 연결성분 별로 발생한 에지의 개수를 산출한다. 식 (18)의 CEI_{bt} 는 현재영상, $CEBG_{bt}$ 는 현재 배경영상, $CEBG_{buf}$ 는 저장된 배경영상에서의 각 연결 성분별 에지 개수를 나타낸다. 에지 추출은 Sobel 연산자를 사용하였다.



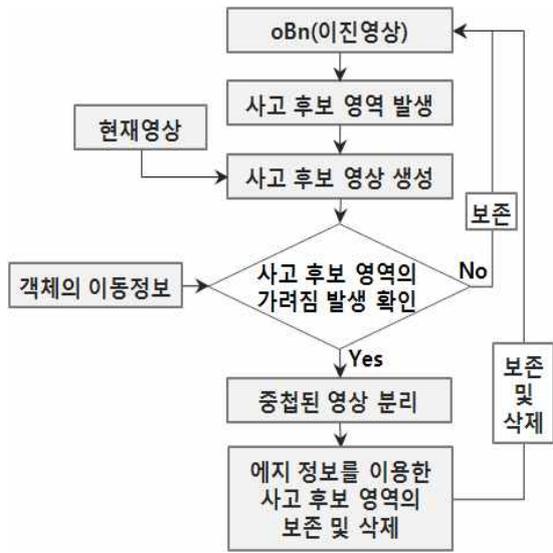
(그림 9) 사고후보영역의 에지 정보를 이용한 사고 객체 판별, (a) 현재영상의 에지 (b) 현재 배경영상의 에지 (c) 저장된 배경영상의 에지

실제 사고 객체라면 현재 영상과 현재 배경영상의 에지 개수는 유사하며 저장된 배경영상과는 유사 하지 않는 특징을 가진다. 이는 식 (18)을 통하여 산출할 수 있다. 식(18)에서 μ_0 는 현재 영상과 현재 배경의 유사도 임계값, μ_1 는 현재 영상과 저장된 배경영상의 유사도 임계값, μ_2 는 현재 배경과 저장된 배경영상의 유사도 임계값을 나타낸다. 식 (18)에서 $AciObj_b$ 가 1일 경우 b영역에서 사고 객체가 존재하는 영역으로 판단하였다.

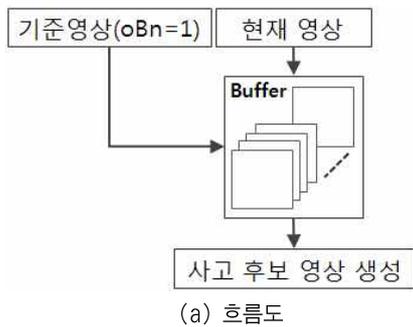
(그림 9)는 사고 후보영역을 기준으로 현재 영상, 현재 배경영상, 저장된 배경영상의 에지를 나타내는 것으로 (그림 9)의 (a)와 (b)의 에지정보는 유사하며 저장된 배경의 에지 (c)와는 다른 것을 확인할 수 있다. 사고 후보 영역을 기준으로 각 영상에서의 에지 정보는 국부 에지의 개수 및 에지 히스토그램의 Global Bins[23]의 에지 정보를 추출하여 사고 감지에 사용하였다.



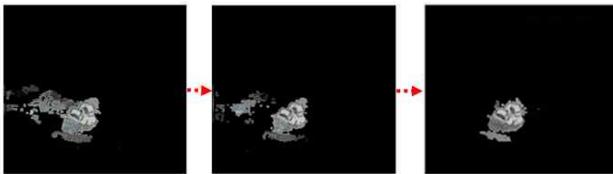
(그림 10) 조명 및 다른 객체의 이동에 따른 사고 후보 영역의 변화



(그림 11) 사고 후보 영역의 보존 및 삭제 방법



(a) 흐름도



최초 사고후보영역발생 시점의 영상 생성 후보영역들의 삭제로 인한 영상 생성 사고 후보 영상 생성

(b) 사고 후보 영상 생성

(그림 12) 기준영상으로 현재 사고 후보 영상을 생성

2.4.3 사고 후보 영역의 보존 및 삭제

신호 환주기 동안에는 사고 객체가 정지해 있을 경우 다른 객체에 의하여 가려짐 현상과 야간의 경우 조명의 변화에 의해 객체의 변화가 빈번히 발생한다. 생성된 사고 후보 영역이 식 (18)에서 $AciObj_b$ 가 1로 사고 후보 영역이 보존될 경우 가려짐 영향을 고려하여 최종적으로 사고 로 감지해야 한다.

