

컴퓨터 비전 기술을 기반으로 한 자동 차량 감시 시스템 연구

정하영*, 최종환**, 최영규***, 김현열****, 김태우*****

A Study on the automatic vehicle monitoring system based on computer vision technology

Ha-Young Cheong*, Chong-Hwan Choi**, Young-Gyu Choi***,

Hyon-Yul Kim****, Tae-Woo Kim*****

요약 본 논문은 컴퓨터 비전 기술을 기반으로 자동 차량 감시 시스템을 제안하였다. 실시간 주행표시 시스템은 ITS의 필수 요건을 충족하면서, 자동 감시제어가 가능한 시스템이다. 이러한 장점은 확실한 자동차 추적에 대해 주요 장애물 처리 시스템 적용할 경우, 움직이는 물체에 대한 그림자 추적이다. 추적 차량 이미지에서 모든 종류의 정보를 획득하기 위해 차량을 확실하게 감시 화면에 나타나게 하였다. 시간이 지남에 따라 차량을 정밀 추적 제어 할 필요가 있고, 입체 모델 기반 접근 방식 또한 필요한 방식으로 적용하였다. 일반적으로 개체 또는 와이어 프레임 모델의 골격에 의해 차량의 각각의 유형을 나타내었고, 시스템이 실시간 실행되지 않더라도 차량 제적은 3D기반 방식에서 높은 정밀도로 측정 될 수 있다는 점을 보여 준다. 본 논문에서는 차량, 배경, 그림자에 적용 가능하고, 도로 교통 감시의 시스템을 분할 방법을 역시 적용하였다. 과속 자동차의 속도 추적을 통해 낮은 레벨의 차량제어 추적기의 유효성 역시 실행 하였다. 결론에서 개발된 추적 제어 시스템에서 향상된 자동차 추적의 방법을 개선하고자 하였으며 고속도로 감시제어 시스템을 개발하고자 하였다.

Abstract In this paper, we has proposed an automatic vehicle monitoring system based on computer vision technology. The real-time display system has displayed a system that can be performed in automatic monitoring and control while meeting the essential requirements of ITS. Another advantage has that for a powerful vehicle tracking, the main obstacle handling system, which has the shadow tracking of moving objects. In order to obtain all kinds of information from the tracked vehicle image, the vehicle must be clearly displayed on the surveillance screen. Over time, it's necessary to precisely control the vehicle, and a three-dimensional model-based approach has been also necessary. In general, each type of vehicle has represented by the skeleton of the object or wire frame model, and the trajectory of the vehicle can be measured with high precision in a 3D-based manner even if the system has not running in real time. In this paper, we has applied on segmentation method to vehicle, background, and shadow. The validity of the low level vehicle control tracker was also detected through speed tracking of the speeding car. In conclusion, we intended to improve the improved tracking method in the tracking control system and to develop the highway monitoring and control system.

Key Words : Computer vision, Automatic traffic, HMM based segmentation method, Real-time, Robust car image plane, Ground plane

*Head of research center, Corporation e-oasis

**Department Aerodefense&Information Communication, Daeduk College

***Department of Computer Engineering, Korea National University of Transportation

****Department of Automotive Engineering, Osan University

*****Corresponding Author : Korea Polytechnic III (kimtw@kopo.ac.kr)

Received March 06, 2017

Revised March 20, 2017

Accepted April 11, 2017

1. 서론

시각 정보 이용방법은 여러 상황을 파악하기 위한 가장 적합한 방법이며, 컴퓨터 비전 기술을 기반으로 한 자동 차량 감시는 수 년 동안 연구해 오고 있으며, 최근에는 ITS (지능형 교통 시스템)을 이용한 정보 획득에 초점을 맞추고 있다. 시스템에서 필요한 기능 중 한 가지는 혼잡한 도로에서 특별한 문제를 사전에 운전자에게 경고하는 것이며, 이러한 시스템은 실시간 교통 상황에서 견고하게 작동할 필요가 있다[1-5]. 본 논문은 시각 추적 기술에 기초하여 고속도로 감시 시스템을 제안하고자 한다. 이 시스템은 실시간으로 움직이는 물체의 추적 방해 요소 중 하나인 그림자에 강인하며, 교통 정보의 다양한 ITS 제공을 목적으로 고속도로 감시 시스템은 다음과 같은 작업을 수행해야 한다.

