

# 불법 주정차 차량 단속을 위한 차량 검지 및 추적 기법

## A vehicle detection and tracking algorithm for supervision of illegal parking

김 승 균\*, 김 효 각\*, 장 동 니\*, 박 상 희\*, 고 성 제\*\*

Seung-Kyun Kim\*, Hyo-Kak Kim\*, Dongni Zhang\*, Sang-Hee Park\* and Sung-Jea Ko\*\*

### Abstract

This paper presents a robust vehicle detection and tracking algorithm for supervision of illegal parking. The proposed algorithm is composed of four parts. First, a vehicle detection algorithm is proposed using the improved codebook object detection algorithm to segment moving vehicles from the input sequence. Second, a preprocessing technique using the geometric characteristics of vehicles is employed to exclude non-vehicle objects. Then, the detected vehicles are tracked by an object tracker which incorporates histogram tracking method with Kalman filter. To make the tracking results more accurate, histogram tracking results are used as measurement data for Kalman filter. Finally, Real Stop Counter (RSC) is introduced for trustworthy and accurate performance of the stopped vehicle detection. Experimental results show that the proposed algorithm can track multiple vehicles simultaneously and detect stopped vehicles successfully in the complicated street environment.

### 요 약

본 논문은 불법 주정차 단속을 위한 정지 차량 검지 및 추적 기법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 크게 네 부분으로 구성되어 있다. 먼저, 입력 영상으로부터 움직이는 차량을 구분하기 위하여 향상된 코드북 물체 검지 알고리즘을 이용한 차량 검지 알고리즘을 제안한다. 두 번째로 차량의 기하학적 특징을 이용하여 차량이 아닌 물체는 제외시키는 전처리 기법을 사용한다. 그런 다음, 검지된 결과 차량들을 히스토그램 추적 기법과 칼만 필터를 결합한 추적 알고리즘을 이용하여 추적한다. 추적 결과를 더 정확하게 하기 위하여, 히스토그램 추적 결과를 칼만 필터의 측정 데이터로 사용한다. 마지막으로, 정지 차량 검지 알고리즘의 신뢰성 있고 정확한 성능을 위하여 실제 정지 카운터 (RSC)를 제안한다. 실험결과로부터 제안한 시스템은 복잡한 실제 도로 환경에서도 여러 차량을 동시에 추적할 수 있고, 정지 차량을 성공적으로 검지해냄을 확인한다.

*Key words* : Vehicle detection, vehicle tracking, illegal parking, improved codebook

## I. 서론

\*高麗大學校 電子컴퓨터공학과

(School of Electrical Engineering, Korea University)

\*高麗大學校 電氣電子電波工學部 正教授, 교신저자

※ 본 연구는 서울시 산학연 협력사업으로 구축된 서울 미래형 콘텐츠컨버전스 클러스터 지원으로 수행되었습니다.

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2009-0080547)

接受日:2009年 5月 26日, 修正完了日: 2009年 6月 24日

꾸준한 경제 발전과 국민 소득 증대로 인하여 해마다 증가하고 있는 우리나라의 차량 수는 한정된 국내 도로 여건 및 주차 시설의 부족으로 인하여 여러 사회적 문제점을 야기하는 불법 주정차 문제로 자연스럽게 귀결된다. 불법 주정차는 통행 시간과 비용의 증가를 야기하는 도로 용량의 감소, 사고의 위험성 증가, 재난 발생 시 긴급차량의 운행 방해, 보행자의 안전 위협과 같은 여러 문제점들을 발생시킨다. 이러한 불법 주정차 문제를 비롯한 도로 상의 여러 문제들을 해결하기 위하여 차세대 교통체계인 지능형 교

통 시스템 (Intelligent Transportation System: ITS)

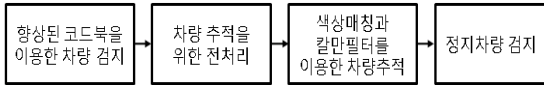


Fig. 1. Process of the proposed stopped vehicle detection algorithm

그림 1. 제안하는 정지차량 검지 알고리즘의 흐름도

을 비롯한 무인 교통 통제 시스템에 대한 관심과 요구가 증대되고 있다[1,2].

무인 교통 통제 시스템의 효과적인 구축과 그 운영의 효율성을 높이기 위한 여러 기술적 요소들 중 입력 영상으로부터 차량을 자동으로 검출하여 그 이동 궤적을 추적하는 기술은 매우 중요한 부분으로 많은 연구가 되어 왔다[3-5]. 이러한 무인 교통 통제 시스템을 성공적으로 구현하기 위해서는 우선적으로 차량의 검지가 성공적으로 이루어져야 한다. 그렇지만, 많은 차량 검출 기술 및 추적 알고리즘들이 날씨 변화로 인한 불규칙한 조도, 차량의 상태, 다른 물체에 의한 가림, 순간적인 반사광 등과 같은 제약조건에 많은 영향을 받으며 아직 완벽한 성능을 보이지 못하는 이유로 많은 연구가 계속 진행 중이다.

