Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 13, No. 12 pp. 6089-6097, 2012

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.12.6089

배경영상을 이용한 터널 유고 검지 방법

정성환[1*], 주영호[3], 이종태[2], 이준환[3]
[1]전자부품연구원, [2](주)마이크로넷, [3]전북대학교 컴퓨터공학과

Method of Tunnel Incidents Detection Using Background Image

Sung-Hwan Jeong[1*], Young-Ho Ju[3], Jong-Tae Lee[2] and Joon-Whoan Lee[3]
[1]**Korea Electronics Technology Institute**
[2]**Corp. Micronet**
[3]**Dept. of Computer Engineering, Chonbuk National University**

요 약 본 논문은 터널 내에 설치된 카메라를 이용하여 터널 내 유고를 검지하는 방법을 제안하였다. 제안한 유고 검지 방법은 터널 내 설치된 카메라에서 영상을 입력받아 실시간으로 배경영상 차이법을 이용하여 움직이는 객체를 추출하여 정지물체, 차량 외 통행, 연기, 역주행을 검지하였다. 터널 내 이동하는 객체를 검지하기 위하여 객체의 이동 정보를 이용하여 능동적인 배경영상을 생성하였으며, 터널 내에서 발생하는 조명의 변화, 터널 입·출구에서 발생하는 외부 조명의 영향에 강인한 유고 검지 방법을 개발하였다. 제안한 방법의 성능을 알아보기 위하여 전남 여수의 마래터널 및 엑스포터널, 전북 임실의 운암터널에서 실험영상을 취득하였다. 실험에 사용한 영상의 개수는 정지물체 20건, 차량 외 통행 20건, 연기 4건, 역주행 10건이며 검지율은 정지물체, 차량외통행, 역주행은 실험 영상에서 모두 검지하였으며 연기의 경우 3건을 검지하여 우수한 성능을 확인할 수 있었다. 제안한 방법은 현재 전남 여수의 마래터널 및 엑스포터널, 전북 임실의 운암터널에서 운영중에 있으며 정확한 성능을 알아보기 위해서는 터널 내에서 실제 발생하는 유고 동영상을 획득한 뒤 성능 평가를 해야 할 것으로 사료된다.

Abstract This study suggested a method of detecting an incident inside tunnel by using camera that is installed within the tunnel. As for the proposed incident detection method, a static object, travel except vehicles, smoke, and contra-flow were detected by extracting the moving object through using the real-time background image differencing after receiving image from the camera, which is installed inside the tunnel. To detect the moving object within the tunnel, the positive background image was created by using the moving information of the object. The incident detection method was developed, which is strong in a change of lighting that occurs within the tunnel, and in influence of the external lighting that occurs in the entrance and exit of the tunnel. To examine the efficiency of the suggested method, the experimental images were acquired from Marae tunnel and Expo tunnel in Yeosu of Jeonnam and from Unam tunnel in Imsil of Jeonbuk. Number of images, which were used in experiment, included 20 cases for static object, 20 cases for travel except vehicles, 4 cases for smoke, and 10 cases for contra-flow. As for the detection rate, all of the static object, the travel except vehicles, and the contra-flow were detected in the experimental image. In case of smoke, 3 cases were detected. Thus, excellent performance could be confirmed. The proposed method is now under operation in Marae tunnel and Expo tunnel in Yeosu of Jeonnam and in Unam tunnel in Imsil of Jeonbuk. To examine accurate efficiency, the evaluation of performance is considered to be likely to be needed after acquiring the incident videos, which actually occur within tunnel.

Key Words : Tunnel Incident Detection, Incident Detection, Traffic Surveillance, Accident Detection in Tunnel, Smoke Detection

[*]Corresponding Author : Sung-Hwan Jeong (Korea Electronics Technology Institute)
Tel: +82-10-6422-1005 email: swhjang@wonkwang.ac.kr
Received September 11, 2012 Revised October 24, 2012 Accepted December 6, 2012

1. 서론

고도로 산업화된 현대 사회에서 도로의 터널은 산림을 훼방하지 않으면서 교통을 원활하게 해주는 역할을 수행한다. 또한 터널은 수많은 사람과 재화가 이동하는 통로이다. 탈출과 우회가 제한된 터널 내에서 사고가 발생하는 경우 심각한 교통체증과 대규모 인명피해를 초래할 수 있다.