차량 이미지에서 모든 종류의 정보를 획득하기 위해, 감시 화면에서 시간이 지남에 따라 차량을 확실하게 추적 할 필요가 있다. 입체 모델 기반 접근 방식은 일반적으로 개체 또는 와이어 프레임 모델의 골격에 의해 차량의 각 유형을 나타내고, 시스템이 실시간 실행되지 않더라도 차량의 궤적은 3D 기반 방식에서 높은 정밀도로 측정될 수 있다는 점을 보여 주어야 한다. 이 방법의 단점은 도로에서 추적할 수 있는 모든 차량에 대해 매우 상세한 모델에 대한 의존도이다. 한편, 영역 기반 추적의 개념은 접속 영역으로서 각각의 차량 모델에 이미지를 식별하고, 상호 상관 계수 등의 기술을 이용하여 시간의 경과를 추적하는 것이다. 이 방법의 기본적인 아이디어는 객체의 경계 형상의 표현을 생성하는 것이며, 윤곽 기반 표현의 장점은 계산의 복잡성 감소이다. 페리어는 실시간으로 실행되는 활성 윤곽선 기반 차량 추적 장치를 내장하고 있으나, 차량이 유사한 특징을 가지고 있기 때문에, 특징으로 그룹을 나누는 것은 어렵다. 그룹화 프로세스는 같은 속도, 가속도 및 차선 커브가 같은 움직임 파라미터를 사용하여 차량을 구별하는 것이다[6-14].

본 논문에서 고속도로 감시 시스템은 기본적으로 지역 기반의 접근 방식에 속하는 낮은 수준의 자동차 추적기 분할 방법을 이용한다. 움직이는 물체의 그림자, 특히 차량의 그림자는 기존의 이미지 분할 기법 (배경 차감 또는 프레임 간 분화)을 사용하여 그림자를 제거하기 어려우나, 이 방법은 하나의 HMM 통해 그림자뿐만 아니라 차량 및 배경을 모델링함으로써 상당히 이 문제를 완화할 수 있다. 기본적인 아이디어는 분할하는 방법을 추가하고, 이미지와 바닥사이에 정교한 4개의 점의 대응에 기초하여 차량의 데카르트 궤적을 실시간으로 교정하는 것이다. 이전 작업까지는 그림자가 추적 과정을 방해하는 장애물 중 하나였으나, 차량(F), 배경(B)과 그림자(S) 등의 세 가지 세그먼트의 범주로 차량 화면의 각 영역에서 이미지를 사용한다. 첫 번째로 HMM은 일정 시간 동안 특정 카테고리에 속하는 특성을 포함하는 것이 적합하고, 시간적 연속성의 사용은 시스템의 세그먼트의 성능을 향상시킨다. 둘째, HMM에 평범한 화면에서 모델 매개 변수를 사용할 수 있다. 본 논문은 시각 추적 기술에 기초하여 기본 고속도로 감시 시스템을 제안하고자 한다. 실시간으로 움직이는 물체의 추적의 방해 요소 중 하나인 그림자에 강인하고 다양한 ITS의 교통 정보 제공을 목적으로 고속도로 감시 시스템을 개발하고자 한다.

2. 공간 정보와 상태 평가

기존의 방법은 시간 축에 따라 이웃하는 영역에 위치 한 이미지 시퀀스의 각 영역의 위치를 독립적으로 이전 섹션 모델에 기재하는 방법이다. 추적의 관점에서 실시간으로 연결된 영역 밖의 차량이 중요하기 때문에 HMM기반의 분할 방법에 HMM 영역 중 근접한 상황을 도입하여 이 문제를 해결한다. 구체적으로 추적 관찰에서 주어진 최적의 상태를 선택하기 위한 기준으로 공간 정보를 통합한다.

