

論文2000-37SP-4-2

# 시공간 영상분석에 의한 실시간 교통정보 산출기법

## (Extracting Real-Time Traffic Information By Spatio-Temporal Image Analysis)

李永在\*,李大鎬\*\*,朴榮泰\*

(Young Jae Lee, Dae Ho Lee, and Young Tae Park)

### 요약

도로 위에 설치된 카메라에서 획득한 입력 영상으로부터 각 차선의 통과 차량수, 차량속도, 도로 점유율, 차간 거리, 차종 등의 교통정보를 실시간으로 산출하는 기법은 지능형 교통 시스템(ITS)의 핵심 분야이다. 본 논문에서는 검지영역의 시공간 영상 분석에 의해 다양한 기상 조건과 그림자 등의 환경의 변화에 민감하지 않은 교통정보 산출기법을 제안한다. 각 차선에 2개의 검지영역을 설정하고 검지영역의 통계적 특성과 형상적 특성을 이용해 도로영역, 그림자 영역, 차량영역으로 분류하여 차량을 검지하며 시공간 영상 분석을 통하여 정량적 교통정보를 산출한다. 제안한 기법은 영상의 국부 검지영역 데이터만을 사용하므로 1초에 30 프레임이상의 실시간 처리가 가능하며 기상 조건과 그림자의 변화에 견실한 차량검지 및 교통정보 산출 능력을 구현할 수 있다.

### Abstract

Real-time extraction of traffic information such as the number of vehicles passing, speed, road-occupancy rate, distance between vehicles, and vehicle types from the traffic scenes acquired from the camera on the road, is a core component of the intelligent transportation system(ITS). We present a scheme of extracting the traffic informations based on the spatio-temporal image analysis, which is robust to the variation of weather conditions and the shades. The images of two detection regions for each traffic lane are classified into one of the three categories: the road, the vehicle, and the shade, using the statistical and structural features. Quantitative traffic informations are retrieved by analysing the two spatio-temporal images. Since only the local images of detection regions are processed, the real-time operation of more than 30 frames per second is realized while ensuring the detection performance robust to the operating condition.

### I. 서론

\* 正會員, 慶熙大學校 電子情報工學部  
(School of Electronics & Information Kyung Hee University)

\*\* 學生會員, 慶熙大學校 電子情報工學部  
(School of Electronics & Information Kyung Hee University)

接受日字:1999年10月7日, 수정완료일:2000年4月18.

교통량을 최적으로 제어하기 위해서는 각 교차로에서의 체증 정도를 정량적으로 분석할 수 있는 장치를 필요로 한다. 각 교차로 혹은 톨게이트에서의 정량적인 차량 수와 평균 차량속도의 실시간 측정이 가능한 경우, 1) 교통량의 최적제어를 위한 지능적 신호체계 구축의 자동화가 용이하고, 2) 교통량 정보를 초고속 통신망을 통해 온라인으로 취합함으로써 중앙에서의 교

통량 모니터링의 기초자료로서 활용할 수 있으며, 3) 교통방송에서 교통정체 정보를 실시간으로 제공하거나 인터넷을 통하여 각 가정에서 원하는 교차로 혹은 톨게이트에서의 정량적, 실시간 교통정보를 제공할 수 있다. 기존의 교통량 측정을 위한 장치로는 도로상에 루프 센서를 설치하여 단위시간 내에 루프 센서를 통과하는 차량 수를 측정하는 기법을 들 수 있지만 이러한 기법은 도로의 손실에 따라 센서가 손상되기 쉽고 센서의 설치가 힘들고 기존의 도로에 설치할 경우 도로를 재 포장해야 하는 단점을 가지고 있고, 또한 루프 센서의 경우 각 차선마다 따로 검지기를 설치해야 한다.

컴퓨터 비전에 기반한 교통영상 분석기법은 위의 루프 검지기의 단점을 보완할 수 있는 기법으로서 1) 전체 영상에서의 차량검지와 추적에 의한 기법과 2) 국부 영상의 시공간 영상 분석에 의한 기법의 두 가지 방향으로 많은 연구가 진행되어 왔다. Kilger<sup>[1]</sup>는 배경영상과의 차영상에서 추출된 차량을 연속되는 프레임에서 추적하고 도로상의 3차원 모델좌표에 mapping 함으로써 차량의 속도를 산출하는 기법을 제안하였다. Koller의 기법<sup>[2]</sup>에서는 Closed cubic spline에 의해 표현되는 모델 차량 형상을 사용하고 이미 알고 있는 카메라의 위치와 방향을 가정하여 차량 존재 영역의 수직좌표를 비교함으로써 차량을 검출하였다. Roberts<sup>[3]</sup>는 “view sketch”라 불리는 선 세그먼트 모델과 Kalman 필터 및 MAP추정기법을 사용하여 차량의 3차원 자세를 추정하였다. Ikeda<sup>[4]</sup>는 배경영상과의 차영상에 임계치를 적용한 이진영상에서 차량의 위치를 검지하고 각 차량을 구성하는 사각형들의 중첩된 정도를 가지고 분리 및 병합과정을 거쳐 중첩된 차량을 분리하여 추적하는 기법을 제시했다. 차량의 윤곽선을 이용한 차량검지 및 추적기법<sup>[5]</sup>에서는 물체의 윤곽선 정보를 기반으로 Kalman 필터에 의해 움직임 정보를 추출하고 연속된 프레임에서 추적하였다. 시공간 영상을 사용한 기법으로는 각 차선마다 x축 및 y축의 시공간 영상인 PVI(panoramic view image)와 EPI(epipolar plane image)를 사용한 Zhu 기법<sup>[6]</sup>을 들 수 있다. 차량 형상의 특징점과 Hough 변환을 사용하여 물체의 움직임을 측정하는 기법<sup>[7]</sup>도 시도되었다. 광류(Optical flow)와 군집화(clustering) 기법에 기반하여 움직이는 물체를 검지, 추적하는 기법은 Asset2<sup>[8]</sup> 시스템에서 구현되었으나 실시간 처리를 위해 대규모의 병렬처리 하드웨어를

