

論文2001-38SP-11-6

# 궤적 정합을 이용한 특징 기반의 차량 추적 시스템

## (A Feature-based Vehicle Tracking System using Trajectory Matching)

程泳基\*, 趙泰勳\*\*, 扈堯盛\*\*\*

(Young-Kee Jung, Tai-Hoon Cho, and Yo-Sung Ho)

### 요약

본 논문에서는 지능적인 교통감시를 위해 궤적 정합을 이용한 특징 기반의 새로운 차량 추적 시스템을 제안한다. 제안된 차량 추적 시스템의 전체적인 알고리즘은 특징 추출, 특징 추적 및 궤적 정합을 통한 그룹핑의 세 단계로 구성된다. 특징 추출 및 추적 단계에서는 입력된 영상에서 차량으로 추정할 수 있는 부속 정보를 추출하기 위해 꼭지점 추출 영상처리 기법을 적용하여 차량의 특징점으로 추출하고 선형 칼만 필터를 이용하여 특징들을 추적한다. 그룹핑 단계에서는 개별 차량에 소속된 특징점들을 하나의 그룹으로 분류한다. 이때, 특징 기반 추적방식의 문제점인 객체 중첩 문제를 해결하기 위해 특징들의 위치 정보와 궤적 정합을 이용한 새로운 그룹핑 방법을 제시한다. 마지막으로, 차량들이 근접하거나 부분 겹침이 일어나는 경우의 교통영상에 적용하여 제안된 추적 시스템의 성능을 보인다.

### Abstract

In this paper, we propose a new feature-based vehicle tracking system using trajectory matching for intelligent traffic surveillance. The proposed system consists of three parts: feature extraction, feature tracking, and feature grouping using trajectory matching. For feature extraction and feature tracking, features of vehicles are selected based on the measure of cornerness and are tracked using linear Kalman filtering. We then group features from the same vehicle in the grouping step. We suggest a new grouping algorithm using the spatial information of features and trajectory matching to solve the over-grouping problems of the feature-based tracking method. Finally, our proposed tracking system demonstrates good performance for typical traffic scenes with partial occlusion and neighboring conditions.

### I. 서론

\* 正會員, 湖南大學校 컴퓨터工學科

(Dept. of Computer Engineering, Honam University)

\*\* 正會員, 韓國技術教育大學校 情報技術工學部

(School of Information Technology, Korea University of Technology and Education)

\*\*\* 正會員, 光州科學技術院 情報通信科

(Dept. of Information &amp; Communication Engineering, Kwangju Institute of Science and Technology)

接受日字:2001年4月5日, 수정완료일:2001年10月7日

최근 교통영상 감시 분야에서는 관심있는 차량을 추적하면서 궤적을 이용하여 여러 가지 교통 상황을 자동적으로 판단하기 위한 영상 차량 검지(Image Vehicle Detection)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

영상 차량 검지기는 고속도로에서 추적 기법을 통해 차량의 흐름을 촬영하면서 교통량이나 속도, 그리고 그 외의 여러가지 교통 상황을 파악하여 지능형 교통 시스템에 이용되고 있다. 또한, 도심의 교차로에서 지능적인 신호 시스템을 운영하는데 필요한 대기 길이, 구간

통행량 및 속도 등의 교통 변수를 제공하거나, 교차로에서 적신호일 때 지나가는 차량을 추적한 후, 차량번호 인식 시스템과 연계하여 신호 위반 차량을 적발하는 장치로도 이용되고 있다<sup>[1]</sup>.

차량 추적 기법은 검지 영역에서 차량을 검지한 다음, 차량의 일부 특징 또는 전체 영역을 이용하여 검지된 차량을 추적한다. 이 방식은 특정 지점에서 통과 대수, 속도, 점유 시간 등의 지점 정보 뿐만 아니라, 넓은 영역에서 발생하는 구간 통행량과 속도, 차선 변경, 정지되어 있거나 서행하는 차량 등의 공간적인 교통 정보를 제공하여 관제 센터에서 정체로 인한 막힘, 가다 서다 등의 지체, 교통 사고 등의 교통 상황에 대한 지능적인 판단을 가능하게 한다.

지금까지의 차량 추적에 대한 연구는 크게 4가지 방식으로 분류할 수 있다. 독일의 Karlsruhe와 영국의 Reading 대학에서 주로 진행된 3차원 모델기반 차량추적 방식에서는, 차량의 진행 궤적과 적은 수의 차량 모델을 복원하는데 치중하였다<sup>[2]</sup>. 그러나 이 방식은 물체의 기하학적인 모델에 의존하기 때문에 도로에서 운행하는 모든 차량에 대한 모델을 고려하기가 어렵다.

