

■ 論 文 ■

# 영상기반 교통정보 추출 알고리즘에 관한 연구

A Study On the Image Based Traffic Information Extraction Algorithm

**하 동 문**

(아주대학교 전자공학부 박사과정)

**이 종 민**

(아주대학교 전자공학부 박사과정)

**김 용 득**

(아주대학교 전자공학부 교수)

## 목 차

- I. 서론
  - II. 영상 기반 차량 검출
    - 1. 영상 기반 차량 검출 방식 분석
    - 2. 영상 기반 차량 검출 방법 제안
  - III. 차량 추적을 통한 교통정보 추출
  - IV. 실험 결과 및 분석
    - 1. 차량 검출 결과
    - 2. 교통 정보 추출 결과
  - V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 교통정보 추출, 그림자 제거, 차량 검출, 교통량 관측, 첨단교통체계(ITS)

## 요 약

차량검출은 교통량 관측(모니터링)을 위해서 필요한 가장 기본적인 요소이다. 영상을 기반으로 한 교통정보 추출 시스템은 다른 방식을 이용하는 시스템들과 비교했을 때 몇 가지 두드러진 장점을 가지고 있다. 그러나, 영상기반 시스템에서는 영상에 포함된 그림자가 차량검출의 정확도를 저해하는 요소로 작용하는 데, 특히 이동 중인 차량에 의해서 발생하는 활성 그림자는 심각한 성능저하를 야기할 수 있다. 본 논문에서는 차량검출과 그림자 영향 제거를 위해서 배경 빼기와 에지 검출을 결합한 새로운 접근방법을 제안하였다. 제안한 방법은 노변의 지형지물에 의해서 발생하는 비활성 그림자가 크게 증가하는 상황에서도, 98[%]이상의 차량검출 정확도를 나타내었다. 본 논문에서 제안한 차량검출 방법을 기반으로 하여, 차량 추적, 차량 계수, 차종 분류, 그리고 속도 측정을 수행하여 각 차로의 부하를 나타내는 데 사용되는 차량 흐름과 관련된 여러 가지 교통정보를 추출하였다.

## 1. 서론

지능형 교통 체계(ITS)는 최신 컴퓨터와 통신 기술을 교통분야에 적용하여 이동성, 안전성, 대기 환경, 그리고 생산성 등의 향상을 추구하고 있다. 첨단교통 관리체계(ATMS)는 지능형 교통 체계(ITS)의 5개 기능 영역중의 하나로서, 간선도로와 고속도로의 혼잡과 관련된 실시간 교통정보를 수집, 처리, 분배하는 역할을 수행한다. 교통흐름과 관련된 교통정보는 지하에 매설하는 루프 센서, 레이더, 적외선 검지기, 그리고 그밖에 다양한 센서를 이용하여 획득할 수 있다.<sup>1)</sup> 그러나, 이러한 센서로부터 획득한 신호의 대부분은 직접 사용할 수 없고 하드웨어적인 장치를 이용하여 사람이 바로 인지할 수 있는 데이터 형태로 변환하는 과정이 반드시 수반되어야 한다. 이와는 대조적으로, 영상 처리 시스템에서는 폐회로 텔레비전(CCTV) 시스템을 통해서 수집된 데이터를 분석하는데 머신 비전(Machine Vision) 기술을 사용한다. 센서를 이용하는 다른 시스템과 비교했을 때, 영상 기반 시스템은 비디오 감시 카메라로부터 얻은 영상을 운영자가 직접 관찰할 수 있으므로, 운영자에 의한 개입이 용이하다. 게다가, 한 대의 카메라와 프로세서로 여러 차로를 처리하는 것이 가능하므로, 영상 기반 시스템은 다른 몇몇 시스템에 비해서 상대적으로 적은 비용이 소요된다. 영상 기반 기술은 차량을 검지, 추적, 분류, 인식하는 것이 가능하기 때문에, 교차로와 고속도로의 감시 및 제어에 폭넓게 사용되고 있다. 영상 기반 교통 감시 시스템에서 그림자는 차량 검지에 문제점을 일으키는 장애요소로 작용하는데, 특히 이동 중인 차량에 의해서 생성되는 활성 그림자(active shadow)는 그 영향이 매우 심각하다. 참고문헌[2]의 연구에서는 이러한 그림자의 형태와 특성을 분석하고, 그림자로부터 차량을 구별해낼 수 있는 특징을 추출하고자 하였다. 그러나, 이러한 특징은 매우 복잡한 양상을 나타낸다.

본 논문에서는 차량 검출과 그림자 제거를 위한 결합 방식(Combinative Method)을 제안하였고, 차량 추적 방법을 기반으로 하여 차량 계수, 차종 분류, 그리고 속도측정을 수행하였다. 제II장에서는 우선, 몇몇 영상 기반 차량 검지 알고리즘을 분석하였고, 그리고 나서 본 논문에서 제안하고자 하는 결합 방법에 대해서 기술하였다. 차량추적에 기반을 둔 교통정보

추출 방법은 제III장에 다루었다. 제IV장에서는 차량 검출과 교통정보추출에 대한 실험결과 및 분석에 대하여 기술하였다.