필요로 한다.

이상에서 예를 든 대부분의 기법들은 기후조건의 변화나 그림자의 영향에 견실한 특성이 검증되지 않았고 전체영상 분석에 의한 기법이므로 실시간 처리가 어려운 단점을 가지고 있다. 현재 일부 실용화되어 있는 영상검지 시스템으로는 Autoscope<sup>[9]</sup>를 들 수 있다. 영상의 국부영역만을 캡처하여 처리하므로 처리속도가 매우 빠르고 별도의 하드웨어 없이 교통정보를 실시간으로 산출할 수 있지만 그림자, 날씨의 변화 등의 동작조건의 변화에 민감하고 동작조건의 변화에 따라 검지기의 파라미터 설정을 변경시켜 주어야 하는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 검지영역의 차량영역 판별기법과 시공간 영상의 Signature 분석기법에 의한 새로운 교통정보 산출 기법을 제안한다. 검지 영역내의 영상만을 입력받아 처리하므로 별도의 영상처리 하드웨어를 사용하지 않고도 초당 30프레임 이상 여러 차선의 교통정보를 동시에 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다.

## II. Spatio-Temporal 영상 생성기법

도로 상에 물리적인 센서가 없이 동작하는 영상에 기반한 처리 기법에서도 물리적인 센서와 같은 기능을 하는 센서(검지 영역)를 설정해야 되는데 도로 영상에서 통과 차량을 계산하기 위해서는 한 차선당 최소한 한 개의 검지 영역이 필요하지만 차량의 속도를 측정하기 위해 각 차선에 2개의 검지 영역을 설정해야 한다. 입력 영상에 대해 설정된 2개의 검지영역의 예를

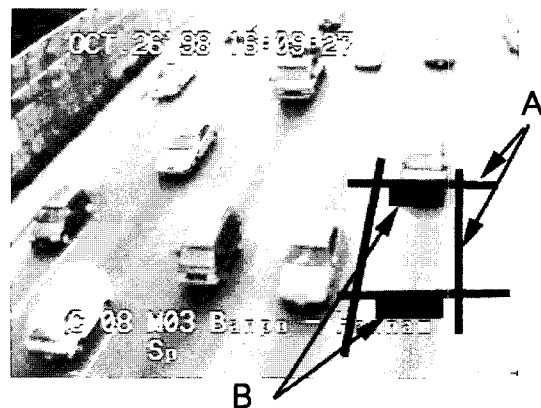


그림 1. 검지 영역의 설정

Fig. 1. Setting detection region.

그림 1에 보인다(영역 B). 차선의 정보 또한 지능적으로 검출할 수 있으나 카메라가 고정되어 있다는 가정 하에서 차선 부분은 한번의 설정에 의해 반영구적으로 사용할 수 있으므로 본 논문에서는 수동적으로 차선을 설정하였다(그림 1의 A). 시간  $t$ 에서의 검지 영역의 영상  $R_t(x, y)$  으로부터 시공간 영상은

$$S_1(t, x) = R_t(x, 0) \quad (1)$$

과 같이 생성된다.

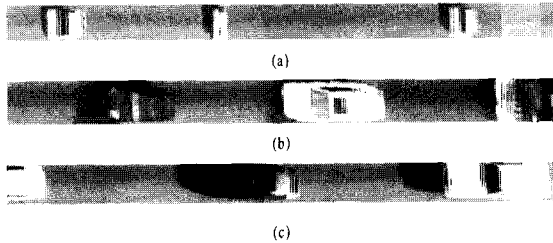


그림 2. Spatio-Temporal 영상  
Fig. 2. Spatio-Temporal images.