터널 내 좁은 도로에서는 차량의 우회가 제한되므로 도로위의 사고차량, 정지차량, 낙하물 또는 보행자 등을 빠르게 검지하여 대처하지 않을 경우 터널 내 대형사고를 유발하는 요인으로 작용할 수 있다. 따라서 터널을 이용하는 사람을 보호하고 재화의 파손을 방지하고 시설물의 피해를 막아 터널의 안전한 운영을 보장하기 위한 영상을 이용한 터널 내 유고검지 시스템이 필요하다. 현재 대부분의 터널의 경우 화재가 발생하였을 경우에 뜨거운 열을 검지하기 위하한 열 센서와 터널 내의 먼지 및 연기를 배출하기 위한 환기 시스템만이 설치되어 있다.

현재 국내에 설치되어 있는 터널 영상 유고 검지 시스템은 대부분이 해외에서 개발된 것으로 국내 시장을 가장 많이 점유하고 있는 제품은 벨기에의 Traficon 사가 보유하고 있는 자동유고검지(Automatic Incident Detection) 시스템이 있다. 이 제품은 터널 내에 설치된 카메라로 영상을 입력받아 주행하는 차량의 흐름을 분석하여 터널 내 교통사고 및 정지 차량과 화재·스모그 상태를 실시간으로 검출한다[1].

Kamijo 등은 터널의 높이가 제한되어 있으므로 낮은 카메라 위치에서 터널 내 교통량이 많을 경우 차량의 충돌을 검지하는 방법을 제안하였다[2]. 이는 터널 내에 교통량이 많을 경우에 개별 차량의 가로에지(edge)성분을 이용하여 차량을 분리 추적하여 차량끼리의 충돌이 발생하였을 경우를 검지하는 방법이다. 하지만 이 방법은 터널 내 차량이 많을 경우에 관한 연구로 실제 터널의 경우 빠른 속도로 달리는 차량이 벽면에 부딪히는 사고나 차량의 정차, 역주행, 보행자 등의 다른 종류의 유고 상황을 검지하지 못한다.

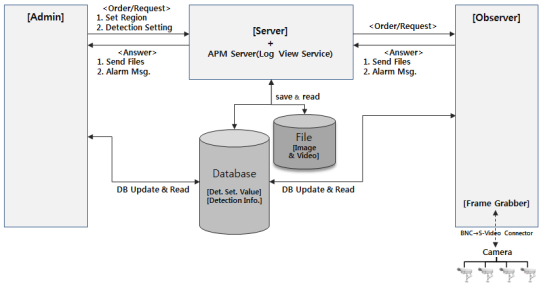
Wu 등은 터널 영상에서 배경영상을 생성하여 차량을 분리하고 영상내에 차선을 인식하여 차량의 차선 변경, 정지차량 및 혼잡도를 검지하는 방법을 제안하였다[3]. 이 방법 역시 차량을 분리하여 추적하는 방법으로 차선 변경 차량의 뒤에 대형차량이 가려져 있을 경우 차선 변경을 검지하지 못하며, 터널 내에 설치된 카메라의 경우 카메라 위치가 고정되어 있기 때문에 검지영역을 설정하는 방법을 이용하는 경우에 연산량 및 프로세서의 비용을 절약할 수 있다.

터널 내 유고 검지 시스템의 목적은 유고상황의 발생여부를 정확하게 검지하여 신속하게 대처하는데 있다. 따라서 터널 내에 유고 상황이 발생하였을 때 유고의 종류에 대한 판별보다는 유고상황의 발생여부를 신속하게 판단하는 것이 중요하며 이에 맞는 영상 검지 방법이 개발되어야 한다. 또한 긴 터널의 경우 카메라 설치 대수가 많아지는 특성 때문에 1대의 영상 검지기에서 되도록 많은 카메라 영상을 입력받아 유고를 검지해야 한다.

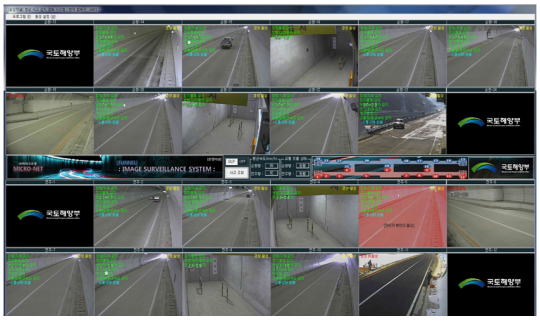
본 논문에서는 터널 내에서 발생할 수 있는 유고상황을 빠르게 검지하는 방법을 제안하며 유고 상황을 정지물체(사고차량, 정지차량, 낙하물), 차량 외 통행(보행자, 이륜차), 역주행, 연기로 분류하여 검지하는 방법을 제안한다. 터널의 경우 조명장치에 의한 조명의 변화, 터널 입·출구에서 들어오는 햇빛의 영향, 카메라와 영상 검지기와의 케이블의 길이가 *km*단위이며 케이블에서 발생되는 잡음에 강인해야 한다. 본 유고 검지 방법은 각 카메라별로 관리자가 검지영역과 차량의 정상주행 방향을 설정한 후 서버의 Database에 입력하며 설정한 정보를 영상검지기가 읽어 검지영역을 생성한다. 영상 검지기는 검지영역의 배경영상을 생성하고 배경영상 차이법을 이용하여 터널 내의 유고를 검지하며, 검지기 PC의 CPU 사양과 영상 입력 장치인 Frame Grabber의 채널수를 고려하여 1대의 검지기에서 4개의 카메라 영상을 검지하도록 하는 터널 내 영상 유고 검지 방법을 제안하였다.

