DOI: 10.3745/KIPSTB.2009.16-B.4.257

컬러 세그멘테이션 및 정규화 템플릿 매칭의 계층적 적용에 의한 속도 표지판 인식

이 강 호† · 이 규 원††

요 약

본 논문에서는 실제 도로환경의 속도 표지판 영역 추출 및 인식 방법을 제안한다. 화소의 색상정보를 이용하여 속도 표지판 영역을 추출하고 추출된 속도 표지판 영역 안에서 숫자 영역만 다시 추출한다. 표지판의 경사여부를 판단하여 시계방향, 반시계방향으로 각각 표지판을 회전시켜 기울기를 보정한 후 인식을 행함으로써 인식률을 제고한다. 도로환경의 동영상을 대상으로 인식을 행한 결과 일반적인 속도표지판 뿐 아니라 기울어진 환경에서도 매우 강건한 인식 결과를 보인다.

키워드 : 컬러 세그멘테이션, 표지판 인식, 템플릿 매칭, 기울기 보정

Speed Sign Recognition by Using Hierarchical Application of Color Segmentation and Normalized Template Matching

Kang-Ho Lee† · Kyu-Won Lee††

ABSTRACT

A method of the region extraction and recognition of a speed sign in the real road environment is proposed. The region of speed sign is extracted by using color information and then numbers are segmented in the region. We improve the recognition rate by performing an incline compensation of the speed sign for directions clockwise and counterclockwise. In image sequences of the real road environment, a robust recognition results are achieved with speed signs at normal condition as well as inclined.

Keywords : Color Segmentation, Sign Recognition, Template Matching, Incline Compensation

1. 서 론

지능형 교통 시스템(ITS : Intelligent Transportation Systems)은 당면한 각종 교통문제를 해결하고 날로 증가하는 교통수요를 충족시키기 위하여 도로 신호등 차량 등 기존 교통체계의 구성요소에 제어, 전자, 통신 등 첨단기술을 접목시켜 구성요소들이 상호 유기적으로 작동하도록 하는 차세대 교통체계이다. 이러한 지능형 교통 시스템 서비스 중 AVHS(Advanced Vehicle and Highway System)란 서비스는 차량에 교통상황, 장애물 인식 등의 고성능 센서와 자동제어장치를 부착하여 운전을 자동화하며, 도로상에 지능형 통신시설을 설치하여 일정간격 주행으로 교통사고를 예방하고 도로소통의 능력을 증대시키는 서비스이다. 본 논문에서는 이러한 AVHS 시스템을 위한 표지판 인식 시스템을 제안한다.

본 논문에서는 교통 표지판에서 운전자의 안전에 영향을 주는 것이 속도라고 판단하여 속도표지판 인식 시스템을 제안한다. 이 시스템은 도로 주행 중에 차량에 장착된 카메라로부터 도로에 있는 속도표지판 영상을 수집하여 운전자 대신 인지해줌으로써 이러한 요구를 충족시킬 수 있는 시스템이다. 이 시스템으로 운전자의 시각 및 지각의 한계를 보완하여 운전자의 과실로 인한 사고발생을 줄일 수 있을 것이다.

2. 관련 연구

표지판 영역 검출 및 인식의 기존 연구는 색상 정보와 형태 정보를 이용하여 검출하는 방안들이 제시되어 있다.

Akatsuka와 Imai는 Nrgb 컬러모델과 원형 정합 방법을 이용하였으며[1], Chiung-Yao는 HSI 컬러모델과 기하학 모

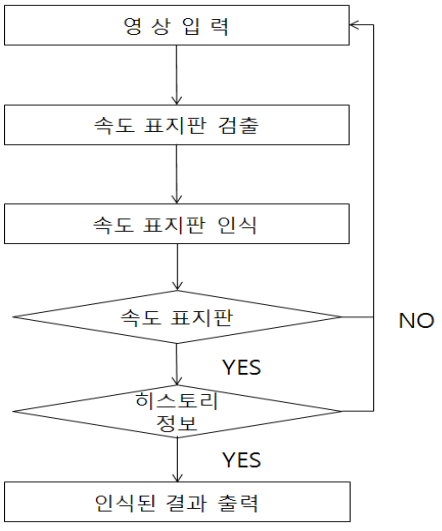
※ 본 논문은 (재)산학협동재단 학술연구비 지원으로 수행되었음.
† 준 회 원 : 대전대학교 정보통신공학과 석사과정
†† 정 회 원 : 대전대학교 정보통신공학과 부교수(교신저자)
논문접수 : 2009년 4월 7일
수 정 일 : 1차 2009년 6월 29일
심사완료 : 2009년 7월 6일

