

論文2000-37SP-5-4

## 교통영상에서의 규칙에 기반한 차량영역 검출기법

### (Rule-based Detection of Vehicles in Traffic Scenes)

朴 營 泰 \*

(Young Tae Park)

#### 요 약

영상정보에 기반한 교통제어시스템의 핵심요소인 교통영상에서의 차량의 위치, 대수를 추정하는 건설한 기법을 제시하였다. 제안한 기법은, 배경영상을 제거한 차 영상으로부터 국부 최적 임계값 산출기법에 의해 차량의 밝고 어두운 증거영역을 추출하고 차량의 기하학적 특징을 이용해 3개의 규칙으로 합병하는 증거추론(Evidential reasoning)에 기반을 두었다. 국부 최적 임계값 산출기법은 차량형상이 중첩되었거나 차량의 색상이 배경영상과 유사할 경우에도 차량의 밝고 어두운 증거영역의 분리를 보장한다. 다양한 교통영상에 적용한 결과 카메라의 거리, 위치, 날씨 등의 동작 환경의 변화에 매우 건설한 검지 성능을 가짐을 확인하였고 프레임사이의 움직임 정보를 사용하지 않았으므로 차량의 흐름이 정체되었을 경우에도 적용이 가능하다.

#### Abstract

A robust scheme of locating and counting the number of vehicles in urban traffic scenes, a core component of vision-based traffic monitoring systems, is presented. The method is based on the evidential reasoning, where vehicle evidences in the background subtraction image are obtained by a new locally optimum thresholding, and the evidences are merged by three heuristic rules using the geometric constraints. The locally optimum thresholding guarantees the separation of bright and dark evidences of vehicles even when the vehicles are overlapped or when the vehicles have similar color to the background. Experimental results on diverse traffic scenes show that the detection performance is very robust to the operating conditions such as the camera location and the weather. The method may be applied even when vehicle movement is not observed since a static image is processed without the use of frame difference.

#### I. 서 론

영상정보에 기반한 교통감시 시스템은 도로상의 교통 혼잡도를 자동으로 측정하고 교통정보를 제공함으

로써 정체구간을 완화시키기 위한 목적으로 사용되며 응용시스템으로서 Intelligent Vehicle/Highway System (IVHS), Advanced Traveler Information System(ATIS), Advanced Traffic Management System(ATMS)등을 들 수 있다. 교통의 흐름, 속도 그리고 점유 정보를 제공하는 루프검지 기술과 비교해 보면 영상정보에 기반한 시스템은 (a) 교통정보를 검색 할 수 있는 영역이 매우 넓고 (b) 루프검지기가 가지는 시설유지, 보수에 드는 비용을 상당히 감소시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 교통정보처리 시스템을 구성하는 중요한 요소는 자동차의 위치, 차량수, 평균속도를 실시간으로 정확히

\* 正會員, 慶熙大學校 電子情報學科

(School of Electronics & Information Kyung Hee University)

※ 이 연구는 1999년도 정보통신연구진흥원 대학기초 연구의 연구비지원에 의한 결과임.

接受日字 : 1999年5月13日, 수정완료일 : 2000年4月12日

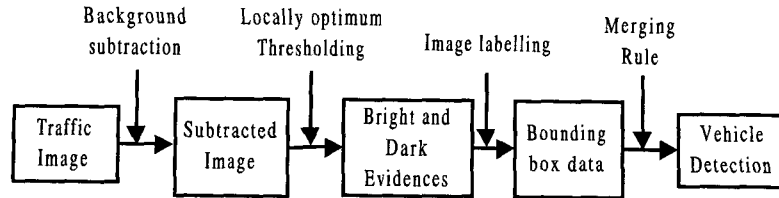


그림 1. 교통영상에서의 차량영역 검출기법의 개요

Fig. 1. Overview of the detection of vehicles in traffic scenes.

측정하는 기법이다. 기존의 대부분의 영상정보에 기반한 교통 정보처리 기법에서는 차량의 움직임 정보를 사용하고 있다. 예를 들어 두 프레임간의 색상의 차이를 이용한 기법<sup>[1,2]</sup>에서는 split-and-merge에 의해 차량영역을 검출하고 근접영역들을 그룹화 하여 차량형상을 추출한다. 다른 두 지점에서 추출된 차량형상은 관계 그래프를 사용하여 정합하고 정합될 경우 차량의 속도는 두 지점의 거리를 시간차로 나눔으로써 계산된다. 배경영상과의 차 영상은 차량 검출을 위해 효과적으로 쓰이고 있다<sup>[3,7]</sup>. 고속도로 감시 시스템<sup>[3]</sup>에서는 차 영상으로부터 차량을 검지하고 연속되는 프레임에서 추적하며 차량의 속도는 도로상의 3차원모델좌표에 추적된 차량을 사상함으로써 추정된다. 추적과정에서는 무게중심, bounding box, correlation 등을 사용하며 각 기법의 성능은<sup>[8]</sup>에서 비교되었다. 또한 이동방향의 수직으로 화소들을 누적 시켜 얻어진 시공간(spatio-temporal) 영상은 차량의 평균 속도를 측정하는데 이용될 수 있다<sup>[4,5]</sup>.