(그림 10)은 사고 후보 영역이 발생된 후 신호 1주기 동안 발생된 사고 후보 영역이 다른 객체에 가려짐과 주변 조명의 영향에 따른 변화를 나타낸 것이다. 사고 후보 영역이 다른 차량 및 조명에 의한 가려짐이 발생하게 되어 기존 정

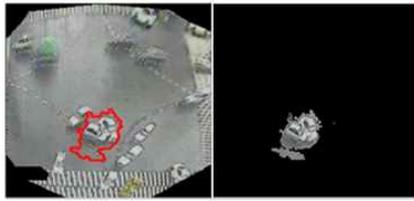
성환[3]논문에서는 이를 사고로 간주 할 수 없는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 (그림 11)의 방법을 이용하였다. 사고 후보 영역(oB_n)과 현재 영상을 이용하여 사고 후보 영상을 생성하고 다른 차량의 이동 정보가 사고 후보 영역과 중첩될 경우 에지정보를 이용하여 사고 후보 영역을 보존 및 삭제하는 방법이다.

사고 후보 영역을 기반으로 하는 사고 후보영상을 재생성하는 방법은 (그림 12)에 나타내었다. (그림 12)의 (a)와 같이 사고 후보 영역(oB_n)을 기준으로 N프레임마다 현재 영상을 버퍼에 입력하였다. 입력된 버퍼 영상에서 각 픽셀의 시간적인 미디안을 산출하여 사고 후보 영상을 (b)와 같이 재생성 하였다. 사고 후보 영역이 발생된 후 신호 1주기 동안 다른 객체에 의하여 가려짐 현상이 발생하거나 조명의 변화에 의하여 객체의 밝기가 변화하여도 현재영상들의 미디안 영상을 이용하므로 실제 사고 객체는 일정하게 유지된다는 점을 이용하였다. (그림 12)의 (b)는 최초 사고 차량 정지로 인해 차량의 소통이 원활하지 못하게 되어 다른 객체들 또한 현재 배경영상에 등록된다. 사고 객체가 아닌 객체들은 시간이 지남에 따라 이동하게 되어 사고 후보 영역에서 삭제되며 실제 사고 객체는 계속해서 정지해 있으므로 실제 사고 영역의 영상만을 재생성하여 사고 판단에 이용한다.

재 생성되는 사고 후보 영상을 최종적인 사고 판단에 이용하게 되는데 생성된 사고 후보영역 내에 조명의 변화 및 다른 객체의 이동이 발생하는 경우에 생성된 사고 후보 영역과 중첩되는 부분을 보존 또는 삭제한다. 사고 후보 영역과 다른 객체와의 중첩되는 정보는 식 (12)를 통하여 알 수 있다. 식 (12)에서 움직이는 객체가 사고 후보 영역을 가리고 지나가는 객체가 발생할 경우 (그림 12)에서 생성된 영상에서 중첩된 영역을 분리하며, 분리된 부분의 사고 후보 영상과 현재 배경영상 및 저장된 배경영상의 유사성을 비교하여 사고후보 영역을 보존하거나 삭제하게 된다. 여기서 유사도는 식 (18)의 에지정보를 이용하였다. 삭제하는 경우 사고 후보 영역(oB_n)과 재생성 되는 영역이 중첩된 면적만큼 감소한다.

(그림 13)의 (a)는 사고 후보 영역(oB_n)을 기준으로 재생성된 영상을 나타낸 것이며, (b)는 버스에 의해 사고 후보 영역이 가려짐이 발생하여 중첩된 영역을 분리하고 분리된 영역이 식 (18)에 의하여 보존된 것을 나타낸 것이며, (c)는 중첩된 면적만큼 사고 후보 영역이 삭제되어 사고 후보 면적의 감소를 나타낸 것이다. 이를 이용할 경우 사고 후보 영역 내에 잡음이 포함되어 있을 경우 다른 객체의 이동 정보를 이용하여 후보 영역을 삭제하여 사고 오 판단을 줄일 수 있다.