영역기반 추적 방식에서는 영상내에서 각 차량의 연결된 영역(Connected Region)을 찾고, 상관값(Cross Correlation Measure)를 이용하여 추적한다<sup>[3-6]</sup>. 차량의 검지는 배경과의 차분 방법을 이용하여 구현한다. 또한 칼만 필터에 기반을 둔 적응적 배경 모델을 이용하여 날씨나 주야에 따른 밝기 변화에 대응한다. 현재의 배경 예측치와 입력 영상의 차이 값을 구한 다음, 차분 영상의 화소치가 주어진 문턱치보다 높으면 차량으로 간주하고, 이들의 연결된 영역을 차량 물체로 감지한다. 이 방식은 주행 도로에서 잘 동작하지만, 교통 체증이 심한 곳과 같이 공간적으로 분리되지 않고 다른 차량과 겹치는 상황에서는 개별적인 차량을 분할하기가 어렵다는 단점을 가진다.

윤곽선 기반 추적 방식에서는 영역기반 추적 방식과는 달리 윤곽선 모델(Contour Model)에 기반하여 물체를 추적한다. 이 접근 방식은 미국의 CalTrans 과제를 통해 Berkeley 대학에서 주로 연구되었으며, 영역 기반 방식에 비해 상대적으로 계산량을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다<sup>[7]</sup>. 그러나 이 방식도 부분적으로 겹치는 차량을 분리하기가 어렵다. 초기에 각각의 차량에 대해 분리된 윤곽선 추출이 이루어지면, 추적 과정에서 부분적으로 겹치는 문제에 대한 연구가 주로 진행되었다.

특징기반 추적 방식에서는 물체를 전체적으로 추적하는 대신에 물체상의 점이나 선과 같은 부속 특징(sub-feature)을 이용하여 추적한다<sup>[8,14]</sup>. 이 방식은 부분적으로 겹치는 문제에 대해서도 부속 특징의 일부분은 처리가 가능하지만, 하나의 차량에는 많은 부속 특징들이 존재하므로, 이러한 특징들을 같은 물체로 그룹핑(Grouping)해야 하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 그룹핑을 위해 특징들의 공간적인 거리 정보를 이용한 방법이 제안되었다<sup>[8]</sup>. 또한 차량들이 가까운 거리에 있을 때, 다른 차량의 특징들을 같은 차량으로 오버그룹핑(Over-Grouping)하는 문제를 해결하기 위한 방법도 제시하였다. 그러나, 이 방법의 단점은 계산 시간이 많아서 실시간 처리에 부적합하고, 차량이 좌회전, 우회전 및 야간시의 주행등과 같이 차량의 영상 변화가 심한 경우 안정된 특징 추적이 어렵다.

본 논문에서는 교차로와 같은 복잡한 환경에서 차량 추적을 위해, 차량 검침 문제에 적합한 하나의 특징기반의 차량 추적 시스템을 제안하고자 한다. 제안된 시스템에서는 검침 상황에서의 효율적인 그룹핑을 위해 궤적 정합(Trajectory Matching)을 이용한 새로운 그룹핑 방법을 적용한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II절에서는 기존 알고리즘의 문제점을 분석하고, 제안된 알고리즘을 상세히 설명한다. 제안된 알고리즘을 교차로와 같은 여러가지 환경에서 취득한 실험 영상에 적용하고, 실험 결과를 III절에 나타낸다. 마지막으로 IV절에서는 결론을 내린다.

## II. 특징기반의 차량 추적 알고리즘

제안한 전체적인 차량 추적 알고리즘은 그림 1과 같

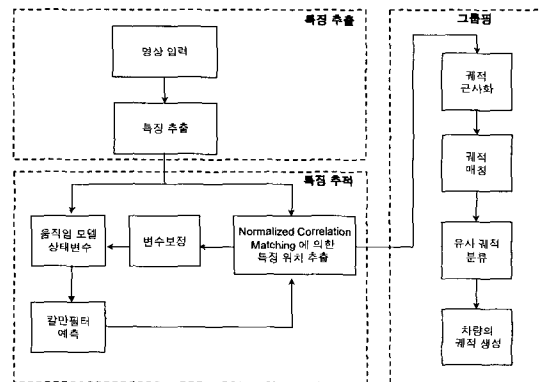


그림 1. 특징기반의 차량 추적 시스템  
Fig. 1. Feature-based Vehicle Tracking System.

이 특징 추출, 특징 추적 및 계적 정합을 통한 그룹핑 등의 세 부분으로 구성되어 있다.

### 1. 특징 추출

먼저 특징 추출 단계에서는 입력된 영상  $I(x,y)$ 에서 차량으로 추정할 수 있는 부속 정보를 추출하기 위해 꼭지점을 추출하는 영상처리 기법을 적용하여 차량의 특징점을 추출한다<sup>[9]</sup>. 꼭지점을 추출하기 위해  $7 \times 7$  또는  $9 \times 9$ 의 사각형 윈도우  $W$ 영역을  $x$ 와  $y$ 방향으로 미분을 취한 후, 다음과 같은  $2 \times 2$ 의  $Z$  행렬을 구한다.

$$Z = \begin{bmatrix} \sum_w g_x^2 & \sum_w g_x g_y \\ \sum_w g_x g_y & \sum_w g_y^2 \end{bmatrix}$$

$$g_x = \frac{\partial I}{\partial x}, g_y = \frac{\partial I}{\partial y} \quad (1)$$

이 행렬의 고유값(Eigenvalue)이  $\lambda_1$ 과  $\lambda_2$  라고 할 때, 두 값이 크면 이 영역은  $x$  및  $y$ 방향으로 영상의 밝기 변화가 큰 꼭지점을 나타낸다. 따라서 두 값의 최소값이 주어진 임계값  $FTH$  (Feature Threshold) 이상이 면 특징으로 검출된다.