다양한 교통 상황에서 만들어진 시공간 영상의 예를 그림 2에 보인다. 그림 2(a)는 차량의 속도가 빠른 도로의 영상이고 (b)는 차량의 속도가 (a)보다 느린 경우이다. 또한 초당 프레임수가 작은 경우에도 (a)와 같은 특성을 보인다. 그림 2(c)는 오후 시간대에 그림자가 길고 큰 경우에 만들어진 시공간 영상이다. 차량 검지 기법은 시공간 영상 데이터 분석에 의해 정확도를 높일 수 있다. 불연속적인 작은 영역의 데이터만으로 차량의 연속적인 존재를 분석하기는 어렵지만 차량 영상과 도로 영상이 가지는 특징을 사용하여 차량과 도로를 분리함으로써 차량의 존재 유무를 확인할 수 있다. 통과차량수, 차량의 속도, 길이, 도로점유율 등의 교통 정보 파라미터를 실시간으로 측정하기 위해서 위의 시공간 영상 외에 다음과 같은 3종류의 시공간 영상을 사용한다.

배경과의 차영상:  $S_2(x, y) = S_1(x, y) - B(x, y) \quad (2)$

이진영상:  $S_3(x, y) = \begin{cases} 1 & S_2(x, y) > T_1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$

투영영상:  $S_4(x, y) = \begin{cases} 1 & y < \sum_{i=0}^H S_3(x, i) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$

$S_3, S_4$ 에서 0과 1은 각각 배경과 차량을 나타내며

$H$ 는 시공간 영상의 높이를 나타낸다.

배경영상  $B$ 는 도로에 차량이 없는 순수한 도로 영상으로서 이전 프레임에서 검지영역 내의 화소의 표준편차가 낮고 이전의 배경영상의 평균값과의 차이가 크지 않을 경우에 갱신된다. 차량이 검지영역에 포함되어 있을 경우 배경 영상과의 차영상에는 뚜렷한 차량의 형상이 존재한다. 차영상  $S_2$ 는 배경이 제거된 영상이며 낮은 값의  $T_1$ 에 의해 이진화함으로써 데이터의 양을 줄이고 차량 판독을 용이하게 할 수 있다. 실험에서는  $T_1=20$ 의 값을 사용하였다.  $S_4$ 는  $S_3$  영상을 수직 방향으로 투영한 영상이다. 4가지 시공간 영상의 예를 그림 3에 보인다.

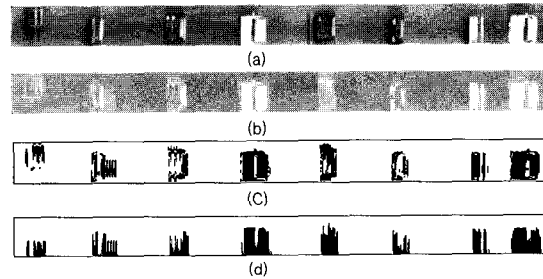


그림 3. 주간 도로 영상의 Spatio-Temporal 영상  
Fig. 3. Spatio-Temporal images in the daytime.

### III. 기본적인 영상검지 기법

검지 영역의 특성을 판별하기 위하여 먼저 통계적 특징을 이용하는데 통계적 특징은 평균과 표준편차가 이용된다. 도로 영상의 경우 균일한 화소값을 가지는 특성이 있으므로 검지 영역에 차량이나 그림자가 포함되어 있지 않을 경우 검지영역의 표준편차는 매우 낮은 값을 갖는다.  $t$ 번째 프레임에서 영역의 평균값과 표준편차는 다음과 같이 계산된다.

$$\mu(t) = \frac{1}{W \times H} \sum (R_t(x, y) - B(x, y)) \quad (5)$$

$$\sigma(t) = \sqrt{\frac{1}{W \times H} \sum (R_t(x, y) - B(x, y) - \mu(t))^2} \quad (6)$$

여기서  $W$ 와  $H$ 는 각각 검지영역의 폭과 높이를 나타낸다.

교통 상황이 원활하고 그림자, 반사등 장애물이 없는 경우는 이전에 검지된 배경 영상이 수시로 갱신되고

차량이 존재하지 않는 경우에는 표준 편차의 값이 낮은 값을 가진다. 일반적으로 표준 편차의 값이 낮을 경우 차량이 존재하지 않은 도로영상일 가능성이 크지만 차량의 색과 종류에 따라 다양하고 차량 내부에도 낮은 표준 편차를 갖는 부분이 존재할 수 있다. 따라서 표준편차를 식(7)과 같이 평활화함으로써 차량 검지의 오류를 줄일 수 있다. 그림 4는 시공간 영상의 표준편차와 평활화한 표준편차의 예이다.

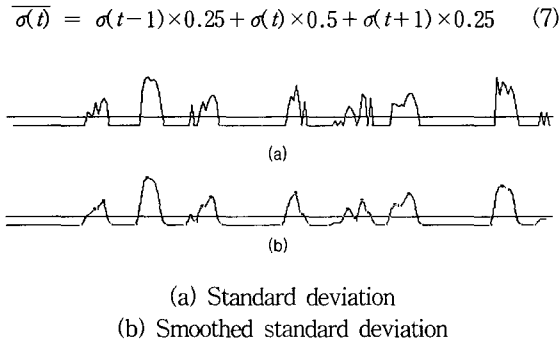


그림 4. 검지영역의 표준 편차  
Fig. 4. Standard deviation of detection region,

차량의 정확한 검지를 위해선 검지영역의 특성에 따라 순수한 도로영역, 차량영역, 및 그림자가 포함된 도로영역 등의 3가지 영역을 분류해야 한다(그림 5). 차량영역의 경우 표준편차가 크기 때문에 순수한 도로영역과는 구별되지만 그림자가 포함된 도로영역의 경우 도로로 분류하여야 하는데 표준편차가 크기 때문에 차량영역과 구별할 수 있는 새로운 특징을 사용해야 한다. 본 논문에서는 영역 분할된 각 영역의 평균 표준편