따라서, 본 논문에서는 가로수, 배경 물체의 그림자 등 복잡한 배경을 갖는 실제 도로영상에서 불법 주정차 대상 차량을 검지 및 추적하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘에서는 향상된 코드북을 이용하여 이동하는 차량을 검지하고, 자동차의 특성을 이용하여 효과적인 추적을 위한 전처리 기법을 적용한다. 전처리 기법을 거친 차량 검지 결과를 물체의 색상 정보 매칭기법과 칼만 필터를 사용하여 추적한다. 불법 주정차 대상인 일정시간 이상 도로 상에 정지해 있는 차량은 제안하는 RSC (Real Stop Counter)를 이용한 정지 차량 검지 알고리즘을 통하여 안정적으로 검지할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 물체 검지 및 추적 알고리즘에 대하여 간략하게 설명하고, 3장에서는 제안하는 차량 검지 및 추적 알고리즘에 대하여 서술한다. 제안한 알고리즘의 성능 검증을 위한 실험결과를 4장에서 제시하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

본 장에서는 기존의 물체 검지 및 추적 알고리즘에 대하여 요약하여 서술한다. 입력 영상으로부터 움직이는 물체를 검지하는 방법 중에서 가장 널리 사용되는 방법은 영상 간의 차영상을 이용한 검지방법이

다. 차영상을 이용한 검지방법은 어떤 영상과의 차이를 구하는지 여부에 따라서 장면차 방법과 배경차 방법으로 나뉜다. 장면차 방법은 두 개의 연속되는 영상 간의 차를 구한 결과를 물체로 인식하는 방법으로, 매우 간단한 반면 정지한 물체도 함께 제거하는 단점 때문에 정밀한 물체 검지 결과를 기대하기 어렵다. 배경차 방법은 사전에 움직이는 물체가 없는 기준배경 영상을 획득하여 입력 영상과의 차를 구한 결과를 물체로써 인식하는 방법이다. 이러한 배경차 방법은 한 번 얻어진 배경을 지속적으로 적용할 수 있는 정적인 배경의 영상에서는 이동하는 물체를 잘 구분해 낼 수 있지만, 배경에 움직임이 많아서 하나의 정확한 배경 영상을 획득하기 어려운 동적인 배경을 가진 영상에 있어서는 쉽게 적용하기 어렵다는 단점이 있다.

이러한 문제점을 해결하고, 복잡한 배경에서도 움직이는 물체를 추출하기 위한 시도로 몇 개의 가우시안 분포함수를 이용하여 움직이는 물체를 모델링하여 물체를 검지하는 기법이 제안되었다[6]. 그러나 이러한 방법은 물체가 영상 내 특정 위치에서의 픽셀값 분포가 가우시안 분포도를 따른다는 가정에서만 성립하고, 배경 모델링에 사용될 가우시안 분포도의 개수를 먼저 알아야 하는 문제점을 갖고 있다.

한편, 물체 추적 알고리즘은 크게 Top-down과 Bottom-up 방식으로 나눌 수 있다[7,8]. Top-down 방식의 추적 기법은 현재 프레임에서의 추적할 물체의 위치와 특징을 이전 프레임에서의 데이터를 기반으로 예측하는 재귀적인 (recursive) 기법이다. 이러한 Top-down 방식의 추적 기법으로는 Lukas-Kanade 알고리즘[9], 칼만 필터[10], 파티클 필터[11] 등이 있으며, 재귀적인 알고리즘의 특성상 계산량이 많다는 단점이 있다.

Bottom-up 방식의 추적 기법에는 각 프레임에서 움직이는 물체들을 먼저 추출한 이후, 추출된 물체들을 시간의 흐름에 따라 매칭시키는 기법이다. 대표적인 Bottom-up 방식의 물체 추적기법으로 Blob tracking, Contour tracking 등이 있으며, Top-down 방식의 추적 알고리즘보다 계산량이 적은 장점이 있는 반면 물체를 추출하는데 있어서 움직이는 배경을 가진 영상에서는 물체를 추출하기 어렵다는 단점이 있다.

본 논문에서는 차량 검지 기법으로 가우시안 분포를 이용한 물체 검지기법의 문제점에 대처할 수 있는 향상된 코드북 알고리즘을 사용하는 동시에, Bottom-up 방식의 물체 추적 알고리즘의 프레임간 물체 매칭 과정에 Top-down 방식의 칼만 필터를 도입하여 차량의 추적 신뢰도를 높였다.

### III. 본론

#### 1. 향상된 코드북을 이용한 차량 검지 기법

차량을 추적하기 위해서는 추적에 앞서 물체 분할 기법을 통하여 추적하고자 하는 차량을 입력 영상으로부터 분리하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 차량 검지를 위하여 향상된 코드북 (CB : Codebook)을 이용한 물체 검지 기법을 제안한다. CB 물체검지 기법은 복잡한 배경에서도 물체를 효과적으로 검지 및 분리할 수 있는 알고리즘으로, 배경 영상의 픽셀 모델을 압축된 형태인 코드북으로 양자화하여 표현하는 배경 모델링 기법이다[12]. 즉, 영상의 매 픽셀에 대하여 하나 혹은 여러 개의 코드워드로 구성되어 있는 코드북을 생성하여 배경을 모델링 한 후, 입력 영상과의 비교를 통하여 움직이는 물체를 검출하는 알고리즘이다.