### 2. 특징 추적

하나의 꼭지점 특징이 추출되면, 그 다음의 새로운 화면에서 발견될 수 있는 위치를 효율적으로 추적할 수 있도록, 선형 칼만 필터에 기반한 추적 알고리즘을 이용한다<sup>[10-12]</sup>.

추적하는 특징점의 움직임 모델은 다음과 같은 간단한 다항식 형태의 수식으로 정의된다.

$$t(k+1) = t(k) + \Delta t(k) \quad (2)$$

즉, 이산시간  $k$ 일 때의 특징의 위치가  $t(k)$ 이고, 이산시간  $k+1$ 일 때 특징의 움직임 변위는  $\Delta t(k)$ 이다.

이때 움직임 변위  $\Delta t(k)$ 의 예측을 위하여 선형 칼만 필터를 이용한다. 일반적으로 칼만 필터는 관측 오류에 기반하여 시스템 상태  $x(k)$ 를 예측하게 된다. 측정하기 위한 시스템의 상태  $x(k)$ 를 다음 식 (3)과 같이 특징점 중심의 위치 변화 값  $\Delta t(k)$ 의  $x$  및  $y$ 성분으로 갖는 2차원 벡터로 정의한다.

$$x(k) = \Delta t(k) = \begin{pmatrix} \Delta x\_center(k) \\ \Delta y\_center(k) \end{pmatrix} \quad (3)$$

측정하려는 상태 변수가 선형적 천이 관계를 가진다

고 가정하면, 상태 천이 방정식은 식 (4)와 식 (5)와 같이 정의된다

$$x(k+1) = \Phi(k, k+1)x(k) + w(k) \quad (4)$$

$$\Phi(k, k+1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기서  $\Phi(k, k+1)$ 는 단위 이산시간 동안의 상태 변수의 천이 관계를 나타내며, 시간에 따른 중심의 변화 값은 같다고 가정한다.

또한 시스템의 상태 변수와 같은 성분의 관측치가 측정되기 때문에, 식 (6)과 식 (7)과 같이 선형 관측 방정식이 정의된다

$$z(k) = H(k)x(k) + v(k) \quad (6)$$

$$H(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

그런 다음, 식 (3)부터 식 (7)의 선형 칼만 필터의 시스템 모델과 관측 모델로부터 유도된 회귀적 칼만 필터 알고리즘을 특징 추적에 적용한다. 계적 추적에 적용한 알고리즘의 동작은, 그림 2에 나타난 것과 같이, 상태변수 초기화, 다음 상태변수 예측 및 현재의 상태변수 갱신의 세 가지 단계로 이루어져 진행된다.

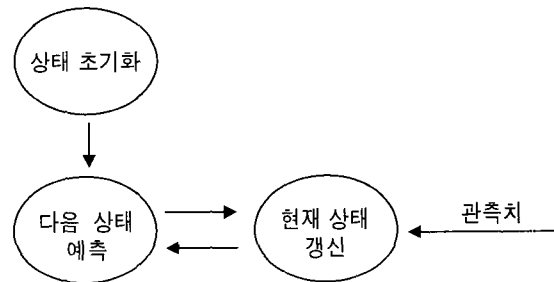


그림 2. 특징 추적 알고리즘의 동작  
Fig. 2. Feature Tracking Algorithm.

초기화 단계에서는 물체의 특징점들이 검지된 후, 연속된 두 프레임의 측정값으로부터 중심의 변화 값을 계산한 후 상태변수  $\hat{x}(0)$ 와 오류 상관행렬  $P(0)$ 를 초기화한다.

다음상태 예측 단계에서는 수식 (8), (9)에 의해 특징의 다음 상태를 예측한다.

$$\hat{x}_{k+1} = \Phi_k \hat{x}_k \quad (8)$$

$$P_{k+1}^- = \Phi_k P_k \Phi_k^T \tag{9}$$

현재상태 갱신 단계에서는 예측한 위치의 근처에서 정규화된 상관 정합(Normalized Correlation Matching)을 이용하여 특징의 정확한 위치를 관측한다. 그런 다음, 관측 값을 이용하여 예측된 상태를 보정하는 과정이 식 (10), 식 (11), 식 (12)를 이용하여 반복된다

$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R_k)^{-1} \tag{10}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - H_k \hat{x}_k^-) \tag{11}$$

$$P_k = (I_k - K_k H_k) P_k^- \tag{12}$$

본 논문에서는 여러 개의 특징들을 동시에 추적하기 위해 각 특징마다 위에서 정의된 하나의 칼만 필터를 적용하여 예측하고, 추적이 진행되면서 각 특징들은 자신의 칼만 필터 변수를 가진다.