2D나 3D 모델에 기초한, 차량을 분류하는 기법도 제안되었다. closed cubic spline<sup>[7]</sup>에 의해 표현된 차량의 형태는 이미 알고 있는 카메라의 위치와 방향을 가정하여 유력한 차량 존재 영역의 수직좌표를 비교함으로써 검출되어 진다. 차량 형태와 모델 사이의 2차원 변환 파라미터는 Hough 공간상에서 차량을 분리하기 위해 추정된다<sup>[10]</sup>. “view schetch”<sup>[6]</sup>라 불리는 선 세그먼트 모델과 Kalman 필터를 사용하여 3차원 형상의 자세(pose)를 추정하는 기법도 제안되었다.

위에서 언급한 영상정보에 기반한 기법들은 차량의 동적인 움직임을 가정하기 때문에 교통 신호에 의해 교통의 동적인 움직임이 관측되어지지 않거나 미미할 경우엔 적용하기 어려운 단점을 가지고 있다. 따라서 교통체증의 정도를 측정하거나 교통 신호 체계를 최적화하기 위해선 프레임차이 정보를 사용하지 않고 정지

영상에서의 차량의 숫자를 계산하거나 위치를 파악하는 기법을 필요로 한다. 교통이 심각하게 정체 될 때에는 차량의 대부분이 중첩되어 보이거나 가리워 지므로 프레임 차이정보 사용한 기법을 적용하기 어렵다. 정지된 영상에서의 차량을 정확히 검출하는 기법은 segmentation의 일반적인 문제로서 상당히 난해한 문제로 남아있다. 영역, 혹은 edge에 기반한 많은 기법들이 제안되었지만 조명, 날씨, 반사등의 동작조건에 따라 민감한 특성을 가진다. 일반적으로 차량의 형태는 지붕, hood, 트렁크, 옆면, 유리창, 바퀴, 그림자 등으로 구성되어 있으므로 배경으로부터 쉽게 구분되지 않는다. 따라서 차량이 카메라로부터 멀리 떨어져 있거나 중첩되어 있을 경우 차량의 정확한 형태를 찾아내는 것은 쉽지 않은 문제이다.

본 논문에서는 정확한 차량의 형상을 추출하는 기법 보다는 차량이 중첩되어 보이는 경우에도 차량의 존재 여부를 확실하게 검지할 수 있는 기법의 연구에 중점을 두었다. 영상의 국부영역에서의 최적 임계값(locally optimum threshold)은 전역 최적 임계값(globally optimum threshold)와 다르기 때문에 차량이 존재하는 증거 영역을 정확히 검출하기 위해서는 국부영상의 특성에 따라 다른 임계값을 적용해야 한다. 본 논문에서는 국부 최적 임계값을 국부영상의 특성에 따라 자동으로 산출함으로써 차량이 중첩되어 있을 경우에도 각 차량의 밝고 어두운 뚜렷한 증거(evidence)를 검출하고 차량의 기하학적 특징을 이용한 합병규칙에 의해 합병하는 간단하고도 빠른 방법을 제안하며 전체적인 과정을 그림 1에 보인다.

## II. 초기 차량영역 검출기법

컴퓨터 시각장치는 자동화를 위한 가장 핵심적인 기술임에도 불구하고 본격적인 활용이 이루어지지 않고

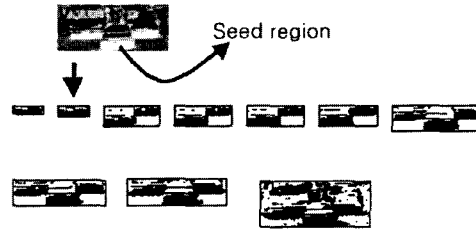
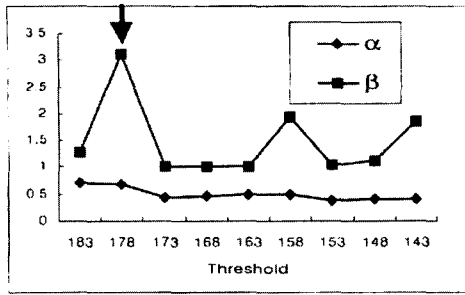


그림 2. 국부 최적 임계값 설정의 예 I  
Fig. 2. Example of finding locally optimum threshold I.

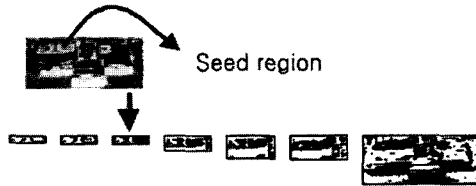
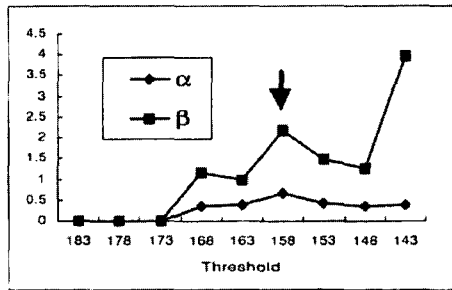


그림 3. 국부 최적 임계값 설정의 예 II  
Fig. 3. Example of finding locally optimum threshold II.