기존의 CB 물체 검지 기법에서는 초기화 시간동안 생성된 배경 영상의 코드북을 입력 픽셀들과의 비교를 통하여 기존 배경 영상 코드북과의 일치 여부를 판단하여 물체를 배경으로부터 분리한다.

그러나, 이와 같은 기존의 CB 물체 검지 기법은 코드워드 생성 및 비교를 위하여 입력 픽셀의 색상 왜곡 정도와 밝기 값만을 비교함으로써 비슷한 색상을 갖는 물체 혹은 밝기 값의 차이가 크지 않은 물체에 있어서 부분적으로 검지결과 오류를 보인다. 그림 2의 (a)에는 이러한 문제점이 잘 나타나 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 기존의 코드워드를 보완한 새로운 코드워드  $c_i$ 를 제안한다. 새로운 코드워드  $c_i$ 는 기존의 코드워드에 에지 정보를 나타내는  $e_i$ 를 추가하여 물체의 텍스처 정보를 이용할 수 있도록 하였다. 에지정보를 추가함으로써 기존의 방법보다 더욱 정교한 배경 모델을 만들 수 있으며 이를 이용하여 차량 검지 성능이 향상되었음을 실험을 통해 증명하였다. 제안하는 코드북은 다음과 같은  $L$ 개의 코드워드  $c_i$ 로 정의되고,

$$c_i = (v_i, aux_i, e_i), \quad (1)$$

$i = 1 \dots L$ 와 같을 때, 코드워드의 성분들은 각각 다음과 같이 구성된다.

$$v_i = (R_i, G_i, B_i), \quad (2)$$

$$aux_i = (I_i^{\min}, I_i^{\max}, f_i, \lambda_i, p_i, q_i), \quad (3)$$

$$e_i = (G_x, G_y). \quad (4)$$

여기서,  $I_i$ 는 픽셀의 밝기값으로 다음과 같이 얻어지며,

$$I_i = \sqrt{R_i^2 + G_i^2 + B_i^2}, \quad (5)$$

$G_x, G_y$ 는 각각 Sobel operator[13]에 의한  $x$ 방향,  $y$ 방향 에지 성분의 최대값으로 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$G_x = f(x-1, y-1) + 2f(x-1, y) + f(x-1, y+1) - f(x+1, y-1) - 2f(x+1, y) - f(x+1, y+1), \quad (6)$$

$$G_y = -f(x-1, y-1) - 2f(x, y-1) - f(x+1, y-1) + f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1). \quad (7)$$

$x, y$ 는 현재 픽셀의 가로, 세로 좌표이며,  $f(x, y)$ 는  $(x, y)$ 에서의 픽셀 밝기값을 의미한다. 초기화 기간 동안 이러한 코드워드들의 집합으로 배경 영상의 코드북을 구성한 후, 입력픽셀  $x_t = (R_t, G_t, B_t)$ 은 배경 영상의 코드워드  $c_i'$ 들과 다음의 조건들에 의한 비교 과정을 거친다.

$$\Phi(x_t, v_i) = \sqrt{\frac{\|x_t\|^2 - \frac{\langle x_t, v_i \rangle^2}{\|v_i\|^2}}{R^2 + G^2 + B^2 - \frac{(R_i R_t + G_i G_t + B_i B_t)^2}{\|R_i + G_i + B_i\|^2}}}, \quad (8)$$

$$\Psi(I, I^{\min}, I^{\max}) = \begin{cases} True, & \text{if } I^{\min} \leq I \leq I^{\max} \\ False, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (9)$$

$$\bar{e} = \begin{cases} True, & \text{if } G_x \leq \epsilon_x \text{ and } G_y \leq \epsilon_y \\ False, & \text{otherwise} \end{cases}. \quad (10)$$

입력 픽셀  $x_t$ 는 배경 영상과의 색상 비교값  $\Phi(x_t, v_i)$ 가 문턱치  $\epsilon_1$ 보다 작고, 밝기 조건  $\Psi(I, I^{\min}, I^{\max})$ 와 에지 조건  $\bar{e}$ 가 참값일 때에 배경과 일치한다고 판단하며,  $\epsilon_x, \epsilon_y$ 는 각각  $x, y$  에지 성분에 대한 문턱치이다. 이 때, 기존 코드워드는 다

음과 같은 갱신과정을 거친다.