### 3. 궤적 정합을 통한 그룹핑

그룹핑 단계에서는 앞의 과정에서 추출되고 추적된 차량의 특징점들을 시공간적인 위치 등을 고려하여 독립적인 차량으로 그룹핑한다. 이때 하나의 차량은 여러 개의 특징점들을 가질 수 있다. 기존의 그룹핑 방법으로는 단지 특징들의 공간적인 거리를 이용하여 그룹핑하는 방법을 이용한 특징 기반의 추적 알고리즘이 제안되었다<sup>[8]</sup>.

이 그룹핑 방법에서는 개별 차량은 각각 공통된 움직임 특징을 갖는다고 가정하였다. 초기에 특징이 추출되면, 일정 영역 내에 있는 모든 특징들을 하나의 그룹으로 간주하고 특징 쌍들을 연결시킨다. 그 뒤, 매 장면마다 그룹내의 모든 특징쌍 ( $P_a(t)$ ,  $P_b(t)$ )들의 공간적인 거리( $d(t)=P_a(t)-P_b(t)$ )를 계산하고, 추적을 진행하면서 시간에 따른 최대 거리와 최소 거리를 구한다. 마지막으로 그룹핑을 위해 다음 식 (13)과 같이 특징쌍의 상대적인 거리의 범위가 주어진 임계값보다 큰 특징쌍들은 연결을 해제한다.

$$\begin{aligned} \max_t d_x(t) - \min_t d_x(t) &> x \text{ 임계값} \\ \max_t d_y(t) - \min_t d_y(t) &> y \text{ 임계값} \end{aligned} \tag{13}$$

그림 3은 두 대의 차량이 그룹핑된 예를 보여준다. 그림 3에서 검정색 점들은 특징을 나타내고, 직선은 각 특징 쌍들이 그룹핑되어 있음을 나타낸다. 이 방법은

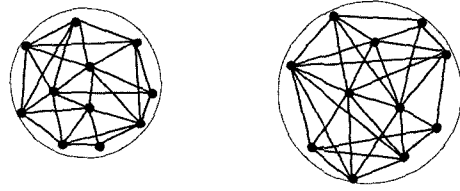


그림 3. 두 차량의 그룹핑  
Fig. 3. Grouping of Two Vehicles.

차량들이 가까운 거리에 있을 때, 그림 4와 같이 다른 차량의 특징들을 같은 차량으로 오버그룹핑하는 문제를 해결하기 위해 그룹 영역내의 가장 멀리 위치한 두 특징을 찾아내고, 이를 다시 두 그룹으로 나누기 위한 중간 경계선을 구하기 위해 모든 특징점으로부터 거리 제곱근의 합이 최소화되는 경계를 구하였다.

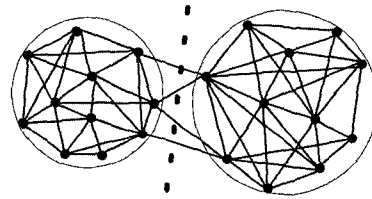


그림 4. 기존 방식의 오버그룹핑 해결  
Fig. 4. Overgrouping Avoiding of Previous Method.

그러나 기존의 방법은 계산 시간이 많이 걸려서 실시간 처리에 부적합하고, 차량이 좌회전이나 우회전 및 야간시 주행 등과 같이 차량의 영상 변화가 심한 경우 추적중인 특징의 상관성이 떨어져 식 (8)의 그룹핑 규칙은 안정된 특징 추적을 어렵게 한다.

제안된 차량 추적 시스템에서는 위와 같이 일시적으로 상관성이 떨어진 경우에도 안정된 추적을 위해, 특징의 일시적인 궤적 변화가 있어도 전체적인 궤적의 형태는 비슷한 성질을 이용하여 특징점들의 전체적인 움직임 궤적 정보를 이용한 새로운 그룹핑 방법을 적용한다. 또한, 이러한 궤적 정보를 이용한 방법은 분리되어 있던 차량들이 근접하거나 또는 부분 겹침이 일어나는 경우에도 매우 효율적인 그룹핑을 할 수 있다.

본 논문에서 제한된 그룹핑 방법은 궤적 근사화 및 궤적 정합의 두 단계로 이루어진다.

### 가) 궤적 근사화(Trajectory Approximation)

특징점의 궤적은 계속되는 프레임에서의 특징의 중심 좌표를 모은 연속적인 점들이다. 따라서 같은 차량

에 속하는 특징 궤적은 유사한 움직임 을 갖게 된다. 이 때 효율적인 궤적 정합을 위해서 먼저 식 (14)와 같이 프레임 시간  $t$ 에 따른 특징점의  $x$  및  $y$ 좌표의 변화를 다항식으로 특징의 궤적을 근사화하고 곡선의 계수로 궤적을 표현한다.

$$\begin{aligned} x(t) &= a_{x0} + a_{x1}t + a_{x2}t^2 + \dots + a_{xm}t^n \\ y(t) &= a_{y0} + a_{y1}t + a_{y2}t^2 + \dots + a_{ym}t^n \end{aligned} \quad (14)$$

여기서  $n$ 은 근사화 차수이고, 다항식  $x(t)$ 와  $y(t)$ 는  $n+1$ 개의 계수를 갖는다

$k$ 개의 특징 움직임을 3차 다항식 곡선으로 근사화하면, 미지의 계수  $a_1, a_0, a_2$  및  $a_3$ 는 특징점들과 다항식과의 차이값의 제곱의 합을 최소화하는 최소 제곱 곡선 정합에 의해 계산된다. 이와 같은 정합은 데이터 값을 정확하게 근사화할 수는 없지만, 정합된 곡선은 움직임 궤적의 대략적인 형상을 표현한다. 따라서 단지 몇 개의 다항식 계수만을 가지고 움직임 궤적을 표현할 수 있다. 그림 5는 3차 다항식 곡선으로 근사화된 예를 보여준다.

