

## 시공간 영상분석에 의한 교통정보 산출기법에 관한 연구

### A Study on Extracting Traffic Information Using Spatio-Temporal Image Analysis

이대호, 박영태

경희대학교 전자공학과 컴퓨터비전 연구실  
경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지

recogniz@sbsmail.net

Daeho Lee, Youngtae Park

Dept. of Electronic Eng. Kyunghee Univ.

#### 요약

도로 위에 설치된 카메라에서 검지 영역의 데이터를 입력받아 통과 차량수, 도로 점유율, 차량속도, 차간 거리 등의 교통정보를 실시간으로 산출하는 기법은 지능형 교통정보 시스템(ITS)의 핵심 분야이다. 본 논문에서는 검지영역의 시공간 영상 분석에 의해 다양한 기상 조건과 그림자 등의 환경의 변화에 민감하지 않은 교통정보 산출기법을 제안한다.

#### I. 서론

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

본 논문에서는 기존의 교통정보처리 기법[1~4]에서 날씨, 그림자 등의 동작조건에 따라 파라미터 설정을 변경시켜야 하는 단점을 보완하기 위해 검지영역의 Signature 분석, 도로영역 판별기법 및 시공간 영상분석에 의한 교통정보 산출 기법을 제안한다. 검지 영역내의 영상만을 입력받아 처리하므로 별도의 영상처리 하드웨어를 사용하지 않고도 초당 40프레임 이상 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다.

#### II. Spatio-Temporal 영상 생성

실제의 도로 영상에서 각 차선에 대한 차량의 정보(차량 수, 속도, 도로 점유율, 차종, 차간거리)를 구하기 위해 각 차선에 2개의 검지 영역을 설정한다.

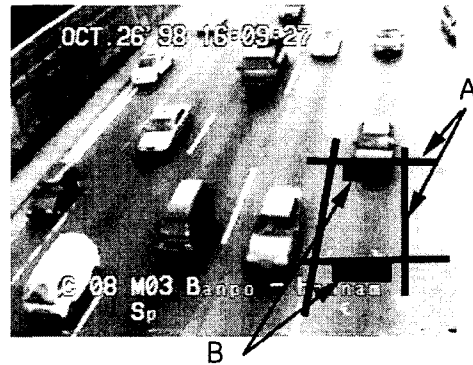


그림 1. 검지 영역의 설정

그림 1에서 B 부분이 검색될 영역이다. 이때 차선의 정보 또한 지능적으로 검출할 수 있으나 연구의 정확도

를 기하고 또한 차선 부분은 카메라가 고정되어 있다는 가정에서는 한번의 설정에 의해 반영구적으로 사용할 수 있으므로 본 논문에서는 수동적으로 차선을 설정하도록 하고 있다(그림 1의 A). 그림 1과 같이 검지선을 수동으로 설정하고 자동으로 만들어진 검지 영역의 영상데이터가 입력된다. 이때 입력되어진 영상데이터에 의해 프레임 순으로 연결된 시공간 영상(Spatio-Temporal Image)이 만들어진다.

Spatio-Temporal 영상 생성

$$S(x, y) = R_{Q(x-h)h}(y, x) \quad \text{식 (1)}$$

여기서, S는 Spatio-Temporal 영상이고 R은 검지 영역의 영상이고 h는 검지 영역의 높이로 Q(x-h)번째 프레임 영상을 의미한다.

기본적인 차량 검지 기법은 이 Spatio-Temporal 데이터 분석에 의해 이루어진다.

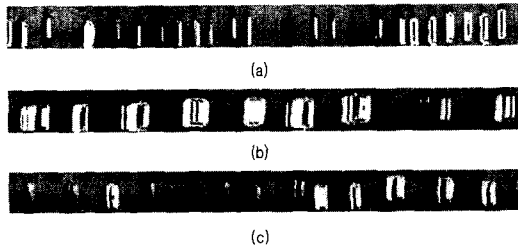


그림 2. Spatio-Temporal 영상

여러 교통 상황에서 만들어진 Spatio-Temporal 데이터를 그림 2에서 보여주고 있다. 그림 2. (a)는 시간당 입력받은 프레임수가 적은 영상이고 (b)는 (a)보다 프레임수를 늘린 경우이다. 또 (c)는 저녁 시간대에 그림자의 크기가 큰 경우에 만들어진 Spatio-Temporal 영상이다.