2. 터널 유고 검지

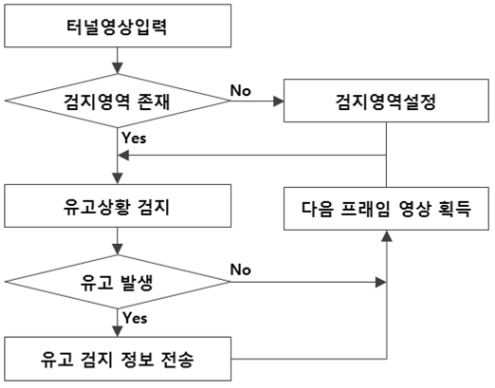
본 논문에서 제한하는 터널 유고 검지 방법의 전체 구조는 관리자, 서버, 검지기로 그림 1과 같다. 관리자 프로그램은 그림 2와 같이 영상검지기에서 입력되는 카메라별 검지영역 설정 및 차량의 정상 주행방향 설정, 검지된 로그를 확인, 서버관리 등의 역할을 수행한다. 서버는 영상 검지기로부터 각 카메라별 실시간 영상을 전송받아 관리자 화면에 전송하며, 각 카메라별 환경설정 값을 저장하며 영상 검지기에서 검지된 유고 정보를 저장하고 저장된 기록을 제공하는 역할을 수행한다. 영상 검지기의 경우 유고가 검지되었을 경우 검지 전후의 영상을 동영상으로 저장하여 서버에 업로드하게 된다. 영상 검지기의 경우 한 대의 검지기에서 4개의 카메라 영상을 동시에 분석하며 카메라 대수가 많을수록 영상 검지기의 수는 늘어나지만 서버와 관리자 프로그램은 1개이다.



[Fig. 1] Main Structure of Vision-Based Detection for Tunnel Incidents



[Fig. 2] Software for Administrator



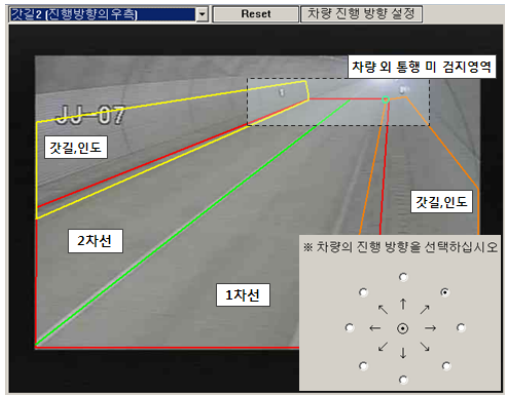
[Fig. 3] Flowchart of Incidents Detection Method

2.1 터널 내 영상 검지 방법

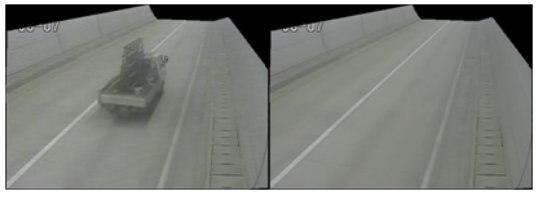
영상 검지기는 4개의 카메라 영상을 입력받기위해 4채널 프래임 그래버(Frame Grabber)를 이용하였으며 영상 검지기의 전체 흐름은 그림 3과 같다. 먼저 터널 영상을 프래임 그래버 장치로부터 입력받고 해당 영상의 검지영역을 서버에 저장된 DB에서 읽어 검지영역을 설정한 후 설정된 검지영역을 기준으로 배경영상을 생성하여 이동하는 객체를 추출하여 유고를 검지하였다. 영상 검지기가 유고를 검지하였을 경우 검지시간, 검지 카메라 번호, 유고 종류, 유고 발생 사진, 유고 발생 전후를 동영상으로 편집하여 서버로 전송한다.

