

스테레오 비전 시스템 기반 도로 표지판의 효율적인 추적 및 인식

최창원^{*}, 박순용

경북대학교 전자전기컴퓨터학부^{*}, 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부

choi408@vision.knu.ac.kr, sympark@knu.ac.kr

요약

본 논문에서는 도로 상황을 나타내는 표지판들에 대한 정보를 다룬다. 도로 상황에 대한 표지판이라 함은, 일반적인 교통 표지판뿐만 아니라 돌발 장애물, 도로 공사에 대한 안전 운행표지판까지 포함한다. 운전자를 보다 안전하게 하는 이러한 신호들은 매우 중요하다. 우리는 이 신호들을 탐지하고 인식 및 추적하며 거리정보를 구함으로써 보다 안전하고 쉬운 운전을 돕는 시스템을 제공한다. 우리의 시스템에선 색상정보를 통한 탐지만만 아니라 SVM학습기로 표지판을 인식하고 인식율을 높이기 위한 과정과 향상된 수행속도를 위한 추적과정에 중점을 두었다. 추적은 카메라의 모션정보를 통한 변환행렬을 이용하여 현재 표지판 좌표를 다음 프레임의 표지판 좌표를 예측하고 표지판 3차원 좌표를 바탕으로 예측 좌표를 보정한다.

1. 서론

차량 기술의 스마트화로 무인 자동차와 네비게이션 시스템 및 차량의 전 후방 장애물 탐지 기술이 새로운 개발 분야로 떠오르고 있다. 그러나 자동차 기술의 발전에도 불구하고 운전자의 부주의로 인해 많은 사고들은 일어난다. 이러한 사고를 줄이기 위해서 운전을 도울 수 있는 기술이 필요하다. 도로 표지판 정보는 간단하지만 운전자에게 도로 상황에 따른 위험 상황이나 특이 사항을 알려 줌으로써 예상치 못한 사고에 대해 미리 대비하는 중요한 정보를 준다. 도로 표지판을 우리 시스템에서 탐지하고 인지하여 알려줌으로써 운전자가 새롭게 경각심을 가져 안전사고에 대해 도움을 주도록 한다.

현재 도로 상황에서 도로 표지판을 탐지하고 인식하는 많은 연구들이 진행되고 있다. 색상 정보를 이용하여 도로 표지판을 탐지하고 다양한 학습기를 통해 인식하는 방법으로 도로 표지판 정보를 얻을 수 있다[1][2][3]. 그러나 날씨 환경의 변화로 인한 색상 정보의 불안정성과 장애물로 인한 가려짐에 의해 도로 표지판을 발견하지 못하는 문제점이 있다. 과거 객체 좌표계와 카메라 좌표계 사이의 변환 행렬을 이용하거나 3D-2D 점 대응을 이용한 추적을 수행한 사례가 있다[4][5]. 우리는 이전 프레임에서 찾아진 정보를 토대로 표지판 추적을 수행하여 보다 환경에 강건하고 빠르게 정확한 시스템을 구축하였다. 본 논문의 시스템은 5단계로 구성되어 있다. 먼저 HSI 공간으로 룩업 테이블을 이용한 색상 정보의 구분을 하고 Canny 알고리즘을 이용한

엣지 추출과 객체의 라벨링(Labeling)을 수행한다. 그리고 후보군의 템플릿 정합과 SVM(Support Vector Machine)을 통한 인식과정이 수행되고 스테레오 정보를 이용한 객체의 3차원 정보 계산 후 추적 클래스를 구성하여 객체를 추적하게 된다[6].