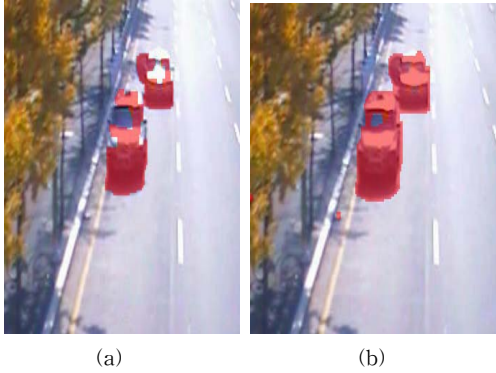


Fig. 2. (a) Vehicle detection result of the conventional codebook algorithm (b) Vehicle detection result of the proposed codebook algorithm

그림 2. (a) 기존의 코드북 알고리즘을 이용한 차량 검지 결과 (b) 제안하는 코드북 알고리즘을 이용한 차량 검지 결과

$$v'_i = \left( \frac{f_i R_i + R}{f_i + 1}, \frac{f_i G_i + G}{f_i + 1}, \frac{f_i B_i + B}{f_i + 1} \right), \quad (11)$$

$$aux'_m = (\min(I, I^{\min}), \max(I, I^{\max}), f_m + 1, \max(\lambda_m, t - q_m), p_m, t), \quad (12)$$

$$e'_i = w_1 \cdot e_i + w_2 \cdot e. \quad (13)$$

여기서,  $w_1, w_2$ 는 각각 기존 코드워드의 에지 성분 값  $e_i$ 와, 검지 물체에서의 에지 성분값  $e$ 에 대한 업데이트를 위한 가중치이며, 이전 에지성분에는 큰 가중치를, 검지 물체에서의 에지성분은 작은 가중치를 두는 것이 적합하다.

## 2. 차량 추적을 위한 전처리 기법

본 논문에서는 입력 영상으로부터의 차량 검출 결과를 바탕으로 차량을 추적하는데, 성공적인 추적을 위해서는 검출 결과의 신뢰성이 중요하다. 즉, 검출된 결과 내의 발생할 수 있는 에러들이 차량 추적에도 영향을 미칠 수 있으므로, 이를 방지하기 위하여 본 논문에서는 모폴로지를 이용하여 검지 결과를 후처리한 후 물체 추적에 이용하였다. 또한, 차량의 기하학적 특성을 이용한 노이즈성 물체 판단 전처리 기법을 사용하여 추적 알고리즘의 효율성을 높였다.

Table 1. Obtained MBR according to several kinds of objects

표 1. 몇 가지 물체에 따른 MBR

물체의 종류	MBR 비율 (가로/세로)
승용차	1.53
승합차	0.87
트럭	0.85
오토바이	0.44
사람	0.36

### 가. MBR을 이용한 차량 추적 전처리 기법

본 논문에서는 주요 검지 및 추적 대상 물체가 차량임에 착안하여 차량의 기하학적 특성을 파악하고 그와 유사한 특성을 갖지 않는 물체에 대해서는 관심 대상인 차량이 아니라고 판단한 후, 물체 추적 알고리즘을 적용하지 않도록 하였다.

검지 알고리즘에 의하여 배경으로부터 추출된 차량은 일반적으로 외접 사각형인 MBR (Minimum Boundary Rectangle)에 의하여 표시될 수 있다. 사전 실험적인 학습을 통하여 표 1과 같이 몇 가지 물체에 따른 MBR의 가로와 세로 길이 비율을 얻은 후, 새로 검지된 물체의 MBR 비율이 해당 데이터의 일정 상한과 하한 사이에 있을 경우에만 추적 알고리즘을 적용하도록 한다.

### 나. 검지결과 신뢰도를 이용한 물체추적 전처리 기법

본 알고리즘의 관심 물체인 차량은 형태적인 특성상 물체영역의 내부가 비어있는 경우는 거의 없다. 따라서, 효과적인 물체 추적을 위하여 물체 검지 기법 결과의 신뢰도를 정의하고, 정의된 신뢰도를 기반으로 검지 대상의 차량여부를 판단하여 추적대상의 여부까지도 결정한다. 여기서 신뢰도는 MBR 내의 물체가 차지하는 비율로 정의한다. 한편, 검지된 물체에 대하여 다음의 조건이 성립할 때에만 차량이라고 간주하고, 추적 알고리즘을 적용시킨다.

$$Size(T) \geq \epsilon_T \quad (14)$$

여기서  $Size(T)$ 는 검지 물체  $T$ 의 MBR 내부에서

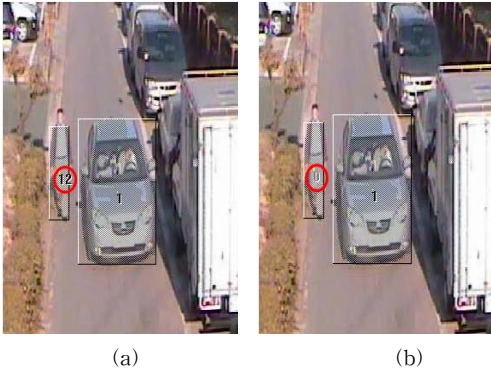


Fig. 3. (a) Before applying the preprocessing technique for vehicle tracking (b) After applying the preprocessing technique for vehicle tracking  
 그림 3. (a) 차량 추적을 위한 전처리 기법을 적용하기 전 (b) 차량 추적을 위한 전처리 기법을 적용한 후

실제 검지 물체가 차지하는 비율,  $\epsilon_T$ 는 검지 물체의 신뢰도를 판단하는 문턱치를 의미한다.