## II. 영상 기반 차량 검출

### 1. 영상 기반 차량 검출 방식 분석

차량 검출은 교통 감시의 기본 요소로서, 다양한 서로 다른 접근방법에 의해서 구현되어왔다. 영상 기반 차량 검출을 위한 접근방법에는 그레이 수준 비교(gray-level comparison), 프레임간 빼기(inter-frame subtraction), 배경 빼기(background subtraction), 에지 검출 기반 방법 등이 있다. 영국의 TULIP(Traffic Analysis using a Low-cost Image Processing) 시스템에서는 그레이 수준 비교를 통한 차량 검출에 관한 연구를 수행하였다<sup>10)</sup>. 그리고, 미국의 WADS(Wide-Area Detection System)<sup>9)</sup>, 영국의 TRIP(Traffic Research using Image Processing) 그룹<sup>6,7)</sup>, 벨기에의 CATS(Computer-Aided Traffic Sensor)<sup>9)</sup>, 그리고 일본의 IDSC(Image Data Scanner and Controller)<sup>11,12)</sup> 등의 연구에서는 배경 빼기를 이용하여 차량을 검출하고자 하였다. 또한, 형태학적 에지 검출(Morphological Edge Detection) 방법과 이를 변형한 SMED(Separable Morphological Edge Detector)를 이용하여 차량을 검출하고자 하는 시도가 있었다<sup>5,8,13)</sup>. 그레이 수준 비교는 노면과 차량에 대한 그레이 레벨 특징의 통계적인 변화를 이용하는 방식이지만, 환경적인 요소의 변화에 민감한 단점을 가지고 있다. 게다가, 아주 다양하게 변화하는 차량의 차체 색상으로 인해 차량의 그레이 레벨의 범위를 결정하기란 거의 불가능하다. 프레임간 빼기는 영상내의 정적인 부분을 제거하여 동적인 부분만을 추출하기 위해서 연속적인 두 영상간의 차(difference)를 구한다.<sup>3)</sup> 그러나, 이 방법은 환경적인 요소의 변화로 인한 영향에는 강하지만, 정지한 차량을 추출하는 것이 불가능하다. 아울러, 프레임간 빼기의 결과는 차량의 속도에 의해서도 영향을 받는다. 너무 빠르거나 느린 속도로 주행하는 차량은 차량 추출에 있어서 오류를 발생시키는 요인이 될 수 있다.

배경 빼기는 배경영상과 입력영상간의 차를 구한다.<sup>4)</sup>  $\{B_{i,j}^t\}$ 와  $\{C_{i,j}^t\}$ 를 각각 현재 평가할 배경영상

과 입력영상이라고 정의한다. 단, 여기서  $1 \leq i \leq K$ ,  $1 \leq j \leq L$ 이고,  $K$ 와  $L$ 은 각각 영상의 폭과 높이를 나타낸다. 입력영상의 각 픽셀에 대해서, 평가 배경영상과의 차를 계산한다.

$$D_{i,j}^t = |C_{i,j}^t - B_{i,j}^t| \quad (1)$$

그리고, 여기에 상응하는 이진 차분 영상을 다음 수식을 이용하여 얻는다.

$$DB_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{if } D_{i,j}^t \geq T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서,  $T$ 는 경계 값(threshold value)이다.  $DB_{i,j}^t = 1$ 인 경우, 픽셀  $C_{i,j}^t$ 는 영상 내의 물체에 속한 것임을 의미하고, 그렇지 않은 경우에 픽셀은 배경에 속한 것이다. 배경 빼기 방법에서 차량 검출 결과는 평가 배경영상의 질에 크게 의존한다. 배경영상을 생성하는 과정은 다음과 같은 두 가지 단계로 이루어져 있다 : 초기 배경영상을 생성하기 위한 배경 추출과 주변 밝기, 그림자, 날씨 등의 변화로 인해 필요한 배경 갱신. 본 논문에서는 다음과 같은 수식으로 표현되는 선택적 배경 갱신 방법을 적용하여 배경을 갱신함으로써, 향상된 차량 검출 결과를 얻었다.

$$B_{i,j}^{t+1} = \begin{cases} kB_{i,j}^t + (1-k)C_{i,j}^t, & \text{if } DB_{i,j} = 0 \\ B_{i,j}^t, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

where,  $0 \leq k \leq 1$

배경 빼기 방법의 문제점은 갱신 에러의 누적과 주변 밝기 조건 및 그림자의 영향에 민감하다는 것이다.

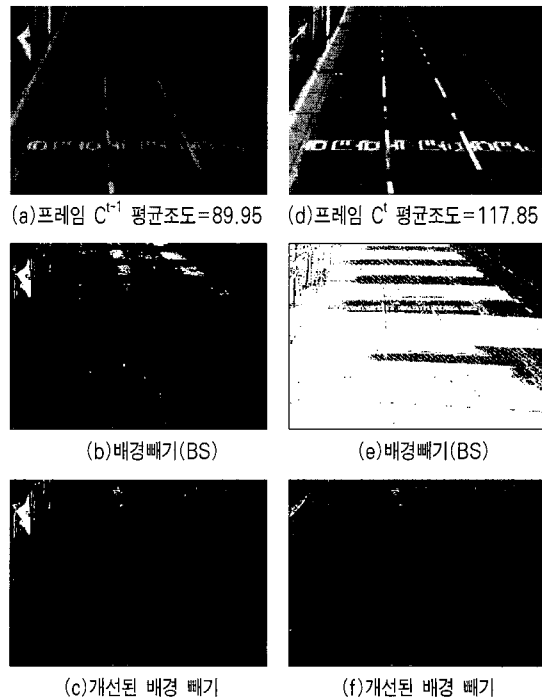
에지 정보는 주변 밝기가 변화하더라도 상당량이 여전히 남아있기 때문에, 에지 기반 방법은 차량 검출을 위한 또 다른 접근방법으로 사용된다. 차량의 다양한 외형적 형태 요소, 표면 상태, 그리고 색상은 많은 에지를 생성한다. 비록 차량의 색상이 노면과 동일하다고 하더라도 더 많은 빛을 반사하기 때문에 이러한 방식을 사용하여 검출할 수 있다.<sup>5,13)</sup> 이동 에지 검출(Moving edge detection)은 공간적(spatial) 및 시간적(temporal) 영상 경도(gradient)를 이용하여 수행할 수 있다. 공간적 에지는 어떤 종류의 에지 검출

기를 사용하더라도 검출할 수 있지만, 시간적 경도는 연속 프레임간의 영상 차이를 이용하여 계산할 수 있다. 또 다른 방식의 이동 에지 검출은 현재 프레임의 에지 영상에서 배경 영상에 대한 에지 영상을 뺀으로서 이루어질 수 있다. 그러나, 에지 검출 기반 방법은 에지가 선명하지 않은 경우, 특히, 짙은 색상의 차량이 그림자 영역에 존재할 때는 차량검출에 실패할 가능성이 매우 높다.

