

고속도로변 폐쇄회로 카메라 영상에서 트래킹에 의한 교통정보수집 알고리즘

이 인 정* · 민 준 영** · 장 영 상***

An Algorithm for Collecting Traffic Information by Vehicle Tracking Method from CCTV Camera Images on the Highway

In Jung Lee* · Joon Young Min** · Young Sang Jang***

Abstract

There are many inductive loop detectors under the highways in Korea. Among the other detectors, some are image detectors. Almost all image detectors are focused one or two lane of the road and are measuring traffic information. This paper proposes to an algorithm for detecting traffic information automatically from CCTV camera images installed on the highway. The information which is counted in one lane or two contains some critical errors by occlusion frequently in case of passing larger vehicles.

In this paper, we use a tracking algorithm in which the detection area include all lanes, then the traffic informations are collected from the vehicles individually using difference images in this detection area. This tracking algorithm is better than lane by lane detecting algorithm.

The experiment have been conducted two different real road scenes for 20 minutes. For the experiments, the images are provided with CCTV camera which was installed at Kiheung Interchange upstream of Kyongbu highway, and video recording images at Chungkye Tunnel. For image processing, images captured by frame-grabber board 30 frames per second, 640×480 pixels resolution and 256 gray-levels to reduce the total amount of data to be interpreted.

Keywords : Tracking Algorithm

1. 서 론

고속도로를 신설 또는 확장 할 경우 교통정보 수집을 위해서 유도식 루프검지기(Inductive Loop Detector : ILD), 영상검지기(Image Detector) 등의 검지기가 설치된다. 이러한 검지기 이외에도 요소요소에 CCTV 카메라를 설치하여 시간별 교통상황을 실시간으로 제공받는다. 이 중 영상검지기는 교통량과 점유시간(occupancy time) 및 비 점유시간(non-occupancy time) 등을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 이외에 대기길이, 차종구분(약 3~4종), 지점속도 등을 측정할 수 있으며, 아직은 미흡하지만 여행시간 및 여행속도(travel speed) 예측 등의 광역적 정보 수집을 위한 연구도 이루어지고 있다[Luca et al., 1999 ; Dickmanns et al., 1990]. 이외에 현재의 교통상황을 파악하기 위하여 CCTV카메라를 설치하는 데 CCTV카메라는 광범위한 지역의 교통상황을 파악할 수 있다는 장점이 있는 반면에 CCTV카메라 시스템 자체 내에 교통정보 수집 기능은 갖추고 있지 않다. 다만 운영자가 육안으로 현재의 교통상황을 판단할 뿐으로 도로 상에는 CCTV카메라와는 별도로 교통정보를 자동으로 수집할 수 있는 차량 검지기를 설치하고 있다.

CCTV카메라와 영상검지기와의 기능별 차이로는 영상검지기는 카메라가 한번 설치되면 카메라 각도는 고정되어 전방 약 200m~400m 지역 안에서만 검지할 수 있는 반면에 CCTV카메라는 좌·우·상·하로 회전을 하는 panning과 tilting, 그리고 zooming기능으로 전방 2km 이상 지점까지 관측을 할 수가 있다. 따라서 CCTV카메라에 교통정보 수집 기능을 부가했을 경우에 차량 검지기 미설치 구간까지도 교통상황을 자동으로 파악할 수가 있으며, 이로 인하여 별도의 검지기를 새로이 설치하지 않아도 된다면 도로정보수집 시스템 설치비용을 절감

할 수 있다.

또한 영상검지기에 들어오는 영상 범위는 4차선 차로 구간과 같이 협소한 범위이기 때문에 노면(shoulder) 상에 정체 차량이나 영상 범위 이외의 지역에서의 지·정체 상황은 파악할 수가 없는 반면에 CCTV카메라는 노면을 비롯하여 왕복 8차선 차로 구간까지 영상 범위 안에 들어오기 때문에 도로 상의 고장으로 인한 정체 차량이나 사고에 의한 지·정체상황을 파악할 수가 있다.

본 논문은 고속도로에 설치되어 있는 CCTV 카메라 영상을 이용하여 자동으로 교통정보를 수집할 수 있도록 영상검지기 기능을 부가하는 방법 중 트래킹 기법을 이용하는 것으로 차량추적에 의한 수집기능 구현 알고리즘을 제안한다.

일반적으로 차량 추적은 무선인식(RFID) 및 무인차량시스템이나 영상검지기에서 주로 이용되어 왔으며, 무인차량이 주행을 하면서 도로 감지시스템, 장애물 감지시스템 등에 초점을 맞추고 있다. 1990년에 Dickmanns[1990]은 Kalman 방법과 spatio-temporal방법을 통합한 알고리즘을 제안하였는데 이 방법은 공간영역에서 이동물체에 대한 동적 프로그래밍(dynamic programming)을 이용하여 회귀상태 추정(recursive state estimation)을 한 방법으로 고속으로 달리는 상태에서 도로와 장애물을 감지할 수 있도록 하는 시스템이었으나 이 방법은 도로를 감지하는 데 있어서 성공하지 못하였다.