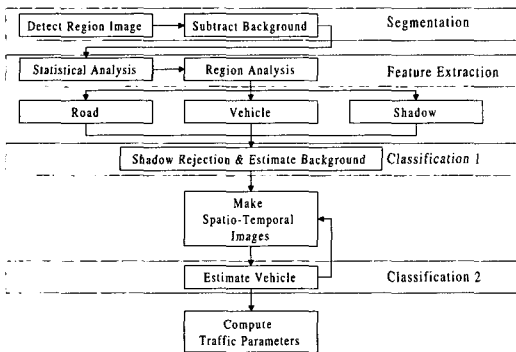


그림 5. Spatio-Temporal 영상 분석에 의한 지능형 교통영상 검지기  
Fig. 5. Intelligent Traffic Image Detector by Spatio-Temporal Image Analysis.

차와 영역의 구조적 특징을 사용하여 3가지 분류를 결정 짓는 검지영역 분류 기법을 그림 5와 같이 제시한다. 검지 영역의 통계적 특징과 구조적 특징을 이용하여 검지 영역의 영상을 분류하고(Classification 1), 시공간 영상과 시공간 Signature 분석에 의해 1차 분류의 오류를 수정한다(Classification 2).

#### IV. 그림자 영상의 분류기법

그림자를 포함하는 도로 영상의 경우 순수한 도로 영상과의 구분은 통계적 특징에 의해 이루어지고 차량 영상과 분류를 위해 새로운 특징을 추출한다. 그림자를 포함하는 도로 영상과 차량 영상은 모두 높은 표준 편차를 가지고 있다. 따라서 일반적인 표준 편차만으로 차량 영상을 분류한다면 그림자를 포함하는 도로 영상이 차량 영상으로 판별되는 오류를 피할 수 없다. 이러한 그림자가 존재하는 도로 영상에서 그림자는 크게 두가지 종류를 포함한다. 먼저 가로등, 가로수, 건물 등의 그림자는 정적인 그림자로서 이러한 그림자는 동적인 차량의 흐름에 비해 여러 프레임에 동시에 존재한다. 두 번째로 존재하는 그림자는 차량의 그림자인데 이러한 그림자는 차량과 같은 속도로 움직이므로 동적인 그림자이다. 이러한 그림자는 차량은 3차원적 특징과 그림자의 2차원적인 특징으로 구분될 수 있지만 한대의 카메라에서 얻어진 화소값만으로 영상의 입체적인 분석이 매우 어렵기 때문에 차량의 그림자를 포함하는 도로 영상과 차량 영상을 구분할 수 있는 새로운 특징량을 필요로 한다. 일반적으로 그림자를 포함하는 도로 영상에서는 1) 그림자와 도로의 경계가 뚜렷이 구분되고, 2) 경계의 굴곡이 심하지 않으며, 3) 그림자 내의 화소값은 균일한 분포를 갖는다. 이러한 특성을 정량화하기 위해 도로 영상이 아닌 경우는 영상을 밝고 어두운 부분으로 분할한다. 그림자 영상의 히스토그램 분포에서는 그림 6(a)에서와 같이 두 개의 첨두치와 한 개의 골을 가지고 있으므로 골을 경계값으로 영상을 분할하면 그림자 부분과 도로 부분으로 나눌 수 있고 이분된 그림자의 연결 영역의 특성을 계산하여 그림자를 포함하는 도로 영상을 구별한다. 히스토그램의 하위 첨두치와 상위 첨두치의 중간값  $T_2$ 를 임계치로 사용하여 2진영상  $\overline{S_2}(x, y)$ 을 식(8)과 같이 생성한다.

$$\overline{S_2}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } S_2(x, y) > T_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

2진영상  $\overline{S_2}(x, y)$ 의 분할된 2개의 영역의 원영상 영역을 각각  $S_{21}$ ,  $S_{22}$ 라 표시하면 영역 분할된 평균 표준편차  $\sigma_s$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{W \times H} [\sum(S_{21}(x, y) - \mu_{21})^2 + \sum(S_{22}(x, y) - \mu_{22})^2]} \quad (9)$$

그림자가 포함된 도로 영상의 경우 그림 6(a)와 같이 그림자의 특성상 두 영역의 평균 표준편차는 낮은 값을 갖는다. 이러한 특성을 이용해 일반적인 표준 편차에 의해 차량인지 도로영상인지를 먼저 구분하고 도로 영상이 아닌 경우 이분 영상에 의해 다시 그림자 영상과 차량 영상을 분류한다. 검지영역의 표준 편차가 매우 낮은 균일한 영역일 경우는 배경 영상으로 저장된다. 또한 이분된 표준 편차만 낮은 경우 그림자를 포함하는 도로 영상을 판별하기 위하여 연결 영역을 검색한다. 차량영상으로 판정하는 조건은 다음과 같다.