## 2. 영상 기반 차량 검출 방법 제안

### 1) 배경 빼기 기반 방법

배경 빼기 방법의 핵심 요소는 신뢰성 있는 배경영상을 획득하는 것이다. 연속적으로 입력되는 프레임들 사이의 평균 조도(average luminance)의 변화는 때때로 급격히 변화하는 경향을 나타내는 데, 이로 인해 배경영상과 현재 입력영상간의 조도 차이가 발생하여, 배경 빼기 방법의 결과에 영향을 줄 수 있다는 사실에 주목할 필요가 있다. <그림 1>은 이러한 경우의 예로서, 두 개의 연속 프레임들의 평균 조도는 각각 89.95와 117.85이다. <그림 1(b)>와 <그림 1(e)>



<그림 1> 연속적인 두 프레임간의 급격한 평균 조도 변화에 의해 발생하는 오류 검출

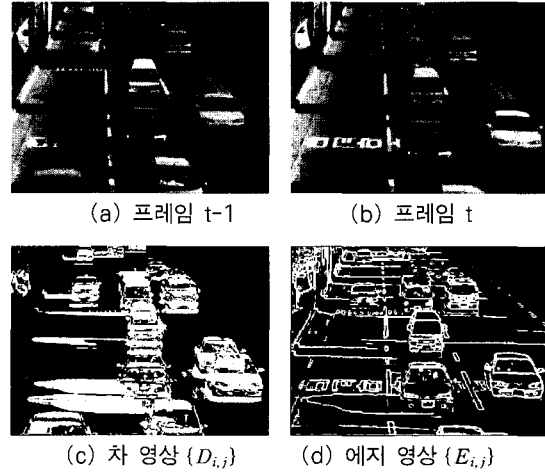
는 배경영상과 현재 입력영상의 이진 차이 영상이다. <그림 1(e)>는 입력영상의 급격한 조도 변화로 인해 옳지 않은 결과를 나타내고 있음을 보여준다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 먼저 현재 입력영상  $C'$ 의 평균 조도  $ALum$ 을 계산하고, 이 값을 직전 프레임  $C'^{-1}$ 의 평균 조도 값과 비교한다. 만일 두 영상간의 평균 조도 차  $DALum$ 이 일정한 경계 값 이상이라면, 배경영상의 각 픽셀 값에 이 차만큼을 가산함으로써, 입력영상의 조도변화에 대응하도록 한다. 이를 배경조정 방법이라 한다. <그림 1(c)>와 <그림 1(f)>는 선택적 배경 갱신 방법을 적용한 개선된 배경 빼기를 이용해서 획득한 차이 영상을 나타내고 있으며, <그림 1(f)>가 차량 검출에 있어서 <그림 1(e)>보다 더 효과적이다.

## 2) 에지 검출 기반 방법

전술한 바와 같이 배경 빼기는 활성 그림자로 인해 발생하는 심각한 문제점을 가지고 있다. 반면에, 그림자는 일반적으로 차량에 비해서 많은 에지 픽셀을 생성하고, 이는 차량을 그림자로부터 구별하는 데 사용될 수 있기 때문에, 에지 검출 방법은 배경 빼기보다 그림자 영향 제거에 용이하다<sup>5,13)</sup>. 형태학적 에지 검출 또는 이를 변형한 SMED를 이용한 차량 검출 방법은 연산량의 감소로 인해 실시간 시스템을 구성하는 데는 유리하지만, 에지 검출 성능이 떨어지는 단점을 가지고 있어 차량 검출 확률이 상대적으로 낮다는 단점을 가지고 있다<sup>5)</sup>. 공간 및 시간 영상 경도를 결합한 이동 에지 검출 방식은 저속 물체의 에지 검출뿐 아니라, 빠른 속도로 움직이는 물체의 약한 에지 또한 검출할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 차량 검출을 위해서 이동 에지 사용하였다. 이동 에지는 영상의 시간 및 공간 경도의 논리적 "AND" 연산에 의해 결정될 수 있다. 공간적 에지는 일반적인 에지 검출기를 사용하여 검출하며, 시간적 경도는 연속 프레임간의 영상 차이를 이용하여 계산할 수 있고, 논리적 AND 연산은 곱(multiplication) 연산을 통해서 구현될 수 있다. 따라서, 이동 에지  $\{ME_{i,j}\}$ 는 다음 수식으로부터 결정된다.

