

■ 論 文 ■

## 검지라인 자동계산을 이용한 차량추적 알고리즘 개발

Development of a Vehicle Tracking Algorithm using Automatic Detection Line Calculation

**오 주 택**

(한국교통연구원 책임연구원)

**민 준 영**

(상지영서대학 전자계산과 교수)

**허 병 도**

(상지영서대학 겸임교수)

**김 명 섭**

(한국교통연구원 연구원)

### 목 차

- I. 서론
    - 1. 연구의 배경 및 목적
    - 2. 연구방법
  - II. 추적(Tracking)이론 및 관련기술 제품
    - 1. Model Based Tracking
    - 2. Region Based Tracking
    - 3. Active Contour Based Tracking
    - 4. Feature Based Tracking
  - III. 검지라인 자동계산을 이용한 차량 추적
    - 1. 픽셀(Pixel)거리 보정 알고리즘 개발
    - 2. 차량검지 및 트래킹 알고리즘
    - 3. 현장적용 시험(Field Test)
  - IV. 교통정보 산출 및 영상검지시스템 개발을 위한 성능비교 및 분석
  - V. 결론
    - 1. 연구의의 및 결과
    - 2. 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 개별 차량추적, 검지선, 차량검지, 영상검지기, 영상검침  
 Individual Vehicle Tracking, Detection Line, Vehicle Detection, Video Detection System, Occlusion

### 요 약

영상기반 교통검지시스템은 교통정보 수집을 기본으로 상충, 사고감지, 기후감지 등 다양한 정보를 수집하는 데 이용되고 있다. 본 논문은 VDS에서 검지영역을 설정할 때 단위거리별 픽셀길이를 자동 계산하여, 이를 기반으로 교통정보 및 상충정보를 수집하는 시스템을 개발한다. 본 알고리즘은 교차로에 검지영역 내 검지라인을 세분화하여 설정함으로써 교통정보의 정확도를 높이고, 개별차량의 교차로 통과속도 및 점유율을 자동으로 계산해 주며, 나아가 모든 교차로에 일반화하여 적용할 수 있다. 본 알고리즘은 분당교차로에 설치된 CCTV영상을 대상으로 실험하였으며, 상용화 제품과의 교통정보 비교분석을 통하여 알고리즘을 검증하였다.

Video Image Processing (VIP) for traffic surveillance has been used not only to gather traffic information, but also to detect traffic conflicts and incident conditions. This paper presents a system development of gathering traffic information and conflict detection based on automatic calculation of pixel length within the detection zone on a Video Detection System (VDS). This algorithm improves the accuracy of traffic information using the automatic detailed line segments in the detection zone. This system also can be applied for all types of intersections. The experiments have been conducted with CCTV images, installed at a Bundang intersection, and verified through comparison with a commercial VDS product.

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

## 1. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

영상기반의 교통정보수집시스템은 관리 및 운영상의 한계를 보이고 있는 기존의 루프검지기의 역할을 대체하는 검지기의 역할 뿐 아니라, 다양한 교통류의 정보를 제공하고 관리할 수 있다는 점에서 전 세계적으로 널리 사용되고 있다(오주택 외4, 2008).

영상기반 교통정보 수집시스템은 기존 Tripwire 기반의 영상검지기와 개별차량 주행궤적 추적(tracking) 기법, 크게 두 가지로 나눌 수 있으며, 두 기능 모두 검지영역을 설정함에 있어 수동으로 설정하여야 하고, 특히, 주행궤적 추적(tracking)기법 영상검지기는 최소 30m 이상 검지영역을 설정하여야 한다.

특히 연속류 도로가 아닌 교차로에서는 CCTV의 주시방향에 따라 사각(oblique angle)으로 영상이 들어오기 때문에, 이 영상으로는 교통량을 제외한 다른 교통정보를 수집하기 어려워진다.

본 논문은 Tracking기법의 VDS에서 검지영역을 설정할 때 단위거리별 픽셀길이를 자동 계산하여, 검지영역 내 검지라인을 자동으로 구분해 주는 알고리즘을 소개하고, 이 알고리즘에 의해 사각으로 들어오는 교차로 영상에서 교통량, 속도, 점유율을 계산한다. 특히, 속도, 점유율은 차량 이동거리를 정확히 계산하여야만 정확도를 높일 수 있는데, 기존 CCTV 사각 영상에서는 이를 정확히 계산할 수 없기 때문에 그동안 교통정보 수집용 카메라를 별도로 설치하던지, 또는 한정된 지점에서만 교통정보를 수집하는 한계가 있었다.

본 연구는 "안전지향형 영상검지기"개발의 일환으로 검지영역 내 감지라인을 자동계산 함으로써 개별차량별 이동거리를 정확히 계산할 수 있으며, 차두간 거리계산을 통해 사고위험을 자동으로 감지할 수 있는 가능성을 제시한다.