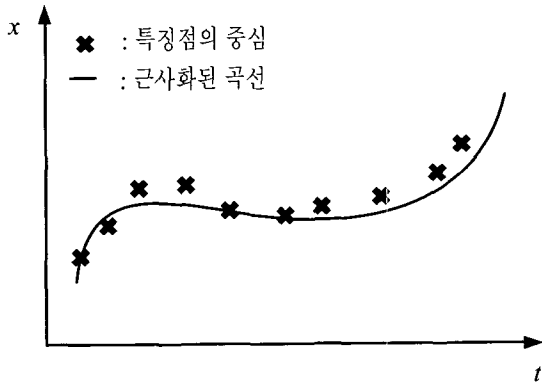


그림 5. 근사화된 다항식 곡선 정합  
Fig. 5. Polynomial Curve Fitting.

나) 위치 정보 및 궤적 정합을 이용한 그룹핑

두번째 단계에서는 특징들의 위치 정보 및 궤적 정합을 이용해 그룹핑한다. 제안된 그룹핑 알고리즘은 다음과 같다.

초기에 특징이 추출되면, 일정 영역 내에 있는 모든 특징들을 하나의 그룹으로 간주하고 모든 특징쌍들을 연결시킨다. 매 장면마다 그룹내의 모든 특징쌍 ( $P_a(t), P_b(t)$ )들의 공간적인 거리 ( $d(t)=P_a(t)-P_b(t)$ )를 계산한

다. 특징쌍의 거리가 임계값  $GTH1$ (Grouping Threshold 1)보다 작으면 하나의 차량으로 1차 그룹핑을 한다. 여기서  $GTH1$ 은 차량의 크기 정도를 나타내는 수치인  $3m$ 로 정하였다.

그런 다음, 각 그룹마다 모든 특징 궤적을 식 (14)를 이용하여, 3차 다항식으로  $x$  및  $y$ 위치에 대해서 근사화한다. 궤적 근사화 단계를 통해서 추출된 계수를 이용하여 식 (15)와 같이 두 궤적  $[P]$  및  $[P']$  사이의 유사도  $SM$ (Similarity Measure)를 계산하고 이 값이 임계값  $GTH2$ (Grouping Threshold 2)보다 클 경우에 1차 그룹핑 관계를 해제한다. 이때  $SM$ 은 0~1사이의 값을 가지며, 유사도가 가장 높을 때 0, 유사도가 가장 낮을 때 1이 된다.

$$\begin{aligned} SM_x([P],[P']) &= w_0(a_{x0}-a'_{x0})^2 + w_1(a_{x1}-a'_{x1})^2 + w_2(a_{x2}-a'_{x2})^2 + w_3(a_{x3}-a'_{x3})^2 \\ SM_y([P],[P']) &= w_0(a_{y0}-a'_{y0})^2 + w_1(a_{y1}-a'_{y1})^2 + w_2(a_{y2}-a'_{y2})^2 + w_3(a_{y3}-a'_{y3})^2 \end{aligned} \quad (15)$$

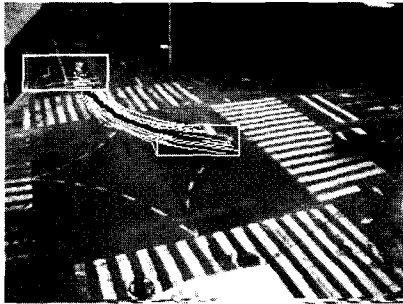
여기에서  $[P]$ 와  $[P']$ 는 비교될 두 궤적의 근사된 계수 집합이고,  $w_k(k=0,1,2,3)$ 는 각 계수에 대한 가중치이다.

### III. 실험 결과

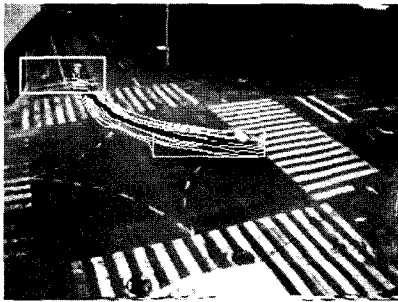
본 논문에서 제안한 특징 기반의 차량 추적 알고리즘을 교차로에서 취득한 여러가지 영상을 사용하여 실험하였다. 또한 제안된 그룹핑 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 특징의 위치 정보만을 이용한 방법과 궤적 정합 방법을 추가한 실험 결과를 비교하였다. 이 실험에서 이용되는 특징들의 모든 추적 좌표는 카메라 보정을 통한 실세계 좌표계를 사용한다<sup>[13]</sup>.