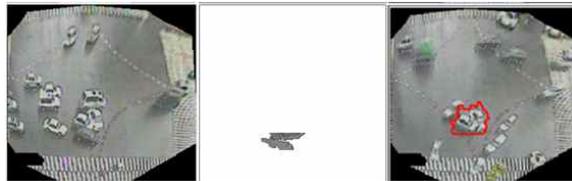
최종 사고 판단은 신호 1주기 동안 사고 후보 영역(oB_n)이 존재하고 재 생성되는 영상과 현재 배경영상의 에지 정보가 유사하고 저장된 배경영상과는 유사하지 않은 객체일 경우 사고로 판단하였다.



(a) 사고 후보 영역

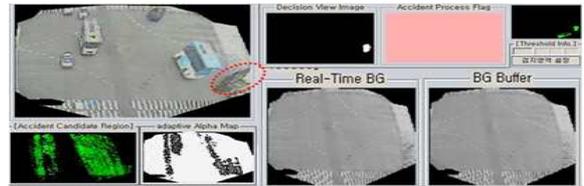


(b) 사고 후보 영역 보존

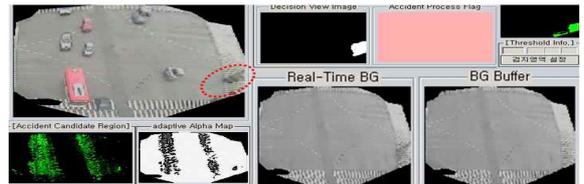


(b) 사고 후보 영역 삭제

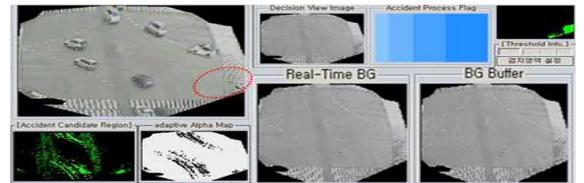
(그림 13) 사고 후보영역 위로 객체의 이동에 따른 영역의 삭제와 보존



(a) 횡단보도에 의한 차량 정지

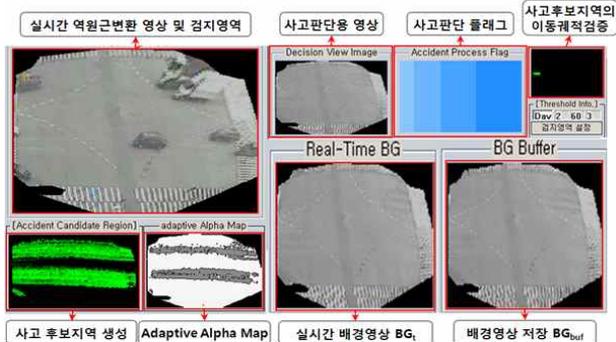


(b) 신호에 의한 차량 이동



(c) 차량 이동 후 사고 후보영역 삭제

(그림 15) 사고 후보 영역 제거



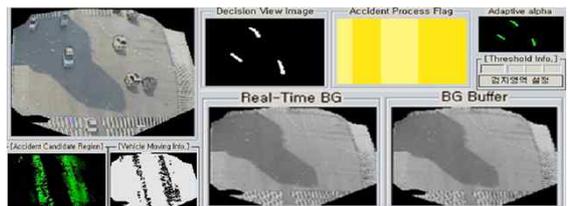
(그림 14) 교차로 감시 화면

3. 실험 및 결과

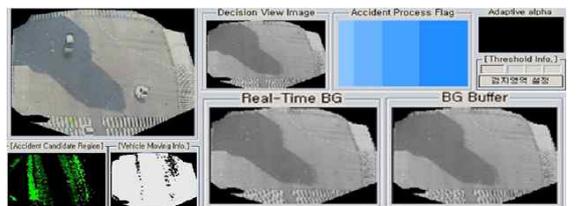
본 실험에 사용한 교차로 영상은 실제 교차로에 설치된 CCTV를 통하여 저장된 DVR영상을 저장하여 사용하였다. 실험에 사용한 영상 크기는 320×240이며 현재 영상 입력은 Matrox Frame Grabber(CronosPlus)를 사용하였으며, Intel i7 2.8GHz, 4G Ram, Visual C++ 6.0을 이용하여 개발 및 실험을 진행하였다.