$$\{ME_{i,j}\} = \{E_{i,j}\} \{D_{i,j}\} \quad (4)$$

여기서,  $\{E_{i,j}\}$ 는 두 개의 분석 대상 영상들 중 하나에 대해서 계산된 에지 크기(Edge Magnitude)를



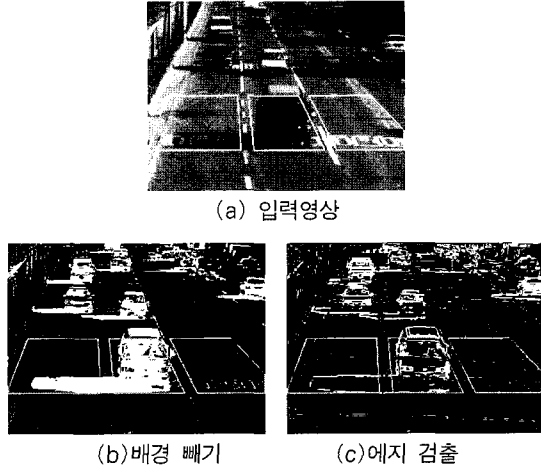
(e) 이동 에지 영상  
<그림 2> 이동 에지 검출

나타내고,  $\{D_{i,j}\}$ 는 두 영상의 절대 차이 영상(Absolute Difference Image)이다. <그림 2>는 이동 에지 검출의 예이고, 여기서 다섯 개의 영상은 각각 두 개의 연속적인 프레임, 차 영상  $\{D_{i,j}\}$ , 에지 영상  $\{E_{i,j}\}$ , 그리고 이동 에지 영상이다. 그림에서 알 수 있듯이, 이동 에지 검출 방법이 성공적으로 움직이는 차량의 에지를 검출하였다.

<그림 3>에서는, 맨 앞에 있는 차량의 그림자가 왼쪽 차로에 크게 투영되어 있는 것을 볼 수 있다. 배경 빼기를 적용했을 경우, 그림자의 크기가 충분히 크기 때문에 이를 차량으로 인식하는 오류를 일으킬 수 있다. 이와는 대조적으로, 그림자로 인해 발생하는 에지 픽셀의 수는, <그림 3(c)>에서 확인할 수 있듯이, 차량의 그것보다는 훨씬 적다. <그림 3>의 각 차로에 표시된 유도 루프(inductive loop)를 에블레이션하는 "가상 검출기(virtual detector)이다. 이러한 가상 루프는 차량의 존재유무를 판단하는데 사용된다.

## 3) 결합 방법

본 논문에서는 지금까지의 분석에 근거하여, 배경 빼기와 에지 검출의 장점만을 취하여 결합 방식(combunative method)을 제안하였다. <그림 4>는 결합 방식의 처리



〈그림 3〉 배경 빼기와 에지 검출 방법에서의 그림자 제거 결과(에지 검출 방법이 효과적)

과정을 나타내고 있으며, 구체적인 설명은 아래와 같다.

- ① 현재 입력영상  $\{C_{i,j}^t\}$ 와 이전 영상  $\{C_{i,j}^{t-1}\}$ 의 평균 조도를 계산하고, 두 평균 조도 값 사이의 차  $DALum$ 이 만일  $|DALum| > th$  이라면, 배경 영상  $\{B_{i,j}^t\}$ 을

$$B_{i,j}^t = B_{i,j}^{t-1} + DALum \quad (5)$$

로 조정한다.(단, 여기서  $th$ 는 경계 값이다.)

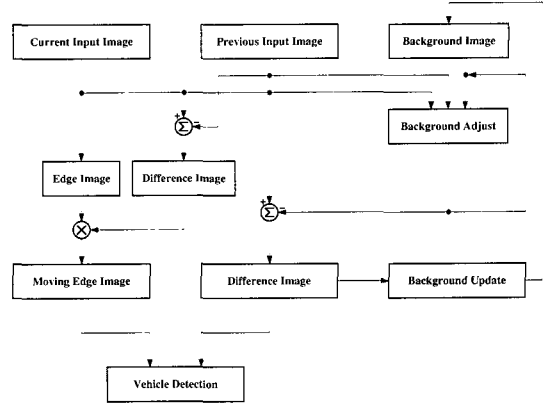
- ② 현재 입력영상에 대한 에지 영상을 구한다. 에지 검출에는 Sobel 연산자(operator)가 사용되었고, 이는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$d_{i,j} = \max \left\{ \frac{1}{4} \sum_{y=j-1}^{j+1} w_y |I_{i-1,y} - I_{i+1,y}|, \frac{1}{4} \sum_{x=i-1}^{i+1} w_x |I_{x,j+1} - I_{x,j-1}| \right\} \quad (6)$$

여기서,  $I$ 는 현재 입력영상  $\{C_{i,j}^t\}$ 을 나타낸다. 이에 상응하는 이전 에지 영상은 다음 식을 이용하여 얻는다.

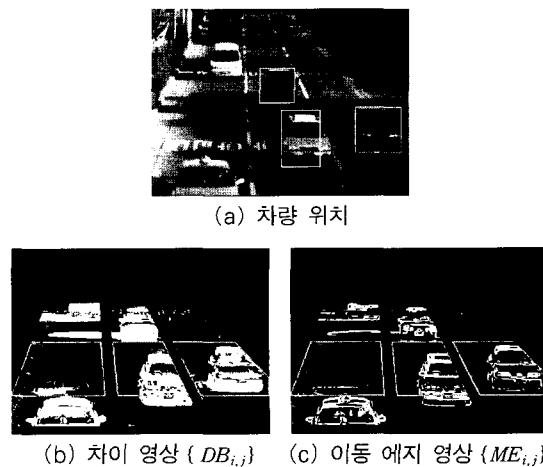
$$E_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{if } d_{i,j} \geq T_E \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad \text{where, } T_E = \alpha + \log_{10} d_{i,j} \quad (7)$$

여기서,  $\alpha$ 는 경계 값의 하한을 나타내는 상수이다.