그림 3은 이러한 차량 추적을 위한 전처리 기법을 이용하여 검지된 결과 물체들 중에서 추적 대상이 아닌 차량 이외의 노이즈성 물체를 제거하는 동시에, 추적 대상 물체를 선택적으로 선별해낸 실험 결과이다. 그림 3의 (a)에서는 사람이 독립적인 추적 대상으로 분류되어 독립적인 ID 12를 갖는 반면 (b)에서는 사람이 추적 대상이 아님을 의미하는 0번의 ID를 갖는 것을 알 수 있다.

### 3. 칼만 필터를 이용한 차량 추적 기법

차량 추적을 위한 알고리즘으로는 정밀한 차량추적을 위하여 색상정보에 기반한 차량추적 결과를 칼만 필터의 측정값으로 이용한다. 색상정보 기반의 추적은 매 프레임마다 물체 검지 알고리즘에 의하여 검지된 물체들을 색상 정보를 이용하여 매칭시킴으로써 이루어진다. 이를 위하여 그림5와 같이 매 프레임에서 각각의 물체에 대하여 히스토그램을 생성한 후, 연속되는 프레임에서 가장 유사한 히스토그램을 갖는 물체를 찾는다. 물체들 간의 유사도를 표현하고 비교하기 위해서는 Bhattacharrya 계수를 사용한다[14]. 칼만 필터는 가우시안 잡음에 의해 간섭받는 선형 동적 시스템에서의 상태 벡터  $x_k = [x, y, v]^T$ 를 구하기 위한 순환적인 알고리즘이다. 여기서  $x, y$ 는 추적하

고자 하는 물체의 좌표,  $v$ 는 속도이다. 칼만 필터는

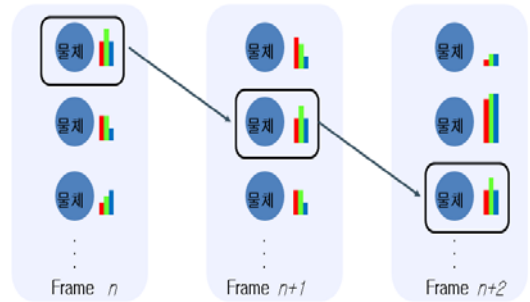


Fig. 4. Object tracking method using color information  
 그림 4. 색상 정보를 이용한 물체 추적 기법

크게 예측 (prediction), 측정 (measurement), 갱신 (update) 단계로 구성되어 있다. 예측단계에서는 다음 상태에서의 상태 벡터  $x_{k+1}$ 와 상태 추정오차의 공분산 행렬  $P_{k+1(-)}$ 을 예측한다.

$$\widehat{x}_{k+1(-)} = \Phi(x) \widehat{x}_{k(+)} + w(k), \tag{15}$$

$$P_{k+1(-)} = E[(x - \widehat{x})(x - \widehat{x})^T] = P_{k(+)} + Q_k. \tag{16}$$

$\Phi(x)$ 는 차량이 등가속도 운동을 한다는 가정 하에서의 상태전이행렬,  $w(k)$ 는 평균 0, 공분산행렬  $Q(k)$ 를 갖는 Gaussian 분포의 시스템모델 잡음이다. 여기서 (-)는 아직 측정 벡터를 이용한 갱신 단계 이전임을 의미한다. 측정 벡터는  $z_k$ , 관측영역으로의 상태전이행렬은  $H(k)$ , 측정 잡음은  $v_k$ 로 표현하며,  $v_k$ 는 평균 0, 공분산행렬  $R(k)$ 를 갖는 Gaussian 분포를 갖는 한편, 시스템모델 잡음  $w_k$ 와는 비상관되었다고 가정한다.

본 논문에서는 차량분할 알고리즘의 결과 물체들을 색상 정보의 유사도 기준에 입각하여 추적한 결과를 칼만 필터의 측정값  $z_k$ 로 사용한다.

$$z_k = H \widehat{x}_k + v_k, \tag{17}$$

$$K_k = P_{k(-)} H_k^T [H_k P_{k(-)} H_k^T + R_k]^{-1}, \tag{18}$$

$$\widehat{x}_{k(+)} = \widehat{x}_{k(-)} + K_k [z_k - (H_k \widehat{x}_{k(-)})]. \tag{19}$$

마지막으로 갱신단계에서는 다음 상태에서의 예측 단계 입력으로 사용하기 위하여 상태 추정오차를 다음과 같은 업데이트를 통하여 수정한다.