(그림 14)는 교차로 감시 화면을 나타내는 것으로 교차로 신호등 방향에 따라 사고판단 플래그를 4단계로 나누어 적용하였다.

3.1 사고 후보영역의 삭제



(a) 건물 그림자의 이동으로 인한 사고 후보영역 생성

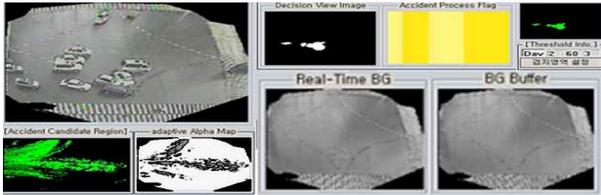


(b) 그림자 영역의 사고 후보영역 삭제 후 정상적인 경우

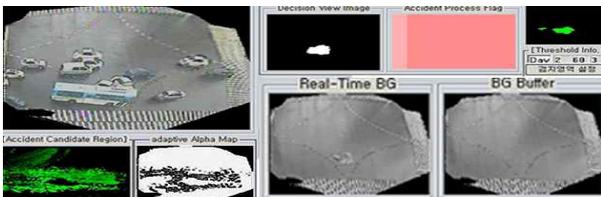
(그림 16) 환경적 영향 제거

(그림 15)는 교차로에서 흔히 발생하는 상황으로 본 제안 방법에서 자주 사고 후보영역으로 검출되는 경우이다. 보행자 횡단보도 신호로 인하여 차량 객체가 움직임 발생 후 정지하였기 때문에 최초 사고 후보지역으로 등록하지만 보행자 신호등 변경으로 인해 차량이 출발하는 경우 현재 등록된 사고 후보영역 발생을 해제하는 것을 나타낸 것이다. 객체는 보행자 횡단보도와 검지영역 내에 빈번히 정지하기 때문에 신호등 변경 시에 차량이 출발 하였다면 사고로 판단해서는 안 된다.

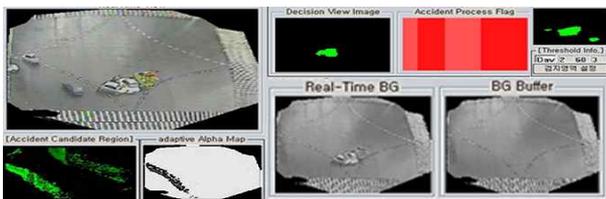
(그림 16)은 교차로 주변의 건물에 의해 그림자가 발생하여 그림자의 이동으로 인해 (그림 16)의 (a)와 같이 사고 후보영역이 생성되었지만 본 논문에서 제안한 방법으로 (b)와 같이 그림자로 인해 발생되었던 사고 후보영역을 제거하였다.



(a) 사고 발생 후 최초 사고 후보 영역 등록

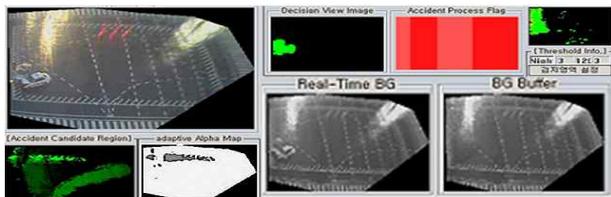


(b) 사고 후보 영역 보존



(c) 최종 사고 감지

(그림 17) 우천 시 사고 감지(주간)



(그림 18) 우천 시 사고 감지(야간), 서로 다른 방향

3.2 사고 감지

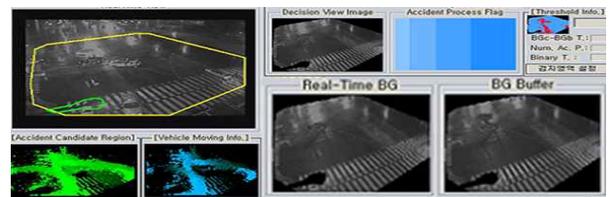
(그림 17)은 우천 시 마두동 교차로에서 서로 다른 방향의 차량끼리의 충돌 사고를 감지한 것을 나타낸 것이다. (그림 17)의 (a)는 사고가 발생되고 사고 객체가 배경영상에 등록되어 최초 사고 후보 영역을 감지한 것이며, (b)는 사고 판단 과정 중에 다른 차량의 가려짐이 발생하는 경우를 나타낸 것이다. 사고 객체의 가려짐 여부와 상관없이 본 제안 방법에서는 (그림 17)의 (c)와 같이 정확한 사고 및 사고 위치를 감지하였다. (그림 17)의 (c)에서 사고 판단용 영상 위치의 연두색 부분이 실제 발생한 사고 위치를 나타낸다.