있는 이유는 기존에 제안된 거의 모든 알고리즘이 동작조건에 매우 민감하기 때문이다. 특히 물체의 형상을 추출하기 위한 영상분할 과정의 경우 현재의 기술 수준으로는 자연적인 영상에서 적용이 힘든 상황이다. 교통정보 분석의 목적을 위해서는 차량이 위치하는 국부영역을 검출하는 영상분할의 정확도와 신뢰도를 높이는 기법에 대한 연구가 필수적이다. 자동차 영상의 경우 자동차의 종류와 색상, 유리창, 그림자 등의 다양한 특성이 혼재하므로 형상을 추출하기 위한 영상 분할 기법으로서 단순 임계치 방식을 적용할 수 없기 때문이다. 따라서 시각정보에 의한 교통량 정보의 자동산출을 위해선 자동차 형상의 특징을 이용해 불완전한 영상분할 결과를 보완하는 전문가 시스템의 도입이 요구된다.

차량영역을 검출하기 위해 입력영상과 배경영상과의 차 영상(subtraction image)을 사용할 수 있다. 배경영상은 연속되는 영상에서 화소 값의 중간 값을 취함으로써 얻어진다. 차량영역은 차량의 색상, 반사, 그림자 등의 조건에 따라 밝고 어두운 부분이 동시에 존재하므로 차량이 존재할 수 있는 증거 영역은 차 영상의

상, 하 임계값에 의해 얻을 수 있다. 영상의 최적의 임계값을 구하는 많은 기법들이 제안되었지만 영상의 국부영역에서의 최적 임계값은 전체 영상에서의 최적 임계값과 다르기 때문에 증거 영역을 정확히 검출하기 위해서는 국부영상의 특성에 따라 다른 임계값을 선택해야 한다. 차량이 겹쳐 보일 경우, 전역 최적 임계값을 사용하면 인접한 차량의 밝고 어두운 영역이 서로 연결되어 나타나므로 차량영역을 분리하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 국부 영역의 특성에 따라 적응적으로 최적의 임계값을 자동으로 설정하는 기법을 제안한다.

임계값의 변화에 따라 검출된 영역의 크기변화에 대한 예를 그림 2와 3에 보인다.  $i$ 번째 임계값에 따라 검출된 영역의 크기를  $A_i$ 로 표시하면 크기의 변화율은  $\beta_i = A_{i+1}/A_i$ 로 산출되며 현재의 관심영역(seed region)을 분리하기 위한 최적의 임계값으로서  $\beta_i$ 가 큰 부분의 임계값을 선택한다. 임계값의 선택과정에 크기 변화율만을 사용할 경우 불필요한 영역이 검출될 수 있다. 따라서 차량의 증거영역이 존재하는 비율  $\alpha_i$ 를 사용하여 검출된 영역을 검증한다. 즉,  $\beta > \tau_1$ 의 조건

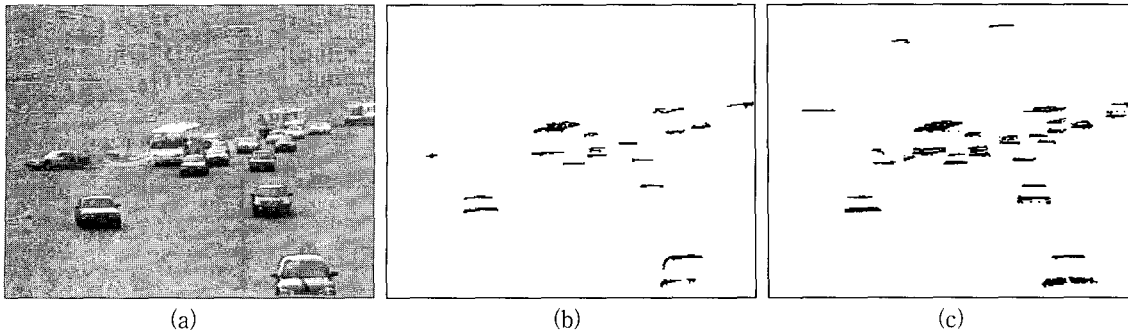


그림 4. (a) 차 영상, (b) 엔트로피 기법에 의해 검출된 밝은 영역, (c) 국부최적 임계값에 의해 검출된 밝은 영역  
 Fig. 4. (a) Subtraction image, (b) Bright region extracted by entropy thresholding, (c) Bright region extracted by locally optimum thresholding

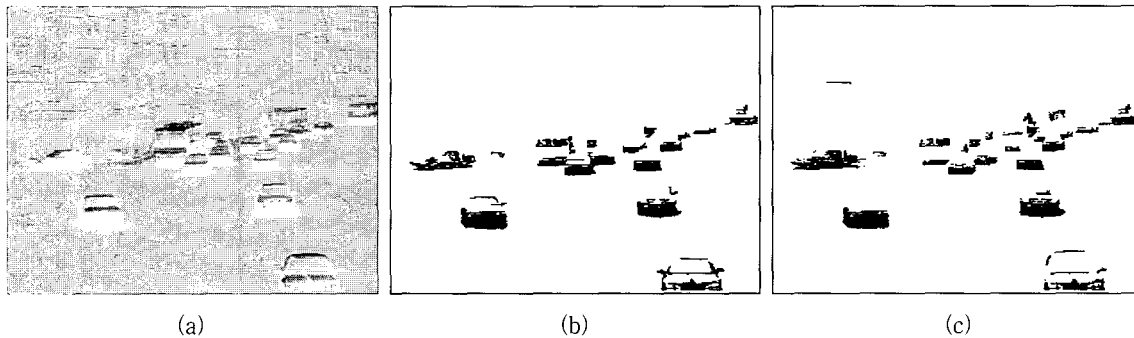


그림 5. (a) 반전된 차 영상, (b) 엔트로피 기법에 의해 검출된 어두운 영역, (c) 국부최적 임계값에 의해 검출된 어두운 영역  
 Fig. 5. (a) Reverse subtraction image, (b) Dark region extracted by entropy thresholding, (c) Dark region extracted by locally optimum thresholding