2. 도로 표지판의 인식 및 추적

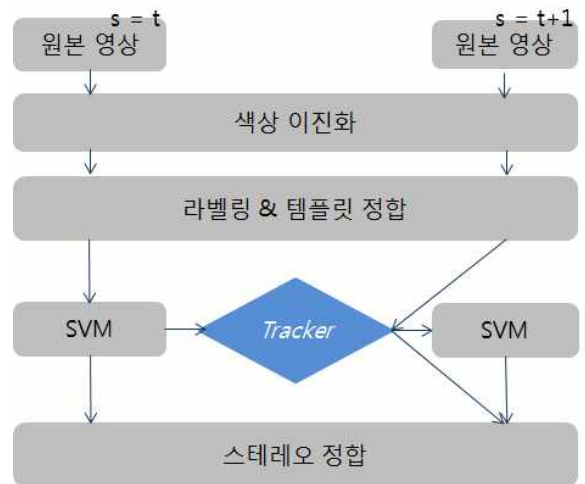


그림 1. 전체 알고리즘

표지판을 인식과 추적을 위해서는 먼저 표지판의 발견 과정이 먼저 수행되어야 한다. 차량의 스테레오 카메라를 장착하여 이미지를 획득하고, 색조, 채도, 밝기인 HSI 컬러 공간에서 이진화한다[6]. 그리고 라벨링과 삼각형, 원형, 역삼각형등의 템플릿을 간단한 정합으로 후보군을 획득한다. 후보군들을 사전에 학습된 SVM의 학습 데이터를 사용하여 참

된 후보군을 찾을 수 있다.[7] 그리고 스테레오 카메라의 PPM(Perspective Projection Matrix)을 구하여 객체의 중심값을 SAD방법으로 3차원 좌표를 계산한다. 이 객체들은 Tracker 구조체에 저장되어 다음 프레임에서 같은 객체를 찾을 때 사용한다. 그림 1에서 t 시간과 t+1 시간사이의 전반적인 알고리즘 흐름도를 확인할 수 있다.

2.1 색상 정보를 이용한 영상 이진화

RGB 컬러 공간의 영상을 HSI 컬러 공간으로 전환한다. 일반 표지판과 임시 공사 표지판과 같은 부분을 인식하기 위해 색조값과 채색, 무채색을 구분하는 식을 이용하여 이진화한다. 식 1에서 f의 값이 1보다 클 경우 채색으로 간주하고 나머지 부분은 무채색임으로 필터링된다. 색조 값은 0° ~ 360° 범위에서 0 ~ 40°, 330° ~ 360°으로 설정한다.

$$f = \frac{|R - G| + |G - B| + |B - R|}{60} \quad \text{식 1.}$$

2.2 라벨링 및 템플릿 정합

전 과정에서 이진화된 영상에서 라벨링을 통하여 후보군을 설정한다. 이는 이진화 영상을 0과 1로 두었을 때 1로 인접한 화소에 모두 같은 번호(Label)를 붙이고 연결되지 않은 다른 성분에는 다른 번호를 붙이는 과정이다. 이렇게 같은 번호로 설정된 부분들을 객체로 설정한다. 이 객체들과 표지판 형태인 원형, 삼각형, 역삼각형 등의 템플릿 영상을 정합하여 객체가 교통 표지판인지를 기초 단계 처리한다. 템플릿 정합 방법으로는 이진화된 영상의 객체 크기를 템플릿 영상 크기와 맞춘 뒤 밝기 값 차이를 통해 결정된다. 그림 2에는 정합하는 템플릿 틀이다.

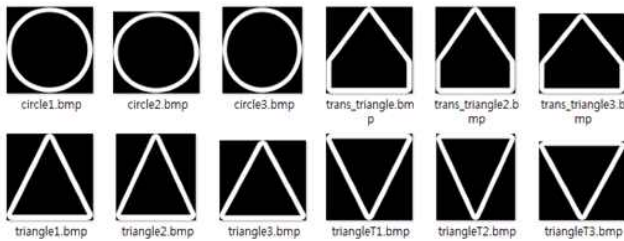


그림 2. 객체 선별을 위한 템플릿

2.3 표지판 인식

표지판 인식은 SVM에서 사전에 학습된 데이터를 통하여 객체가 표지판인지 다른 장애물인지를 인식할 수 있다. SVM이란 기본적으로 두 범주를

갖는 관측값들을 분류하는 방법으로 객체가 필요한 정보인지 아닌지를 구분하기 위한 함수로 객체를 positive와 negative로 인식할 수 있다. 본 논문에서는 실제 촬영한 표지판들과 환경 이미지를 학습 데이터로 두어 표지판들은 positive로, 환경요소들은 negative로 설정한다. 학습을 할 때 특징 요소로는 이미지의 밝기값으로 설정하고 학습 데이터 사이즈는 80x80, positive이미지 수는 1000개, negative이미지 수는 2000개로 학습한다.