- (1) 배경영상보다 밝은 부분이 존재할 경우
- (2) 이분된 영상의 표준편차  $\sigma_s$ 가 클 경우
- (3) 분할 영상에서의 독립된 연결 영역이 존재할 경우
- (4) 분할 영상에서 분할된 영역의 경계선이 불규칙 할 경우

표 1. 영역 분석에 사용되는 특징  
Table 1. Features used for region analysis.

특징량	내 용
$\sigma$	표준편차
$\sigma_s$	분할 표준편차 (Segmented standard deviation)
$\eta$	밝은 영역비율 (White ratio)
$\alpha$	독립 연결영역의 개수
$\beta$	불규칙한 연결영역의 개수

그림 6(b)의 예에서는 분할된 영역 중 차량 내부에 독립영역이 존재하고 그림 6(c)에서는 분할된 영역의 경계선이 불규칙하며 그림 6(d)에서는 배경영상보다 밝은 부분이 존재하므로 차량영역으로 분류한다. 이러한 특징을 사용하여 도로영역, 차량영역, 그림자가 포함된 도로영역의 3가지 부류로 분류하는 간단한 기법을 그림 7에 제시한다. 분할된 영역을 수평방향으로 스캔하여 연결된 선의 개수가 2개 이상일 경우 경계선이 불

규칙한 영역으로 판정한다.  $\sigma$ 와  $\sigma_s$ 를 사용한 영역 분류에서는  $\tau_1 = 10$ ,  $\tau_2 = 15$ 의 임계치를 실험적으로 설정하였다.

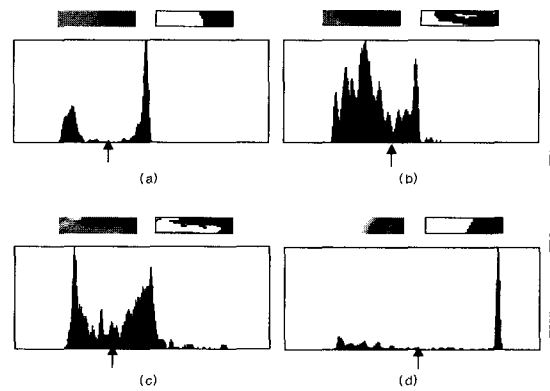


그림 6. 영역분할된 그림자와 차량 영상의 특징  
Fig. 6. Characteristics of segmented shadow and vehicle images.

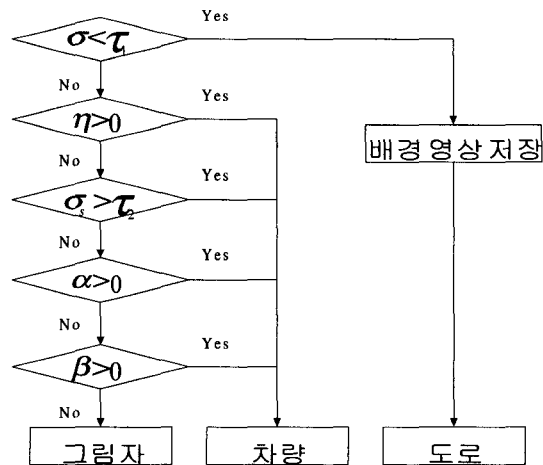


그림 7. 규칙 기반에 의한 분류  
Fig. 7. Rule-based classification.

### V. 시공간 영상 분석과 교통 정보량 산출 기법

검지 영역의 처리가 그림 5에서 Classification 1까지 그림 7의 규칙에 의해 분류되면 차량의 시작 부분과 차량의 끝 부분을 지정해야한다. 이러한 연속적인 차량의 관계는 시공간 영상의 분석에 의해 이루어진다. 또한 차량 영상의 특성상 차량 내부의 영상이 그림자를

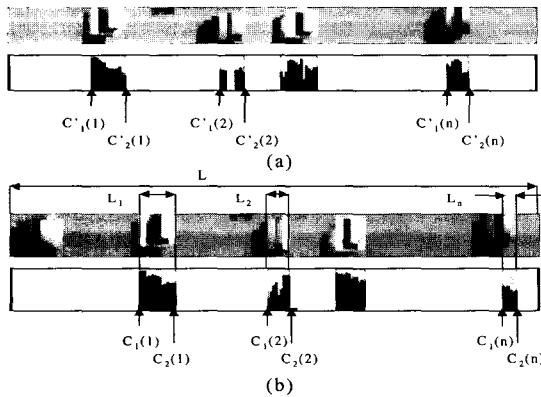
포함한 배경영역 또는 도로영역으로 판단되는 오류가 발생할 수 있다. 이러한 오류를 수정하기 위해 시공간 영상에서 얻어진 평활화된 표준 편차의 그래프에서 Signature의 국부 최소 위치와 국부 최대 위치를 판단하여 지정한다. 국부 최대, 최소를 판단하기 위해 이전 프레임의 평활화된 표준 편차 정보를 갖고 있어야 하므로 평활화된 표준 편차의 값을 FIFO 구조를 가지는 저장 공간에 저장한다. 국부 최대, 최소가 결정되면 차량의 시작과 끝을 지정하게 되는데 차량의 시작은 국부 최소에서 시작하여 국부 최대를 지나 국부 최소에 이르면 차량의 끝으로 지정된다. 이때 국부 최대, 최소의 기울기와 비율, 이전 차량에 대한 정보를 이용하여 발생되어진 오류를 수정할 수 있다. 또한 옆 차선에서 차량이 차선을 넘어 약간 걸쳐 있을 경우는 투영영상  $S_4$ 에서 검지된 차량의 높이가 작으므로 차량으로 판정된 오류를 수정한다.