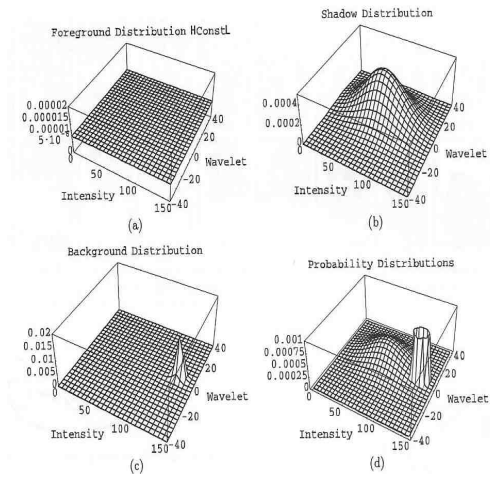


그림 1. 하나의 지역에서 S_b, S_s, S_f 에 의해 학습된 확률 분포; (a) 배경, (b) 그림자, (c) 차량, (d) 종합.
Fig.1. Probability distributions are learned for S_b, S_s and S_f at one region location. (a) Background, (b) Shadow, (c) Foreground, and (d) The three put together.

채택된 기준은 다음과 같이 정의된다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{argmax} \{ \Pr(v_1, \dots, v_t, S_k \text{ at } t | \Omega) \\ \kappa \in \{b, s, f\} \cdot \Pr(S_{i,j} = S_k | S_{N_{i,j}}) \} \end{array} \right. \quad (1)$$

식 (1)은 시간 콘텍스트의 관점에서 시간 t 와 모델 Ω 에 주어진 과거 관측 $\{v_1, \dots, v_T\}$ 에서 고려된 상태의 결합 확률이다. 두 번째 조건은 지역의 이웃 N_{ij} (i, j)에서의 상태 설정 $S_{N_{i,j}}$ 를 주어진 확률 영역 (i, j)에서 S_k 인 상태의 확률을 의미한다. 확률은 다음과 같이 정의한다.

$$\Pr(S_{i,j} | S_{N_{i,j}}) \propto \exp(\kappa \theta(S_{i,j}; S_{N_{i,j}})) \quad (2)$$

κ 는 HMM 인접 영역들 사이에서 문맥 의존의 강도를 측정하는 파라미터를 나타낸다.

$$\begin{aligned} \theta(S_{i,j}; S_{N_{i,j}}) &= \sum_{(s,r) \in N_{i,j}^8} \frac{1}{16} I(i,k,s,r) \\ &+ \sum_{(s',r') \in N_{i,j}^{16}} \frac{1}{32} I(i,k,s',r') \end{aligned} \quad (3)$$

$$I(i,k,s,r) = \begin{cases} 1 & S_{i,j} = S_{s,r} \\ 0 & S_{i,j} \neq S_{s,r} \end{cases} \quad (4)$$

$N_{i,j}^8$ 와 $N_{i,j}^{16}$ 는 (i, j)지역의 8/16 거리에 있는 이웃이다. 식 (1)의 첫 번째는 실시간으로 상태 추정(분할)을 유도 할 수 있게 정의된다. 연결 영역의 순서와 차량의 상태 추정은 식 (1)에서 여러 번 반복한다. 그림 2에서 제시한 바와 같이 분할방법에 따라 추적 과정은 3가지의 조건을 포함한다. 그림 2의 조건 2는 추적을 시작하는 시스템의 재설정을 나타내고, 조건 3은 차량 추적에 대응하고, 조건 1은 관찰화면에 차량이 없을 때를 나타낸다. 그림 3은 테스트를 위해 좁은 지역을 통과할 때 차량이 추적되는 양을 보여주고 있으며 여러 차량이 동시에 추적될 수 있다.