2.1.1 검지영역 설정

관리자가 각 카메라별 검지영역을 그림 4와 같이 설정한다. 검지 영역은 도로의 1, 2차선과 갓길·인도로 구하며 카메라와 거리가 먼 영역의 경우 차량외 통행(보행자, 이륜차) 검지의 경우 검지 대상 물체가 너무 작아 분별이 어려워 검지 대상에서 제외하였다.



[Fig. 4] Information of Detect Region



(a) 실시간영상 (b) 능동적인 배경영상

[Fig. 5] Adaptive Background Image

2.1.2 배경영상 생성

본 논문에서는 이동하는 객체를 추출하기 위해 배경영상을 생성하여 배경영상끼리의 차이법과 배경영상과 현재영상의 차이법을 이용하여 터널 내의 유고를 검지하였다. 본 논문에서 사용한 배경영상 생성방법은 객체의 이동정보를 이용하는 Adaptive GMM(Gaussian Mixture Model)을 이용하였다 [4][5]. GMM은 각 화소를 임의의 개수의 혼합된 가우시안 분보포부터 얻어졌다고 하는 방법이다. 이 방법에서는 온라인 근사법을 이용하여 모델을 갱신하고, 파라미터 값을 조절하여 다양한 환경에 적응하는 배경을 추출할 수 있다. 시간 t에서 픽셀(x_0, y_0)의 과거 히스토리는 식 (1)과 같다.

$$\{X_1, ..X_i, .., X_t\} = \{I_i(x_0, y_0) : 1 \le i \le t\} \quad (1)$$

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

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

식 (2)에서 $w_{j,t}$는 시간 t에서 j번째 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 t에서 j번째 가우시안의 평균과 공분산행렬로 계산상의 이유로 $\sum_{k,t} = \sigma_k^2 I$라고 가정한다. 배경영상을 생성하기 위해서는 각 분포의 계수를 초기화한 후 새로 들어온 프레임의 화소 X_t에 대하여 각 분포의 표준 편차를 구하고, 표준 편차가 2.5이내인 매칭 분포를 찾은 후, 구한 분포를 w_k/σ_k값이 큰 순서대로 정렬하여 이중 몇 개의 분포를 영상의 배경으로 간주 하고 다음과 같이 계수를 갱신한다.

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

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

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

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. 본 논문에서는 배경영상에 나타나는 객체잡음(Ghost Noise)을 줄이기 위하여 배경과 현재영상의 차 영상에서 객체가 빈번히 이동하는 부분에 따라 α를 0~1사이로 능동적으로 조절하여 배경에 나타나는 객체 잡음 및 환경적인 잡음의 영향을 최소화하는 배경영상을 생성하여 터널 내 이동하는 객체를 추출하였다.

2.1.3 정지물체 검지

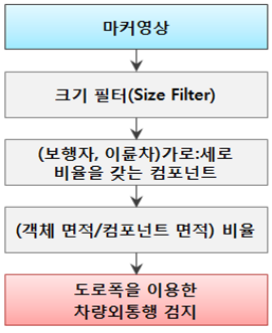
정지 물체 검지는 사고차량, 주정차 차량, 낙하물을 포함하며 검지 방법은 정성환이 제안한 방법을 그림 6과 같이 변형하여 사용하였다[6]. 본 논문에서 제안한 방법은 배경영상과 실시간 차영상을 버퍼에 입력하고 버퍼에 있는 이진영상들을 AND(&) 연산을 수행한 후 객체로 나타난 객체영역에 한해서 배경영상과 현재영상의 상관관계를 구하여 잡음과 객체로 분리하였다. 상관관계는 NCC(Normalize d-Cross Correlation)을 이용하였다[7][8]. NCC는 자신 주변픽셀에 대한 상관관계를 -1~1사이의 상관계수로 나타내며 1에 가까울수록 같은 상관관계를 나타내는 것을 의미한다.

마커 영상을 생성한 후 마커영상에서의 객체영역을 중심으로 현재영상끼리의 차 영상을 생성한 후 AND(&)연산을 수행하여 객체로 나타난 영역이 같은 객체인지 다른 객체인지를 판단한다. 같은 객체로 판단될 경우 마커영상을 보존 및 삭제하고 보존되는 영역에 한하여 LBP(Local Binary Pattern)을 통하여 최종 검증을 하였다[9][10]. 배경영상과 현재영상의 LBP는 조명의 변화를 알아내기 위함이며 현재영상과 이전영상은 정지한 물체가 연속적으로 같은 물체인지를 판단하기 위함이다. 조명의 변화가 아니고 정지한 물체가 연속적으로 같은 물체일 경우 이를 정지한 객체로 판정한 후 검지 전후의 동영상, 검지된 스틸컷(Still Capture) 이미지(JPG file), 검지된 카메라번호 및 시간, 검지 종류를 서버에 전송하여 관리자에게 알람이 울리도록 하였다.