〈그림 4〉 차량 검출과 그림자 제거를 위한 결합 방법의 처리 과정

- ③ 식(1)과 (2)에 따라 배경영상과 현재 입력영상 사이의 차 영상(difference image)  $\{DB_{i,j}\}$ 를 계산한다. 식(2)에서,  $T$ 는  $\beta + \log_{10} D_{i,j}^t$ 를 적용하였고, 여기서  $\beta$ 는 상수이다.
- ④ 연속적인 두 입력 영상 프레임간의 차이 영상인  $\{D_{i,j}\}$ 를 계산한다.
- ⑤ 그리고 나서, 앞의 식(4)을 이용하여 이동 에지 영상  $\{ME_{i,j}\}$ 를 구한다.
- ⑥ 윈도우 영역 내에서 각각의 8-방향 연결 영역을 검사하여 물체의 유무를 결정하고,  $\{ME_{i,j}\}$ 의 해당 영역 내에 존재하는 에지 픽셀의 수를 측정하여 그림자 제거에 이용한다. 그리고, 이러한 두 가지 결과를 이용하여 윈도우 영역 내에 차량이 존재하는지의 여부를 판단한다. 〈그림 5〉는 차량 위치



〈그림 5〉 차량 검출 결과

결정을 위해서 전술한 방법을 사용한 예를 나타낸다.  
 ⑦ 식(3)에 따라 선택적으로 배경영상을 갱신한다.

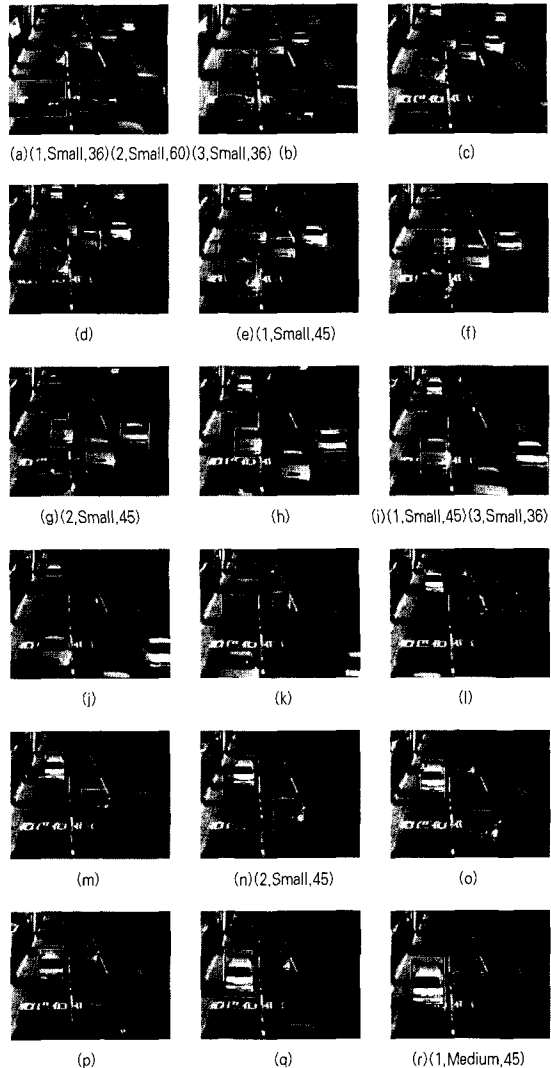
### III. 차량 추적을 통한 교통정보 추출

영상 기반 루프 에물레이션을 구현하기 위해서는 추출하고자 하는 서로 다른 교통정보의 종류에 따라, 예를 들어 다양한 윈도우 크기와 같은, 각기 다른 다양한 “가상 검출기”를 사용해야 한다. 참고문헌[5]의 연구에서는 차량 속도를 측정하기 위해서 각 차로에 두 개의 윈도우를 평행으로 위치시키고, 차량이 이 두 개의 평행한 윈도우를 각각 통과한 시간 차이를 측정하였다. 시간 차이는 차량이 두 개의 윈도우를 통과하는 동안 입력된 영상 프레임의 개수에 관한 정보를 기록함으로써 측정할 수 있다. 윈도우간의 거리는 항상 일정하게 고정되어 있으므로, 이 정보를 이용하여 차량의 속도를 계산할 수 있다. 차량을 소형, 중형, 그리고 대형의 세 부류로 분류하기 위해서 차량 속도와 두 개의 평행 윈도우 내에서 차량을 검출할 때까지 입력된 영상 프레임의 개수를 측정하여 차량의 길이를 계산하였다.

차량 속도 추정은 차량 추적 방법을 이용하여 수행할 수도 있다. 제안한 결합 방법에서는, 차 영상  $\{ME_{i,j}\}$  내에서 물체, 즉 차량으로 판단할 만큼 충분히 큰, 8-방향 연결 영역을 발견하였을 경우, 차량이 존재하는 것으로 판단하였다. 개별적인 차량을 차로상의 고정된 크기를 갖는 긴 윈도우 영역 내에서 추적하였다. 윈도우는 <그림 3(a)>에서처럼 사각형으로 표시하였다. 차량이 윈도우 내로 진입할 때의 위치를 기록하고, 윈도우 내에서 차량의 이동에 따라 위치를 갱신한다. 차량이 윈도우를 빠져나가는 시점에서, 다음 수식을 이용하여 속도를 계산한다.

$$Speed = \frac{D \times F}{F_t} \text{ (km/s)} \quad (8)$$

여기서, D는 윈도우 시작과 끝 사이의 물리적인 거리이며, F는 프레임 비율(frame rate)이고,  $F_t$ 는 차량이 윈도우를 통과하는 동안 입력된 프레임의 개수이다. 일반적으로, 프레임 비율이 높을수록 더욱 정확한 속도 추정이 가능하다. 개별적인 차량의 종류(소형, 중형, 그리고 대형)는 차량의 길이와 폭에 따라 분류된다. 그리고, 부가적으로 각 차로를 통과하는 차량의



<그림 6> 차량 추적, 차종 분류, 그리고 속도 측정

통과대수를 측정하는 것도 가능하다.

<그림 6>는 결합 방법을 이용한 차량 추적의 예이다. <그림 6>에서 사각형 표시는 컴퓨터에 의해서 자동으로 계산된 차량의 위치를 나타낸다. 컴퓨터에 의해서 인식된 차량의 종류와 속도를 해당 프레임별로 표시하였다(차로 번호, 차량 형태, 속도).