미국 Carnegie-Mellon대학의 CMU-Navlab 시스템[Luca et al., 1999 ; Tuck et al., 1991]은 도로를 감지하는데 있어서 색상의 분류와 신경망을 이용하였고, 3차원 물체를 감지하는 데 있어서 지형지물의 지도 등을 이용하는 알고리즘이며, Foresti[Foresti et al., 1994]는 3차원 도로 영상을 감지하는데 있어서 서로 다른 각도에서 얻은 영상을 이용하여 이동물체를 인식하는 알고리즘으로 도로나 정지하고 있는 차량정도는

감지되었다.

그 외 이동물체의 윤곽선의 에너지를 계산하는 Snakes방법[Kamijo et al, 2000 ; 조용진 & 양현승, 1997], 클러스터링이나 벡터양자화를 이용하여 물체의 이동방향을 추정하는 optical-flow 방법[Kamijo et al, 2000] 등이 제안되고 있다.

본 논문에서 제시하는 Tracking Method는 전송되어온 영상의 영상차를 이용하여 영상의 변화를 공간영역에서 읽어 방향과 속도를 계산하며 단위 시간 내에 지나간 차량의 수를 계산하는 알고리즘이다.

본 연구는 실제 경부고속도로 상행선 기흥IC에 실험용 CCTV카메라를 설치하여 획득한 영상과, 청계터널 앞 도로에서 녹화한 영상을 대상으로 실험을 하였으며, 영상처리는 Frame- Grabber보드에서 초당 30프레임으로 캡처를 한 다음 640×480 해상도, 256 gray-level로 영상처리를 한다.

2. 교통량 정보 수집을 위한 차량추적 알고리즘

2.1 검지영역 설정

영상검지기는 차로별로 검지하도록 조작되어 있는 것이 보통인데 CCTV는 도로변에서 상하행선 모두를 조망하기 때문에 Occlusion에 의한 교통량 오 검지 가능성이 크므로, 차로별로 검지영역을 설정하여 교통량 정보를 측정하는 방법보다 검지영역 블록을 설정하여 검지영역 안에 차량이 유입되어 검지영역을 통과할 때까지 프레임별로 차량을 Tracking하면서 교통량 정보를 수집하는 방법을 제안한다.

따라서 본 논문에서의 교통량 정보는 각 차로별로 계산되는 것이 아니라 상행 또는 하행선 별로 구분되어 교통량을 측정하는 방법으로 <그림 1>과 같이 검지영역의 설정을 8개 차로

를 포함하여 설정한다. 검지영역의 수직크기는 차량의 길이의 4배 정도가 적당하며 너무 짧으면 추적이 어렵고 너무 길면 계산시간이 많이 걸리게 된다. 또한 초기 설정은 육안으로 가능하지만 카메라의 이동에 따라 검지영역이 이동하므로 검지영역에 대한 정보는 기록되어 있어야 한다.



<그림 1> 검지영역 설정(기흥C 상행)

2.2 차량 검지알고리즘

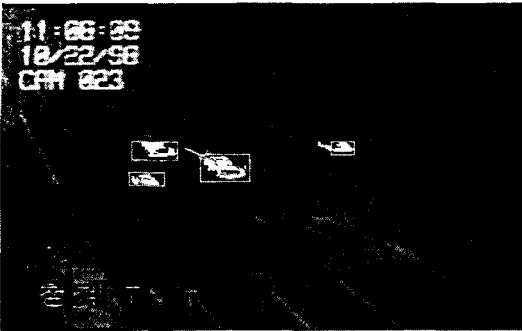
<그림 1>과 같이 설정된 검지영역을 통과하는 차량에 대한 교통량을 측정하는 데 있어서 정확한 차로 구분이 없는 상황이므로 차량의 검지는 식 (1)과 같이 배경영상과의 차 영상과 이차 영상에 대한 이진화(binanzation)영상을 이용하여 차량검지를 하였다.

이진화 함수

$$I_t : R^+ \rightarrow \{0, 1\} \text{ by}$$

$$I_t(X) = \begin{cases} 1 & \text{if } X > \theta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 R^+ 는 0과 양의실수이고 θ 는 임계값이며 $X = |P_t(x, y) - Bg(x, y)|$, $P_t(x, y)$ 는 현재 frame 영상이고 $Bg(x, y)$ 는 배경영상이다. 식 (1)을 이용하여 통과차량이 이진화 된 영상은 <그림 2>와 같다.