2.4 스테레오 정합

스테레오 정합은 표지판의 3차원 좌표(x,y,z)를 계산하기 위해 수행된다. 사전에 체스보드판을 사용하여 스테레오 카메라 보정을 수행하여 PPM을 계산한다. 여기에 좌, 우 영상에서 대응하는 객체의 좌표 값 x,y를 입력 값으로 함으로써 우리는 3차원 좌표를 계산할 수 있다. 본 논문에서는 좌 영상을 중심으로 표지판 객체를 추출하고 이 표지판 정보를 바탕으로 우 영상에서 ROI(Region of Interest)를 설정한다. 그리고 정합 방법 중 하나인 SAD방법으로 정합된 좌표를 구하여 이를 PPM에 적용하여 3차원 좌표를 계산한다.

2.5 표지판 추적

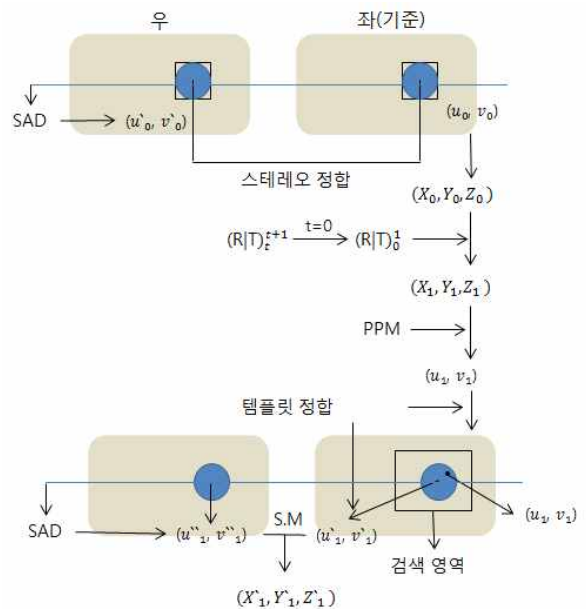


그림 3. 전체 추적 알고리즘

먼저 표지판 추적이 필요한 이유가 크게 두 가지가 있다. 첫 번째는 이전 프레임에서 찾았던 표지판이 현재 프레임에서는 표지판이 장애물에 의

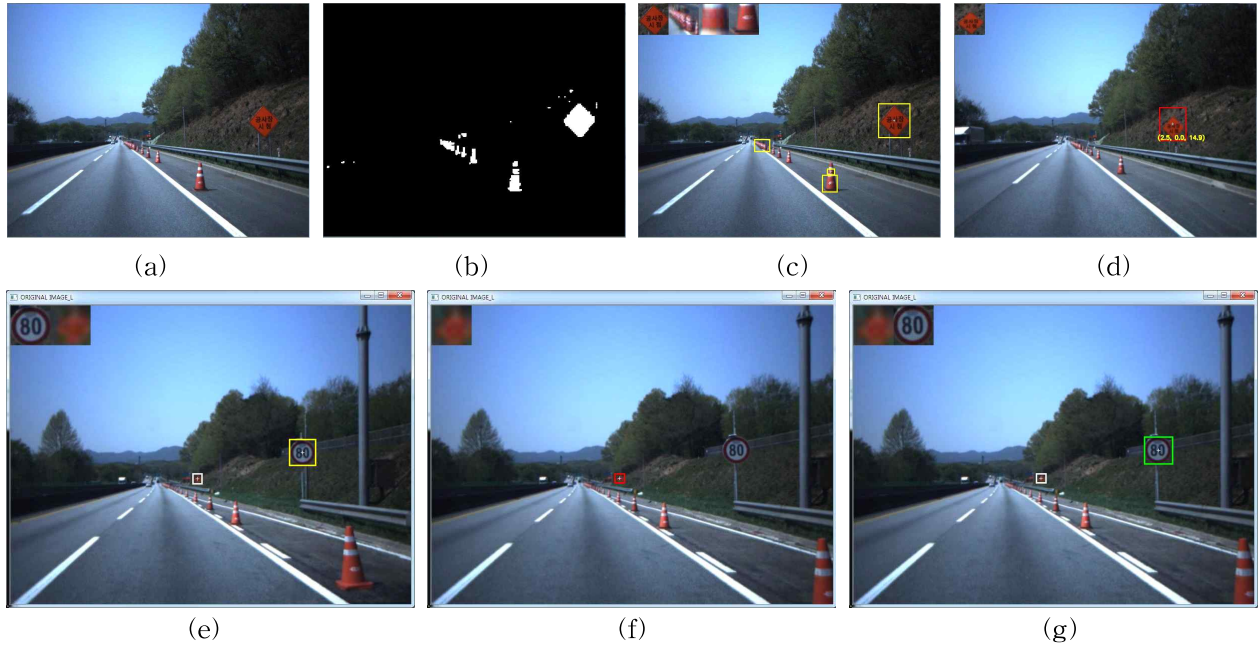


그림 4. 함수 단계별 영상 : (a)원본영상 (b)색상 이진화 영상 (c)라벨링 결과 (d)SVM 및 스테레오 정합 (e) t 프레임, 표지판 추출 (f) t+1 프레임, 추적 알고리즘 미적용 (g) t+1 프레임, 추적 알고리즘 적용

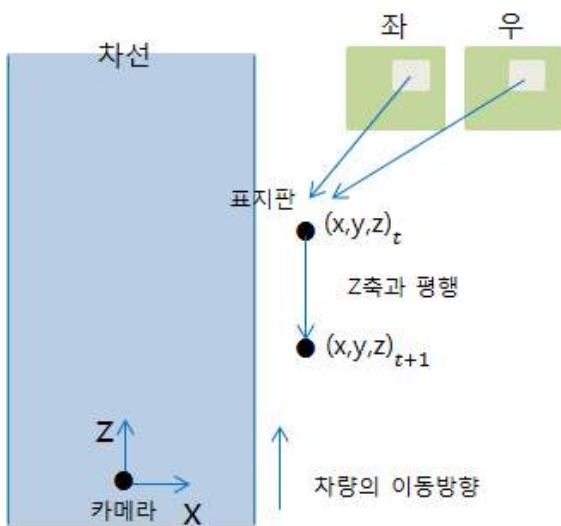


그림 5. 벡터 내적 연산에 대한 이해도