을 만족하는 임계값 중에  $\alpha > \tau_2$  의 조건을 만족하는 임계값을 선택한다. 그림 2와 3의 예에서 위의 조건을 만족하는 임계값과 2진영상을 화살표로 표시하며 검출된 영역은 인접한 차량과 분리됨을 알 수 있다 ( $\tau_1=1.5, \tau_2=0.4$ 로 설정). 관심영역의 특성에 따라 적절한 임계값이 매우 다르므로 전역 최적 임계값을 사용할 경우 증거영역의 검출이 전혀 안될 수도 있고 인접한 차량 영역과의 분리를 보장하지 못한다.

초기 관심영역(seed region)의 선택을 자동화하기 위해서 다음과 같은 기법을 적용하였다.

**국부 최적 임계값 설정 기법 :**

**Step 1 :** 차 영상 히스토그램의 최대 값과 관련된 gray level  $T_0$ 를 구하고 초기 임계값  $T$ 를

$$T = T_0 + \theta \text{로 설정한다.}$$

**Step 2 :** 차 영상에 임계값  $T$ 를 적용한 2진영상을 생성하고 영상 라벨링(image labeling) 과정을 적용하여 연결영역의 사각형 좌표를 초기 영역 정보  $S_1 = \{R_1^1, R_2^1, \dots, R_n^1\}$ 에 저장한다. ( $p=1$ )

**Step 3 :** Do {  $T \leftarrow T - \eta, p \leftarrow p + 1$ . 영상 라벨링 과정을 적용하여 연결영역의 사각형 좌표를  $S_p = \{R_1^p, R_2^p, \dots, R_n^p\}$ 에 저장한다.} until ( $T \leq T_0$ )

**Step 4 :** 각 임계값에 따른 영역 정보  $S_1, S_2, \dots, S_n$ 으로부터 영역 크기의 변화 정보  $G_i = \{R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ip}\}, i=1, \dots, n$ 을 산출한다. 여기서  $R_{ij}$  는  $R_{i,j-1}$ 를 포함하는 p-level

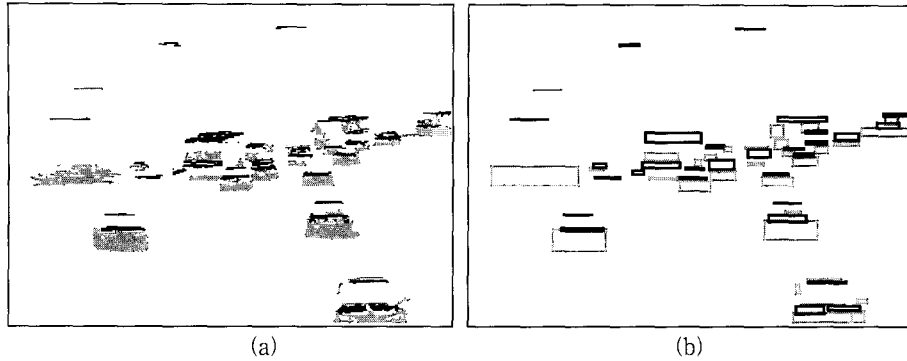


그림 6. (a) 밝고 어두운 증거 영역, (b) 증거 영역의 사각형 정보

Fig. 6. (a) Bright and dark evidence regions, (b) Bounding boxes

의 사각형 집합  $S_i$  중에서 선택된다. 따라서  $G_i$ 에 속해 있는 영역의 크기는 순차적으로 증가한다.

**Step 5 :** 각  $G_i$ 의 영역크기의 순서 정보로부터  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 산출하고  $\beta > \tau_1$ 와  $\alpha > \tau_2$ 의 조건을 만족하는 영역을 선택한다. 위의 조건을 만족하는 영역이 존재하지 않은 경우는  $\alpha > \tau_2$ 의 조건을 만족하는 영역을 선택하며 아닐 경우는 선택하지 않는다.

$\theta$ 는 차 영상에서 가장 밝은 증거 영역을 검출할 수 있는 임계값  $T$ 의 초기 값을 결정한다.  $\eta$ 는 임계값을 변화시키는 step의 크기로서 작을수록 검출된 영역의 미세한 변화 정보를 사용할 수 있지만 처리속도가 늦어진다. 국부 최적 임계값 설정 기법에서  $\theta$ 와  $\eta$ 의 변화에 따라 추출된 밝고 어두운 증거 영역 정보는 크게 변화하지 않으며 실험적으로  $\theta=50$ ,  $\eta=5$ 의 값을 사용하였다.