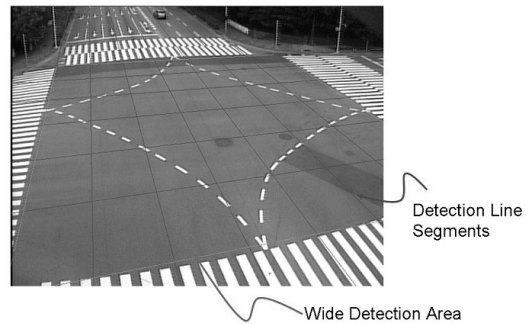
알고리즘 검증을 위한 실험은 분당 정자사거리와 내정사거리에 설치된 CCTV영상을 대상으로 실험하였으며, 상용화 제품과의 교통정보 비교분석을 통하여 알고리즘을 검증한다.

### 2. 연구 방법

본 연구는 검지영역 자동설정 알고리즘과 이 알고리

즘을 실제 교차로에 적용하여 검지영역을 설정하는 단계, 이 검지영역을 통하여 교통정보를 수집하는 단계, 수집된 교통정보를 상용화된 영상검지기 결과와 비교하는 검증 단계로 구분한다.

교차로에 검지영역을 설정하는 단계에서의 알고리즘은 본 연구를 통해 독자 개발한 것으로 이 알고리즘을 실제 교차로에 적용하여 검지영역을 설정하는 단계에서는 교통량, 속도, 점유율 등 교통정보 수집을 한다. 이때, 교통정보는 Tracking기반의 개별차량 주행궤적 추적으로 수집하는 것이기 때문에 우선 전 차로에 걸쳐 검지영역을 수동으로 설정하고(Wide Detection Area, WIDA), 카메라의 원근에 따라 일정길이에 맞춰 자동으로 검지선(Detection Line Segments, DLS)을 설정해 준다(〈그림 1〉 참조).



〈그림 1〉 검지영역 자동설정 방법

자동 설정된 검지영역을 통하여 교통정보를 수집하기 위한 차량감지(Vehicle Detection) 단계에서는 배경영상과 차영상(background subtraction)을 이용하는 방법을 사용하였으며, 수집된 교통정보를 상용화된 영상검지기 결과와 비교하는 검증 단계에서는 기존 상용화된 영상검지기, Autoscope와 동일한 영상을 대상으로 비교한다.

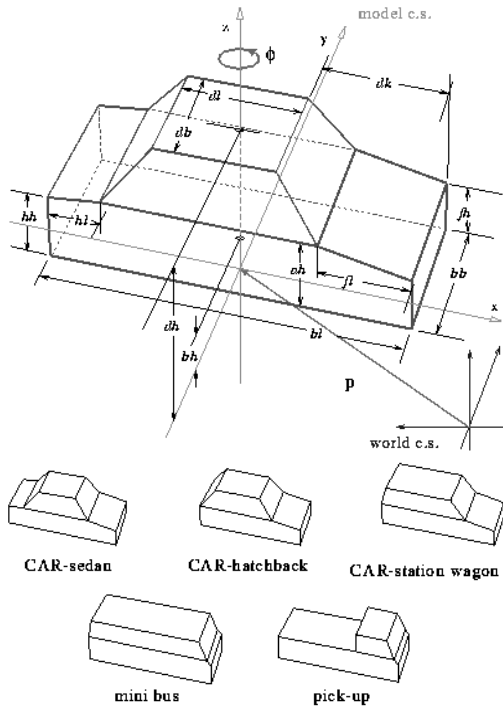
## II. 추적(Tracking) 이론 및 관련 기술 제품

이동물체(moving Object)의 추적이론은 크게 나눠 다음의 네 가지 종류가 있다(B. Coifman, 1998).

### 1. Model Based Tracking(Koller D., 1993)

개별차량 형태를 3D모델로 표현하여, 영상 내 개별차

량의 모델과 영상정합(Template Matching)을 통하여 차량을 추적하는 방법으로, 거리를 통과하는 모든 차량의 3D모델화를 한다는 것이 현실적으로 어려운 문제고, 이 방법은 차량이 적게 다니는 경우에 적합하다(Simeon Indupalli).



〈그림 2〉 3D generic vehicle models parameterize

## 2. Region Based Tracking

기존 트래킹에서 가장 많이 쓰이는 방법으로 식(1)과 같이 배경영상과의 차영상(difference image)으로 이동 물체(moving object)를 추출하고 이를 Segmentation 함으로써 이루어진다.

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

where,  $\mathbb{X}$  is  $M \times N$  pixel Matrix

여기서 배경영상이 항상 일정하지 않으므로 배경영상을 재설정(refinement)하는 방법이 도입되어야 하는데, 여기에는 Kentaro Toyama et al (1999)의 Walflower 방법, Stauffer and Grimson의 Gaussian Mixture

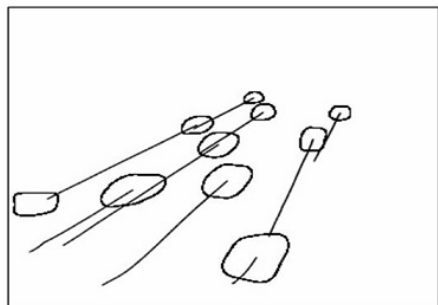
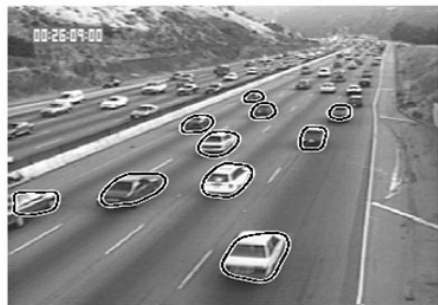
Model(GMM), 등이 있다.