해 가려진다거나 빛의 영향으로 영상의 색이 바뀌어 찾지 못하는 경우 추적을 통해 찾을 수 있다.

두 번째로는 현재 찾은 표지판이 이전 프레임에서도 찾은 표지판이라면 추적을 통해 많은 시간이 소요되는 SVM 연산을 생략함으로써 시스템의 수행속도를 향상시키기 위함이다. 전체적인 추적을 수행하는 과정은 그림 3에서 볼 수 있다. 현재 프레임을 t라 하고 다음 프레임을 t+1이라 하였을 때 t와 t+1 사이의 카메라 모션 정보 변환 행렬을 계

산한다[8]. 그리고 t 프레임에서 표지판의 3차원 좌표를 모션 정보 변환 행렬과의 연산을 통해 t+1에서의 3차원 좌표를 계산한다. 변환 행렬 연산으로 얻은 3차원 값을 카메라 정보 PPM과의 연산으로 t+1에서 2차원 픽셀 좌표를 계산한다. 획득한 2차원 좌표값이 정확한 값이라고 확신할 수 없으므로 t에서의 객체 정보를 바탕으로 t+1에 관심영역을 두어 템플릿 정합하여 정확한 픽셀 좌표값을 계산한다. 템플릿 정합은 정규화한 상관 계수 맵을 이용한 방법으로 값이 0.9 이상이거나 가장 높은 계수 값의 부분을 올바른 좌표로 설정한다. 그리고 추적하는 과정에서 구조체를 설정하게 된다. 이 구조체는 하나의 표지판을 처음 찾게 되면 그 시점부터 찾은 표지판 이미지와 크기 및 영역, SVM에서 수행된 인식 결과 값을 구조체에 설정하게 되고 다음 프레임에서 찾게 되는 정보들을 매 프레임마다 업데이트하며 이 정보는 표지판이 영상 밖으로 사라질 때까지 유지된다.