전역 최적 임계값을 산출하는 대표적인 기법인 2D-엔트로피 기법<sup>[9]</sup>과 본 논문에서 제안한 국부 최적 임계값의 산출기법을 사용하여 차량의 밝은 영역과 어두운 영역을 검출하는 예를 그림 4와 5에 비교한다. Image labeling 과정에 의해 각 연결영역 정보를 수집하고 작은 영역은 제거되었다. 밝은 증거 영역의 경우 엔트로피 기법에서 검출되지 않은 미세한 밝은 영역 정보가 검출되었고 어두운 증거 영역의 경우는 인접한 차량의 증거 영역이 뚜렷이 분리되어 검출됨을 알 수 있다. 위의 과정에 의해 검출된 차 영상의 밝은 증거영역(bright

evidence region)과 어두운 증거영역(dark evidence region)을 함께 나타내면 그림 6(a)와 같다. 인접한 차량의 영역 정보가 뚜렷이 분리되며 대부분의 차량은 어두운 영역이 아래쪽에, 밝은 영역이 어두운 영역의 위에 존재함을 알 수 있다. 그림에서 차량의 밝은 영역은 흑색으로, 어두운 영역은 회색으로 표시하였고 영역의 사각형 정보를 그림 6(b)에 보인다. 이와 같이 분리된 영역의 기하학적 상관관계를 사용하여 다음 장의 합병 규칙을 적용함으로써 겹쳐 보이는 차량의 분리 및 검지가 가능하다.

### III. 차량영역 합병기법

국부 최적 임계값 설정 기법에 의해 검출된 밝은 영역의 사각형 정보  $B_1, \dots, B_n$ 과 어두운 영역의 사각형 정보  $D_1, \dots, D_m$ 은 차량 영역을 결정짓는 뚜렷한 증거를 제공한다. 배경영상 보다 밝은 차량은 차량 아래쪽의 어두운 영역과 위쪽의 밝은 영역이 동시에 존재하고 배경영상 보다 어두운 차량은 어두운 영역만이 존재한다. 따라서 다음과 같은 3가지 합병 규칙에 의해 차량 영역을 추론할 수 있다.

**규칙 1 :**  $D_i$ 의 높이 만큼 위쪽으로 연장한 사각형 안에 겹쳐 있는  $B_j$ 가 존재할 경우  $D_i$ 와  $B_j$ 를 합병한다.

**규칙 2 :** 합병된 영역을  $E_1, \dots, E_q$ 로 표시한다.  $E_i$ 의 폭 만큼 위쪽으로 연장한 사각형 안에 포함된  $E_j$ 가 존재할 경우  $E_i$ 와  $E_j$ 를 합병한다.

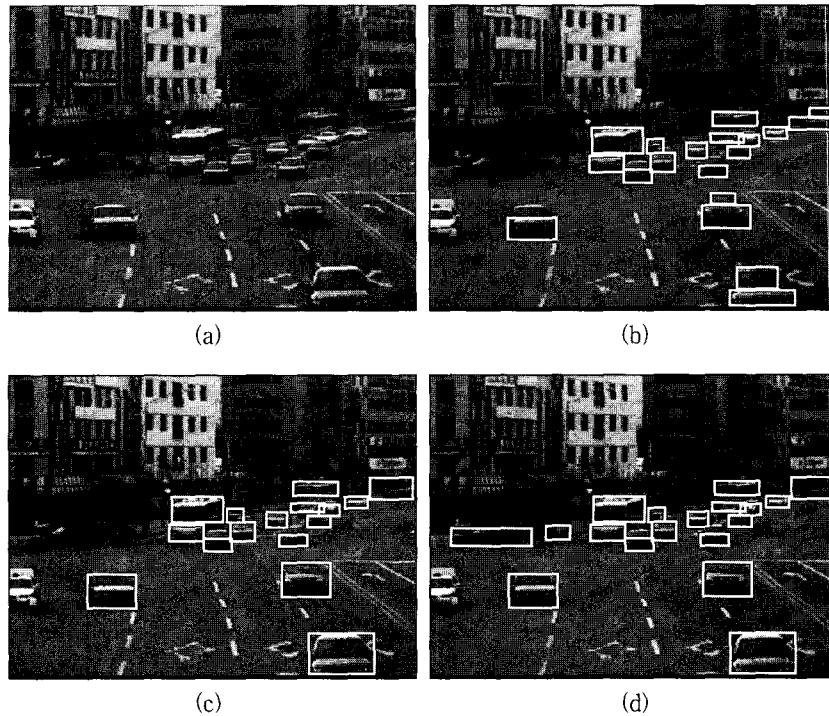


그림 7. 합병규칙의 적용 예

(a)(b)(c)(d)

Fig. 7. Example of merging rules.

(a)(b)(c)(d)

**규칙 3 :** 합병이 안된 밝은 영역과 어두운 영역 중 사각형의 크기가  $\tau_3$ 보다 클 경우 차량영역으로 판정한다.  $\tau_3$ 는 영상에 나타날 수 있는 차량의 최소 크기로서 영상의 수직축 위치에 따라 설정된다. 즉, 사각형 중심의 수직 축 좌표를  $y$ 라 했을 때 영상의 3차원 좌표계를 고려하여  $\tau_3 = K \cdot (y/h)^2$ 로 설정하였다. 여기서  $K$ 는 영상 아래쪽의 카메라와 가장 가까운 거리에 있는 차량의 최소 크기이며  $h$ 는 영상의 높이를 나타내고 영상의 좌측 위쪽 점을 원점으로 한 좌표 계를 사용한다.

규칙 1을 적용한 합병 결과를 그림 7(b)에 보인다. 대부분의 차량이 적절히 분리되어 검출되었지만 가까이 존재하는 차량에는 동일 차량이 2개 이상의 영역으로 분할된 경우도 존재한다. 따라서 검출된 사각형의 기하학적 위치에 따라 서로 수직축으로 인접한 영역은 규칙 2에 의해 합병되며 그 예를 그림 7(c)에 나타낸다.