$$P_{k(+)} = [I - K_k H_k] P_{k(-)} \quad (20)$$

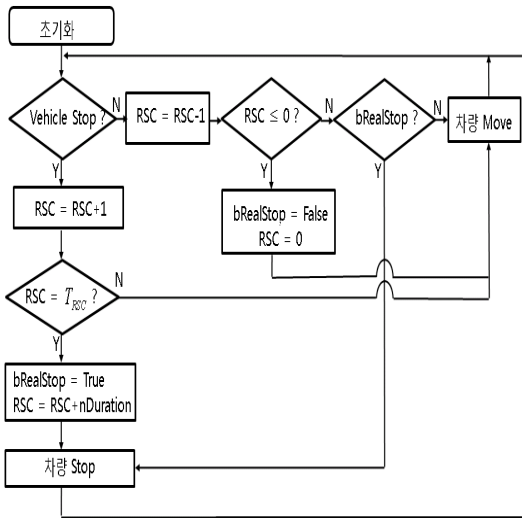


Fig. 5. Flowchart of the stopped vehicle detection using RSC

그림 5. RSC를 이용한 정지차량 검지 알고리즘 흐름도

#### 4. 정지 차량 검지 알고리즘

본 논문에서는 차량 검지, 추적 기술 등을 모두 종합하여 실제 도로 상의 불법 주차차 차량 단속 장치와 같은 어플리케이션에 유용하게 적용될 수 있는 효과적인 정지 차량 검지 알고리즘을 제안한다.

정지 차량은 배경 영상으로부터 추출된 물체에 해당하는 차량 중심점의 움직임을 관찰함으로써 판단될 수 있다. 그러나 단순히 중심점의 위치만을 차량 정지여부의 판단기준으로 삼을 경우, 천천히 움직이는 차량까지도 정지된 차량으로 판단하는 오류가 발생할 뿐만 아니라, 잠시 멈추었다가 다시 움직이는 차량에 대해서는 너무 많은 정지 이벤트를 발생시켜 효과적으로 차량의 상태를 모니터링 할 수 없게 되는 문제점이 있다. 본 논문의 정지 차량 검지 알고리즘은 이러한 경우들에 대하여 올바르게 대처하기 위한 실제 정지 카운터 (Real Stop Counter : RSC)를 그림 5와 같이 도입하여 순간적으로 불규칙한 차량 움직임에 크게 영향 받지 않고, 안정적으로 차량의 최종 정지 상태를 결정할 수 있다.

RSC는 차량의 정지여부를 정확하게 판단하기 위하여 제안한 카운터로써, 물체중심점의 위치 변화가 작아서 차량이 정지하였다고 판단되는 경우 1씩 증가하고 그 반대의 경우 1씩 감소한다. RSC에 의한 정

지 차량 검지 알고리즘은 단순히 차량 중심점의 위치



Fig. 6. The interface of the Implemented stopped vehicle detection system

그림 6. 구현한 정지 차량 검지 시스템의 인터페이스

변화에 따라 정지여부를 결정하는 대신, RSC의 값이 실제 정지 상태 판단 문턱치 ( $T_{RSC}$ ) 와 같을 경우, 차량을 실제 정지 상태라고 판단하며 안정적인 정지 차량 검지를 위한 추가적인 허용치가 부여된다. 또한, 이 후 RSC값이 연속적으로 감소하여 0이 되었을 경우 비로소 차량이 정지 상태에서 운동 상태로 전환되었다고 판단한다. 이러한 과정을 통하여 해당 알고리즘에서는 RSC가 일정 프레임동안 0이 되지 않을 경우 차량의 중심점 위치가 순간적인 움직임으로 인하여 변화가 있더라도 바로 차량이 운동하였다고 잘못 판단하는 대신 계속 정지한 상태라고 판단할 수 있게 된다.

#### IV. 실험 결과

본 논문의 시뮬레이션을 위해 경기도 성남시 분당구의 실제 도로에 불법 주차차 감시를 위하여 설치된 고정 카메라로부터 촬영된 240×320 크기의 컬러영상

이 사용되었다. 그림 6은 구현한 실험 환경 인터페이

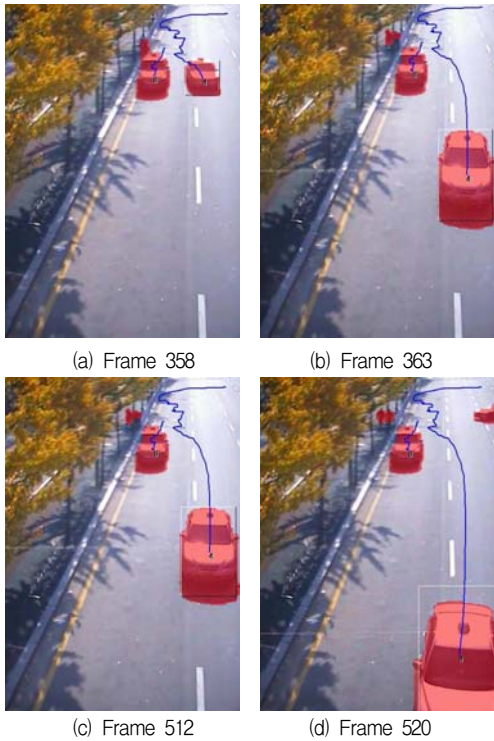


Fig. 7. Result of vehicle tracking algorithm using Kalman filter

그림 7. 칼만 필터를 이용한 차량 추적 실험 결과

스이다.