2.6 추적 판정 및 보정

변환 행렬을 통한 3차원 좌표와 템플릿 정합까지 수행한 이후 결과에서 보다 정밀하게 보정하기 위해 벡터의 내적연산이 수행된다(그림 5). 전 프레임의 표지판 3차원 좌표와 현재 추적된 각각의 3차원 결과의 상대 벡터 값을 z축과 벡터 내적 연

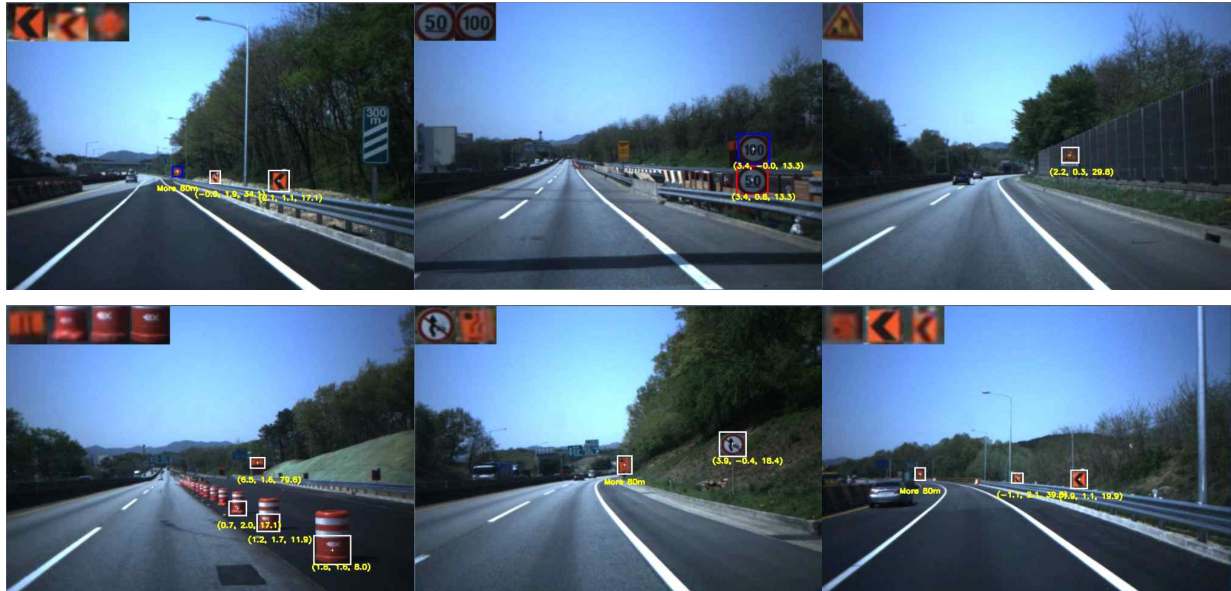


그림 6. 실험결과

$$D_1 = \frac{d_1}{d_1 + d_2} \quad D_2 = \frac{d_2}{d_1 + d_2}$$

식2.

$$W_t = D_1 W_t^S + D_2 W_t^I$$

산 결과에 절대 값을 계산한다. 결과 값을 정규화하여 무게로 설정하고 템플릿 정합과 변환 행렬 연산을 통한 픽셀 좌표값과 계산으로 보정된 표지판 좌표를 획득한다. 식 2에서 d1, d2는 z축과 벡터 연산 절대 값이고 D1, D2는 정규화한 것이다. W_t 는 보정된 좌표 값이고 W_t^S 는 변환 행렬 연산의 좌표값, W_t^I 는 템플릿 정합의 좌표값이다.

3. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 차량에 범블비 XB3 스테레오 카메라를 장착하여 고속도로를 주행하며 800x600, 30 프레임의 영상으로 실험을 하였다. 그림 7에서 x축은 시간, y축은 표지판 누적 손실 횟수이다. 추적 알고리즘을 수행하지 않았을 때 평균 6 프레임의 수행 속도와 표지판을 발견 이후 화면에서 표지판이 사라지기 전까지 표지판을 발견하지 못하는 경우는 약 40%이다. 추적 알고리즘 수행하였을 때 평균 8프레임의 수행속도와 표지판의 손실율은 약 4%이다. 추적을 이용하여 시스템의 더 빠른 수행속도와 표지판 인식에 대해 높은 인식율을 확인할 수 있다. 손실 횟수에 대한 평가는 영상에서 나타나는 모든 표지판이 차량과 표지판의 거리가 80m 떨어진 시점부터 영상에서 표지판이 벗어나기 전 프레임까지에서 표지판을 놓쳤을 때 손실 횟수를