차량의 색상이 배경보다 어두운 경우는 밝은 영역과 합병되지 않더라도 사각형의 크기가  $\tau_3$ 보다 클 경우 규칙 3에 의해 차량으로 판정하며 그 결과를 그림 1(d)에 보인다. 가장 좌측에 있는 차량은 한곳에 오랫동안 머물러 있기 때문에 배경 부분으로 처리되어 차량으로 검출되지 않았다.

원거리에서 촬영된 복잡한 도로환경에서의 적용 예를 그림 8에 보인다. 각각 원영상, 밝은 영역과 어두운 증거영역, 사각형 정보, 및 합병규칙에 의해 검출된 차량영역을 표시한다. 원 거리에 존재하는 차량은 해상도의 저하로 정확한 검지가 어렵지만 근거리의 차량은 매우 정확한 검지가 가능하다. False alarm은 주로 1) 배경영상의 오류에 의한 경우와, 2) 차량의 형상이 복잡하여 동일 차량이 2개의 영역으로 분리되는 경우에 발생하지만 전체적으로 동작 환경에 크게 영향을 받지 않는 건실한 검지 성능을 가진다. 배경영상의 오류에 의한 False alarm은 건물이나 보도에서 카메라의 흔들림에 의해 발생한 것으로서 검지영역을 사전에 지정함으로써 쉽게 제거할 수 있다.

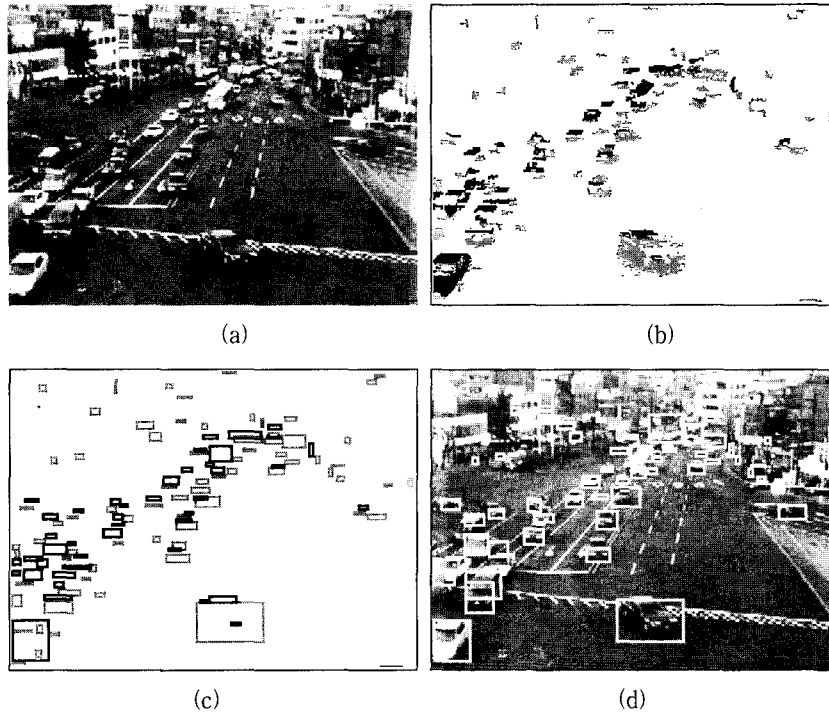


그림 8. 원거리 교통영상에서의 차량검지의 예 (a) 원 영상, (b) 증거 영역, (c) 사각형 정보, (d) 검지 결과

Fig. 8. Vehicle detection in traffic scene at long distance (a) Original image, (b) Evidence region, (c) Bounding box, (d) Detection result.

#### IV. 실험결과 및 고찰

각각 다른 장소, 날씨상태, 촬영거리 및 각도에서 획득된 4가지 데이터 셋의 교통영상에 대해 제안된 방법을 적용하였다. 각 데이터는 2초 간격의 연속적인 200여개의 영상으로 구성된다. 첫 번째와 두 번째 데이터 셋의 샘플 영상은 위의 검지 알고리즘에서 제시되어 있고 세 번째와 네 번째 데이터 셋의 샘플 영상과 검지결과를 그림 10과 11에 보인다. 그림에서 각각 원 영상, 밝고 어두운 증거영상, 그리고 검지결과를 나타낸다. 첫 번째 데이터 셋에서 연속된 6개 영상에서의 검지 결과를 그림 9에 보인다. 근 거리에서 촬영된 교통영상에서는 중첩되어 보이는 차량도 적절히 분리되었지만 버스와 같이 복잡한 형상을 가진 차량에서는 밝고 어두운 영역이 다수 존재하므로 2개의 영역으로 분리되어 검지되는 경우가 발생할 수 있다. 이를 합병하기 위한 기하학적 합병규칙을 추가로 사용할 수도 있지만 이러한 합병규칙에 의해 중첩된 차량이 잘못 합

병될 수도 있으므로 이를 해결하기 위해선 차량 형상의 특징 분석에 대한 추가적인 연구를 필요로 한다.