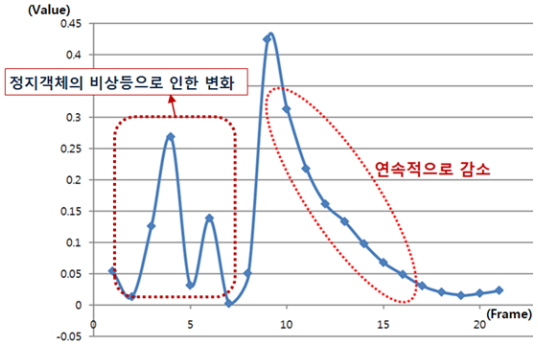
[Fig. 6] Flowchart of Stop Object Detection

2.1.4 차량외 통행 검지

차량외 통행은 보행자, 이륜차(자전거, 오토바이) 검지를 의미한다. 검지 방법은 정지물체 검지방법에서 생성된 마커를 크기 필터를 통과한 후 보행자 및 이륜차의 가로대 세로 비율을 이용하여 차량외 통행 후보 영역으로 등록한다[11]. 이는 보행 자 및 이륜차일 경우 컴포넌트 라벨의 세로 길이가 가로 길이보다 길다는 점을 이용하였다. 라벨링한 컴포넌트의 크기가 보행자의 비율을 만족하는 경우 컴포넌트 라벨 면적에 실제 객체의 면적이 포함되는 비율을 산출해야만 한다. 이는 도로에 낙하물이 떨어져 있을 경우 실제 객체의 면적이 컴포넌트의 면적보다 적게 나타나는 경우 때문이다. 실제 객체 면적이 컴포넌트 면적의 임계값보다 클 경우 컴포넌트의 무게중심의 가로 폭과 컴포넌트 위치에서의 도로 폭을 이용하여 차량외 통행을 검지 하였다. 이때 주행하는 대형 차량에 있어서 배경영상과 현재영상의 차영상 생성에 사용되는 임계값에 의하여 객체가 여러개로 분리되어 나타날 수 있다. 따라서 본 논문에서는 차량외 통행으로 간주되는 객체가 연속으로 N회 나타날 경우 차량외 통행으로 검지하였다.



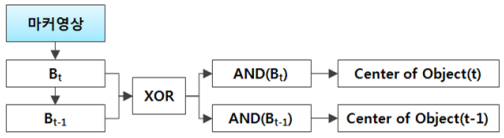
[Fig. 7] Flowchart of Pedestrian and Cycle Objects Detection



[Fig. 8] Flowchart of Smoke Detection

2.1.5 연기 검지

터널 내에서 발생하는 연기는 정지한 객체에서 발생하는 것으로 본 논문에서는 정지한 물체가 발생 된 후 LBP를 이용하여 연기를 검지하였다. LBP는 국부이진패턴으로 조명의 영향에 강인한 텍스처 특징이다. 정지객체가 발생할 경우 LBP의 유니폼패턴(Uniform Pattern) 중에 에지(edge)를 나타내는 정보를 저장한다. 연기의 경우 정지한 객체의 에지정보를 감소시키므로 LBP의 유니폼패턴의 에지정보가 연속적으로 감소한다. 그림 8은 LBP의 유니폼 패턴의 유사도를 나타낸 것으로 정지한 객체의 비상등으로 인한 에지의 변화와 연기가 발생하였을 경우 에지의 변화를 나타낸 것으로 연속적으로 에지정보가 감소할 경우 연기로 검지하였다.