그림 3의 이미지에서, 전경, 그림자와 배경은 각각 검정, 회색 및 흰색으로 표시되며, 전경 지역의 중심에 십자가는 객체가 락카에 의해 준수되고 있음을 의미한다.

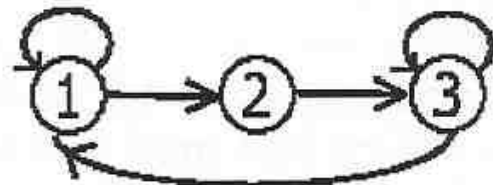


그림 2. 세 조건의 추적 방법 상태 및 재설정 방법
Fig.2. A three-condition tracking process and condition.

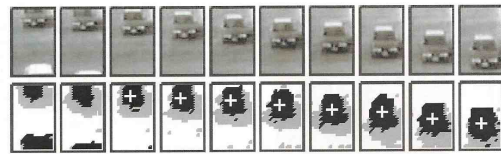


그림 3. 더 낮은 이미지를 기반으로 테스트를 위한 영역 기반 차량 추적
Fig. 3. Tracking a car over an area for testing based on the lower images

3. 지상 이동 차량 궤적정보를 획득

지상 이동 차량 궤적을 실시간으로 수집하여 차량 영역 위의 기둥에 배치하고 비디오카메라로 촬영해서 특정 형상을 제한해야 한다. 화면의 π 및 접지면 Π 사이 관점에서 차량의 동작을 모델링하기 위해 모든 광선이 공통 원점 (렌즈의 중심) 으로부터 발산되는 3D 공간에서 광선으로 하는 선 모델을 정의가 중요하다. 예를 들어 그림 4에서 D와 포인트 d가 해당 투시 변형점에서 두 평면이 교차한다. 이 관계는 선 공간의 좌표계를 변환함으로써 다른 한편으로부터 변환되는 단일 평면으로 π 및 Π 의 각을 고려하여 해석 될 수 있다. 그것은 R^3 의 광선의 회전 및 이방성 스케일링에 의해 π 과 Π 사이의 임의의 관계를 모델링하는 것이 가능하다. 회전 및 스케일링은 일반적으로 3×3 행렬 곱셈에 의해 표현 될 수 있다. 따라서 두 평면에 해당하는 모든 점 $x=(x_1, x_2, x_3)^T$ 와 $X=(X_1, X_2, X_3)^T$ 는 변환 행렬 $M=(m_{i,j}); i, j=1, 2, 3$ 에 의해 표현될 수 있다.

$$\lambda x = M \cdot X \tag{5}$$

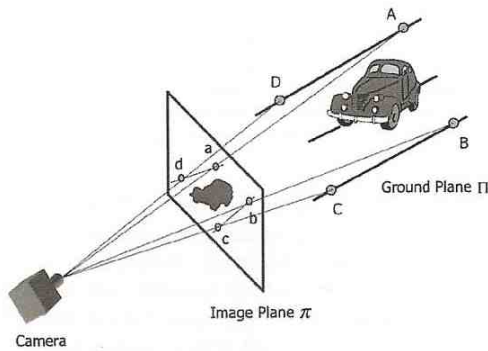


그림 4. 이미지 평면과 접지 평면을 기반으로 카메라 간의 기하학적 관계

Fig. 4. Geometrical relationship among the camera based on the image plane and the ground plane.

λ 는 스케일의 불확실성을 의미한다. 그 결과, 아홉 행렬 요소 중 여덟 개는 독립이다. 변환이 직교 좌표계에서 표현되는 경우, 각 지점에서의 평면, 즉

두 개의 직교 좌표 방정식을 제공한다.

$$L \cdot M = H \tag{6}$$

$$L = \begin{pmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_i & Y_i & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_i X_i - x_i Y_i \\ 0 & 0 & 0 & X_i & Y_i & 1 & -y_i X_i - y_i Y_i \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \tag{7}$$

$$M = (m_{11}, m_{12}, m_{13}, m_{21}, m_{22}, m_{23}, m_{31}, m_{32}, m_{33})^T \tag{8}$$

$$H = (\dots, x_i, y_i, \dots)^T \tag{9}$$

그 결과, 두 평면 사이의 투영적 형질 4 포인트 대응 관계는 고유 변환 행렬로 정의할 수 있다.