델을 이용하였다[2]. Kehtarnavaz와 Griswold는 HSI 컬러모델에서 통계적 처리로 색,채도,명도의 범위를 결정하고 허프 변환 알고리즘을 이용하였으며[3], Yasuo도 HSI 컬러모델과 에지를 병합 이용하였다[4]. 이러한 색상정보와 형태정보는 몇 가지 한계점이 있다. 색상정보는 날씨 변화나 빛의 상태에 민감하고 복잡한 환경에서 표지판과 유사한 색의 건물이나 간판들은 표지판을 인식하는데 어렵게 만들 수 있다. 또한 형태정보도 복잡한 환경을 대상으로 할 경우 외부 환경에 의해 표지판 형태를 정확히 검출하지 못하거나 다른 영역을 오검출할 수 있으며, 알고리즘의 복잡도도 높은 편 이다. 그러므로 색상정보만을 이용하여 검출 및 인식을 행하거나 형태정보만을 이용하여 검출 및 인식을 행하는 것은 매우 불안정하다고 할 수 있다. 그래서 색상정보와 형태정보를 함께 이용함으로써 알고리즘의 성능을 제고할 수 있다.

본 논문에서는 속도 표지판을 검출 및 인식하기 위해 색상정보와 형태정보를 계층적으로 이용하였다. 색상정보를 이용하여 속도표지판의 영역을 검출하고 테두리를 제거한 후 형태정보를 이용하여 숫자영역을 인식하였다. 실제 도로상의 속도표지판의 숫자 형태가 일정하다는 점에 착안하여 실시간 처리를 위해 비교적 연산과정이 단순한 템플릿 매칭을 이용하였다. 단, 템플릿 매칭방법은 비교영상의 크기가 변하거나 기울어져 있으면 인식률이 저하되는 문제점이 있으므로 이 문제점을 보완하기 위해 숫자의 크기정규화 및 기울기 보정을 하여 인식률을 제고하였다. 본 논문은 3장에서는 전체 시스템 개요를 설명하고, 4장에서는 계층적 적용에 의한 속도 표지판 인식 알고리즘을 설명하고, 5장은 실험 및 결과 고찰 마지막으로 6장에서는 결론을 제시한다.

3. 전체 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 (그림 1)의 전체 알고리즘 흐름도에서 보는 바와 같이 CCD 카메라에 영상이 입력되면 속도



(그림 1) 전체 시스템 흐름도

표지판 검출 알고리즘과 인식 알고리즘을 계층적으로 이용하여 인식하고 인식된 프레임들의 히스토리 정보를 이용하여 표지판과 내용을 문자로 출력한다.

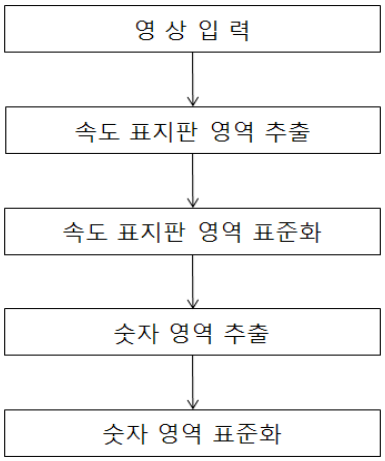
4. 계층적 적용에 의한 속도 표지판 인식

4.1 속도 표지판 검출 알고리즘

입력된 영상에서 속도 표지판을 검출하는 알고리즘의 흐름도는 (그림 2)와 같다.