$$\text{속도 } P_1(n) = \frac{\text{dist}(R, R')}{C_1(n) - C_1'(n)} \quad (10-1)$$

$$\text{차량길이 } P_2(n) = (C_2(n) - C_1(n)) \times P_1(n) \quad (10-2)$$

$$\text{차간거리 } P_3(n) = (C_1(n+1) - C_1(n)) \times P_1(n) \quad (10-3)$$

$$\text{도로점유율 } P_4 = \frac{1}{L} \sum L_i \quad (10-4)$$



(a) Spatio-Temporal Image, Projection Image(result), R' Detect Region  
 (b) Spatio-Temporal Image, Projection Image(result), R Detect Region

그림 8. 2개의 검지영역의 시공간 영상을 사용한 교통정보 산출기법

Fig. 8. Extracting Traffic Informations using Spatio-Temporal Images from two detection regions.

차량의 범위가 결정되면 검지 영역의 통과 차량 수 외에 차량의 속도, 차량 길이, 차간 거리, 도로 점유율 등의 정량적 교통 정보를 산출할 수 있다. 통과 차량 수는 검지 영역을 통과한 차량의 수에 의해 산출되며 도로 점유율은 검지 영역의 영상에서 배경 영상을 제거했을 경우 남은 차량 영역의 전체 영역에 대한 비율로 계산된다. 차량 속도는 2개의 검지 영역간의 거리를 검지시간차로 나누어 산출되며 차량 길이는 차량이 통과하는 시간차와 속도의 곱으로 구할 수 있으며 차간 거리는 시공간 영상에서 앞차와 뒤차의 시간차와 속도의 곱으로 구할 수 있다. 동일 차선내의 2개의 검지영역을 R과 R'으로 나타내고 그림 8과 같이 앞에 설정된 검지 영역 R의 시공간영상에서 검지된 n번째 통과한 차량의 시작과 끝의 검지시간을  $C_1(n)$ 과  $C_2(n)$ 로 표시한다. 각 차량의 검지 길이를  $L_i, i=1, 2, \dots, n$ , 영상의 폭을 L로 나타내고 뒤에 설정된 영역 R'은  $C_1'(n), C_2'(n)$ 으로 표현하면 교통정보량은 식(10)과 같이 산출된다. 즉, 차량의 통과 대수와 두 개의 검지 영역의 통과 시간에 의해 차량의 속도와 차간거리 도로점유율과 차량길이가 계산되는데 차종은 차량길이에 의해 소형과 대형차로 구분한다.

VI. 실험결과 및 실시간 처리

프레임별 처리 과정의 예를 그림 9에 보인다. a 프레임의 경우 순수한 도로 영상으로서 표준 편차가 4.8로 낮은 값을 가지고 영역 특성은 계산되지 않는다. b, c 프레임의 경우 높은 표준 편차를 가지는 반면 낮은 이분된 표준 편차를 가지고 영역 특성도 불규칙한 이분

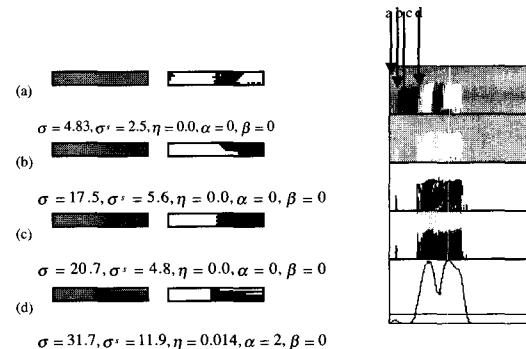


그림 9. 영역 분류 결과(Classification 1)  
 Fig. 9. Region Classification(Classification 1).

영역이 없으며 영역 내부에 독립 연결 영역이 존재하지 않는다. 반면 d 프레임은 이분된 표준 편차와 White Ratio가 높으므로 차량으로 분류된다.