(그림 18)은 분당교차로에서 우천 시 야간에 발생한 사고를 감지한 것을 나타낸 것이다. 야간 우천 시에 노면에 조

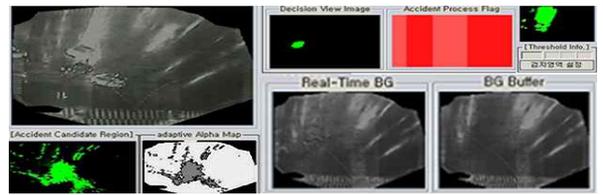
명 반사가 빈번히 나타나는 영상으로 조명 부분이 사고 후보영역 내부에 BG_{buf} 와는 다른 에지정보로 사고 후보영역으로 계속적으로 등록되지만 차량의 이동으로 인하여 oB_n 영상에서 삭제됨으로써 최초 사고 후보 영역으로 등록된 영역만을 실제 사고 영역으로 판단한 것을 나타낸 것이다.



(a) 사고 차량(우천시), 주위 조명 변화 및 다른 차량 이동에 따른 사고 객체의 변화

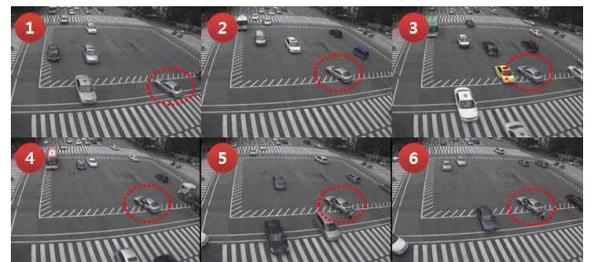


(b) 정성환이 제안한 교차로 사고감지 방법[3]

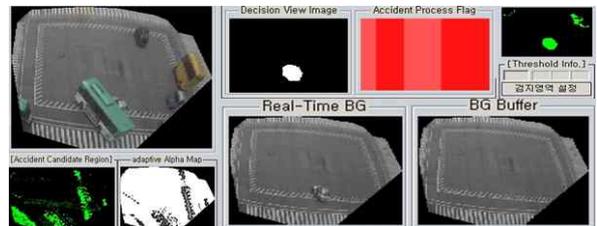


(c) 본 논문에서 제안한 방법

(그림 19) 우천 시, 같은 방향의 접촉사고



(a) 교차로 밖에서 사고 후 교차로 내 진입 후 정지



(b) 사고감지

(그림 20) 교차로 밖에서 사고 후 교차로 검지영역 내 정지 차량의 사고 감지 결과

(그림 19)의 (a)는 야간 우천 시에 마두동 교차로에서 같은 방향 차량끼리의 접촉사고 후 차량 한 대만 검지영역 내에 정지한 경우로 다른 차량의 이동 및 조명의 영향으로 인하여 정지한 사고 객체가 계속적으로 변화하게 된다.

(그림 19)의 (b)는 정성환[3]이 제안한 방법으로 사고 객체가 정지한 후 사고 후보영역으로 등록되지만 사고 객체의 조명 변화 및 다른 객체의 전조등으로 인하여 사고 후보영역이 삭제되어 사고를 감지하지 못한 것을 나타낸 것이다. (그림 19)의 (c)는 본 논문에서 제안한 방법으로 사고 후보영역으로 등록된 후 사고 후보 영역을 재 생성하여 생성된 배경영상과 현재 배경영상, 저장된 배경영상을 이용하여 계속적으로 사고 영역으로 판단하게 되어 최종 사고로 감지한 것을 나타낸 것이다. (그림 19)의 영상은 현장 카메라의 칼라센서의 고장에 의하여 흑백영상으로 녹화되었지만 본 논문의 제안방법은 칼라영상이 아닌 흑백영상을 사용하기 때문에 사고를 감지하는데 문제가 발생하지 않았다.