〈그림 2〉 통과차량의 이진화 영상(청계터널)

2.3 VAR(Vehicle Area Rectangle) 결정

이진화된 차영상으로부터 정보를 얻기 위해 차량이라 판별할 수 있는 영역을 결정해야 하는데 그것을 VAR(Vehicle Area Rectangle)이라 하자. 이 영역을 사각형 블록으로 차량한대 당 한 개의 블록을 정하고 이 블록의 움직임을 통하여 정보를 파악하기로 하자. VAR을 결정하기 위하여 검지영역을 $n \times n$ 픽셀의 sub-block으로 분할하고, 각 sub-block내에서 이진화 된 영상이 $\lambda\%$ 이상 분포되어 있는 경우에 해당 sub-block의 점유성분을 TRUE로 하여 전체 검지영역 내에서 점유성분이 TRUE가 된 sub-block만을 추출하는 데 그 방법은 식 (2)와 같다.

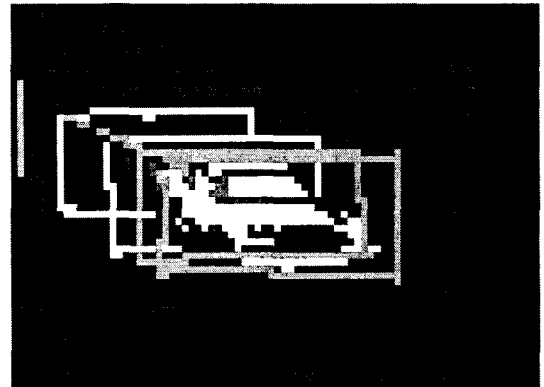
이진함수 $OccFlags(x) : R \rightarrow \{0, 1\}$ by

$$OccFlags(x) = \begin{cases} 1(TRUE) & \text{if } x > \lambda \\ 0(FALSE) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $x = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=0}^{N-1} p_{i,j}$ 이고 $p_{i,j}$ 는 0 또는 1 값을 갖는 픽셀 정보이고 λ 는 임계 값이다.

식 (2)에서와 같이 검지영역 내 차량이 점유한 sub-block을 추출하여, 차량이 검지영역에 유입되는 순간 차량의 크기만큼 사각형(VAR)으로 표시를 해 주고, 차량이 검지영역을 통과할 때까지 그 과정을 추적하기 위하여 차량이 검지영역에 유입된 이후 통과하는 시점까지 일

정시간 간격의 프레임으로 차량의 움직임에 따라 방향성분을 탐색하면서 <그림 3>에서처럼 계속 사각형을 표시해 주어 추적해 나간다. VAR을 설정하기 위해 검지영역 내 왼쪽부터 탐색을 시작하여 점유성분이 TRUE인 sub-block의 개수가 검지영역 수직 축의 총 블록 개수의 최초 20% 이상 차지하는 위치에서 VAR의 왼쪽 선분을 결정하고, 20% 이하가 될 때까지 계속 탐색을 하여 VAR의 오른쪽 선분을 결정하여 VAR의 폭을 결정한다.

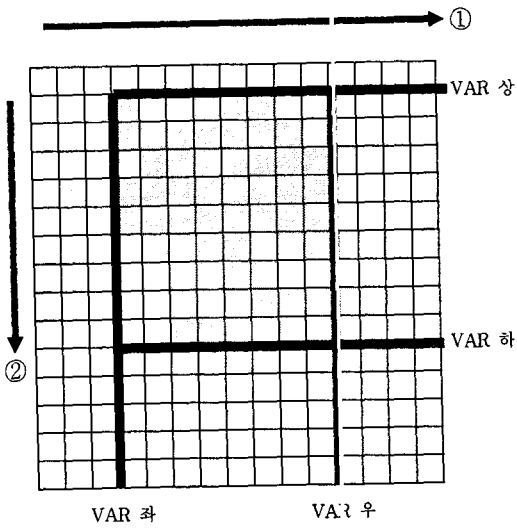


〈그림 3〉 차량이동에 따른 사각형

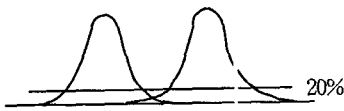
VAR의 상·하 선분은 VAR의 왼쪽 선분과 오른쪽 선분 사이 내에서 위에서 아래로 탐색을 해 가면서 점유성분이 TRUE가 되는 sub-block을 찾아 좌우 선분 사이의 블록수의 의 최초 20%이상 되는 부분이 VAR의 상단 선분이 되고, 계속 아래 방향으로 탐색해 가면서 20% 이하가 되는 위치에서 VAR의 하단선분을 결정한다.

VAR을 설정해 주는 알고리즘은 <그림 3>을 통해 설명한다.