### IV. 실험 결과 및 분석

#### 1. 차량 검출 결과

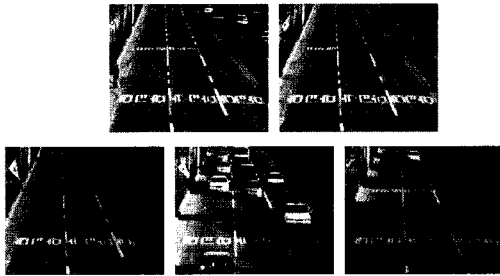
차량검출을 위한 영상 기반 방법들의 비교를 위해서

다양한 실험들을 수행하였고, 각 방법을 사용하여 획득한 결과를 <표 1>에 정리하였다. 이러한 방법들에는 선택적 배경 갱신 방식을 적용한 배경 빼기 방법(BS\_SU), 배경 조정을 통한 개선된 배경 빼기 방법(Improved BS\_SU), 에지 기반 방법(Edge detection), 그리고 결합 방법(Combination)이 있다. 표에서, "검출 실패(missed detection)"는 윈도우 영역에 차량이 존재하지만, 알고리즘 수행결과 차량이 존재하지 않는 것으로 판단된 경우이고, "검출 오류(false detection)"는 정반대의 상황, 즉 윈도우 영역 내에 차량이 존재하지 않지만 알고리즘 수행결과 차량이 존재하는 것으로 인식하는 경우를 가리킨다. 실험용 비디오 영상은 약 86분 분량이고, <그림 7>에서 보여지는 것처럼 시간동안에 노변에 있는 지형지물에 의해서 발생하는 비활성 그림자(passive shadow)의 영향이 심각

하게 증가하였다.

배경 빼기와 에지 검출방법에서, 차량을 검출하지 못하는(검출 실패) 원인은 주로 어두운 색상의 차량 때문이고, 특히 이러한 차량이 그림자 영역 내에 존재하기 때문이다. 이러한 경우에, 차량 부분의 픽셀 값은 배경 부분의 픽셀 값과 비슷하고, 차량의 에지 또한 충분히 선명하지 못하다. 반면에, 배경 빼기 방법에서 발생하는 검출 오류는 인접 차로를 주행하는 차량으로 인해 발생하는 활성 그림자가 주요 원인이다. 그림자가 차량에 비해 작은 수의 에지 픽셀을 발생시키므로, 에지 검출 기반 방법은 그림자 제거를 위한 효과적인 해결책이다. 게다가, 에지 검출 방법은 배경 빼기에 비해서 조도 변화에 강한 특성을 가지고 있다. 그러나, 에지 검출 방법에서는 차량의 에지가 선명하지 못할 경우에는 차량을 검출하지 못할 가능성이 높다. BS\_SU는 프레임의 조도 변화에 상당히 민감하다. 배경 조정을 통한 개선된 BS\_SU는 BS\_SU에 비해 더 나은 성능을 나타낸다.

실험을 통해서, 결합 방식은 배경 빼기와 에지 검출 방법보다 더 나은 검출 결과를 나타냄을 확인할 수 있는데, 이는 결합 방법이 이 두 가지 방법의 장점만을 수용했기 때문이다. 결합 방법을 통해 얻은 차량 검출의 정확도는 <표 1>에서 확인할 수 있듯이 98[%]이상이다. 감시 윈도우 영역 내에서 차로를 변



<그림 7> 실험용 영상에서 비 활성 그림자의 심각한 증가

<표 1> 86분 분량의 실험용 입력영상에 대한 차량 검출 결과

Methods \ Lanes	Left lane			Middle lane			Right lane		
	Missed detection rate	False detection rate	Correct rate	Missed detection rate	False detection rate	Correct rate	Missed detection rate	False detection rate	Correct rate
Nothing	6.45%	5.71%	87.84%	7.88%	6.12%	86.00%	6.05%	5.74%	88.21%
BS_SU	2.64%	2.47%	94.89%	4.57%	2.14%	93.29%	2.23%	1.85%	95.82%
Improved BS_SU	2.73%	1.27%	96.00%	4.54%	0.94%	94.52%	2.35%	0.86%	96.79%
Edge detection	1.52%	0.40%	98.08%	2.26%	0.95%	96.79%	2.59%	1.19%	96.23%
Combination	0.52%	0.14%	99.34%	1.12%	0.37%	98.51%	0.72%	0.69%	98.59%

<표 2> 86분 분량의 입력영상에 대한 차량 계수 측정 결과

Methods \ Lanes	Left lane		Middle lane		Right lane	
	Vehicles	Deviation rate	Vehicles	Deviation rate	Vehicles	Deviation rate
Manual counting	644	-	1142	-	575	-
Improved BS_SU	699	+8.54%	1067	-6.57%	561	-2.43%
Edge detection	613	-4.81%	1073	-6.04%	554	-3.65%
Combination	626	-2.80%	1116	-2.28%	598	+4.00%

경하는 차량은 두 개의 차로에 모두 영향을 미치므로, 검출 실패와 검출 오류를 발생시킬 수 있다. 이러한 경우에, 버스, 트럭 등과 같은 대형 차량은 두 대의 개별적인 차량으로 오인식 될 수 있고, 반면에 소형 차량은 검출되지 않을 가능성이 있다.