대체적으로 주간, 야간, 일몰 시간대 등 하루의 시간 변화와 나무의 흔들림(Waving Trees), 갑작스런 환경 변화(Light switch) 등에 배경영상을 재설정 이론들을 적용할 수 있다.

이 방법은 영상겹침(Occlusion)에 의한 오류문제를 극복하지 못한다는 단점이 있다. 그러나 대부분의 상용화 제품은 Region Based Tracking방법을 채택하고 있으며, 그 이유는 상용화 제품인 경우 단순히 개별차량 트래킹뿐만 아니라 교통정보수집, 사고감지 등 매 프레임 별 처리해야하는 계산량이 많으므로 카메라에서 컬러 영상이 입력되었다 하더라도, 이를 256Gray(8비트/pixel)로 변환하여 처리하게 되고, 이 경우 Region Based Approach가 가장 처리하는 데 유리한 것으로 예상된다.

## 3. Active Contour Based Tracking

〈그림 3〉과 같이 물체의 윤곽선(Contour 또는 Snake)을 그려 이를 매 프레임마다 추적하는 방법으로, 이는 Region Based Approach보다는 계산량을 줄일 수 있으나, 영상 겹침에 대해서는 매우 취약하다는 단점이 있다.



**Bounding counters**

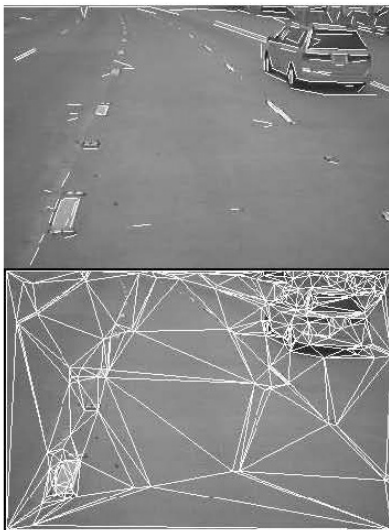
〈그림 3〉 Active Contour Based Tracking(Simeon Indupalli)

#### 4. Feature Based Tracking

이동물체의 특징을 추출하여 이 추출된 특징을 매 프레임별로 추적하는 시스템으로 이동차량의 부분 특징(예를 들어 컬러값)을 찾아 이를 매 프레임 별로 추적하는 방법으로, 장점으로는 영상 겹침 문제에 대해 다른 방법에 비하여 우수하다는 점이다(B. Coifman, 1998). 대체적으로 Feature based 방법은 이동물체의 특징을 추출하는 데, 계산량이 많고, 이에 따라 계산시간이 많이 걸린다는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로, Constrained Delaunay Triangulation (CDT) 알고리즘이 있는데, 이 방법은 이동물체의 정확한 윤곽을 추출하는 것 보다는 계산량을 감소하는 데, 유용하게 이용된다(Z. Kim, 2006). <그림 4>는 CDT를 이용한 이동차량 감지 방법을 나타낸 것이다.

관련 기술제품으로는 상용화 제품 중 가장 널리 보급된 미국 ISS사의 AUTOSCOPE는 각 차로별로 검지영역을 설정하고, 이 검지영역의 길이를 실측데이터로 초기 입력하는 방법을 택하고 있으며, AUTOSCOPE제품은 연속류 도로에만 적용할 수 있으며, 교차로 같은 단속류 도로에서는 사용하기 어려운 제품이다.

상용화된 제품 중 검지영역의 검지라인을 자동 계산해 주는 제품으로 PEEK VideoTrak이 있으며, 마우스로 검지영역의 네 개의 점을 설정하면, 그 안에 자동으로 일정길이의 Line Segments가 생성된다.



<그림 4> CDT를 이용한 차량 감지(Z. Kim, 2006)

### III. 검지라인 자동계산을 이용한 차량 추적

#### 1. 픽셀(Pixel)거리 보정 알고리즘 개발

교차로 CCTV를 통해 들어오는 영상은 <그림 5>와 같이 사각(oblique angle)으로 들어오기 때문에 교차로 내 거리를 정확히 산출하지 못해 교통량을 제외한 속도, 점유율, 상충정보 등을 판단하는 데 어려움이 있다. 일반적으로 영사검지기는 차로별 2차원(사각형)의 검지영역을 설정하고, 이를 배경영상으로 하여, 현재 영상과의 차영상으로 차량을 검지하는 방법을 채택하고 있다. 이는 차량의 진행방향이 하나 또는 두 방향을 기준으로 설정하는 방법으로, 현재까지는 이런 환경을 기준으로 연구가 진행되어 왔다. 그러나 본 연구는 상충정보를 검지하기 위하여 교차로에서 차량의 진행방향이 직진, 우회전, 좌회전 차량 등 각기 임의로 진행하기 때문에, 기존의 2차원 검지영역을 적용시킬 수가 없다. 이러한 연구는 현재까지 영상검지기 중심의 연구 중에서는 이루어진 것이 없었다.