먼저 영상입력에서 표지판으로 예상되는 영역을 색상 정보를 이용하여 추출 한다. 기존연구에서는 각각 다양한 색상 정보를 이용하였다. 색상과 채도와 명도를 이용하는 HSI[2,3,4,7,9], 색상비를 이용한 이진화[5,6,8], Red Green Blue 필드를 이용하는 RGB[1] 등이 있다. 본 논문에서는 RGB컬러모델을 이용하였는데 이유는 첫째, 카메라에서 바로 취득한 영상에서는 RGB컬러모델로 되어있기 때문에 바로 취득한 컬러모델을 이용하여 실시간성을 높이고자 하였고 둘째, 색상정보를 이용하여 오브젝트를 검출함에 있어 그 색상의 임계값을 정의하는 것이 매우 중요한데 속도 표지판은 적색이므로 RGB컬러모델을 이용한다면 Red 필드가 따로 있기 때문에 임계값을 최대한 정확하게 정의하기에 적절하다고 판단하였기 때문이다.

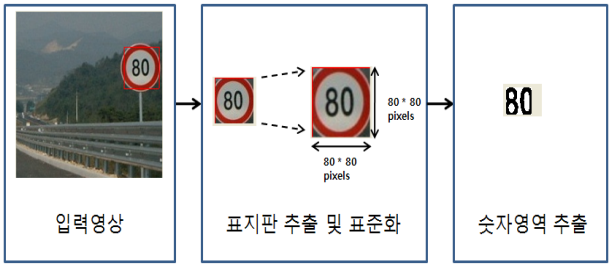
위에서 언급한 바와 같이 속도 표지판 테두리는 적색이므로 RGB 컬러모델 중 R값을 이용하여 표지판을 사각영역으로 추출하였다. 임계값은 식(1)에서 보는 바와 같이 설정하였고 $P_1(x,y) = 1$ 이면 적색으로 판단하였다. 또한 표지판 말고도 다른 곳에서 임계값에 맞는 부분이 있어 잡음이 생길 수 있으므로 잡음을 제거하기 위한 연산을 하였다. 사용한 알고리즘은 점단위의 잡음제거에 매우 강한 형태학적 열림(opening)연산을 사용하였다. 카메라의 시야에서 가까워질수록 표지판의 사각영역 크기는 변하게 된다. 영역의 크기가 변하면 원근왜곡 때문에 제대로 인식할 수 없으므로 80*80 크기로 크기 정규화 하였다. 마지막으로 크기 정규화 된 사각영역에서 숫자영역만 다시 추출한다. 숫자 영역을 추출하



(그림 2) 속도 표지판 검출 알고리즘의 흐름도

는 방법도 RGB 컬러모델을 이용하였다. 숫자 영역은 검정색을 쓰는 것이 표준으로 되어 있으므로 식(2)와 같이 임계값을 정하여 $P_2(x,y)=1$ 이면 검정색으로 판단하고 사각영역으로 추출하였다. 속도 표지판의 인식은 템플릿 매칭을 이용할 것이므로 숫자영역을 템플릿의 크기와 같이 크기 정규화 한다. (그림 3)은 속도 표지판 추출의 예를 보여준다.

$$P_1(x,y)=\begin{cases}1=\text{if}((R\geq R_t)\cap(G\leq R_t\times 0.5)\\ \quad\cap(B\leq R_t\times 0.5))\\ 0=otherwise\end{cases}$$
$$R_t = \text{픽셀의 Red값.} \qquad (1)$$



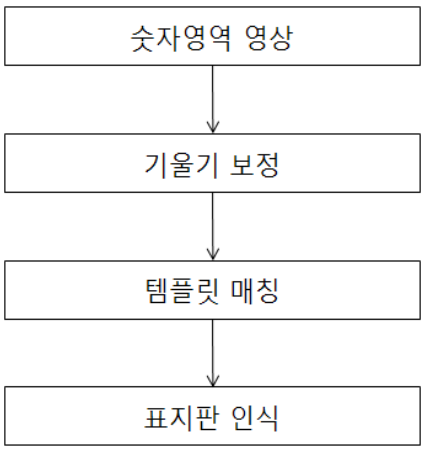
(그림 3) 속도 표지판 검출 예

$$P_2(x,y)=\begin{cases}1=\text{if}(((R\leq 40)\cap(G\leq 40)\cap\\ \quad(B\leq 40))\cap((|R-G|\leq 10)\cap\\ \quad(|G-B|\leq 10)\cap(|B-R|\leq 10)))\\ 0=otherwise\end{cases} \qquad (2)$$