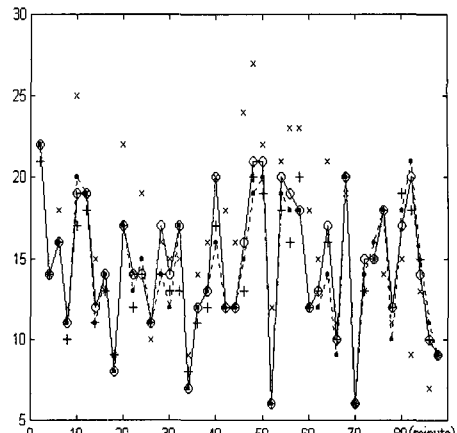
카메라의 위치는 영상 기반 차량 검출 시스템의 효율적인 동작을 위한 핵심 요소이다. 다차로일 경우, 최적의 카메라 위치는 중앙 차로이다. 카메라로부터 멀리 떨어진 차로일수록 차량 검출의 정확도가 낮아진다. 그러나, 입력영상 내에서 다른 차량에 의해서 가려진 차량으로 인해 발생하는 오류는 영상 처리 기반 차량 검출 방법 고유의 내재적인 문제점이라는 것은 주지의 사실이다.

어떠한 영상 기반 검출 방법을 사용하더라도 경계값의 선택은 차량 검출의 정확도를 결정하는 중요한 요소이다. 최적 경계값은 기후 상황과 시간대를 고려한 많은 다양한 실험을 통해서 추출할 수 있다.

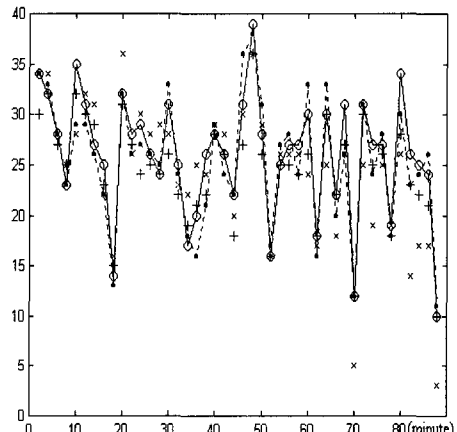
**2. 교통 정보 추출 결과**

차량 계수는 실시간 교통 감시 시스템의 가장 기본적인 기능중의 하나이다. 이는 각 차로의 부하를 표현하는 데 사용된다. <그림 8>은 각각 수작업, 배경조정을 이용한 배경 빼기 방법(Improved BS\_SU), 에지 검출 방법(Edge detection), 그리고 결합 방법(Combinative method)을 통해 얻은 차량 계수의 결과를 나타낸다. 세 개의 그래프는 각각 <그림 1, 3>와 <그림 5~7>에 존재하는 세 개의 차로에 대한 것이다. 수평축은 분 단위의 시간을 나타내고, 수직축은 해당 시간동안 통과한 차량 대수를 나타낸다. 약 86분 분량의 실험용 영상을 사용하였다. <그림 8>에서 차량 계수 결과는 매 2분마다 초기화하였다. 각 그림에서 실선과 점선은 각각 수작업과 제안한 방법에 의한 결과를 나타낸다. 사용된 심볼의 의미는 그림에 나타내었다. 그림에 나타난 실험결과를 통해서 제안한 방법을 적용하여 얻은 계수 결과가 수작업에 의한 계수 결과에 근접함을 알 수 있다. 전체 86분 동안의 실험용 입력영상에 대한 차량 계수 결과를 <표 2>에 나타내었고, 여기서, "차량(Vehicles)"항목은 각 방법을 통해 검출된 차량 대수이고, "편차율(Deviation rate)"항목은 수작업 계수로부터 각 자동 계수의 편차를 나타낸다.

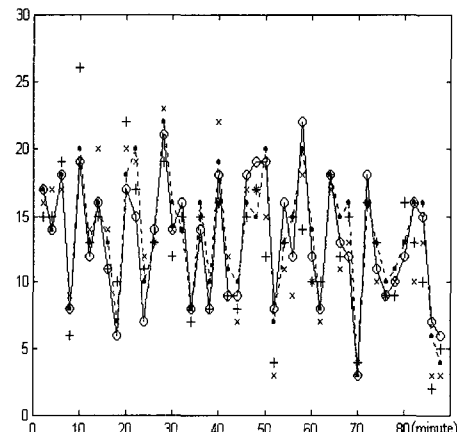
<그림 9>는 세 개의 차로에 대한 차량 분류 결과를



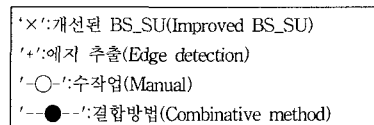
(a) 왼쪽 차로



(b) 가운데 차로

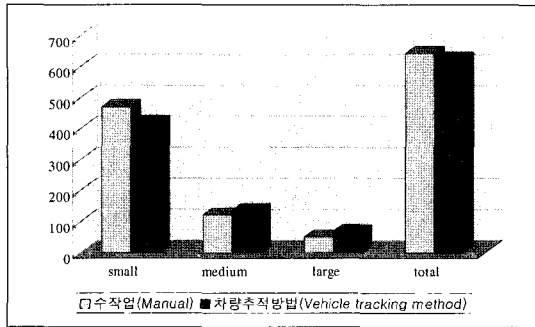


(c) 오른쪽 차로

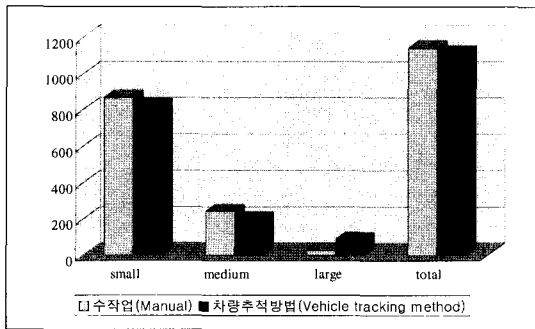


<그림 8> 차량 계수 결과(2분 간격)