이는 CCTV카메라의 각도, 높이, 교차로의 폭, 길이 등 여러 요소에 따라 교차로마다 각기 다른 각도의 영상이 입사되며, 이는 3차원 영상을 2차원으로 변환하는 과정에서 알고리즘의 처리가 요구된다. 그러기 위하여 <그림 6>에서  $(p_1, q_1), (p_2, q_2)$ 의 꼭짓점을 중심으로 일정각도로 나누는 방법을 이용, 각 검지라인의 거리를 계산하는 방법으로 근사값(approximation)을 구하였다.



<그림 5> CCTV를 통해 들어오는 교차로 영상

<그림 5>에서 두 점  $(x_1, y_1)$ 과  $(x_2, y_2)$ 를 지나는 직선의 방정식은 식(2)와 같다.

$$y - y_1 = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \times (x - x_1) \quad (2)$$

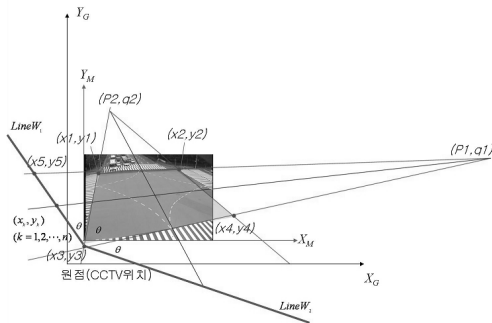
$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} x - \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} x_1 + y_1$$

또한 두 직선  $y = k_1x + m_1$ 와  $y = k_2x + m_2$ 의 교차점을  $(p, q)$ 라 했을 때, 식(3)으로 구할 수 있으며, 식(2)와 식(3)에 의하여  $(p, q)$ 를 구할 수 있다.

$$p = \frac{(m_1 - m_2)}{(k_2 - k_1)}, \quad q = \frac{m_1 k_2 - k_1 m_2}{k_2 - k_1} \quad (3)$$

$$k_i = \frac{(y_{2,i} - y_{1,i})}{(x_{2,i} - x_{1,i})}, \quad m_i = y_{1,i} - (x_{2,i} - x_{1,i})k_i$$

where,  $i = 1, 2$



〈그림 6〉 알고리즘 교차로 영상 적용

〈그림 6〉은 식(3) 알고리즘을 실제 교차로 영상에 적용한 결과로, CCTV카메라 위치를 원점으로 하는 Global 좌표축  $(X_G, Y_G)$ 와 영상을 기준으로 한  $(X_M, Y_M)$ 로 구분하고, 여기서 Global 좌표 기준으로  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$  네 점을 통과하는 직선의 교차점  $(p_1, q_1), (p_2, q_2)$ 을 구한다.

교차로 내 같은 거리의 검지라인을 구분하기 위해서 〈그림 6〉에서  $(p_1, q_1) \rightarrow (x_3, y_3)$ 와  $(p_2, q_2) \rightarrow (x_3, y_3)$ 의 사이각  $\theta$ 와 같은 각도로 Line  $W_1$ 을 구한다.

Line  $W_1$ 은  $(p_2, q_2) \rightarrow (x_3, y_3)$ 의 직선의 방정식을 점  $(x_3, y_3)$ 를 중심으로  $-\theta$ 각도만큼 회전을 시킨 직선이므로 식(3)에 의해서 구할 수 있다(C. S. Park, 1985).

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -a_1 & -a_2 & 0 \end{bmatrix}, \quad T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ a_1 & a_2 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$R(-\theta) = \begin{bmatrix} \cos(-\theta) & \sin(-\theta) & 0 \\ -\sin(-\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T = T_1 R(-\theta) T_2 = \begin{bmatrix} \cos(-\theta) & \sin(-\theta) & 0 \\ -\sin(-\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ a_1(1 - \cos(-\theta)) + a_2 \sin(-\theta) & a_2(1 - \cos(\theta)) - a_1 \sin(-\theta) & 1 \end{bmatrix}$$