<그림 3>은 ①의 방향으로 탐색해 가면서 점유성분이 TRUE인 sub-block이 있을 때 검지영역 내의 수직블록 전체의 최초 20%이상 차지하는 선으로 VAR의 좌측 선분과 우측선분을



<그림 3> VAR설정 알고리즘을 위한 도식



<그림 4> 두 차량이 중복되는 경우의 VAR

결정하고, 다음에 이 좌측선분과 우측선분 사이에서 ②번 방향으로 탐색해 가면서 점유성분이 TRUE인 sub-block 수가 좌우라인 사이의 20% 이상이 되는 지점에서 VAR의 상단과 하단의 선분을 결정한다. 이 방법으로 검지영역 내 모든 sub-block을 탐색하여 차량의 대수만큼 VAR을 그려준다. 여기서, 다음 <그림 4>와 같이 두 차량이 같은 좌측선분 사이에 들어오게 되는 경우가 발생하는데 이 경우 좌측선분과 우측선분 사이에서 수평선분을 찾아 나가다가 20% 미만 발생하면 선분을 결정하고 종료하는 것이 아니라 계속 찾아서 다시 20% 이상이 발생하면 새로운 선분을 찾아 VAR을 결정한다. 이때 20%

가 두 차량임을 인식하는 적절한 값이 된다. 수평선분이 결정된 후에 위와 아래에 있는 사각형들은 보정을 통해 바로잡는다.

3. 교통정보 수집 알고리즘

3.1 교통량 측정 알고리즘

차량의 추적은 식 (3)과 같이 검지영역을 통과할 때까지의 검지영역 내에 검출된 VAR을 탐색하여 t-1 frame에서의 VAR과 t frame에서의 VAR을 비교하여 이 두 VAR의 중심 값이 가장 가까운 VAR을 동일차량의 이동으로 보고 방향성분을 추출한다. VAR이 n개라면 모두 k개의 frame 중 t-1 frame과 t frame 사이에

$$D_{k,c} = \min_{1 \leq j \leq n} (\sqrt{(x_{k,c,t} - x_{j,c,t-1})^2 + (y_{k,c,t} - y_{j,c,t-1})^2})$$

k=1, 2, 3, ... (3)

을 찾아 동일 차량을 판별하고 여기서 n은 검지영역 내 VAR 수이고 x, y는 측방향성분이며 c는 frame의 중앙을 의미한다.

<그림 3>, <그림 4>에 의해서 VAR이 결정되는 순간 교통량 번호를 부여하고, 다음 프레임에서 해당차량의 방향성분을 추적하여 이전 프레임에서 부여받은 번호를 계속 유지하게 된다. k개의 프레임동안 차량이 검지영역을 통과하는 순간 차량에 부여된 번호가 교통량정보가 된다. 차량번호는 처음에는 좌에서 우로 부여해 나가고 그다음에는 VAR이 발생하는 순서대로 번호를 부여한다.

3.2 속도측정 알고리즘

속도측정은 $v = \frac{dS}{dt} = \frac{S - S_0}{t - t_0}$ 를 사용하

여 계산한다. 여기서 S 는 변위이며 t 는 시간이다. 위에서 계산된 변위를 사용하고 프레임의 변화시간을 계산하면 속도가 나오지만 CCTV 카메라가 도로 변에 설치된 관계로 실제 차량이 검지영역 안에서 이동한 거리는 차로별로 다르게 나타난다. <그림 5>에서 검지영역의 P_1 에서 P_2 까지 통과하는 데 있어서 L_1, L_2, \dots, L_n 까지의 실 거리를 측정하기 위하여 식 (4)와 같이 L_1 의 길이를 차선으로 측정한 다음 각 길이의 비율로 길이를 구한다.

$$R = \frac{L_i}{L_1}, \quad 2 \leq i \leq n \quad (4)$$

식 (4)에 의해서 검지영역 내 실제거리가 계산이 되면, 각 VAR의 중앙값이 L_k 와 L_{k+1} , ($1 \leq k \leq n-1$) 사이에 있을 경우 해당되는 이동 거리를 적용하여 통과한 시간으로 나누어 속도를 계산한다.

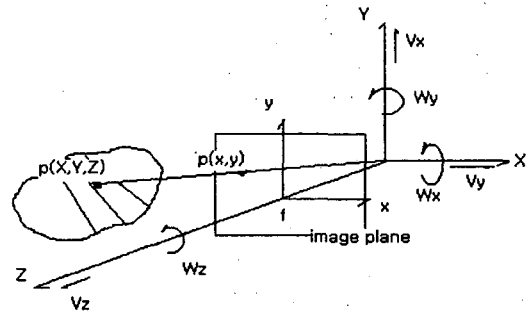


<그림 5> 속도측정을 위한 검지영역 내 차로별 실 거리

3.3 검지영역이동

영상 면의 움직임을 모델화하기 위해 광학적 플로우 필드를 사용하여 보기로 한다. <그림 6>에서 보듯이 삼차원 변환 속도 $V = (V_x, V_y, V_z)$

와 회전각 속도 $W = (W_x, W_y, W_z)$, 그리고 이차원 사영평면에서의 속도 $v = (v_x, v_y)$ 를 정한 다음 f 를 카메라의 초점거리라 하고 $v_f = \frac{df}{dt}$, $Z(x, y)$ 를 영상 깊이라 하면 이미지 평면상에서의 영상움직임은 식 (5)와 같다.