예를 들어, 이미지 점 A, B, C, D, 좌표 (0,0), (9,0), (9,54), (0,54) (단위 : m)이 있을 때, 화상 포인트 A, B, C, D, 좌표 (0,0), (117,0), (277,221), (-93,221) (단위 : 픽셀)으로 대응하고 차감공식에 대한 파라미터는 M으로 계산한다.

$$M = (0.0769231, 0.0323703, 0.0, 1.5546e-17, 0.772711, 0.0, -1.30337e-18, 0.00978458)$$

4. 실험 결과

이 시스템은 SGI 02 R12000 300S 엔트리인 수준의 데스크탑 워크스테이션에서 구현되고 60Hz의 (실시간) 필드 속도로 실행된다. 추적 과정은 광범위하게 테스트되었고 실제 고속도로에서 결과가 정확하게 분할하는 방법에 의해 배경 및 그림자 영역에서 차량을 구별 할 수 있음을 보여준다. 주위의 여러 통로는 실험에 대한 테스트 데이터를 획득하기 위해 CCD카메라 의해 촬영된다. 고속도로보다는 차도를 선택하는 이유는 자동차 속도계에 의해 지표 사실 정보를 얻는 것 편리하기 때문이다. 감시 영상은 관심 차량이 많은 지역의 고가도로에서 획득하며, 이 위치의 차량들은 바람에 흔들릴 수 있다. 새로운 위치의 카메라는 모델 파라미터와 새로운 관계가 요구된다. 아래의 실험 결과는 비디오로부터 1시간 주기로 얻어진다. 실험에 참여하는 임의의 차는 거의 일정한 속도로 카메라의 시야 내에 일정 영역을 통해 움직이도록 하고,

시작 부분에 위치한 30초 비디오 단편 모델 파라미터를 이용하여 학습하였다. 학습 순서와 시험 순서 사이의 시간 간격은 최대 한 시간이다. 변환 행렬에 알려지지 않은 요소는 그림 5에서 화면과 접지 사이에 4개의 점이 대응되도록 선택된다.

데카르트는 도로표식에 대한 지식에 의해 획득할 수 있는 좌표이다. 예를 들면 도로의 폭, 도로 중간의 길이 등이다. 반면, 상기 이미지 평면에 대응하는 점의 좌표를 쉽게 화면 위치에서 얻을 수 있다. 그림 6 (a)에서 보여준 카메라의 위치에서 이미지 포인트 A, B, C, D와 일치하는 a, b, c, d를 선택했다. 이들은 이전 섹션에서 설명한 동일한 좌표계를 갖는다. 상기 $m_{33} = 1$, 스케일 λ 를 제거하도록 설정함으로써, 다음의 프로젝션 변환 행렬이 계산된다.

$$M = \begin{Bmatrix} 0.0769231 & 0.0323703 & 0.0 \\ 1.5546e-17 & 0.772711 & 0.0 \\ -1.30337e-18 & 0.00978458 & 1.0 \end{Bmatrix} \quad (10)$$

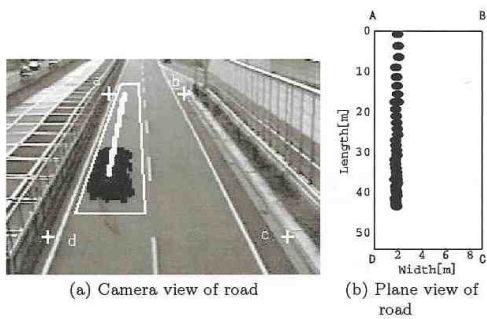


그림 5. 화상과 접지 평면 사이의 사영 변환법에 의한 계산된 차량 속도

Fig.5 Velocity of vehicles is calculated by the projective transformation between the image and ground planes