여기서,  $a_1 = x_3, a_2 = y_3$

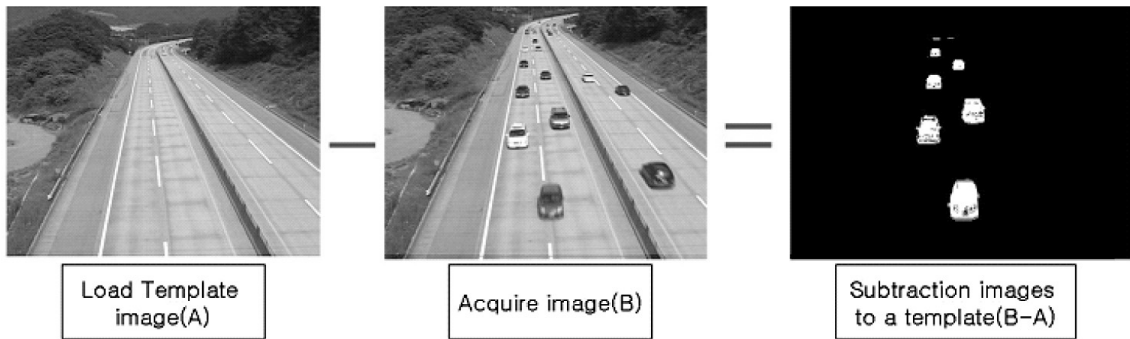
이후 교차로  $(x_1, y_1) \leftrightarrow (x_3, y_3), (x_2, y_2) \leftrightarrow (x_4, y_4)$  사이의 픽셀을 동일한 길이로  $N$ 등분하여서는 Line  $W_1$  직선상  $(x_5, y_5) \leftrightarrow (x_3, y_3)$ 의 길이를  $N$ 등분하고,  $N$ 등분된 각각의 좌표값과  $(p_1, q_1)$ 점과 연결하는 직선의 방정식을 구하여, 교차점  $(p_2, q_2) \rightarrow (x_3, y_3)$ 을 지나는 직선과 만나는 점을 구한다.

본 알고리즘을 단계별로 정리하면 다음과 같다.

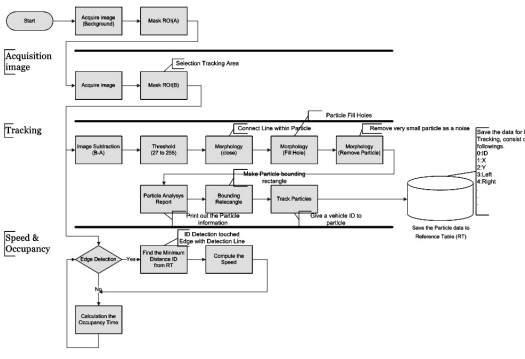
- 【단계 1】 CCTV카메라를 원점으로 하는 Global 좌표축  $(X_G, Y_G)$ 와 영상을 기준으로 하는 좌표축  $(X_M, Y_M)$ 을 설정
- 【단계 2】 식(1), 식(2)로 교차로 다각형 검지영역의  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$ 를 통과하는 직선의 교차점  $(p_1, q_1), (p_2, q_2)$ 을 구한다.
- 【단계 3】  $(p_2, q_2) \rightarrow (x_3, y_3)$ 의 직선의 방정식을 점  $(x_3, y_3)$ 를 중심으로  $-\theta$ 각도만큼 회전을 시킨 직선 Line  $W_1$ 을 구한다(식(3)).
- 【단계 4】  $(p_1, q_1) \rightarrow$  Line  $W_1$  직선 만나는 영역을  $N$ 등분하고,  $N$ 등분한 각 점  $(n_1, n_2, \dots, n_N) \rightarrow (p_1, q_1)$ 과의 직선의 방정식을 산출
- 【단계 5】  $(p_2, q_2) \rightarrow (x_3, y_3), (p_2, q_2) \rightarrow (x_4, y_4)$ 을 지나는 직선과 만나는 점을 구한다.
- 【단계 6】 단계 3과 같은 방법으로  $(p_1, q_1) \rightarrow (x_3, y_3)$ 의 직선의 방정식을 점  $(x_3, y_3)$ 를 중심으로  $\theta$ 각도만큼 회전을 시킨 직선 Line  $W_2$ 을 구한다(식(3)).
- 【단계 7】  $(p_2, q_2) \rightarrow$  Line  $W_2$  직선과 만나는 영역을  $M$ 등분하고,  $M$ 등분한 각 점  $(n_1, n_2, \dots, n_M) \rightarrow (p_2, q_2)$ 과의 직선의 방정식을 산출
- 【단계 8】  $(p_1, q_1) \rightarrow (x_1, y_1), (p_1, q_1) \rightarrow (x_3, y_3)$ 을 지나는 직선과 만나는 점을 구한다.
- 【단계 9】  $(p_2, q_2) \rightarrow (x_3, y_3), (p_2, q_2) \rightarrow (x_4, y_4)$ 을 지나는 직선과 만나는 점을 구한다.

## 2. 차량검지 및 트래킹 알고리즘

본 논문에서 차량검지는 배경영상 차영상(〈그림 7〉참



〈그림 7〉 본 시스템의 배경영상 차영상 처리 절차



〈그림 8〉 본 시스템 트래킹 처리절차

조)을 이용한 Region Based 알고리즘을 적용하였으며, 그 이유로는 일반 상용화 제품과 같이 단지 트래킹만을 처리하는 것이 아니라 트래킹을 기반으로 교통정보까지 계산하게 되면 처리시간을 많이 필요로 한다. 그러기 위해서는 영상처리를 8비트로 단순화 하여 계산량을 줄여야 하며, 또한 속도, 점유시간을 계산하려면, 이동차량의 전체 윤곽을 추출해야 정확한 교통정보가 산출되기 때문에 특징기반(feature based) 트래킹에서 처리시간의 단축은 있으나, 차량의 부분적 영역만을 추출하는 CDT방법 역시 본 연구에서는 제외하였다.