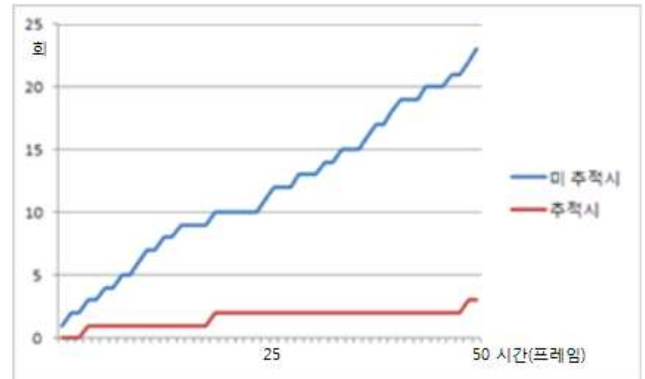


그림 7. 추적 수행 유무에 대한 누적손실 수 그래프

카운팅한다. 그러나 아직 여분의 손실이 남아있다. 이는 차량이 이동하면서 표지판이 다른 장애물에 의하여 많은 부분이 가려짐으로써 부족한 정보로 인해 발생된다. 그림 6은 본 실험 결과 영상이다. 영상의 표지판 아래의 수치는 차량을 기준 시점으로 하였을 때의 좌표이며 단위는 m다.

4. 결론

3차원 정보를 이용한 추적 알고리즘을 통하여 수행속도와 표지판 인식에 있어 좋은 이점을 가지는 것을 확인하였다. 그러나 추적 알고리즘을 사용하기 전에 표지판을 탐색할 때 환경의 변화에 따른 색상 정보의 변화로 인해 표지판 탐색 자체에 문제점이 있었다. 이를 해결하기 위해 환경의 변화에도 강인한 영상의 이진화 과정의 발전된 연구가 진행될 것이다.

감사의 글

본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업으로 지원된 연구임(10040927, 운전 안전성 및 편의성 향상을 위한 운전자 시야 중심 차량용 증강현실 정보제공 시스템 기술 개발)

참고문헌

- [1] Ruta, A.; Yongmin Li; Xiaohui Liu; , "Detection, Tracking and Recognition of Traffic Signs from Video Input," Intelligent Transportation Systems, 2008. ITSC 2008. 11th International IEEE Conference on , vol., no., pp.55-60, 12-15 Oct. 2008.
- [2] de la Escalera, A.; Armingol, J.M.; Pastor, J.M.; Rodriguez, F.J.; , "Visual sign information extraction and identification by deformable models for intelligent vehicles," Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on , vol.5, no.2, pp. 57- 68, June 2004.
- [3] de la Escalera, A.; Moreno, L.E.; Salichs, M.A.; Armingol, J.M.; , "Road traffic sign detection and classification," Industrial Electronics, IEEE Transactions on , vol.44, no.6, pp.848-859, Dec 1997.
- [4] A. Ruta, Y. Li, M. Uxbridge, F. Porikli, S. Watanabe, H. Kage, K. Sumi, and J. Amagasaki. A New Approach for In-Vehicle Camera Traffic Sign Detection and Recognition. In Proc. IAPR Conference on Machine Vision Applications, Japan, 2009.
- [5] R. Timofte, V. Prisacariu, L. Van Gool, and I. Reid, "Combining TrafficSign Detection with 3D Tracking Towards Better Driver Assistance," Emerging topics in computer vision and its applications, 2011.
- [6] Maldonado-Bascon, S.; Lafuente-Arroyo, S.; Gil-Jimenez, P.; Gomez-Moreno, H.; Lopez-Ferreras, F.; , "Road-Sign Detection and Recognition Based on Support Vector Machines," Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on , vol.8, no.2, pp.264-278, June 2007.
- [7] 박혜영, 이관용, "패턴인식과 기계 학습", 이한출판사, 1판, pp.275-302, 2011.
- [8] Sung-In Choi, Lei Zhang and Soon-Yong Park, "Stereo Vision Based Motion Adjustment of 2D Laser Scan Matching," Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ 2011), Nov.2011