두 평면 사이의 변환은 프레임 수와 전경으로 분류된 지역의 이미지 변위에 따라 차량의 속도를 계산할 수 있다. 그림 5 (a)는 HMM (50)의 길이 영역 (사다리꼴)을 통해 추적되는 대상 자동차를 표시하고, 각 영역은 4×4 픽셀 크기를 갖는다.

영상과 지상 모두에서 검출된 차량의 궤적과 전경 지역의 센터는 그림 6 (a)와 (b)에 표시된다. 자동차가 이미지 위치의 215프레임 $x_w = 1.9365$, $y_w = 0.765224$ ($x_i = 25$, $y_i = 1$)에서 처음으로 발견되고 317프레임 $x_w = 1.85474$, $y_w = 43.4484$ ($x_i = 1$, $y_i = 12$)에서 발견되었다. 이것은 3.4초 동안 42.753482미터를 이동한 것이다. 다섯 번의 출연에 대한 두 차의 예상 속도는 표 1과 같다.

표 1. 통계 요약

Table 1. Statistics summary

No.	AV (km/h)	V (km/h)	GT (km/h)
	Error Rate (%)	Error Rate (%)	
1	45.2095	44.9735	45
	0.4566	0.0589	
2	50.83	50.5531	48
	5.8958	5.3190	
3	45.21	45.1455	42
	7.6429	7.4893	
4	47.8271	47.9606	47
	1.7598	2.0438	
5	43.1123	42.6832	42
	2.6483	1.6266	

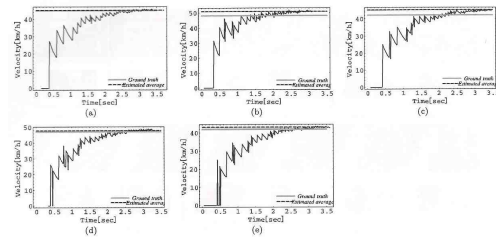


그림 6. 각 필드에서 차량의 예상 속도. (a) - (e)는 감시에 대한 관심의 영역이며, $t = 0$ 은 추적기 상태
Fig. 6 Estimated velocity of vehicles at each field. (a)-(e) correspond to interest for surveillance. $t=0$ means the moment the tracker catches the target.

자동차 속도계에서 지표면의 상태는 마지막 열에 표시된다. 추정 속도 및 지표면 사이의 오류 비율은 각 근사 값 아래로 나열되어 있으며, 사영 변환에서 요인의 근사치는 표 1에서 보여주며, 결과적으로 자동차 속도 추정을 위한 좋은 정밀도를 보여준다. 또한 시간이 지남에 따라 속도가 어떻게 변하는지를 그래프에서 추정 속도를 이용하여 구분할 수 있다. 이 추적기는 그림 6에서와 같이 추

적 대상을 잡는 것을 2초 후에 관찰할 수 있으며, 이 시스템은 차량의 속도를 추정하고 지표면에서 수렴하는 것을 알 수 있다. 이것이 그림 6의 (b)에서 차량의 무게 중심이 처음에는 큰 간격으로 분포하여 검출된 이유이다. 추적 영역을 선택할 때 이러한 사실은 고려 될 수 있다. 이 방법의 특징은 그림자를 제외하고 차량을 추적하는 능력이 있다는 것이다.