(그림 20)은 교차로 밖에서 사고가 발생하여 교차로 내부에서 정지한 사고 차량을 정상적으로 감지한 결과를 나타낸 것이다. (그림 20)의 (a)는 교차로 밖에서 사고 발생 후 교차로 내부로 서서히 진입하여 정지한 것을 캡처하여 나타낸 것이며 (b)는 정지한 사고 차량과 카메라사이로 큰 객체의 이동으로 인하여 사고 차량이 가려짐이 발생하여도 정상적으로 사고를 감지하였다. 이는 검지영역 내에서 다른 차량과의 충돌이 발생하지 않은 사고로 객체끼리의 충돌 감지를 이용하여 사고를 감지하는 기존 논문[4][7][12][13][14][15]에서는 감지를 할 수 없는 경우이다.

〈표 1〉실험에 사용한 영상

구분	건수	조건
주간	일반	22
	우천	4
야간	일반	10
	우천	6
야간→주간	일반	3

〈표 2〉 실험에 포함된 동영상의 사고 발생 형태

사고형태(총 20건)
- 서로 다른 방향 사고 : 차량-오토바이, 차량-차량
- 같은 방향끼리의 접촉 사고 : 차량-오토바이, 차량-차량
- 검지영역 밖에서 사고 발생 후 교차로 진입 차량
- 고장이나 사고의 원인에 의한 교차로 내 정지 차량

3.3 성능 평가

본 알고리즘의 성능평가를 위하여 경기도의 마두동, 분당, 서현교, 벽산, 정자, 내정 교차로에 설치된 DVR을 통해서 1시간 단위로 실험 동영상을 저장하였다. 동영상 획득은 정성환[3]이 제시한 방법에서 사고의 오판단이 비교적 많이 발생한 시간대의 동영상을 저장하여 실험에 사용하였다.

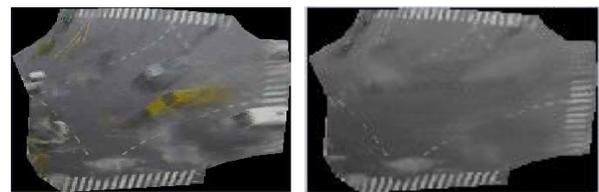
〈표 1〉은 실험에 사용한 교차로에서 나타날 수 있는 영상감지에 문제가 되는 상황을 설명한 것이며, 〈표 2〉는 실험에 사용된 동영상 중에 사고가 발생한 사고의 행태를 나타낸 것이다. 카메라의 지터(jitter)효과는 횡단보도 영역에서 많이 발생하며 이 때문에 차량을 분리할 경우 잡음이 포함되어 차량의 외곽선 영역이 자주 변경되는 문제점이 발생하게 된다.

제안한 알고리즘의 성능 평가를 위해 식(19), (20)을 사용하였다. η 는 실제 발생한 사고를 정확히 판단하는 감지율이며, ξ 는 사고판단 횟수 중 실제 사고 유효 획득률을 나타낸 것이다.

$$\eta = \frac{TP}{TP+FN} \times 100 \tag{19}$$

$$\xi = \frac{TP}{TP+FP} \times 100 \tag{20}$$

$TP(True\ Positive)$ 는 실제 사고를 정확히 감지한 횟수이며, $FN(False\ Negative)$ 은 실제 사고를 감지하지 못한 횟수, $FP(False\ Positive)$ 는 사고가 아닌데 사고로 감지한 횟수를 나타낸다.



(그림 21) 카메라 렌즈에 빗물이 묻어 있을 경우

동영상 45개를 실험한 결과 ($TP=20, FN=0, FP=26$) 실제 사고를 정확히 판단하는 η 는 100%로 본 실험에 사용된 동영상에서의 사고는 모두 감지하였으며, 실제 사고와 사고 오 판단을 포함하는 ξ 는 76.9%의 성능을 나타내었다. 실험 중에 FP 가 가장 많이 나타난 횟수는 2회로 영상은 (그림 21)의 영상으로 카메라 렌즈에 빗물이 묻어 영상을 확인할 수 없는 경우이며, 객체 추적 및 다른 영상 알고리즘으로도 상황 분별이 불가능하다. 만약 해당 동영상에서 사고가 발생 하였을 경우 사고를 판단하지 못했을 것이며, 차량 추적 알고리즘 역시 객체를 정확히 판단 할 수 없을 것이다.