원 거리의 교통영상에서는 영상의 해상도가 낮은 경우도 정확한 검지가 가능하다. 이는 국부 최적 임계값을 자동으로 산출할 수 있는 기법의 도입으로 영상의 미세한 밝기의 차이 부분도 적절히 검출할 수 있기 때문이다. 정량적인 검지율을 측정하기 위해 각 데이터 셋에서 2초 간격으로 연속적인 10 프레임의 영상으로부터 False alarm과 missing rate을 측정하였고 그 결과를 평균 처리속도와 함께 표 1에 제시한다. 단, 원 거리의 영상에서 지나치게 작게 나타나 판별이 곤란한 차량과 도로 영역을 벗어난 False alarm은 검지율의 측정에서 제외되었다. 두 번째 데이터 셋에서 False alarm이 큰 이유는 그림 12의 예에서와 같이 차량의 진행 방향이 바뀔 경우 규칙 2에 의해 2개의 영역이 합병되지 않기 때문이다. 또한 배경영상이 정확히 산출되지 않은 경우에도 False alarm이 발생한다. 세 번째 데이터 셋에서 missing rate이 비교적 큰 이유는 배경영상과 매우 유사한 색상을 가진 차량이 다수 존재하

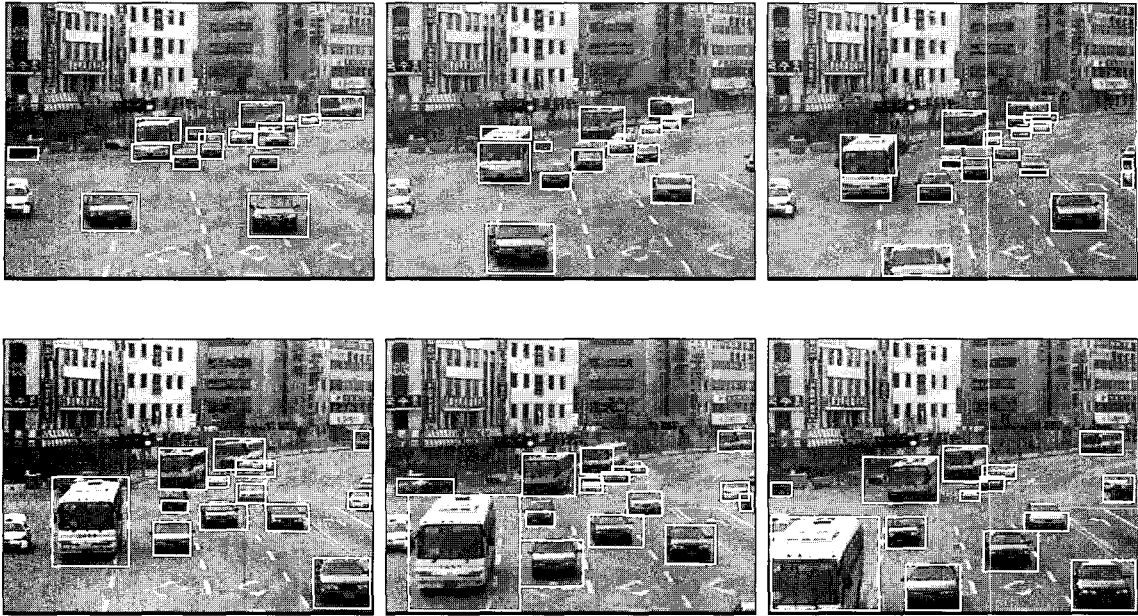


그림 9. 2초 사이의 연속된 프레임에서의 검지결과(Data set 1)

Fig. 9. Detection results for consecutive frames of 2 sec(Data set 1).



그림 10. Data set3의 검지결과예

Fig. 10. Example of detection results for Data set 3.

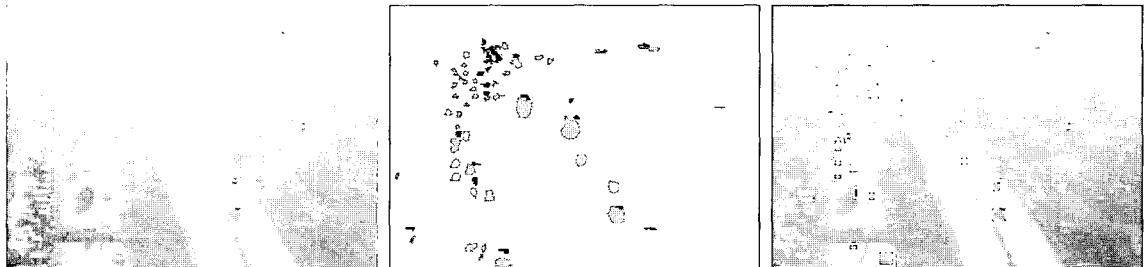


그림 11. Data set4의 검지결과예

Fig. 11. Example of detection results for Data set 4.

여 evidence 영역이 검출되지 않았기 때문이다. 이와 같이 영상의 미세한 gray level 차이 정보로부터 물체를 견실하게 검지하는 문제는 컴퓨터 비전의 매우 난

해한 문제로 남아 있다. 이상의 실험 결과에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제시한 검지 알고리즘은 영상의 특성에 따라 False alarm과 Missing rate가 변하지만





그림 12. False alarm의 예  
Fig. 12. Example of false alarm.

표 1. 제안된 검지기법의 성능

Table 1. Detection performance of the proposed detection scheme.