[Fig. 9] Flowchart of Contraflow Objects Detection

(a) 잡음

(b) 역주행의 경우

[Fig. 10] Filter of Contraflow Objects Detection

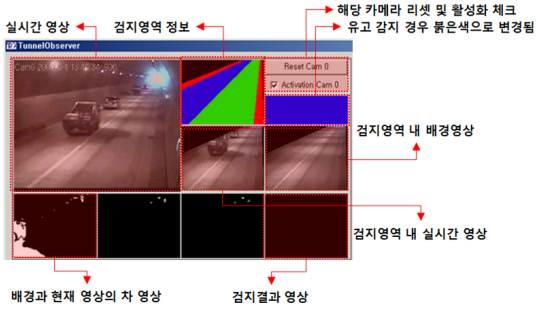
2.1.6 역주행 검지

터널 내에서의 역주행은 차량 운행이 적은 경우에 발생한다. 역주행의 경우 가장 간단한 방법으로는 영상내에서 모션벡터(motion vector)를 구하여 주행방향의 반대방향으로 모션벡터가 나타날 경우 검지하면 되지만 터널내에서 객체의 이동이 빨라 영상의 프리컬링(free-culling)현상으로 모션벡터의 방향이 일정한 방향으로 나타나지 않으며 실시간 영상에서 모션벡터를 구할 경우 프로세서의 낭비가 심각하여 모션벡터를 이용하는 방법은 적합하지 않다. 따라서 본 논문에서는 정지객체의 검지 과정에서 마커영상으로 생성된 영역을 그림 9와 같이 B_t, B_{t-1}에 순차적으로 저장하였다. 저장된 B_t, B_{t-1}영상을 XOR연산을 수행하여 수행된 결과영상을 각각 B_t, B_{t-1} 영상과 AND연산을 수행하게 되면 객체의 이동한 면적 구할 수 있다[6][12]. 이때 객체의 중심을 구한 후 객체의 이동 방향이

정상주행의 반대방향으로 연속적으로 나타날 경우 역주행으로 검지하였다. 그림 10은 역주행 검지에 사용되는 필터를 나타낸 것으로 빨간색 원은 이전영역의 중심이며 노란색 원은 현재영역의 중심을 나타낸 것으로 그림 10의 (a)의 경우 잡음에 의하여 방향 및 거리가 일정하게 나타나지 않으며 역주행 및 정상적인 주행의 경우 (b)와 같이 일정한 방향 및 거리가 유지되는 점을 이용하여 검지하였다.

3. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 터널 유고 검지 방법의 성능을 알아보기 위하여 전남 여수의 마래터널 및 엑스포 터널, 전북 임실의 운암터널에서 실험영상을 취득하였다. 취득 방법은 터널에서 인위적으로 발생시킨 정지물체, 차량외통행, 연기, 역주행 영상을 동영상 파일로 저장하여 실험하였다. 취득한 영상은 정지물체 20건, 차량외통행 20건, 연기 4건, 역주행 10건이며 영상의 크기는 640×480이다. 영상입력은 Matrox Morphis 4ch Frame Grabber를 사용하였으며 CPU는 i5-2500 Process 3.3GHz, 3G-Ram, Visual C++ 6.0을 통하여 개발 및 실험하였다.



[Fig. 11] Program of Video-Based Incident Detection

그림 11은 개발된 프로그램의 인터페이스를 나타낸 것으로 실시간 영상, 검지영역 정보, 검지영역 내 배경영상 및 결과를 확인할 수 있도록 구성하여 개발하였다.

그림 12는 터널 내 정차하는 차량을 동영상으로 저장하여 동영상 재생장치에서 프레임 그래버에 4채널에 영상을 입력한 후 4번째 채널에서 유고를 검지하도록 설정하여 실험을 진행하였다. 그림 12의 경우 갓길에 트럭이 정지하는 것을 나타낸 것으로 본 제안방법에서 정지물체를 검지한 결과를 나타낸 것이다. 그림 12의 오른쪽 하단의 연두색영역이 차량이 정차한 영역을 검지한 결과를 나타낸다.

[Fig. 12] Result of Stop Object Detection

(a) 인위적으로 생성한 실험 영상 검지 결과

(b) 터널 검지 결과

[Fig. 13] Result of Stop Object Detection

정지물체 검지는 낙하물, 정지차량, 사고차량을 의미하며 터널 내에서는 정지물체를 신속하게 검지하여 터널 관리자에게 검지 결과를 알려야 한다. 그림 13의 (a)는 실험영상을 이용하여 검지한 결과를 나타낸 것이며, (b)는 여수 엑스포 터널에서 터널 운영중에 검지된 결과를 나타낸 것으로 검지 결과를 알아보기 쉽게하기 위하여 검지 영역에 화살표를 표기하였다.

그림 14는 차량외통행을 검지한 것으로 보행자 및 이륜차를 검지한 결과를 나타낸 것이다. 그림 14의 (a)는 인위적으로 생성한 실험영상을 취득하여 검지한 결과를 나타낸 것이며, (b)는 엑스포 터널 운영중에 검지된 결과를 나타낸 것이다.