4.2 속도 표지판 인식 알고리즘

숫자 영역 영상에서 표지판 인식 알고리즘의 흐름도는 (그림 4)와 같다.

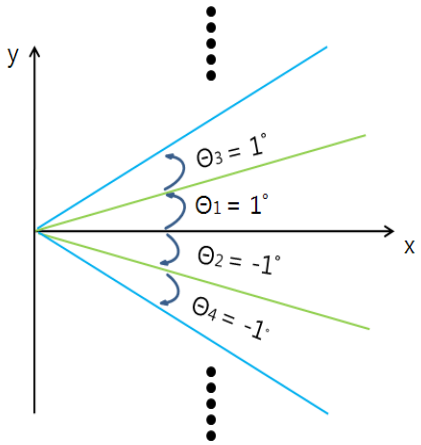
속도 표지판 인식 방법에 있어 기존연구는 인간의 뇌구조를 모데링 하여 구현한 신경망 알고리즘[9], 패턴인식방법[6] 등을 이용한다. 이러한 알고리즘은 인식률에 있어 높은 인식률을 나타내고 있지만 알고리즘의 복잡도가 매우 크기 때문에 처리시간이 긴 단점이 있다.



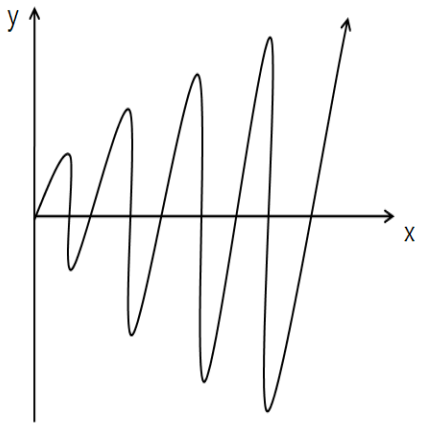
(그림 4) 속도 표지판 인식 알고리즘의 흐름도

본 논문에서는 도로상에 속도표지판의 숫자 형태가 일정하다는 점에 착안하여 실시간 처리를 위해 비교적 연산과정이 단순한 알고리즘인 템플릿 매칭 방법을 이용하였다. 템플릿 매칭 방법은 픽셀정보를 이용하여 미리 정의된 템플릿과 오브젝트를 정합하는 방법이다.

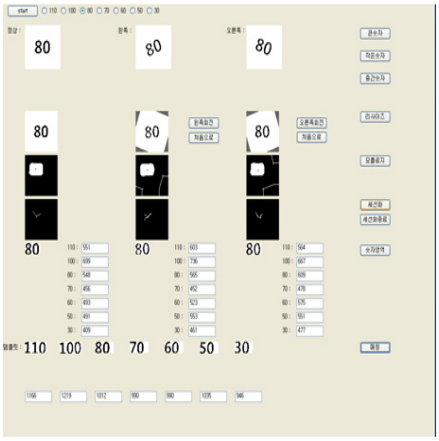
도로상의 속도 표지판이 항상 반듯하지 않고 기울어져 있는 경우도 있다. 숫자인식에서 이용하는 템플릿 매칭 방법은 비교영상이 기울어져 있으면 매우 취약하므로 기울기 보정이 필요하다. 기울기 보정은 템플릿과 정합하는 동시에 입력영상을 시계방향 과 반시계방향으로 각각 1°씩 회전을 반복하여 정합도를 알아보는 방법으로 수행하였다. 시계방향 과 반시계방향을 동시에 한 번씩 회전하는 이유는 표지판이 처음에 어느 쪽으로 기울어져 있는지 확인할 수 없기 때문이다. 또한 검색 속도를 빠르게 하기 위하여 1°,−1°,2°,−2°... 로 검색하는 지그재그 방법을 사용하였다. 실제 도로상에 표지판이 심하게 기울어져 있는 일은 드물기 때문에 보정대상의 기울기는 ±20° 로 제한하였다. (그림 5)는 기울기 보정 방법을 (그림 6)은 지그재그 스캔 방법을 보여준다. (그림 7)은 속도 표지판 인식의 예를 보여주고 (그림 8)은 기울기 보정 과정을 프레임단위로 보여준다.