<그림 6> 유클리드 좌표계

$$v_x = \frac{1}{Z(x, y)} (-fV_x + xV_z) + W_x \frac{xy}{f} - W_y \left(f + \frac{x^2}{f} \right) + W_z y + v_f \frac{x}{f}$$

$$v_y = \frac{1}{Z(x, y)} (-fV_y + yV_z) + W_x \left(f + \frac{y^2}{f} \right) - W_y \frac{xy}{f} + W_z x + v_f \frac{y}{f} \quad (5)$$

식 (5)를 이용하여 화면상의 변위를 얻어 상하좌우회전각에 따른 좌표변환 알고리즘을 구한다. 폐쇄회로TV 카메라는 고정된 위치에 있고 회전만 하는 것으로 가정하고, XY평면의 원점은 영상의 중심에 위치하는 것으로 가정하며 점 (X, Y, Z) 의 사영점을 $p(x, y)$ 라 한다. 그러므로 $V = (V_x, V_y, V_z) = (0, 0, 0)$ 이며 회전 변환값 $W = (W_x, W_y, W_z)$ 중 panning/tilting/zooming에 의해서는 W_z 가 변하지 않으므로 $W_z=0$ 라 한다. $v_f = \frac{df}{dt}$ 는 0은 아니며 $W_x = \theta$, $W_y = \phi$ 라 하면 식 (5)은 다음 식 (6)와 같다[8].

$$\begin{aligned} v_x &= \theta \frac{xy}{f} - \phi \left(f + \frac{x^2}{f} \right) + v_f \frac{x}{f} \\ v_y &= \theta \left(f + \frac{y^2}{f} \right) - \phi \frac{xy}{f} + v_f \frac{y}{f} \end{aligned} \quad (6)$$

그런데 식 (6)로부터 찾아야 할 값은 좌우회전파라메타 θ 와 상하회전파라메타 ϕ 이며 다음 식 (7)과 같이 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \theta(x, \cdot) &= \frac{f}{xy} \left(v_x + \phi \left(f + \frac{x^2}{f} \right) - v_f \frac{x}{f} \right) \\ \theta(\cdot, y) &= \frac{1}{\left(f + \frac{y^2}{f} \right)} \left(v_y + \phi \frac{xy}{f} - v_f \frac{y}{f} \right) \\ \phi(x, \cdot) &= \frac{1}{\left(f + \frac{y^2}{f} \right)} \left(\theta \frac{xy}{f} + v_f \frac{y}{f} - v_y \right) \\ \phi(\cdot, y) &= \frac{f}{xy} \left(\theta \left(f + \frac{y^2}{f} \right) + v_f \frac{y}{f} - v_y \right) \end{aligned} \quad (7)$$

식 (5)로부터 s 를 확대축소 요인(factor)으로 하고 $\theta, \phi, \phi = W_z$ 는 작은 값으로 가정하고 폐쇄회로TV 카메라가 변환한 후의 위치 $p(x', y')$ 은 식 (8)로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} x' &= s \frac{x - \phi y + \phi f + f \cdot \frac{V_x}{Z}}{1 - \frac{\phi}{f} x + \frac{\theta}{f} y + \frac{V_z}{Z}} \\ y' &= s \frac{\phi x + y - \theta f + f \cdot \frac{V_y}{Z}}{1 - \frac{\phi}{f} x + \frac{\theta}{f} y + \frac{V_z}{Z}} \end{aligned} \quad (8)$$

식 (8)에서 폐쇄회로TV 카메라는 고정식이므로 V_x, V_y, V_z 는 0이며 Z 축을 영상 깊이로 사용하므로 ϕ 값은 거의 변화가 없다고 가정하면 식 (8)는 다음 식 (9)과 같이 간단히 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} x' &= s \frac{x + \phi f}{1 - \frac{\phi}{f} x + \frac{\theta}{f} y} \\ y' &= s \frac{y - \theta f}{1 - \frac{\phi}{f} x + \frac{\theta}{f} y} \end{aligned} \quad (9)$$

여기서 ϕ 와 θ 는 각각 panning 및 상하회전에 관련된 값이며 f 는 카메라의 위치와 관계가 있다. 본 논문에서는 식 (9)에서 s 값이 일정하다는 가정 하에 좌우회전과 상하회전이 일어난다고 보고 상하회전을 고정시키고 좌우회전에 의한 변환을 계산하고 좌우회전을 고정시키고 상하회전을 계산한 다음 마지막으로 확대축소를 계산하는 방법을 사용하였다. 뿐만 아니라 식 (9)에서 ϕ, θ 값은 f 값에 비해 매우 작으므로 식 (9)을 다시 식 (10)과 같이 변형한다.