그림 7에서 두 가지 예를 보여준다. 오른쪽 차선의 대상 자동차와 왼쪽 차선의 트럭에 독립적인 그림자로 시간이 지나면서 안정적으로 추적한다. 예에서 왼쪽과 오른쪽 차선에 양쪽 차량은 뚜렷하게 구별된다. 일부 고전적인 방법은 트럭을 감지할 수 있지만 그림자 때문에 차량을 놓칠 수도 있다. 이 차량의 시스템에 의해 추정된 속도는 손으로 화면에서 측정된 속도와 완전히 일치한다. 이러한 결과는 이 방법이 그림자 차량의 속도를 추정하는 데 효과적임을 시사한다. 일부 실제 트래픽 모니터링 시스템은 그림자에서 차량을 구분하지 못한다. 여기에서 보여주는 것은 그림자에서 전경 객체가 얼마나 중요한 구별 인자임을 제공해주는 것이며, 따라서 정확한 교통 정보를 취득할 수 있다.

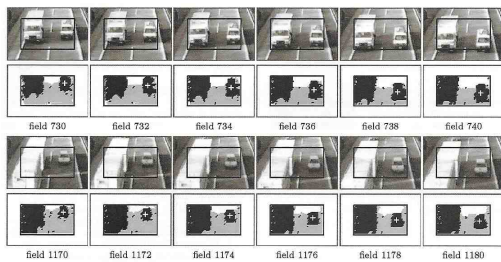


그림 7. 노이즈 부분인 그림자를 제외한 추적 자동차의 두 가지 예시.

Fig. 7. Two examples of tracking cars excluding shadows via image noise parts.

5. 결론

본 논문에서 차량, 배경, 그림자를 적용하여 도로 교통 감시의 시스템을 분할하는 방법을 제시하

였으며, 자동차의 속도를 추적하는 낮은 레벨의 차 추적기의 유효성을 검사하였다. 이러한 관점에서 자동차 추적 방법을 확장했으며 고속도로 감시 시스템을 개발하였다. 본 논문은 첫째, 상태 추정 단계로 각 시간 단위에서 HMM 영역 중 도로에 인접하는 것들을 통합하였으며, 이러한 분할 방법은 성능을 개선 할뿐만 아니라 접속 영역에서 차량을 발견하는 것을 가능하게 한다. 둘째, 일반적으로 도로 표식에서 얻어지는 4개의 대응점을 이용하여 지상에서 이동하는 차량의 속도를 계산할 수 있고, 지표면의 자동차 속도계를 이용하여 여러 가지 실험 방법의 실제 효능과 그림자에 대한 방법을 확인하였다. 햇빛 조건은 항상 변화하기 때문에 변화의 종류에 대한 기본모델은 단순히 재학습 과정에 의해 달성 될 수 있다.

또한 제안한 시스템에서 중요한 역할을 하는 HMM 기반의 분할 방법은 초기에 높은 수준의 형상 기반 추적 프로세스에 대하여 낮은 레벨의 구성요소로 개발하고, 낮은 수준의 접근은 빠르고 강력하지만 차량 중심이 아닌 약간의 정보를 전달하므로, 추적기가 높은 수준의 모양과 움직임 모델을 포함하여 고차원의 공간에서 복잡한 변형을 수행할 수 있음을 의미한다.

또한 확률을 사용하는 것은 높은 수준의 윤곽 기반 추적에서 HMM 기반의 구성요소에 낮은 수준의 정보를 통합하는 것이며, 높은 수준의 전경 모델은 혼잡한 교통 상황에서 빛, 날씨, 등 각종 문제를 해결하고 시스템의 견고성을 향상시킨다.

REFERENCES

[1] K. Maeda, K. Onoguchi, K. Fukui, and Y. Taniguchi, "Computer vision application to ITS," J. IEICE, vol.83, no.3, pp.191-195, 2012.

[2] I.D. Reid, D.W. Murray, and K.J. Bradshaw, "Towards active exploration of static and dynamic scene geometry," IEEE Int'l Conference on Robotics and Automation,

San Diego CA, 2013.