그림 6은 교차로에서 좌회전하는 차량을 특징의 위치 정보만을 이용해서 그룹핑을 한 추적 결과를 나타낸다. 먼저 차량이 진입하는 부분에 흰색 사각형의 검지 영역을 정의하고 차량의 특징을 추출하게 된다. 그림 6(a)에서 보는 바와 같이, 차량이 좌회전함에 따라 추적중인 특징들에서 하나의 특징이 잘못된 방향으로 추적 궤적을 갖게 된다. 이로 인해 그림 6(b)와 같이 다른 특징과의 거리가

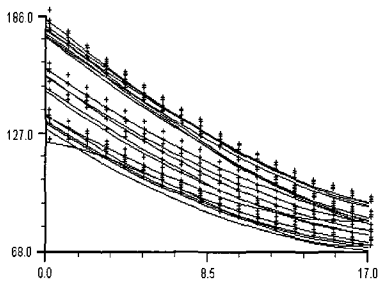
임계값  $GTH1$ 보다 클 때까지 하나의 차량으로 그룹핑되는 오류가 발생하고 있다. 여기서  $GTH1$ 의 값은 차량의 크기 정도를 나타내는 수치인  $3m$ 로 정하였다. 그림 6(c)는 그림 6(a)의 차량에 속하는 특징 궤적을



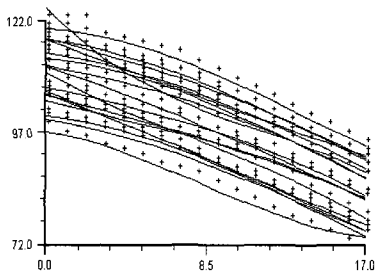
(a)



(b)



(c) (a)의 추적차량의 x축 방향의 특징궤적

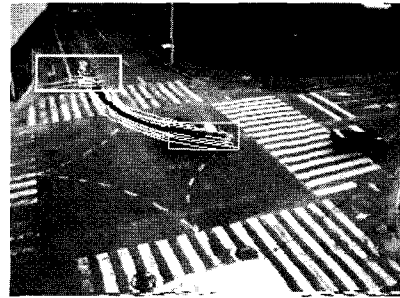


(d) (a)의 추적차량의 y축 방향의 특징궤적

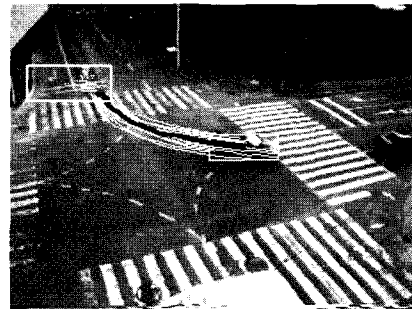
그림 6. 좌회전 차량에 대한 특징의 위치정보를 이용한 그룹핑 방법의 추적결과

Fig. 6. Tracking of Grouping using Spatial Information on Traffic Scene with left-turning Vehicle.

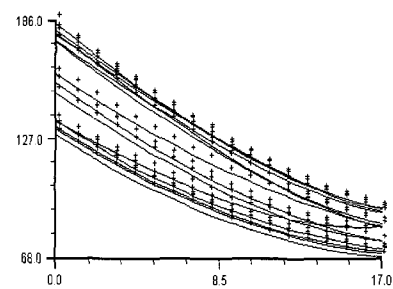
프레임 시간  $t$ 에 따른 x방향의 궤적을 + 표시로 나타냈고, 이들 궤적을 3차 방정식으로 근사화한 곡선을 실



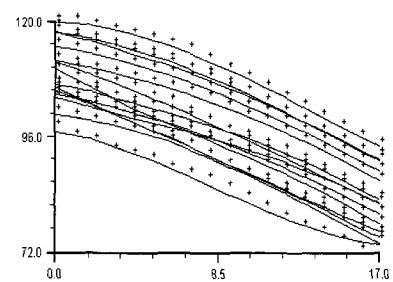
(a) Frame #100



(b) Frame #107



(c) (a)의 추적차량의 x축방향의 특징궤적



(d) (a)의 추적차량의 y축 방향의 특징궤적

그림 7. 좌회전 차량에 대한 특징의 위치정보 및 궤적 정합을 이용한 그룹핑 방법의 추적결과

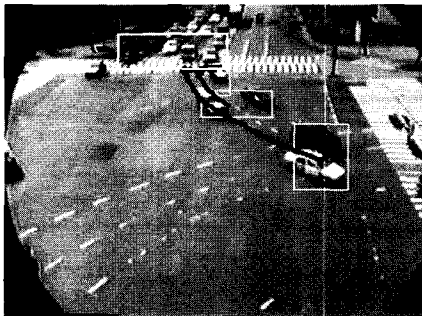
Fig. 7. Tracking of Grouping using Spatial Information and Trajectory Matching on Traffic Scene with left-turning Vehicle.