본 시스템은 위의 〈그림 8〉 같이 크게 세 영역으로 나누어 수행되었다. 첫째, 배경영상과 현재영상의 차영상(difference image)으로 이동차량을 추출하고, 둘째, 차량의 MOR(Moving Object Region)을 추출하기 위해 모폴로지를 이용, 정확한 차량영역을 추출하고, 셋째, 검지 라인을 통과하는 차량에 대해 속도와 점유시간을 산출한다.

1) 차량 검지(Vehicle Detection)

배경영상 차영상에서 이진화 영상(binalization)으로

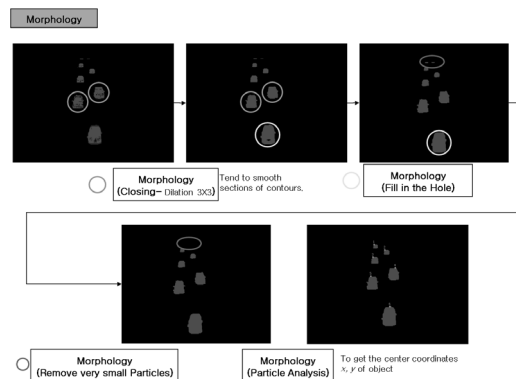
변환하기 위해 임계값을 결정하는 데, 임계값 결정에 주요 알고리즘으로 Otsu(1979)에 의한 알고리즘이 있으며, 본 연구에서는 보다 정확한 임계값을 구하기 위하여 각 지점의 경형치를 적용하여 27에서 255사이의 값으로 구한다.

모폴로지는 Dilation과 Closing을 이용하였으며, Dilation은 차량의 윤곽을 명확히 하기 위함이고, Closing은 차량의 이진영상에서 순수한 차량만 추출하기 위한 방법이며, 해당 식은 다음과 같다.

$$Dilation \text{ 관련 식 } D(A, B) = A \oplus B = \bigcup_{\beta \in B} (A + \beta)$$

$$Closing \text{ 관련 식 } A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B$$

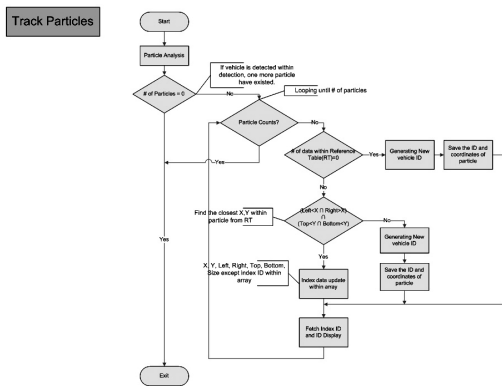
여기서, A는 차량구분 영역(Vehicle Segmented Area), B는 Structuring Element. 모폴로지에 의해 이동차량이 감지된 후 3×3이내의 영역은 노이즈로 처리하여 제거하였고, 그 이상의 크기만을 이동차량이라 판단하여 MOR(Moving Object Region)으로 처리하였다(〈그림 9〉 참조).



〈그림 9〉 차량검지 절차

### 2) 개별차량 ID부여 및 MOR 저장

프레임  $I_t$ 에서 개별차량 MOR이 감지되면 ID를 부여함과 동시에 MOR의 (left, top), (right, bottom)의 좌표값을 참조테이블(Reference Table, RT)에 저장한다. 그 다음 프레임  $I_{t+1}$ 에서는 MOR의(left, top), (right, bottom) 좌표값이 RT에 저장된  $I_t$ 의 (X, Y)의 영역을 포함하고 있을 때 동일차량이라 보고 RT에서 해당 차량 ID를 찾아 (left, top), (right, bottom)의 좌표값을 갱신하고, 만약 해당 ID가 존재하지 않을 경우 새로운 ID를 생성하여 MOR 좌표값을 저장한다. 이 절차의 상세도는 <그림 10>과 같다.

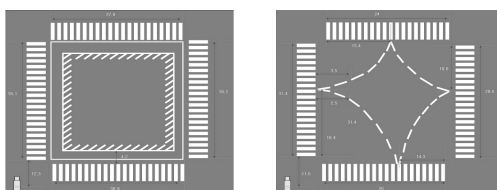


<그림 10> 개별차량 ID부여 및 MOR 좌표값 RT 저장 방법

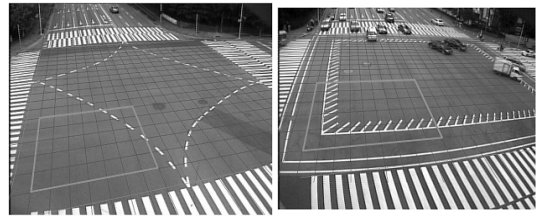
### 3. 현장 적용 시험(Field Test)

본 알고리즘의 검증을 위하여 분당교차로 정자 교차로, 내정 교차로 두 개 지점에 대해 실측을 하였다. 실험은 기존 교차로에 설치되어 있는 CCTV영상을 통해 획득한 영상을 대상으로 하였으며, CCTV의 설치 높이 및 위치는 각각 <그림 11>과 같다.