III. 주간 영상 검지 기법

검지 영역의 Spatio-Temporal 데이터는 차량 영역의 검지를 위하여 그림3과 같이 처리된다[5].

배경과의 차영상 생성

$$S_2(x, y) = S_1(x, y) - BG(x, y) \quad \text{식(2)}$$

여기서, S<sub>1</sub>은 Spatio-Temporal 영상 생성 기법에 의해 만들어진 영상이고, BG영상은 도로에 차량이 없는

순수한 도로 영상으로 계속 수정된다(그림 3. (b)).

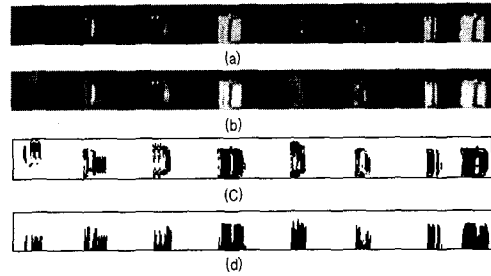


그림 3. 주간 도로 영상의 Spatio-Temporal 영상

이진 영상 생성

$$S_3(x, y) = \begin{pmatrix} 0 & S_2(x, y) > T_1 \\ 255 & otherwise \end{pmatrix} \quad \text{식(3)}$$

여기서, S<sub>2</sub>는 배경이 제거된 영상이므로 낮은 값의 T<sub>1</sub>에 의해 이진화할 수 있다(그림 3. (c)). 실험에서는 T<sub>1</sub>을 20의 값을 사용하였다.

투영 영상 생성

$$S_4(x, y) = \begin{pmatrix} 0 & y < \sum_{i=0}^y S_3(x, i) \\ 255 & otherwise \end{pmatrix} \quad \text{식(4)}$$

여기서 S'<sub>3</sub>은 S<sub>3</sub>의 이진 데이터를 가지고 있는 영상이다 (if S<sub>3</sub>=0 then S'<sub>3</sub>=1, else S'<sub>3</sub>=0). 그림 3. (d)는 식(4)에 의해 수직 방향으로 투영된 영상을 가지게 된다.

그림 3. (b), (c), (d) 영상들은 도로상의 교통 정보를 판단하기 위해서 필요한 영상들이다. 도로상의 차량 점유율을 구하기 위해서 도로로 판단된 영상들은 제거어진다. 또한 차량의 검지 영역이 2개 있으므로 차량의 속도를 판별할 수 있는데 이때 한 차선에 설정되어진 검지 영역의 Spatio-Temporal 영상으로 동일한 차량인지를 판별 할 수 있다.

이러한 교통 정보 처리 시스템에서 가장 중요한 것은 배경(도로) 영상과 차량이 존재하는 영상을 구분하는 것이다. 도로 영상과 차량 영상의 히스토그램 분포를 보면 그림 4와 같이 나타난다. 그림 4. (a)는 검지 영역내의 순수한 도로 영상의 히스토그램 분포이고 그림 4. (b)는 검지 영역내의 차량 영상의 히스토그램 분포이다. 이때 (a)는 일정한 화소값에 밀집되어 있음을 알 수 있다. 이러한 특성을 가지는 도로 영상을 판별하기 위해서 검지 영역내의 표준 편차를 계산하여 히스토그램 분포를 예

상하게 된다[6].

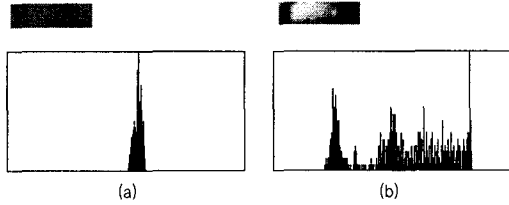


그림 4. 도로 영상과 차량 영상의 히스토그램

#### IV. 차량 검지의 판별 및 에러 수정 기법

주간 차량 검지의 경우 차량 내부가 도로 영상으로 판별되는 부분이 존재할 수 있다. 이는 도로 영상의 표준 편차를 계산하여 차량의 유무를 판별하기 때문에 표준 편차를 평활화하여 계산하면 차량 내부 영역의 오류는 줄일 수 있다(식 (5)). 또한 실제로 차량과 차량사이 최소 길이를 알고 있다면 차량 내부 존재하는 배경으로 판단된 영상은 차량 영상으로 수정할 수 있다. 그림 5. (a)는 단순한 표준 편차를 나타낸 것이고 (b)는 평활화한 표준 편차를 나타낸 것이다