선으로 나타내었다. 이때 근사된 결과를 보면, 대부분의 궤적 형태가 유사하지만 하나의 궤적의 형태가 다름을

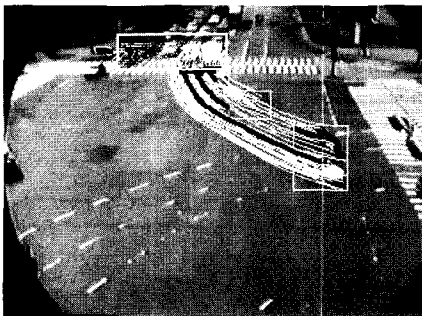
알 수 있다. 그림 6(d)의 y축에서의 궤적 결과를 보면 역시 하나의 특징이 다른 궤적 형태를 가짐을 알 수 있다.

그림 7은 그림 6에서 사용한 같은 영상에 대해 위치 정보와 궤적 정합을 이용한 그룹핑의 추적 결과를 나타낸다. 그림 7(a)에서 보는 바와 같이, 다른 형태를 갖는 궤적은 식 (15)의 궤적 정합값이 임계값  $GTH2$ 보다 작기 때문에 그룹에서 분리되고, 분리된 궤적은 잡음 궤적으로 간주하여 제거된다. 여기서 사용되는  $GTH2$ 는 0.3이다. 따라서 그림 7(b)와 같이 성공적인 그룹핑을 갖는 차량 추적 결과를 얻었다. 그림 7(c)과 그림 7(d)는 그림 7(a)의 차량에 속하는 특징 궤적을 프레임 시간에 따른 x와 y방향의 궤적을 + 표시로 나타냈고, 이들 궤적을 3차 방정식으로 근사화 한 곡선을 실선으로 나타내었다. 이때 근사된 결과를 보면 잡음 궤적이 제거되었음을 알 수 있다.

그림 8은 추적중인 차량이 근접하거나 부분적으로 겹침이 일어나는 경우에 특징의 위치 정보만을 이용한



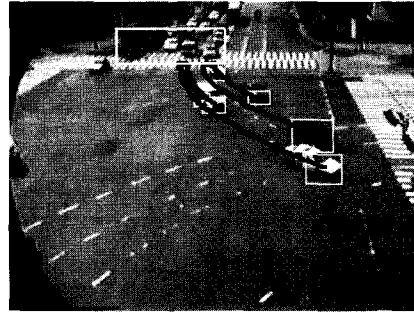
(a)



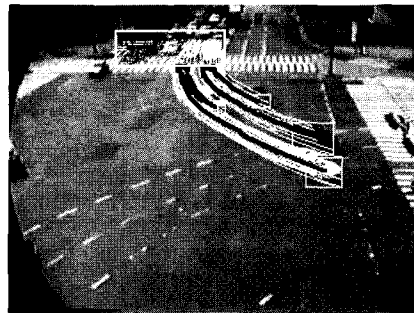
(b)

그림 8. 부분 겹침 또는 근접한 차량들에 대한 특징의 위치정보를 이용한 그룹핑

Fig. 8. Tracking of Grouping using Spatial Information on Traffic Scene with Partial Occlusion and Neighboring Condition.



(a)



(b)

그림 9. 부분 겹침 또는 근접한 차량들에 대한 특징의 위치정보 및 궤적정합을 이용한 그룹핑

Fig. 9. Tracking of Grouping using Spatial Information and Trajectory Matching on Traffic Scene with Partial Occlusion and Neighboring Condition.

실험 결과이다. 그림 8(a)는 이웃하는 차량들 및 부분 겹침이 일어나는 차량들은 오버그룹핑 오류가 발생하여 각각 2대의 차량을 하나의 차량으로 간주하여 추적하게 된다. 그림 8(b)는 같은 실험 결과에 특징 궤적을 포함하여 나타낸 결과이다.

그림 9은 그림 8 실험에 사용된 같은 영상에 대해 제안된 방법을 이용한 실험 결과이다. 그림 9(a)는 이웃하는 차량들이나 부분 겹침이 일어나는 차량들은 궤적 정합에 의해 오버그룹핑 오류가 해결되어 개별적인 차량들을 성공적으로 추적하게 된다. 그림 9(b)의 특징 궤적을 포함하여 나타낸 결과를 보면, 그림 8의 결과에서 오버그룹핑을 일으키는 궤적들의 근사화 계수 중 상수 계수  $a_0$ 의 차이가 커지기 때문에 분리됨을 알 수 있다.

그림 10은 야간 차량에 대한 제안된 방법의 추적 결과를 보여준다. 특히, 야간의 경우 차량의 불빛에 의해 잡음 궤적이 많이 발생하였으나, 궤적 정합에 의해 제거되고, 주로 전조등 부분을 안정되게 추적함을 알 수

있다.