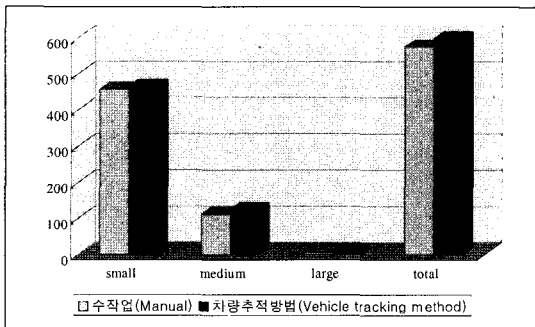




(a) 왼쪽 차로



(b) 가운데 차로



(c) 오른쪽 차로

〈그림 9〉 차량 추적에 의한 차종 분류 결과

나타낸다. 그림에서 “소형(small)”, “중형(medium)”, 그리고 “대형(large)”은 세 가지 차량 종류에 해당하고, “총계(total)”는 이들의 합계이다. 수평축은 각 형태를 갖는 차량의 대수를 나타낸다. 각 그룹의 왼쪽에 있는 막대 표시는 수작업 분류결과이고, 오른쪽 막대 표시는 컴퓨터에 의해 계산된 결과이다. 실험결과를 통해서 차량 추적 기반 방법은 교통량이 적은 경우에는 잘 동작함을 알 수 있다. 반대로, 교통량이 많은 경우에, 이 방법은 입력영상에서 차량이 다음 차량과 연결되어 있을 때, 두 대의 차량을 한 대의

대형 차량으로 인식하는 오류를 발생시킬 수 있다. 이러한 문제점은 차량이 카메라로부터 멀어질수록 심각해지지만, 카메라의 설치위치를 조정함으로써 개선할 수 있다. 영상 프레임 분석에서, 다른 차로에 투영된 활성 그림자가 여전히 차량으로 인식되는 경우가 있지만, 이러한 문제는 연속적인 프레임을 분석함으로써 제거할 수 있다. 왜냐하면, 만일 활성 그림자로 인해 생성된 해당 영역이 다음 프레임에서 검출되지 않는다면, 이는 가능한 차량 영역의 대상으로부터 제외시킬 수 있기 때문이다. 그러나, 감시 윈도우 내에서 차로를 변경하는 차량은 두 차로를 교차하기 때문에 문제를 야기한다.

## V. 결론

본 논문에서는 차량 검출과 그림자 제거를 위해서 배경 빼기와 에지 검출을 결합한 새로운 방법을 제안하였는데, 왜냐하면 그림자는 일반적으로 차량보다 적은 수의 에지 픽셀을 생성하고, 이러한 특징은 차량과 그림자를 구별하는데 적용될 수 있기 때문이다. 제안한 방법은 노변의 지형지물에 의해 생성되는 비활성 그림자가 심하게 증가하는 상황에서의 실험을 통해서 교통정보 추출에 효율적임이 증명되었고, 정량적으로 98[%]이상의 차량 검출 정확도를 나타내었다. 제안한 차량 검출 기반 방법을 통해서 차량 추적, 차량 계수, 차종 분류, 그리고 속도 측정을 수행하여 개별적인 차로의 부하를 표현하는데 활용할 수 있는 교통정보를 획득하였다.

## 참고문헌

1. Klein Lawrence A., Kelley Michael R., and Mills Milton K., Evaluation of overhead and in-ground vehicle detector technologies for traffic flow measurement, *Journal of Testing & Evaluation*, Vol. 25, No. 2, pp.205~214, 1997.
2. Jiang Zifeng, A shadow rejection algorithm for vehicle presence detection, *1998 IEEE International Conference on Intelligent Vehicles*, pp.182~188, 1998.

3. Hongjiang Zhang, Yihong Gong, Dan Patterson, and Atreyi Kankanhalli, Moving object detection, tracking and recognition, The Third International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision, pp.1990~1994, 1994.
4. P. G. Michalopoulos, Vehicle detection video through image processing : The Autoscope system , *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol. 40, No. 1, pp.21~29, 1991.
5. M. Fathy, and M. Y. Siyal, A window-based image processing technique for quantitative and qualitative analysis of road traffic parameters , *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol. 47, No. 4, pp.1342~1349, 1998.
6. K. W. Dickinson and R. C. Waterfall, Image processing applied to traffic : A general review, *Traffic Eng. Contr.*, Vol. 1, pp.6~13, Jan. 1984.
7. Image Processing applied to traffic : Practical experiences, *Traffic Eng. Contr.*, Vol. 2, pp.60~67, Feb. 1984.
8. M. Fathy and M. Y. Siyal, An image detection technique based on morphological edge detection and background differencing for real time traffic analysis, *Pattern Recognition Lett.*, Vol. 16, pp.1321~1330, 1995.
9. N. Hoose, Computer Image Processing in Traffic Engineering, U.K. : Taunton Research Studies Press, 1991.
10. A. Rourke and M. G. H. Bell, Traffic analysis using low cost image processing, in Proc. *Seminar on Transportation Planning Methods*, PTRC, Bath, U.K., 1988
11. N. Hashimoto et al., Development of an image processing traffic flow measurement system, *Sumitomo Electronic Tech. Rev.*, No. 25, pp.133~138, Jan. 1988.
12. S. Takaba et al., A traffic flow measuring system using a solid state sensor, in Proc. *IEE Conf. Road Traffic Data Collection*, London, U.K., 1984.
13. M. Fathy and M. Y. Siya, A window-based edge detection technique for measuring road traffic parameters in real-time, *Real-Time Imaging 1*, 1995, pp.297~305.

✉ 주 작 성 자 : 하동문

✉ 논문투고일 : 2001. 8. 7

논문심사일 : 2001. 9. 6 (1차)

2001. 11. 6 (2차)

2001. 12. 7 (3차)

심사판정일 : 2001. 12. 7