Data Set	Number of vehicles	False alarm	Missing	Total error	Processing Time (sec)
1 (그림 7)	129	12 (9.3%)	4 (3.1%)	16 (12.4%)	0.47
2 (그림 8)	184	24 (13.0%)	2 (1.1%)	26 (14.1%)	0.46
3 (그림 10)	255	10 (3.9%)	24 (9.4%)	34 (13.3%)	0.50
4 (그림 11)	220	20 (9.1%)	15 (6.8%)	35 (15.9%)	0.44

종합적인 검지율은 동작 조건에 민감하지 않고 85% 이상의 검지 성능을 가진다.

제안된 알고리즘은 Visual C++를 사용하여 펜티엄III PC(450MHz)에서 구현하였고 영상의 크기는 320×240이며 위의 실험에 사용한 40개의 영상에 대해 평균 0.48초의 처리시간이 소요되었다. 단순한 교통신호제어를 목적으로 하는 시스템에서는 충분히 빠른 처리속도이며 차량 검지 후 추적에 의한 차량의 순간 속도 측정기법에 관한 연구는 현재 진행중이다.

### V. 결 론

교통영상에서 배경영상을 제거한 차 영상으로부터 차량이 존재하는 영역 정보를 추출할 수 있지만 차량 형상이 중첩되었거나 차량의 색상이 배경영상과 유사할 경우 전역 최적 임계값을 사용하여 차량영역을 분리하기 어렵다. 이는 차량과 배경을 분리하기 위한 국부영역의 최적 임계값이 국부영상의 대비도에 따라 매우 다르기 때문이다. 본 논문에서는 임계값의 변화에 따른 영역 크기의 변화율과 검출된 영역의 특성을 이용한 국부 최적 임계값 설정 기법에 의해 차량형상이 중첩되었을 경우에도 분리된 밝고 어두운 증거 영역을 자동으로 추출하는 기법을 제안하였다. 또한 추출된 증거 영역의 기하학적 특징에 따른 세 가지의 영역합병

규칙을 사용하여 합병함으로써 차량영역을 검지하는 기법을 제시하였다. 카메라의 거리, 위치, 날씨 등의 동작 환경의 변화에 견실한 검지가 가능하며 원 거리에서 획득되어 해상도가 매우 낮은 교통영상에서도 False alarm과 missing rate을 포함하여 85% 이상의 검지율을 구현할 수 있었다. 검지율의 향상을 위해서는 1) 외부의 상태변화(구름 등)에 대하여 적용할 수 있는 배경영상의 갱신기법, 2) 차량의 진행 방향 정보를 활용한 증거영역 합병 기법의 개선, 3) 프레임 차이 정보를 활용한 차량 추적기법의 도입 등의 관련 연구가 지속적으로 이루어져야 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] M. Dubuisson, A. K. Jain, and W. Taylor, "Segmentation and matching of vehicles in road images," *Transportation Research Record* 1412, pp. 57-63, (1992).
- [2] M. Dubuisson and A. K. Jain, "Contour extraction of moving objects in complex outdoor scenes," *Intern. Journal of Computer Vision*, 11(2), pp 127-145, (1993).
- [3] B. Gloyer, H. K. Aghajan, K. Siu and T. Kailath, "Video-based freeway monitoring

- system using recursive vehicle tracking," *Proc. SPIE, Image and Video Processing*, (1985).
- [4] Z. Zhu, B. Yang, G. Xu and D. Shi, "A real-time vision system for automatic traffic monitoring based on 2D spatio-temporal images," *Proc. Third IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp. 162-167, (1996).
- [5] T. Nakanishi and K. Ishii, "Automatic vehicle image extraction based on spatio-temporal image analysis," *Proc. 11th Intern. Conf. Computer Vision*, pp. 500-504, (1992).
- [6] H. Kollnig and H. Nagel, "3D pose estimation by directly matching polyhedral models to gray value gradients," *Intern. Journal of Computer Vision*, 23(3), pp. 283-302, (1997).
- [7] D. Koller, J. Weber and J. Malik, "Robust multiple car tracking with occlusion reasoning," *Proc. Third European Conference on Computer Vision*, pp. 189-196, (1994).
- [8] S. Gil, R. Milanese and T. Pun, "Comparing features for target tracking in traffic scenes," *Pattern Recognition*, Vol. 29, No. 8, pp. 1285-1296, (1996).
- [9] X. Wu, Y. Zhang and L. Xia, "A fast recurring two-dimensional entropic thresholding algorithm," *Pattern Recognition*, Vol. 32, No. 12, pp. 2055-2061, (1999).
- [10] T. Tan, G. Sullivan, and K. Baker, "Pose determination and recognition of vehicles in traffic scenes," *Proc. Third European Conference on Computer Vision*, pp. 501-506, (1994).

---

 저 자 소 개
 

---



朴營泰(正會員)

1979年 2月 서울대학교 전자공학과 (학사), 1981年 8月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사), 1989年 12月 University of California, Irvine 전기 및 컴퓨터공학과(Ph.D.), 1990年 1月~1990年 7月 University of California, Irvine (Post Doc.), 1990年 7月~1991年 2月 Innovision Medical Inc., 1991年 6月~1992年 1月 대우통신 중앙연구소, 1992年 3月~현재 경희대학교 전자정보학부(부교수). 주 관심 분야는 컴퓨터 비전, 패턴인식, ITS, 신경회로망 학습이론 등임.