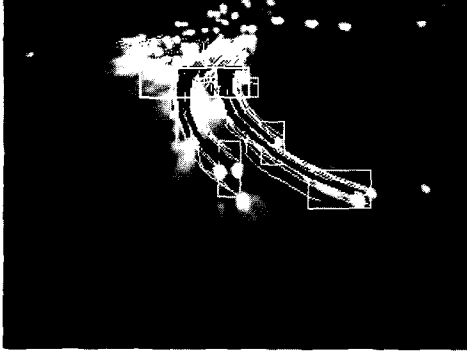


그림 10. 야간차량에 대한 추적결과  
Fig. 10. Tracking of Night Traffic Scene.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 새로운 그룹핑 방법을 이용한 특징 기반의 실시간 차량 추적 시스템을 제안하였다. 특징 추출을 위해 꼭지점 추출 영상처리 기법을 적용하였고, 실시간에 추적에 적합한 선형 칼만 필터를 추적 알고리즘으로 이용하였다. 특히, 그룹핑 단계에서는 특징의 일시적인 궤적 변화가 있어도 전체적인 궤적의 형태는 비슷한 성질을 이용하여 특징점들의 전체적인 움직임 궤적 정보를 이용한 새로운 그룹핑 방법을 적용하였다. 교차로에서 취득한 여러가지 영상을 사용한 실험 결과에서, 제안된 그룹핑 방법은 궤적 정보를 효과적으로 이용하여 분리되어 있던 차량들이 근접하거나 또는 부분 겹침이 일어나는 경우에 매우 효율적인 그룹핑을 얻을 수 있었다

#### 참 고 문 헌

- [1] 황상호, 강동윤, "영상검지기 실용화 검증 및 확대 방안에 대한 연구," 제2회 교통과학연구발표회, pp. 95-112, 1997. 4
- [2] K.D. Baker and G.D. Sullivan, "Performance Assessment of Model-based tracking," *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp. 28-35, 1992.
- [3] M. Kilger, "Video-based Traffic Monitoring," *Proc. of 4th International Conference on Image Processing and Its Applications*, pp. 89-92, April 1992.
- [4] N. McFalane and C. Scholfield, "Segmentation and Tracking of Piglets in Images," *Machine Vision and Application*, Vol. 8, pp. 187-193, Oct. 1995.
- [5] R. Rosales and S. Sclaroff, "Improved Tracking of Multiple Humans with Trajectory Prediction and Occlusion Modeling," *IEEE Conf. On Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.127-134, June 1998.
- [6] Y.K. Jung and Y.S. Ho, "Robust Vehicle Detection and Tracking for Traffic Surveillance", *Picture Coding Symposium*, pp. 227-230, April 1999.
- [7] J. Malik and S. Russell, "A Machine Vision Based Surveillance System for California Roads," *PATH Project MOU- 83 Final Report*, University of California, Berkeley, 1994.
- [8] D. Beymer, P. McLauchlan and J. Malick,, "A Real-time Computer Vision System for Measuring Traffic Parameters," *Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 496-501, 1997.
- [9] W. Forstner and E. Gulch, "A fast operator for detection and precise location of distinct points, corners, and centers of circular of features," *Proc. of the Intercommission Conf. on Fast Processing of Photogrammetric Data*, pp. 281-305, 1987.
- [10] B.S.Y.Rao, H.F Durrant-Whyte and J.A. Sheen, "A Fully Decentralized Multi-Sensor System For Tracking and Surveillance," *The International Journal of Robotics Research*, Vol. 12, No. 1, pp.20-44, Feb. 1993.
- [11] A. M. Tekalp, *Digital Video Processing*, Prentice Hall, 1993.
- [12] 정영기, 호요성, "차량의 영상추적을 통한 지능적인 교통정보 추출 알고리즘," *Telecommunication Review*, 1999. 8월호
- [13] R. Jain, R. Kasturi and B. Shunk, *Machine*



Vision, McGraw-Hill, 1995.

[14] Y.K. Jung and Y.S. Ho, "A Feature-based Vehicle Tracking System in Congested Traffic

Video Sequences", IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia, October 2001.

저 자 소 개



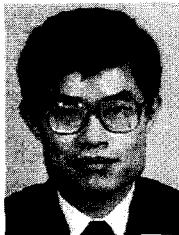
程 泳 基(正會員)

1986년 서울대학교 전기공학과 학사. 1994년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사. 1997년~현재 광주과학기술원 정보통신과 박사과정. 1986년~1998년 LG산전 연구소 선임 연구원. 1999년~현재 호남대학교 컴퓨터공학과 조교수 재직. 연구분야 : 영상신호 처리 및 압축, 움직임 추적, 내용기반 비디오검색, 교통영상감시



程 堯 盛(正會員)

1981년 서울대학교 전자공학과 학사. 1983년 서울대학교 전자공학과 석사. 1983년~1995년 한국전자통신연구소 선임연구원. 1989년 University of California, Santa Barbara Dept. of Electrical and Computer Engr. 박사. 1990년~1993년 미국 Philips 연구소 Senior Research Member. 1995년~현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 부교수. 연구분야 : 디지털 신호처리, 영상신호처리 및 압축, 초저속 영상통신, 디지털 및 고선명 TV방식, 멀티미디어 통신, 교통영상감시



趙 泰 勳(正會員)

1981년 서울대학교 전자공학과 학사. 1983년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사. 1991년 Virginia Polytechnic Institute & State University 박사. 1991년~1992년 VPI&SU Research Scientist. 1992년~1998년 LG산전 연구소 책임/수석 연구원. 1998년~현재 한국기술교육대학교 정보기술공학부 조교수. 연구분야 : 컴퓨터비전, 영상처리 및 해석, 패턴인식, 신경망