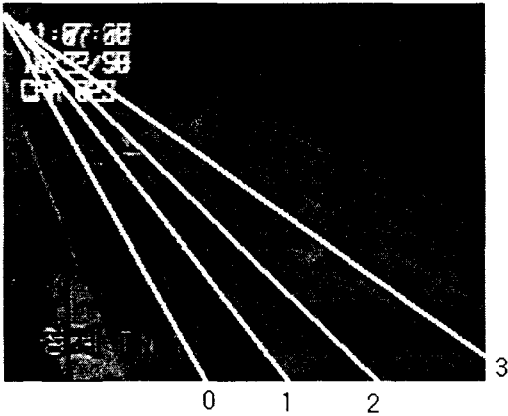
$$\begin{aligned} x' &= s(x + \phi f) + E(\phi) \\ y' &= s(y - \theta f) + E(\theta) \end{aligned} \quad (10)$$

여기서 $E(\phi)$ 와 $E(\theta)$ 는 식 (9)을 실영상에 적용하여 반복법으로 파라메타를 얻은 다음 영상 이동시 생기는 편차를 수정하기 위한 값으로 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\phi}{f} x - \frac{\theta}{f} y \text{ 라 하면} \\ E(\phi) &= \frac{\epsilon s(x + \phi f)}{1 - \epsilon} \\ E(\theta) &= \frac{\epsilon s(y - \theta f)}{1 - \epsilon} \end{aligned}$$

폐쇄회로TV 설치 위치가 도로변에 설치되어 있기 때문에 각 차로의 간격이 원근으로 인하여 일정하지 않게 나타난다. 본 논문에서는 폐쇄회로TV 카메라가 좌우회전 변환이 된 후에도 정확한 차로의 좌표값을 추출하기 위하여 우선 기준영상에서 <그림 7>과 같이 차로별로 직선을

연결하여 이 직선의 번호를 좌로부터 0, 1, 2, ... 순으로 정한 다음 이 직선의 수평각 또는 수직각을 이용하여 각 차로의 직선의 방정식을 유도한다.



<그림 7> 기준영상에서의 차로의 번호부여

좌우회전은 폐쇄회로TV 카메라가 수평으로 회전하는 것을 의미하는 것으로 <그림 8>에서 처럼 폐쇄회로TV 카메라가 도로변에서 차로 폭의 i 배만큼 떨어져 있다고 하고 j 번째 차로와 $j+1$ 번째 차로의 차이 각은 적당한 편차 수정치 η 를 주어 다음 식 (11)과 같이 정의할 수 있다. 여기서 η 는 반복법을 통한 오차 수정 방법으로 시스템에서 실영상을 측정하면서 찾는다.

$$\theta_{diff} = \eta (\tan^{-1}((i+j+1) \times L_w / C_h) - \tan^{-1}(i+j \times L_w / C_h)) \quad (11)$$

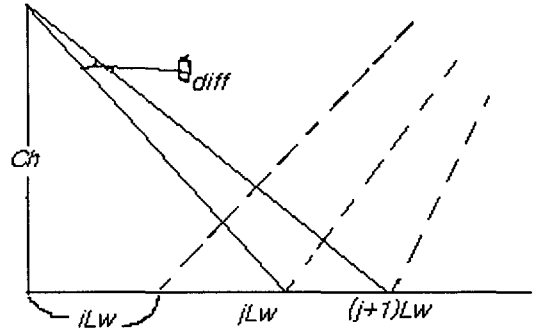
여기서, j : 각 차로의 번호(좌측부터 0, 1, 2, ...)

L_w : 차로 폭(lane width)

C_h : 카메라 높이

이것은 각 차로의 영상 위에서의 간격을 조정하기 위해 만든 식으로 이 비율은 차선 각을 계산할 때 사용한다. 폐쇄회로TV 카메라의 이동 각도를 θ_x 라고 했을 때 각 차로별 변환된 각

$\theta_{changed}$ 는 식 (12)와 식 (13)와 같이 전개할 수가 있다.



<그림 8> 카메라위치와 차로

- 0번 차로의 경우 θ_x 를 이용하여

$$\theta_{changed,0} = \theta_x \quad (12)$$

- 1번 차로 이후부터는 이전의 $\theta_{changed,0}$ 값을 사용

$$\theta_{changed,i} = \theta_{changes,i-1} \times \theta_{diff,i+1} / \theta_{diff,i}, \quad (i = 1, 2, 3, \dots) \quad (13)$$

식 (12)와 식 (13)에 의해서 각 차로별 이동 각도가 산출되면 검지영역의 좌표 값을 변환시키는 방법은 각 차로의 변에 있는 차선이 만나는 점을 (ξ, ζ) 라하고 첫 번째 검지영역의 시작 좌표를 (x_1, y_1) 이라 하며 이동후의 검지영역의 시작 좌표를 (x_2, y_2) 라고 하자. 식 (13)을 사용하여 얻어진 값에서 적절한 이동 변위 요소가 얻어지면 그 요소로부터 수정치를 얻은 다음 변환되는 검지영역의 좌표는 식 (14)에 의하여 구할 수 있다.

$$x_2 = (x_1 - \xi) \cos \theta_{diff,i} + (y_1 - \zeta) \sin \theta_{diff,i} + \xi + C(\theta_{diff,i})$$

$$y_2 = (x_1 - \xi) \sin \theta_{diff,i} + (y_1 - \zeta) \cos \theta_{diff,i} + \zeta + C(\theta_{diff,i}) \quad (14)$$

여기서 $C(\theta_{diff_i})$ 는 편차 수정치이며 식 (13)에서 계산된 파라메타 값을 적용하여 영상에서 얻은 값과 반복 비교하여 계산한다. 실제로 이 식 (14)는 <그림 7>의 차선의 교차점을 계산하고 회전의 중심을 그 교차점에 두고 계산된 식으로 식 (10)에서 나타나는 초점거리의 영향을 줄였다.