(그림 22)는 본 실험 동영상에 포함된 실제 사고를 나타내며 사고 행태는 〈표 2〉에 나타내었고 제안한 알고리즘을



(그림 22) 본 실험에서 사용한 교차로 내 사고영상

이용하여 사고 감지 실험 결과 주간, 야간, 우천 시에 발생한 총 20건의 사고를 모두 감지할 수 있었다.

객체의 이동 정보를 이용하는 배경영상 생성과 신호등 정보를 이용하는 사고감지 방법은 검지영역의 크기에 따라 초당 10~14프레임의 처리속도를 보였다. 실험에 사용한 컴퓨터 CPU의 성능은 2.8GHz로, 4개의 코어를 가지는 처리장치이지만 제안 방법에서는 단일 쓰레드(thread)를 사용하여 CPU 사용율은 13% 내외이다.

4. 결 론

기존 정성환[3]의 교차로 사고감지 방법에서는 실제 사고가 발생 하였을 경우 다른 차량의 이동으로 인해 사고 영역이 가려짐이 발생하거나 조명의 변화에 의해 사고 객체의 변화가 발생하는 경우 사고를 감지하지 못하는 문제가 발생하였다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하고 사고 감지 유효획득률을 높이기 위해 객체의 이동 정보를 이용하는 배경영상 생성 방법과 이를 이용한 사고 후보 영역 생성 방법, 교차로 내 신호등 정보를 이용하는 강건한 교차로 감시 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서 배경끼리의 차 연

산 및 현재 영상의 차 연산 시 이용되는 $T_B(T_B=2)$ 임계값을 낮게 설정하여 도로와 비슷한 색의 차량도 감지 할 수 있게 하였다.

기존 정성환[3]에서 사고 알람이 많이 발생한 시간대의 영상과 다양한 환경에서의 영상을 저장하여 실험한 결과 취득한 실험 영상에서 발생한 20개의 사고를 모두 감지하여 100%의 검지율을 나타내었으며, 사고 유효획득률은 76.9%를 나타내었다.

본 알고리즘에서 사용하는 영상 크기는 320×240이며, 비교적 선명한 카메라를 요구하도록 설계하였다. 실험에 사용한 컴퓨터에서 처리속도는 검지영역 면적에 따라 초당 10~14프레임을 처리하며 이는 객체 추적을 사용하지 않는 본 제안 방법의 교차로 사고 감지에 사용되는데 문제점이 없는 것으로 판단된다. 본 알고리즘의 개선점이라면 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 오 판단을 줄이며 정확히 사고를 감지해 낸다는 이점이 있다. 현재 교차로에서는 교차로 한쪽 모퉁이에 카메라가 설치되어 있으며 좀 더 정확한 판단을 하기 위해서는

객체의 가려짐 간섭을 피할 수 있도록 두 대의 카메라를 이용하여 교차로를 감시할 경우 좀 더 좋은 성능의 교차로 사고감지 방법이 제안될 것으로 사료된다.