[3] S. Takaba, "Significance of ITS and formation of its basic concept," J. IEICE, vol.83, no.7, pp.528-530, 2014

[4] S. Yun, H. Son, Y. Rhee, "A Study of Intelligent Head Up Display System for Next Generation Vehicle," The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, No. 4, Vol. 1, pp.23-31, 2011.03

[5] H. Park, "Vehicle Tracking System using HSV Color Space at nighttime," The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, No. 8, Vol. 4, pp.270-274, 2015.08

[6] K.D. Baker and G.D. Sullivan, "Performance assessment of model-based tracking," Proc. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp.28-35, Palm Springs, CA, 1992.

[7] S. Rowe and A. Blake, "Statistical mosaics for tracking, 5, Image and Vision Computing, vol. 14, pp.549-564, 1996.

[8] L.E. Baum, T. Petrie, G. Soules, and N. Weiss, "A maximization technique occurring in the statistical analysis of probabilistic functions of Markov chains, J. Ann. Math. Stat., vol.41, no.1 ,pp.164-171, 1970.

[9] A. Blake and M. Isard, Active contours, Springer, 1998.

[10] A.P. Dempster, N.M. Laird, and D.R. Rubin, "Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm," J.R. Stat. Soc., B 39, pp. 1-38, 2006.

[11] S. Kamijo, Y. Matsushita, K. Ikeuchi, and M. Sakauchi, "Occlusion robust tracking utilizing spatio-temporal Markov Random Field model," IEICE Trans. Inf. & Syst. (Japanese Edition), vol.J83-D-II, no.12, pp.2597-2609, Dec. 2008.

[12] J. Kato, T. Watanabe, and M. Yoneda, "HMM-based back-ground-object-shadow separation for traffic monitoring movies, " Trans. IPS Japan, vol.42, no.1, pp.1-15, 2009.

[13] J. Kato, T. Watanabe, S. Joga, J. Rittscher, and A. Blake, "An HMM-based segmentation method for traffic monitoring movies," IEEE Trans. Pattern Anal. & Mach. Intell., vol.24, no.9, pp.1291-1296, 2009.

[14] J. Li, A. Najmi, and R.M. Gray, "Image classification by a two-dimensional hidden Markov model," IEEE Trans. Signal Processing, vol.48, no.2, pp.517-533, 2010.

저자약력

정 하 영(Ha-Young Cheong) [중심회원]



- 1984년 2월 : 경기대학교 산업공학과 (공학사)
- 2010년 8월 : 가톨릭관동대학교 전자통신공학과 (공학박사)

<관심분야> 실시간 인식 및 추적 시스템

최 중 환(Chong-Hwan Choi) [중심회원]



- 1978년 2월 : 명지대학교 전자공학과 (공학사)
- 1980년 2월 : 명지대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1993년 8월 : 명지대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1988년 현재 : 대덕대학교 향공정보통신학과 교수

<관심분야> 신호 처리, 빅데이터

최 영 규(Young-Gyu Choi) [중신회원]



- 1983년 2월 : 청주대학교 전자공학 (공학사)
- 1986년 7월 : 중앙대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1995년 8월 : 청주대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1991년 5월 ~ 현재 : 한국교통대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야> IT 융합 시스템 설계

김 현 열(Hyon-Yul Kim) [중신회원]



- 2006년 2월 : 가톨릭관동대학교 교육대학원 공업교육전공 (공학석사)
- 2016년 2월 : 가톨릭관동대학교 전자통신공학과 (공학박사)
- 2016년 3월 : 오산대학교 자동차과 교수

<관심분야> 영상처리, 신호처리시스템

김 태 우(Tae-Woo Kim) [중신회원]



- 1997년 2월 : 한국해양대학교 선박운항시스템공학 (공학사)
- 2006년 2월 : 가톨릭관동대학교 교육대학원 공업교육전공 (공학석사)
- 2011년 2월 : 가톨릭관동대학교 대학원 전자통신공학과 (공학박사)
- 2001년2월~2006년 2월 : 한국산업인력공단 근무
- 2006년3월~현재 : 한국폴리텍 III 대학 자동차과 교수

<관심분야> 영상처리, 신호처리시스템