상하회전은 폐쇄회로TV 카메라가 수직으로 이동하는 것을 의미하는 것으로 폐쇄회로TV 카메라에서 읽어 들인 수직 이동 각을 θ_y 라 했을 때 각 차로의 실제 이동 각을 측정하기 위해 식 (11)의 η 값을 수정한 다음 좌우회전 시와 같이 구하여 식 (12)와 식 (13)를 적용한 다음 식 (14)를 적용하면 된다. 또한 상하회전 시에는 영상의 변화 폭이 커지는데 이 변화에 적응하기 위해서는 영상의 깊이가 계산되어 저야 하며 영상의 깊이는 폐쇄회로TV 카메라의 높이와 카메라 위치로부터의 수평거리에 영향을 받는다. 변화 폭을 계산하기 위해 카메라 위치로부터 화면중심에 있는 물체까지의 길이를 δ 라 하면 화면간의 수직 이동거리 d 는 다음 식 (15)에 의해 얻을 수 있다.

$$d = C_h \tan[\theta_y + \tan^{-1}(\frac{\delta}{C_h})] - \delta \quad (15)$$

확대축소는 폐쇄회로TV 카메라가 영상을 확대 또는 축소하는 것을 의미하는 것으로 폐쇄회로TV 카메라에서 읽어 들인 확대축소배율을 z 라 하고, 모든 값이나 위치는 영상의 중심점을 기준으로 배율만큼 확대 또는 축소가 일어난다. 영상의 중심을 (x_c, y_c) 라 하고 확대축소가 일어나기 전의 좌표를 (x_i, y_i) 라 하면 각 차로의 실제 좌표는 식 (16)과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} x_k &= z(x_i - x_c) + x_c + \Delta v_f(x) \\ y_k &= z(y_i - y_c) + y_c + \Delta v_f(y) \end{aligned} \quad (16)$$

여기서 $\Delta v_f(x), \Delta v_f(y)$ 는

$$v_f(x) = \frac{f}{x}(v_x - \theta \frac{xy}{f} + \psi(f + \frac{x^2}{f})),$$

$$v_f(y) = \frac{f}{x}(v_y - \theta(f + \frac{y^2}{f}) + \psi \frac{xy}{f})$$

에 반복법을 적용하여 얻은 편차 수정 값이다.

4. 실험 및 분석

경부고속도로 상행선 기흥IC에 실험용 CCTV 카메라를 설치하여 획득한 영상과, 청계터널 앞 도로에서 녹화한 영상을 대상으로 실험을 하였으며, 영상처리는 Frame-Grabber보드에서 초당 30프레임으로 640×480 해상도, 256 gray-level로 영상처리를 하였다.

검지영역의 sub-block의 크기는 4×4픽셀로 하여 검지영역 내에 $M \times N$ 개의 sub-block을 구성하고, 배경영상과의 차 영상을 구하여 이진화를 시킨 값이 sub-block내 30% 이상 차지하고 있을 때 sub-block의 점유성분을 TRUE로 하였다. 대개의 경우 10% 내지 15% 정도는 노이즈가 채우고 있으므로 차량의 변화가 있다고 판단되는 경우는 25%는 넘어야 한다. 거의 정지하고 있는 물체라도 차영상에서 이진화 값을 계산하면 15% 내지 20% 정도가 된다.

sub-block의 크기가 작으면 노이즈로 인한 영상변화를 인식하기 어려울 뿐 아니라 전체블록의 개수가 증가해 계산시간이 길어지며 블록이 크면 VAR을 결정할 때 분석에 적절한 사각형을 만들기 어려워진다. 이것을 <표 1>에서 보면 2×2로 할 경우 노이즈에 저항하지 못하며 3×3, 4×4, 5×5인 경우에 4×4가 적절함을 보인다.

교통량을 측정하는 실험장면은 <그림 9>와 같으며 <표 2>에서 보는 바와 같이 20분 동안 차량이 육안으로 344대 지나갔으며 20분 동안 실험결과를 차로별 검지와 비교했을 때 차량을

놓치는 경우가 적어진 것으로 나타났다.