교차로 내 검지영역 자동설정을 위하여, 교차로 전 영역에 걸쳐 검지영역을 수동으로 설정하고(Wide Detection Area, WIDA), 카메라의 원근에 따라 본 알고리즘을 적용



(a) 정자교차로 (b) 내정교차로  
<그림 11> 현장시험 환경(CCTV 높이: 6.4m)



(a) 내정사거리 (b) 정자사거리  
<그림 12> 검지영역 설정

하여, 일정길이에 맞춰 자동으로 검지선(Detection Line Segments, DLS)을 설정해 준다(<그림 12> 참조).

## IV. 교통정보 산출 및 영상검지시스템개발을 위한 성능비교·분석

본 연구에서는 교차로 검지영역 자동설정 알고리즘에

<표 1> 내정교차로 교통정보 비교분석

순번	차량 ID	차량 트래킹 방법		AUTOSCOPE		A-A'	B-B'
		속도 km/h (A)	점유 시간 sec.(B)	속도 km/h (A')	점유 시간 sec.(B')		
1	11934	30	1.38	31	1.40	1	0.022
2	98729	35	0.5	36	0.47	1	0.033
3	75721	34	1.23	36	1.17	2	0.062
4	83812	30	0.64	31	0.60	1	0.039
5	72884	29	1.16	31	1.07	2	0.092
6	2330	38	0.44	38	0.47	0	0.028
7	95633	54	0.3	56	0.33	2	0.034
8	74522	60	0.28	62	0.37	2	0.088
9	10750	38	1.53	41	1.50	3	0.028
10	61533	41	0.58	42	0.60	1	0.021
11	45787	33	0.87	34	0.90	1	0.031
12	59375	33	0.97	35	1.20	2	0.232
≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
48	missing	missing	missing	30	0.60	30	0.6
49	54484	31	0.79	31	0.80	0	0.011
50	92107	35	0.63	34	0.67	1	0.038
51	92370	38	0.71	36	0.70	2	0.009
52	89339	24	0.94	23	0.93	1	0.006
53	17463	28	0.35	29	0.37	1	0.017
≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
71	missing	missing	missing	30	0.70	30	0.701
72	23576	23	0.83	23	0.90	0	0.071
73	36339	36	0.34	37	0.30	1	0.04
74	72142	27	0.64	28	0.67	1	0.027
75	28365	35	0.61	34	0.67	1	0.057
76	1378	33	0.58	33	0.60	0	0.021
계	74			76			
평균		37.4	0.72	37.9	0.74		

〈표 2〉 정자교차로 교통정보 비교분석

순번	차량 ID	차량 트래킹 방법		AUTOSCOPE		A-A'	B-B'
		속도 km/h (A)	점유 시간 sec.(B)	속도 km/h (A')	점유 시간 sec.(B')		
1	63462	61	0.34	62	0.37	1	0.027
2	99682	54	0.44	53	0.47	1	0.027
3	12033	54	0.37	55	0.43	1	0.064
4	71469	54	0.27	54	0.22	0	0.046
5	88910	54	0.33	54	0.40	0	0.07
6	58582	54	0.44	53	0.47	1	0.028
7	50281	61	0.3	62	0.30	1	0
8	24501	63	0.34	64	0.37	1	0.027
9	33158	25	1.16	26	1.14	1	0.0197
10	36032	24	1.2	25	1.14	1	0.065
11	76699	28	0.98	27	1.04	1	0.055
12	34011	29	0.65	29	0.67	0	0.017
≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
26	missing	missing	missing	39	0.53	39	0.534
27	28663	49	0.44	46	0.47	3	0.027
28	41707	49	1.19	48	1.20	1	0.011
29	37238	51	0.42	50	0.43	1	0.014
30	15411	51	0.36	52	0.37	1	0.007
31	17412	38	0.39	38	0.43	0	0.044
≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
37	missing	missing	missing	26	1.04	26	1.035
≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
100	97963	75	0.41	78	0.37	3	0.043
101	27360	54	0.53	54	0.58	0	0.05
102	41250	58	0.36	58	0.36	0	0
103	83926	39	0.57	39	0.60	0	0.03
104	28832	42	0.64	44	0.57	2	0.073
계	102			104			
평균		46.7	0.55	46.5	0.56		

의해 검지영역을 설정하고, 이 검지영역을 통과하는 차량에 대하여 가장 기본적인 교통정보에 해당하는 교통량과 속도, 그리고 점유율을 산출하였다. 측정은 상용화 VDS가 회전차량 및 가로통과차량에 대해서는 측정이 불가능하므로, 이와는 비교검증을 위하여 직진차량에 한해서 측정하였다.