그림자가 존재하는 시간대에 설정된 2개의 검지영역(그림 10 참조)에서의 차량검지 결과를 그림 11과 그림 12에 보인다. 각 그림마다 시공간 영상, 차량검지결과, 시공간 Signature를 나타낸다. 그림 11과 그림 12의 결과는 차선 내의 그림자와 옆 차선에서의 그림자의 영향을 피하고 차량영역을 검지하고 있다. 그림 11의 3번째 차량영역이 부정확하게 검출된 이유는 옆 차선에서의 차량이 차선을 넘어 접근했기 때문이며 이를 제거하기 위해선 2차원 영상분석이 추가로 이루어져야 하지만 검지영역의 크기를 조정함으로써 그 영향을 줄일 수 있기 때문에 실제의 적용환경에서 큰 문제가 되지는 않는다. 그림 12의 예에서 첫 번째 차량이 검지되지 않은 이유는 최초의 검지영역 배경 영상이 생성되지 않았기 때문이다. 또한 그림 11에 비해 그림 12의 차선에서의 교통의 흐름이 원활하기 때문에 차량의 형상이 가늘게 나타남을 알 수 있다. 통과 차량수, 차량속도, 도로 점유율, 차간 거리, 차종 등의 교통정보 산출의 정확도는 시공간 영상에서의 검지된 차량영역의 정확도에 의해 결정된다. 그림자가 심할 경우 통과 차량수의 정확도는 크게 영향을 받지 않고 정확한 산출이 가능하지만 그 이외의 교통정보량의 정확도는 떨어질 수 있다. 그림자가 심하지 않을 경우는 그림 13의 예에서와 같이 차량영역의 정확한 검지가 가능하므로 교통정보 산출의 정확도를 높일 수 있다.

펜티엄 II 300M 프로세서를 사용하여 실시간 처리의 실험 결과 초당 30프레임 이상을 처리할 수 있으며 그 예를 그림 14와 그림 15에 보인다. 초당 프레임수에 따라 검지된 차량영역의 크기가 시뮬레이션의 결과에 비해 증가됨을 알 수 있으며 특수한 경우를 제외하고는 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 차량 내부에 그림자와 비슷한 특성을 갖는 영역이 존재하는 특수한 경우(그림 15) 실시간 처리 결과에서 차량 내부가 그림자로 판별된 오류가 발생할 수 있다. 이를 보완하기 위해선 차량이 검지되었을 때 바로 전에 검지된 차량영역과의 사이의 형상정보를 사용할 수 있다. 즉, 차량영역 사이의 시공간 영상에서 2개의 차량영역이 동일 차량일 경우 수평 방향의 균일한 Edge 정보가 존재하고 도로나 그림자일 경우 존재하지 않는다(그림 15 참조).



그림 10. 그림자가 존재하는 시간대에 두 차선의 검지 영역 설정  
Fig. 10. Setting detection region on two lanes when shadow exists.

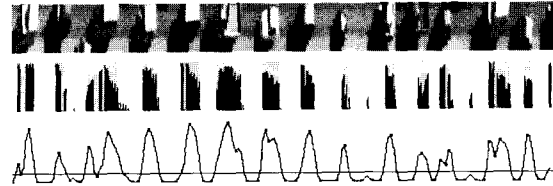


그림 11. 실험 결과(1)  
(Spatio-Temporal Image, Classification Result, Standard Deviation Signature)  
Fig. 11. Simulation result(1).



그림 12. 실험 결과(2)  
(Spatio-Temporal Image, Classification Result, Standard Deviation Signature)  
Fig. 12. Simulation result(2).

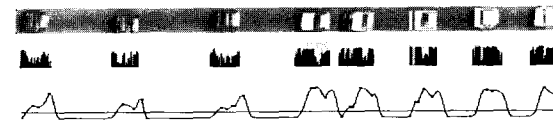


그림 13. 그림자가 존재하지 않는 경우의 실험 결과  
(Spatio-Temporal Image, Classification Result, Standard Deviation Signature)  
Fig. 13. Simulation result under the condition without shadow.

그림 11, 그림 13과 같은 동작환경에서는 그림자의 유무에 무관하게 95% 이상의 검지율을 보이지만 차량의 겹침이 심할 경우는 정확도가 떨어질 수 있다. 본

논문에서 구현한 실시간 교통영상 검지기의 정량적 성능을 평가하기 위해 다양한 영상에서의 실험을 진행 중에 있으며 교통 현장에서의 적용을 위해 세톱 박스 형태의 상용 교통영상 검지기의 구현 연구를 진행 중이다.

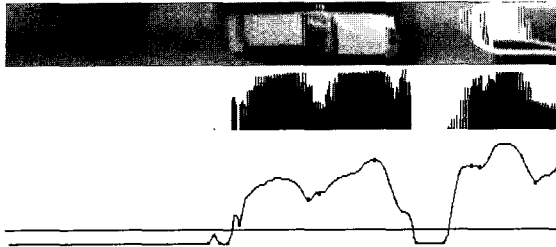


그림 14. 실시간 처리의 결과(1)  
(Spatio-Temporal Image, Classification Result, Standard Deviation Signature)

Fig. 14. Real-time Processing result(1).