〈표 1〉 Sub-block의 크기별 특성

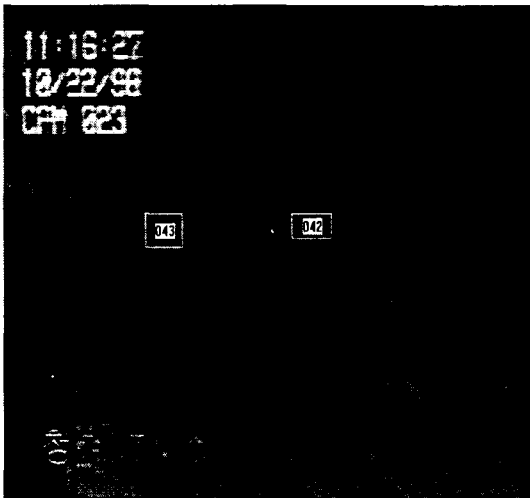
	2 by 2	3 by 3	4 by 4	5 by 5
노이즈 저항	저항 못함	저항	저항	저항
계산시간 (sec)	0.768E-4	0.231E-4	0.387E-5	0.282E-6
VAR형태	적절	적절	적절	부적절

〈표 2〉 트래킹과 차로별 검지의 비교

	차로별	트래킹	비 고
총 차 량	344	344	20분
검지차량	309	322	
검 지 율	0.898	0.936	

5. 결 론

고속도로에 설치되어 있는 CCTV카메라로부터 전송된 영상을 이용하여 자동으로 교통정보를 수집할 수 있도록 영상검지기 기능을 부가하려 할 때 기존의 영상검지기의 방법을 응용하려고 시도하였다. 그런데, 도로에 설치된 영상검지기는 대부분이 차선별로 고정되어 있다. 본 논문에서는 트래킹에 의한 교통량 수집 알고리즘을 구현하여 보았는데 차로별 검지보다는 검지율이 3% 정도 좋아졌다. 그 이유는 차로별 검지는 6차로 이상에서 영상 겹침이 많아지나 트래킹은 그이상의 차선에서도 좋은 반응을 보였다.



(a) 청계터널 영상



(b) 기흥 IC영상

〈그림 9〉 교통량 측정 실험결과

참 고 문 헌

- [1] 김성일, "선택적 개별물체의 이동추적 알고리즘 개발에 관한 연구", 정보처리학회논문지B, Vol. 8-B, No. 1, 2001년 2월, pp. 50-58.
- [2] 조용진, 양현승, "Snakes모델을 이용한 얼굴 윤곽선 추적 시스템", 정보과학회논문지(B), Vol. 24, No. 1, 1997년, pp. 62-72.
- [3] Dickmanns, E.D., Mysliwetz, B., and Christians, T., "An Integrated Spatial-Temporal Approach to Automatic Visual Guidance of Autonomous Vehicles", *IEEE Trans. on Syst. Man, Cybern.*, Vol. 20, No. 6, 1990, pp. 1274-1284.

- [4] Foresti, G., Murino, V., Regazzoni, C., and Vernazza, G., "A Distributed Approach to 3D road Scene Recognition" *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol. 43, No. 2, 1994, pp. 389-406.
- [5] Kamijo, S., Matsushita, Y., Ikeuchi, K., and Sakauchi, M., "Occlusion Robust Vehicle Tracking Spatio-Temporal Markov Random Field Model", *Proceedings of 7th World Congress on Intelligent Transport Systems*, Turin, Italy, Nov., 2000.
- [6] Luca, G., Murino, V., and Regazzoni, C., "Vehicle Recognition and Tracking from Road Image Sequences", *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol. 48, No. 1, pp. 301-318, Jan., 1999.
- [7] Namkoong, S., Lee, In J., Min, Joon Y., Yun, Byeong J., and Kim, H., "An Algorithm for Automatic Installation of Detection Area by Analyzing the Panning, Tilting, and Zooming Factors of CCTV Camera", *Proc. of the 8th World Congress on ITS*, Sydney, Australia, Sep. 30-Oct. 4, 2001.
- [8] Turk, M.A., Herbert, M., Kanade, T., and Shafer, S., "Toward Autonomous Driving: The CMU Navlab", *IEEE Expert*, Vol. 6, No. 4, 1991, pp. 31-52.

□ 저자소개



이 인 정

전남대학교 수학과에서 이학사, 중앙대학교 수학과에서 이학석사 및 이학박사, 아주대학교 전자공학과에서 공학박사를 취득하였고, 현재 호서대학교 컴퓨터공학부 부교수로 재직중이다. 주요 관심분야는 영상신호처리, 수치해석, 인공지능 등이다.



민 준 영

아주대학교 산업공학과에서 학사, 성균관대학교 정보처리학과에서 석사, 성균관대학교 통계학과에서 전산통계전공으로 박사학위를 취득하였다. 현재 상지영서대학 부교수로 재직중이다. 주요 관심분야는 생체신호처리, ITS, 인공신경망 등이다.



장 영 상

성균관대학교 정보공학과에서 학사, 경희대학교 대학원 전자계산공학과에서 석사학위를 취득하였고, 동 대학원에서 박사과정을 수료하였다. 현재 호서대학교 평생교육원 인터넷정보과 전임교수로 재직중이다. 주요 관심분야는 이동통신, 네트워크 보안 및 암호화 등이다.