본 논문에서 제안한 교차로 감시 방법을 이용할 경우 교차로 내 교통상태에 따라 교차로 신호등을 제어하는데 도움을 줄 수 있으며, 교차로 교통 상황을 자동적으로 판단하여 교통종합센터에 교차로 소통 정보를 제공할 수 있고, 사고 발생 시 가·피해자를 정확히 판별하는데 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 이형석, 김영욱, 권대길, 박기현, 이경복, 한민홍, "영상과 음향 기반의 교차로 내 교통사고 감지시스템의 구현," 제어자동화시스템공학회, Vol.10, No.6, 2004.
- [2] 김만배, 유성준, 김완기, "교통사고 자동기록장치의 설치효과 분석," 대한전자공학회, 텔레콤, Vol. 22, No. 2, pp. 18-26, 2006.
- [3] 정성환, 이준환, "신호등 주기를 이용한 교차로 교통사고감지 알고리즘," 한국정보처리학회, Vol.16-B, No.1, pp.17-24, 2009.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Veeraraghavan H., Masoud O., Papanikolopoulos N.P., "Computer Vision Algorithms for Intersection Monitoring," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.4, No.2, pp.78-89, 2003.
- [7] ZuWhan Kim, "Real Time Object Tracking based on Dynamic Feature Grouping with Background Subtraction," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008.
- [8] 이희신, 이준환, "특징점 추적을 이용한 끼어들기 위반차량 감지 시스템," 한국ITS학회, Vol.8, No.2, pp.36-44, 2009.
- [9] ZuWhan Kim, Jitendra Malik, "Fast Vehicle Detection With Probabilistic Feature Grouping and Its Application to Vehicle Tracking," IEEE International Conference On Computer Vision, Vol.1, pp.524-531, 2003.
- [10] Gianluca Antonini, Jean Philippe Thiran, "Counting Pedestrians in Video Sequence Using Trajectory Clustering," IEEE Transactions on Circuits and Systeem for Video Technology, Vol.16, No.8, 2006.
- [11] Jae-Young Choi, Jin-Woo Choi, and Young-Kyu Yang, "Improved Tracking of Multiple Vehicles Using Invariant Feature-Based Matching," Pattern Recognition and Machine Intelligence LNCS, Vol.4815, pp.649-656, 2007.
- [12] ZuWhan Kim, Gabriel Gomes, Robert Hranac, Alexander Sakbardonis, "A Machine Vision System for Generating Vehicle Trajectories over Extended Freeway Segments," 12th World Congress on Intelligent Transportation Systems, 2005.
- [13] Michael Haag, Hans-Hellmut Nagel, "Combination of Edge Element and Optical Flow Estimates for 3D-Model-Based Vehicle Tracking in Traffic Image Sequence," International Journal of Computer Vision, Vol.35, No.3, pp.295-319, 1999.
- [14] Dongjin Han, Matthew J. Leotta, David B. Cooper, Joseph L. Mundy, "Vehicle Class Recognition from Video based on 3D Curve Probes," 2nd Joint IEEE International Workshop on Visual Surveillance and Performance Evaluation of Tracking and Surveillance, pp.285-292, 2005.
- [15] W. Forstner and E. Gulch, "A Fast Operator for Detection and Precise Location of Distinct Points, Corners, and Centers of Circular Features," In Pto. Intercommision Conf. on Fast Processing of Phtogrammetric Data, pp.281-305, 1987.
- [16] D. M. Ha, J. -M. Lee, Y. -D. Kim, "Neural-edge-based vehicle detection and traffic parameter extraction," Image and Vision Computing, Vol.22, pp.899-907, 2004.
- [17] Yiyang WANG, Yuexian ZOU, Hang SHI, He ZHAO, "Video Image Detection System for Signaled Traffic Intersection," International Conference on Hybrid Intelligent System, 2009.
- [18] 정성환, 이준환, "신경망을 이용한 차량 객체의 그림자 제거," 한국ITS학회, Vol.7, No.1. pp.32-41. 2008.
- [19] Andrea Prati, Inana Milkic, Mohan M. Trivedi, Rita Cucchiara, "Detecting Moving Shadow: Formulation, Algorithm and Evaluation," IEEE Transaction Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.25, No.7, pp.918-923, 2003.
- [20] Rita Cucchiara, Costantino Grana, Massimo Piccardi, Andrea Prati, Stefano Sirotti, "Improving Shadow Suppression in Moving Object Detection with HSV Color Information," Proc. IEEE Intelligent Transportation System Conference, pp.334-339. 2001.
- [21] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing-Second Edition," Prentice Hall,, 2002.
- [22] 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.
- [23] Chee Sun Won, Dong Kwon Park, Soo Jun Park, "Efficient Use of MPEG-7 Edge Histogram Descriptor," ETRI Journal, Vol.24, No.1, pp.23-30, 2002.



정 성 환

e-mail : shjeong@chonbuk.ac.kr
2004년 전주대학교 컴퓨터공학과,
정보통신공학과(공학사)
2006년 전북대학교 의용생체공학과
(공학석사)
2007년~현 재 전북대학교 컴퓨터공학과
박사과정

관심분야: 영상처리, 패턴인식, 인공지능, 임베디드시스템



이 준 환

e-mail : chlee@chonbuk.ac.kr
1980년 한양대학교 전자공학과(공학사)
1982년 한국과학기술원 전자공학과
(공학석사)
1982년 전북대학교 전자공학과 조교
1985년 전북대학교 전자공학과 전임강사

1990년 미국 미주리대학 전산학과(공학박사)
1990년~현 재 전북대학교 전자정보공학부 교수
관심분야: 영상처리, 컴퓨터 비전, 인공지능