(a) 인위적으로 생성한 실험 영상 검지 결과

(b) 터널 검지 결과

[Fig. 14] Result of Pedestrian and Cycle Objects Detection

그림 15는 역주행을 검지한 결과를 나타낸 것으로 차량이 정상 주행-정지-후진하는 순서대로 실험영상을 취득하여 실험한 결과 역주행을 검지하였다. 또한 검지영역 설정단계에서 차량의 이동방향을 정상적인 방향의 반대방향으로 설정하는 경우 정상 주행 차량에 대해서 역주행을 검지할 수 있었다.

그림 16은 연기를 검지한 결과를 나타낸 것으로 정지한 객체에서 발생하는 연기를 검지한 결과를 나타낸 것이다. 연기의 경우 터널에서 실제 연기가 발생하는 것을 가정하여 액티언 스포츠 차량의 화물칸에 연기를 발생시켜 동영상을 획득하여 실험하였다. 연기의 경우 4건의 실험영상 중에 3건을 검지하였는데 검지가 실패한 1건의 경우 연기의 농도가 낮아 객체의 윤곽이 영상에 나타나 검지에 실패하였지만, 정지물체로는 검지하였다.

[Fig. 15] Result of Contraflow Object Detection

[Fig. 16] Result of Smoke Detection

그림 17은 여수 엑스포터널에 설치된 영상검지기에서 검지된 결과를 서버에 저장하고 웹페이지를 통하여 저장된 유고 검지 결과를 조회하는 것을 나타낸 것으로 터널의 상·하행 연결통로에서 보행자를 검지하였으며, 터널 내 공사중일 경우에 보행자 및 정지물체를 검지한 결과를 나타낸 것이다. 개발된 터널 유고 검지기는 4채널 모두를 검지하는 경우 CPU 사용율은 80%내외다.

No.	카메라번호	카메라이름	알람종류	발생차선	발생시각	발생화면	동영상다운	Login-User ID	삭 제
12209	7	순천24 [7]	차량외통행	갓길	2012-05-05 [00:20]		다운받기	admin	delete
12208	7	순천24 [7]	차량외통행	갓길	2012-05-05 [00:17]		다운받기	admin	delete
12207	7	순천24 [7]	차량외통행	갓길	2012-05-05 [00:14]		다운받기	admin	delete
12206	7	순천24 [7]	차량외통행	갓길	2012-05-05 [00:11]		다운받기	admin	delete
12205	24	돌산9 [24]	차량외통행	갓길	2012-05-04 [08:56]		다운받기	admin	delete
12204	12	순천29 [12]	차량외통행	1차선	2012-05-03 [16:25]		다운받기	admin	delete

[Fig. 17] Saved of Incident Detection Result

4. 결론

본 논문에서는 터널 내에서 발생하는 유고를 자동으로

검지하기 위하여 배경영상 차이법을 이용하여 객체를 추출하고 추출된 객체의 유고를 검지하는 방법을 제안하였다. 객체의 이동정보를 이용하여 잡음에 강인한 배경영상을 생성하고 크기필터, NCC, LBP를 이용하여 터널 내에서 발생하는 조명에 강인한 유고 검지 방법으로 정지물체(사고차량, 주정차차량, 낙하물), 차량외 통행(보행자, 이륜차), 연기, 역주행을 검지하였다. 제안한 방법의 성능을 알아보기 위하여 여수의 마래터널 및 엑스포터널, 전북 임실의 운암터널에서 인위적으로 실험영상을 생성하고 이를 동영상으로 저장하여 개발 및 실험을 진행하였다. 취득한 실험 영상은 정지물체 20건, 차량외통행 20건, 연기 4건, 역주행 10건이며 제안한 방법을 통하여 실험한 결과 정지물체, 차량외통행, 역주행은 모두 검지하였으며, 연기의 경우 4건중에 3건을 검지하였다. 실패한 1건의 경우 정지물체 검지 후 연기의 농도가 낮아 정지한 객체의 윤곽이 나타나 정지물체로만 검지하였다. 본 논문에서 제안한 터널 유고 검지 방법은 현재 여수의 마래터널 및 엑스포터널, 전북 임실의 운암터널에서 실제 설치되어 운영중에 있다. 터널의 경우 터널 길이에 따라 카메라 설치 대수가 달라지며 영상 검지기 비용 측면을 고려할 경우 CPU 코어가 많은 제품과 동시여 여러 영상을 획득할 수 있는 프래임 그래버를 이용할 경우 영상검지기 비용을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

본 논문에서 제안한 터널 유고 검지 방법은 영상을 이용하게 되며 터널 내 설치된 카메라 렌즈에 먼지와 같은 이물질이 묻을 경우 검지가 어려운 문제가 있다. 카메라 렌즈에 먼지가 묻을 경우 영상획득에 어려움이 있어 검지율이 떨어지는 문제가 발생하는 문제점이 발생하게 된다.