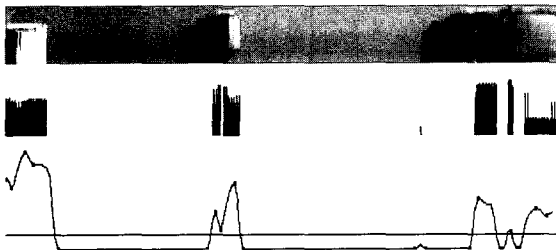


그림 15. 실시간 처리의 결과(2) - 검지 오류  
(Spatio-Temporal Image, Classification Result, Standard Deviation Signature)

Fig. 15. Real-time Processing result(2) - Error.

표 2. 프레임의 평균 처리 시간  
Table 2. Average processing time per frame.

Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	평균 처리 시간
19.6 msec	22.5 msec	21.7 msec	20.2 msec	21.0 msec

## VII. 결 론

본 논문에서는 도로의 각 차선에 2개의 검지영역을 설정하고 각 검지영역의 통계적 특성과 형상적 특성을 이용해 도로영역, 그림자 영역, 차량영역으로 분류하여 교통정보를 자동으로 산출하는 영상검지 기법을 제안 하였다. 영역의 Signature인 화소의 표준편차, 분할된 (Segmented) 표준편차, 밝은 영역비율 등의 통계적 특

징과 독립영역의 개수, 불규칙한 경계선을 가진 연결영역의 개수 등의 형상적 특징을 사용한 분류기법에 의해 그림자의 영향을 피할 수 있었고 시공간 영상분석에 의해 각종 교통정보 파라미터를 산출하는 기법을 구현하였다. 이 분석 기법은 영상의 국부 검지영역만을 캡처하여 처리하므로 처리속도가 매우 빠른 장점을 가지고 있으며 (초당 30 프레임 이상) 별도의 하드웨어 없이 교통정보를 실시간으로 산출할 수 있다(표 2). 차량의 겹침이 심하지 않을 경우 그림자의 유무에 무관하게 95% 이상의 검지능력을 구현할 수 있었다. 본 논문에서 제안한 교통정보의 정량적 산출기법은 교통량의 최적제어를 위한 지능적 신호체계 구축의 자동화에 필수적인 핵심기술이므로 물류비용의 절감, 교통체증의 완화, 시간대에 따른 교통량 통계에 의한 도로건설에서의 우선 순위 설정 등을 위한 지능형 교통 정보처리 시스템 구축에 활용될 수 있다. 야간의 교통영상에서는 차량의 형상정보가 뚜렷이 나타나지 않기 때문에 본 논문에서 제시한 기법을 직접 적용하기 어렵다. 야간에서는 차량의 형상정보 보다는 전조등 쌍의 검출에 의한 차량검지가 효과적이며 이에 대한 연구는 현재 진행 중이다.

## 참 고 문 헌

- [1] M. Kilger, "A shadow handler in a video-based real-time traffic monitoring system," *IEEE Workshop Appl. Computer Vision* 11, 127-147, (1993).
- [2] D. Koller, K. Daniilidis, and H. Nagel, "Model-based object tracking in monocular image sequences of road traffic scenes," *Intern. Journal of Computer Vision*, 10(3), pp.257-181, (1983).
- [3] J. Roberts and D. Charnley, "Attentive visual tracking," *Proc. British Machine Vision Conference, Guildford, UK*, pp. 459-468, (1993).
- [4] Toru Ikeda, Shin'ichi Ohnaka, Masanori Mizoguchi, "Traffic Measurement with a Roadside Vision System," *IEEE Proceedings of ICPR '96*, pp 859-864, (1996).
- [5] D. Koller, J. Weber, T. Huang, J. Malik, G.



- Ogasawara, B. Rao, and S. Russell, "Towards robust automatic traffic scene analysis in real-time." *In ICPR*, Israel, November (1994).
- [6] Z. Zhu, B. Tang, Gxu and D. Shi, "A Real-Time Vision System for Automatic Traffic Monitoring Based on 2D Spatio-Temporal Images," *Proc. Third IEEE Workshop on Application of Computer Vision*, pp.162-167, (1996).
- [7] David Beymer and Jitendra Malik, "Tracking vehicles in Congested traffic," *In SPIE Vol.2902, Transportation Sensor and Controls: Collision Avoidance, Traffic Management, and ITS*, pp. 8-18, November (1996).
- [8] S.M. Smith and J.M. Brady, "ASSET-2: Real-Time Motion Segmentation and Shape Tracking," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelli.* Vol. 17, No. 8, pp. 814-819, (1995).
- [9] G. Micalopoulos, "Vehicle detection through video image processing : the AUTOSCOPE system," *IEEE Trans. on Vehicular Tech.* 40(1), 1991.

---

 저 자 소 개
 

---

李 永 在(正會員) 第34卷 C編 第9號 參照

현재 경희대학교 전자공학과 박사과정

朴 榮 泰(正會員) 第37卷 第5號 參照

현재 경희대학교 전자공학과 부교수



李 大 鎬(學生會員)

1998年 2月 경희대학교 전자공학과 (학사), 1999年 3月 ~ 현재 경희대학교 전자공학과 석사. 주 관심 분야는 컴퓨터 비전, ITS, 신호처리 등임.