제안하는 차량 추적 알고리즘은 그림 7에서와 같이 가로수와 그림자들이 혼재하는 복잡한 실제 도로 환경 속에서도 도로상의 차량을 분할하여 성공적으로 추적하는 것이 가능하다. 제안하는 알고리즘은 실험 시퀀스 내에서 28대의 차량 중 25대 추적에 성공하여 약 89%의 차량 추적 성공률을 보여주었다.

그림 8은 제안하는 정지 차량 검지 알고리즘의 실험결과로, 차량 중심점의 위치 변화 기준에 의하여 정지 후보 상태로 판단될 경우 차량의 MBR을 빨간색 점선으로, 최종 정지 상태라고 판단될 경우 빨간색 실선으로 표시하였다. 그림 8 (b), (c)와 같이 빨간색 점선으로 표시된 MBR의 정지 후보 상태 차량은 일정 시간 ( $T_{RSC}$ ) 동안 정지 후보 상태가 연속적으로 유지될 경우 그림 (c), (d)처럼 빨간색 실선의 MBR로 표현되어 최종 정지 상태 차량으로 판단된다.

RSC의 문턱치  $T_{RSC}$ 는 차량이 해당 수치의 프레

임만큼 연속적으로 중심점 위치 기준으로 정지했을

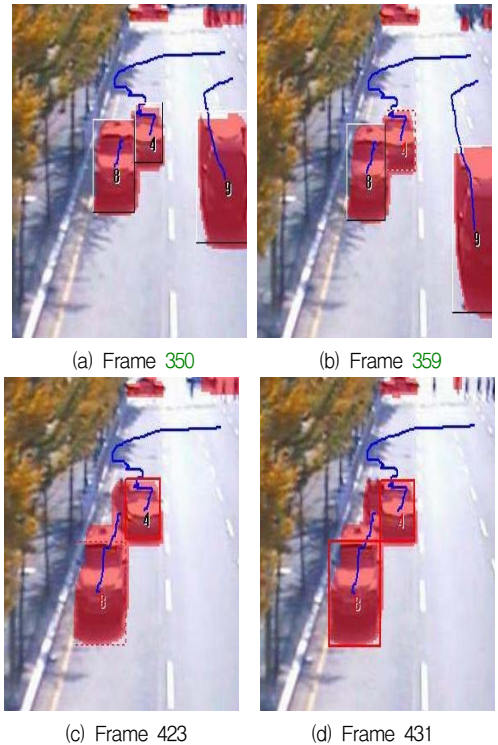


Fig. 8. Result of the stopped vehicle detection algorithm (a) Two non-stop moving vehicles, (b) A stopped vehicle candidate and a non-stop vehicle, (c) A stopped vehicle and a stopped vehicle candidate, (d) Two stopped vehicles

그림 8. 정지 차량 검지 알고리즘 실험 결과 (a) 두 대의 이동 중인 차량, (b) 한 대의 정지 후보 상태 차량과 한 대의 이동 중인 차량, (c) 정지차량 한 대와 정지후보 차량 한 대, (d) 두 대의 정지차량

경우 최종 정지 차량으로 판단하는데 사용된다. 여기서, RSC 추가 허용치는 너무 크지 않은 값이 적당한데, 만약 이 값이 너무 클 경우 차량이 정지 상태에서 움직임 상태로의 전환 시에 신속하게 반응하지 못하는 문제가 발생할 수 있기 때문이다. 본 논문에서는 실험적으로 RSC 추가 허용치로 5~10 사이의 값이 적합함을 찾아내어 해당 범위의 값을 실험에 사용하였다.

## V. 결론

본 논문에서는 복잡한 실제 도로 환경에서도 효과

적으로 다수의 차량을 검지, 추적하는 한편, 정지한 차량을 올바르게 검지할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 정지 차량 검지 알고리즘은 기본적으로는 물체 검지 알고리즘에 의한 모델링 결과에 일치하는 물체를 찾는 Bottom-up 방식의 추적기법을 사용하였으나, 일치하는 물체를 찾는 과정에서 Top-down 방식의 대표적인 알고리즘인 칼만 필터를 적용하여 물체를 찾는 방법의 신뢰도를 높였다.

물체 추적의 기반이 되는 검지 알고리즘의 성능을 향상시키기 위하여 새로운 코드워드를 추가하여 개선하는 한편, 효율적인 추적 알고리즘의 적용을 위하여 차량의 기하학적 특징을 활용하고 검지결과 신뢰도를 정의하여 적용한 후처리 기법을 활용하였다. 이에, 제안한 알고리즘은 검지 물체의 형태를 분석하여 차량 추적에 적합한 물체만을 추적함으로써 물체 추적을 효과적으로 수행할 수 있으며, 실제 정지 카운터(RSC)를 제안하여 안정적으로 정지 차량을 검지할 수 있음을 확인하였다.