본 논문에서 제안한 터널 내 영상 유고 검지 방법을 이용하였을 경우 실제 유고 상황에서 검지할 수 있음을 확인하였다. 2011년에 발표한 한국도로공사의 '터널 영상유고감지시스템 성능평가 방법 구축 및 확대적용 방안 연구'에 의하면 프랑스의 Citilog사와 벨기에의 Traficon 사의 영상 유고 검지 시스템이 2006년부터 국내 터널에 설치되어 운영중에 있는 것을 알 수 있다. 본 논문에서 제안하는 터널 영상 유고 검지 방법을 이용하는 경우 터널에 설치되는 영상 검지 시스템을 국산화 및 가격 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

References

[1] HeeSin Lee, SungHwan Jeong, Joonwhoan Lee, "Vision-Based Fase Detection System for Tunnel Incidens", Korea ITS Journal, Vol. 9, No. 1, pp. 9-18, 2010.

[2] Shunsuke Kamijo, Hiroshi Inoue, "Incident Detection from Low-angle Images of Heavy Traggic in Tunnels", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, pp. 81-86, 2007, Article(CrossRefLink)

[3] BingFei Wu, ChihChung Kao, ChihChun Liu, ChungJui Fan, ChaoJung Chen, "The Vision-based Vehicle Detection and Incident Detection System in Hsueh-Shan Tunnel", IEEE International Symposium Industrial Electronics, pp. 1394-1399, 2008.

[4] 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, Article(CrossRefLink)

[5] SungHwan Jeong, Joonwhoan Lee, "Non-Parametric Background Image Generation Based on Moving Objects", IEEK Conference, Vol. 34, No. 1, pp. 765-768, 2011.

[6] SungHwan Jeong, HeeSin Lee, Joonwhoan Lee, "Detection Method of Accident and Parking Violation for Uninterrupted Flow Facility," Korea ITS Conference, pp. 205-208, 2009.

[7] Du-Ming Tsai, Chien-Ta Lin, Jeng-Fung Chen, "The evaluation of normalized cross correlations for defect detection", Pattern Recognition Letters, Vol. 24, pp. 2525-2535, 2003, Article(CrossRefLink)

[8] Du-Ming Tsai, Chien-Ta Lin, "Fast normalized cross correlation for defect detection", Pattern Recognition Letters, Vol. 24, pp. 2625-2631, 2003, Article(CrossRefLink)

[9] Timo Ojala, Matti Pietikainen, Maenpaa, "Multisolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 7, 2002, Article(CrossRefLink)

[10] Yu Cui, Hua Dong, Enze Zhou, "An Early Fire Detection Method Based on Smoke Texture Analysis and Discrimination", IEEE Congress on Image and Signal Processing, pp. 95-99, 2008, Article(CrossRefLink)

[11] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing - Second Edition," Prentice Hall, pp. 534-550, 2002.

[12] SungHwan Jeong, Joonwhoan Lee, "Measurement of the Traffic Congestion using Difference of Images in Intersection", IEEK Conference, pp. 801-802, 2008.

정 성 환(Sung-Hwan Jeong) [준회원]

- 2004년 2월 : 전주대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 전북대학교 의용생체공학과 (공학석사)
- 2012년 8월 : 전북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2012년 5월 ~ 현재 : 전자부품연구원 연구원

<관심분야>
영상처리, Machine Vision, Embedded System

주 영 호(Young-Ho Ju) [준회원]

- 2010년 8월 : 전북대학교 전자정보공학부 컴퓨터공학과(공학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 컴퓨터공학 (석사과정)

<관심분야>
음성처리, 멀티미디어

이 종 태(Jong-Tae Lee) [정회원]

- 1985년 2월 : 연세대학교 이과대학 수학과 (이학석사)
- 1985년 1월 ~ 1991년 12월 : (주)효성데이타시스템 대리
- 1993년 7월 ~ 1996년 12월 : 삼보데이타시스템(주) 차장
- 2009년 4월 ~ 현재 : (주)마이크로넷 부사장

<관심분야>
정보통신, 영상처리, 보안

이 준 환(Joon-Whoan Lee) [정회원]

- 1980년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 한국과학기술원 전자공학과 (공학석사)
- 1982년 2월 ~ 1985년 2월 : 전북대학교 전자공학과 조교
- 1985년 3월 ~ 1987년 2월 : 전북대학교 전자공학과 전임강사
- 1990년 2월 : 미국 미주리대학 전산학과 (공학박사)
- 1990년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>
인공지능, Fuzzy System, Machine Vision