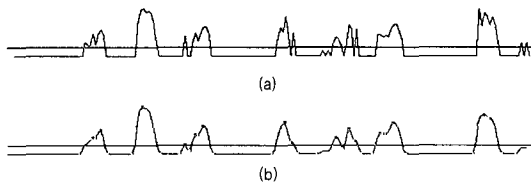


그림 5. 주간 도로 영상의 표준 편차

##### 표준 편차의 평활화

$$SmoothSD_i = SD_{i-1} \times 0.25 + SD_i \times 0.5 + SD_{i+1} \times 0.25 \quad \text{식(5)}$$

##### 영상의 이분

$$B_{ith}(x, y) = \begin{cases} 0 & R_{ith}(x, y) < T_2 \\ 255 & otherwise \end{cases} \quad \text{식(6)}$$

$$T_2 = (Max_{his} - Min_{his}) / 2$$

여기서, 임계치는 히스토그램의 최고값과 최소값의 중간값이 된다. 이러한 특성으로 이분된 영상을 그림 6에서 보이고 있다.

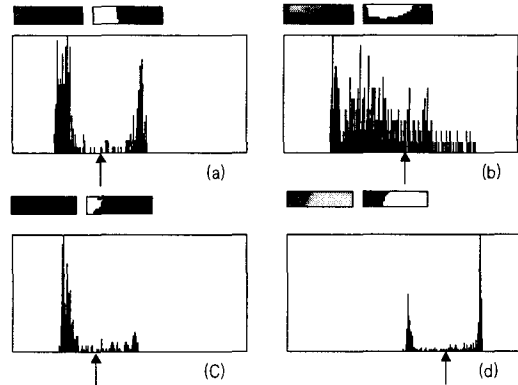


그림 6. 이분 영상의 특징

그림 6에서 그림자가 포함된 도로 영상의 경우 그림 6. (a)와 같이 히스토그램의 최고와 최소의 중간값에 의해 이분할 경우 영상은 굴곡이 없이 이분되고 히스토그램 분포에서 화소값이 두점에 집중되므로 두 영역의 표준 편차가 모두 낮을 것이다. 이러한 특성을 가지고 있으므로 검지 영역의 표준 편차에 의해 차량인지 도로 영상인지를 먼저 구분하고 이분 영상에 의해 다시 도로 영상을 찾는다. 그림 6. (b), (c), (d)는 차량 내부의 이분 영상을 보여준 것인데 그림 6. (d)는 표준 편차를 이분할 경우 낮은 표준 편차를 가진다. 그러나 다른 영상과 비교할 경우 상당히 높은 화소값을 가지고 있다. 이러한 영상은 배경(순수한 도로)영상의 화소값을 가지고 있으므로 배경보다 높은 화소값이 많을 경우 차량으로 인식하게 된다.

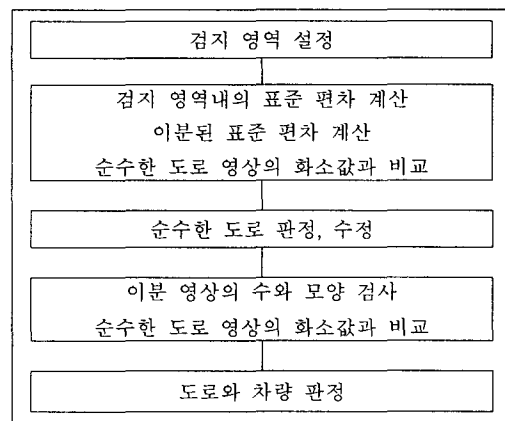


그림 7. 주간 도로 영상의 차량 검지 알고리즘

그림 7의 순서도는 이러한 그림자가 존재하는 영상까

지고 판별할 수 있는 알고리즘을 보이고 있다.