## 참고문헌

1. 김종혁, "첨단 교통관리 시스템," *한국정보과학회지*, 제16권, 제5호, 1998.
2. 교통안전공단, "교통안전을 위한 교통정보 제공시스템 개선방안 연구," 교통안전공단, 2004.
3. 서창진, 양황규, "지능형 교통시스템을 위한 자동차 추적에 관한 연구," *퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, vol. 14, no. 1, pp. 63-68, 2004.
4. L. Zhifang and Y. Zhisheng, "A Real-time Vision-based Vehicle Tracking and Traffic Surveillance," *ACIS Int. Conf. on SNPD*, vol. 1 pp. 174-179, Jul. 2007.
5. J. M. Ferryman, S. J. Maybank, and A. D. Worrall, "Visual surveillance for moving vehicles", *Proc. of IEEE Workshop on Visual Surveillance*, pp. 73-80, Jan. 1998.
6. C. Stauffer and W. E. L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking," *IEEE Int. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 246-252, Jun. 1999.
7. D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, "Kernel-Based Object Tracking," *IEEE Trans. on Pattern Anal. and Machine Intell.*, vol. 25, no. 5, pp. 564-577, May. 2003.
8. X. Desurmonta, C. Machya, C. Mancas-Thilloub, D. Severina, and J. F. Delaigle, "Effects of parameters variations in particle filter tracking," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, pp. 2789-2792, Oct. 2006.
9. B. D. Lucas and T. Kanade, "An interative image registration technique with and application to stereo vision," *Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence*, pp. 674-679, 1981.
10. S. M. Bozic, "Digital and Kalman filtering: An introduction to discrete-time filtering and optimum linear estimation," Halsted Press, 1994.
11. P. M. Djuric, J. H. Kotecha, J. Zhang, Y. Huang, T. Ghirmai, M. F. Bugallo, and J. Miguez, "Particle filtering: A review of the theory and how it can be used for solving problems in wireless communications," *IEEE Signal Processing Mag.*, vol. 20, no. 5, pp. 19-38, 2003.
12. K. Kim, T. H. Chalidabhongse, D. Harwood, and L. Davis, "Realtme foreground-background segmentation using codebook model," *Real-time Imaging*, vol. 11, no. 3, pp. 172-185, Jun. 2005.
13. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital image processing," Second edition, Prentice Hall, 2001.
14. A. Djouadi, O. Snorrason, and F. Garber, "The quality of training-sample estimates of the Bhattacharyya coefficient," *IEEE Trans. on Pattern Anal. and Machine Intell.*, vol. 12, pp. 92-97, 1990.

## 저 자 소 개

김 승 균 (학생회원)



2005년 : 중앙대학교 전기전자공학부 졸업 (공학사)  
 2005년 3월~현재 : 고려대학교 대학원 전자전기공학과 석박사 통합 과정  
 <주관심분야> 영상 신호처리, 컴퓨터 비전, 객체 분할 및 추적



**김 효 각** (비회원)



2005년 : 고려대학교 전기전자공학부 졸업 (공학사)  
 2005년 3월~현재 : 고려대학교 대학원 전자전기공학과 석박사 통합 과정  
 <주관심분야> 영상 신호처리, 트랜스코딩, 영상 보안

**장 동 니** (비회원)



2007년 : Beijing University of Posts and Telecommunications Communication Engineering 졸업 (공학사)  
 2007년 9월~현재 : 고려대학교 대학원 메카트로닉스 공학과 석박사통합 과정

<주관심분야> 영상 신호처리, 컴퓨터 비전

**박 상 희** (비회원)



2002년 : 고려대학교 전자전기공학부 졸업 (공학사)  
 2004년 : 고려대학교 대학원 전자전기공학과 석사  
 2005년 3월~현재 : 고려대학교 대학원 전자전기공학과 박사 과정  
 <주관심분야> 영상 신호처리, 트랜스코딩, 영상 보안

**고 성 제** (비회원)



1980년 : 고려대학교 전자공학과 학사 졸업 (공학사)  
 1985년 : State Univ. of New York at Buffalo 전기 및 컴퓨터 공학과 석사 졸업 (공학 석사)  
 1985년 : State Univ. of New York at Buffalo 전기 및 컴퓨터 공학과 박사 졸업 (공학 박사)

1981년~1983년 : 대우통신 중앙연구소 연구원  
 1988년~1992년 : The Univ. of Michigan, Dearborn 전기 및 컴퓨터공학과 조교수  
 1996년 11월 : IEEE APCCAS best paper award  
 1997년 12월 : 대한전자공학회 해동논문상 수상  
 1999년 11월 : 한국통신학회 LG 학술상  
 1997년 IEEE Seneior member  
 2000년 IEE Fellow  
 2004년 3월 : 고려대학교 훌륭한 공대교수상(학술부문)  
 1992년 ~ 현재 : 고려대학교 전기전자전파공학부 정교수  
 <주관심분야>비디오 및 3D영상처리,멀티미디어 통신