그 결과, 두 개 교차로에 대한 결과값은 〈표 1〉, 〈표 2〉와 같다. 〈표 1〉, 〈표 2〉의 결과에 따라 픽셀보정 알고리즘에 의해 검지영역을 자동으로 설정한 방법으로 개별차량 추적시스템에 적용한 교통정보 산출 결과와 상용화 제품의 비교 결과 교통량에서만 각각 2대의 오차가 있었으며, 속도와 점유시간에서는 오차범위 내에서 유효한 결과가 나왔다. 〈표 1〉, 〈표 2〉에서 2대의 오차는 Occlusion에 의해 누락된 것으로 나왔다.

## VI. 결론

### 1. 연구 의의 및 결과

본 연구는 본 논문은 Tracking기법의 VDS에서 검지영역을 설정할 때 단위거리별 픽셀길이를 자동 계산하여, 검지영역을 설정하는 알고리즘을 제안하였다. 그 방법으로 교차로 네 방면 직선의 방정식을 이용하여 검지영역의 전체길이를 계산하고, 기울기의 비례를 통하여 검지라인을 자동으로 계산하였다.

본 연구의 의미로는 “안전지향형 영상검지기” 개발의 일환으로 교차로 내 검지영역의 검지라인을 자동계산함으로써 개별차량별 이동거리를 정확히 계산할 수 있으며, 차두간 거리계산을 통해 사고위험을 자동으로 감지할 수 있는 가능성을 제시하였다.

상용화 제품과의 비교 검증 결과 교통량, 속도, 점유율에서 오차범위 내 유효한 결과가 나왔다.

본 연구의 결과로써 차량진행 방향이 다양한 교차로에서도 교통정보 및 상충정보 산출이 가능하게 되었으며, 이는 기존 상용화 된 영상검지기에서도 산출할 수 없으며, 본 알고리즘을 통해서만 가능할 수 있다.

### 2. 향후 연구과제

본 연구는 검지영역 내 검지라인 자동계산 알고리즘을 우선 신호교차로에 적용하였으며, 알고리즘의 검증을 위하여 상용화 제품과의 교통정보를 비교하였다.

본 알고리즘의 궁극적인 목표는 단속류 도로 뿐만 아니라 연속류 도로까지 확대·적용하여 개별차량의 이동거리를 계산하는 데 있으며, 매 프레임마다 앞·뒤 차량간 차두거리를 정확히 산출하여, 상충분석을 통해 사고위험을 미리 감지하는 알고리즘과의 연계를 통해 “안전지향형 영상검지기” 개발하는 데 있다.

따라서 향후에는 본 알고리즘을 고속도로 및 교차로에 까지 적용하여, 개별차량의 이동거리와 차두거리를 검증하고자 하며, 상충정보를 산출하는 데 이용하고자 한다.

## 참고문헌

1. 오주택·민준영·김승우·허병도·김명섭(2008),



Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지시스템 개발 (Autoscope와의 성능비교를 중심으로), 대한교통학회지, 제27권, 제2호, 대한교통학회, pp.177~186.

2. B. Coifman, D. Beymer, P. McLauchlan, J. Malik(1998), A Real-Time Computer Vision System for Vehicle Tracking and Traffic Surveillance, Transportation Research Part C, pp.271~288.
3. Chan S. Park(1985), Interactive Microcomputer Graphics, Addison-Wesley Publishing Company.
4. Dar-Shyang Lee(2005), Effective Gaussian Mixture Learning for Video Background Subtraction, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 27, No. 5, pp. 827~832.
5. Koller, D., Daniilidis, K., Nagel, H.(1993) Model-based object tracking in monocular image sequences of road traffic scenes, International Journal of Computer Vision 10, pp.257~281.
6. Koller, D., Weber, J., Huang, T., Malik, J., Ogasawara, G., Rao, B., Russell, S.(1994b) Towards robust automatic traffic scene analysis in real-time, Vol.1, ICPR, Israel, pp.126~131.
7. Kentaro Toyama, John Krumm, Barry Brmitt, Brain Meyers(1999), Wallflower: Principles and Practice of Background Maintenance, International Conference on Computer Vision, .
8. N. Otsu(1979), A Threshold Selection Method from Gray level Histogram, IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics Vol. 9, No.1, pp.62~66.
9. Simeon Indupalli, "Video Surveillance Systems for Traffic Monitoring," <http://web2.uwindsor.ca/courses/cs/aggawal/cs60520/SeminarMaterial/Video.ppt>.
10. Z. Kim(2006), Realtime Obstacle Detection and Tracking Based on Constrained Delaunay Triangulation, IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, pp.548~553.

✉ 주 작성자 : 오주택  
 ✉ 교신저자 : 오주택  
 ✉ 논문투고일 : 2008. 4. 1  
 ✉ 논문심사일 : 2008. 5. 14 (1차)  
                   2008. 6. 10 (2차)  
                   2008. 6. 13 (3차)  
 ✉ 심사판정일 : 2008. 6. 13  
 ✉ 반론접수기한 : 2008. 12. 31  
 ✉ 3인 익명 심사필  
 ✉ 1인 abstract 교정필