교통 정보의 판별법

최초에 한 차선에 두 개의 검지 영역을 설정한 것은 차량 수 외의 다른 교통 정보를 계산하기 위함이다. 본 논문에서 검지할수 있는 교통 정보는 도로 점유율, 차량 속도, 차량 길이(차중), 차간 거리이다.

교통 정보	판별법
차량 대수	검지 영역을 지나간 수
도로 점유율	투영된 Spatio-Temporal 영상 분석
차량 속도	두 검지 영역의 거리와 클럭 차
차량 길이	차량의 클럭 수, 속도
차간 거리	배경의 클럭 수, 속도

표 1. 교통 정보 판별법

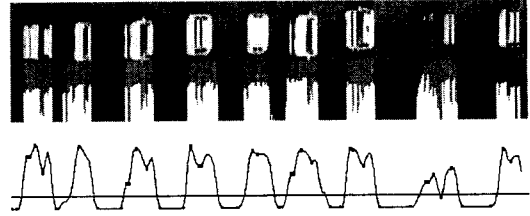
표 1은 이러한 교통 정보 판별법을 보이고 있다. 이때 각 프레임을 처리할 때 클럭을 저장하고 있다면 속도를 비롯한 다른 교통 정보를 구할 수 있다. 또한 도로 점유율은 투영된 Spatio-Temporal 영상에서 쉽게 도로 영역에서 차량 점유율을 구분할 수 있다.

V. 실험 결과

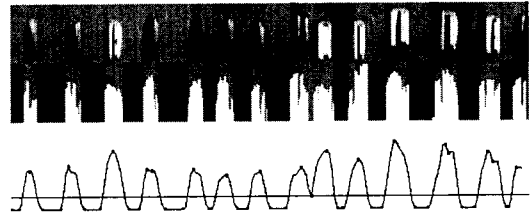
그림 8. (a)에서와 같이 주간 영상의 경우 차량이 순조롭게 운행되고 그림자도 존재하지 않는 구간에서는 차량 검지가 정확히 이루어짐을 알 수 있다(95% 이상). 그림 8. (b)에서 보듯이 그림자가 존재하는 도로 영상의 경우에도 차량 길이에 조금의 오차만이 보인다(차량 검지 정확도 95% 이상). 이는 실험에 사용된 영상은 표본 영상을 파일로 저장하여 실험하므로 초당 처리하는 프레임 수가 적으나, 실시간으로 적용될 경우 초당 많은 프레임을 처리하므로 오차를 더욱 줄일 수 있을 것이다.

VI. 결론

현재 지능형 교통 정보 처리 시스템의 경우 교통 상황과 날씨에 오동작이 많이 발생한다. 본 논문에서 제안한 시스템을 수정 보완한다면 오퍼레이터의 설정없이 90% 이상으로 정확히 동작할 수 있는 지능형 시스템이 가능할 것이다. 본 논문에서 제시된 방법은 주간 차량 영상에서만 적용되는 알고리즘을 소개하였다. 모든 상황에서 적용될 수 있는 ITS를 구축하기 위해서는 야간에서도 적용될 수 있는 알고리즘의 추가가 필요할 것이다.



(a)



(b)

그림 8. 주간 실험 결과

(a) 일반적인 교통 상황 (b) 그림자가 많은 교통 상황

참고 문헌

[1]. G. Micalopoulos, "Vehicle detection through video image processing : the AUTOSCOPE system," IEEE Trans. on Vehicular Tech. 40(1), 1991  
 [2]. M. Kyte, A. Khan, K. Kagolanu, "Using Machine Vision Technology to Collect Transportation Data," Transportation Research Record 1412, pp.23-32, 1992  
 [3]. J. Bonneson, J. Fitts, "Traffic Data Collection using Video-based Systems," Transportation Research Record 1477, pp. 31-40, 1994  
 [4]. M. Dubuisson, A. K. Jain, and W. Taulor, "Segmentation and Matching of Vehicles in Road Images," Transportation Research Record 1412, pp.57-63, 1992  
 [5]. R. Kohler, "A Segmentation System Based on Thresholding," Computer Graphics and Image Processing, Vol.15, pp.319-338, 1981  
 [6]. J. Besag, "On the Statistical Analysis of Dirty Pictures," Journal of the Royal Society, Vol. B48, 1986