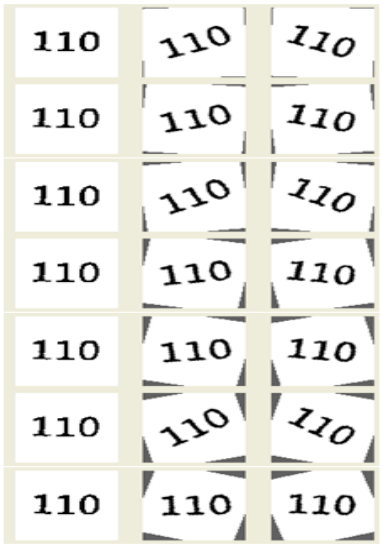
(그림 5) 기울기 보정 방법



(그림 6) 지그재그 스캔



(그림 7) 속도 표지판 인식 예

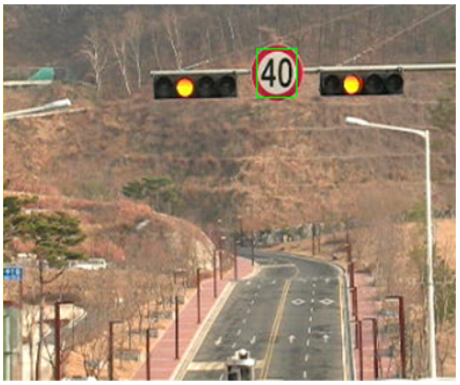


(그림 8) 기울기 보정과정

5. 실험 및 결과 고찰

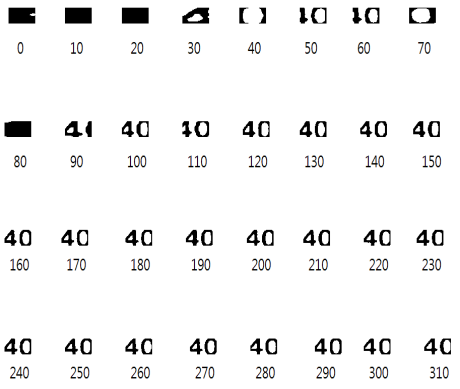
실험에 사용된 영상은 실제 도로에서 캠코더로 촬영한 실영상이다. 전체 프레임 수는 1524프레임이며 이는 취득된 영상에서 실험 시나리오에 해당하는 구간의 프레임이다. 사용된 이미지 해상도는 320*240 이다.

(그림 9)는 도로영상전체에서 표지판 영역을 추출하는 부분을 바운딩박스로 표현하고 있는 것을 보여주며, (그림 10)은 표지판영역 추출을 10프레임 단위로 보여준다. (그림 11)은 추출한 표지판영역에서 숫자영역을 추출하는 것을 10프레임 단위로 끊어서 보여준다. (그림 10)을 보면 100프레임 이후부터는 비교적 표지판영역을 충실하게 검출하는 것을 볼 수 있다. 마찬가지로 (그림 11)과 같이 100프레임 이후에는 숫자를 제대로 검출하는 것을 볼 수 있다. 100프레임 이전에 검출을 제대로 하지 못하는 이유는 카메라와 표지판이 멀리 떨어져 있기 때문이다. 100프레임을 기준으로 표지판과 카메라의 거리는 약 50m가 되는데 거리가 50m보다 멀게 되면 검출 및 인식이 잘되지 않는 것을 알 수 있었다. (그림 10)의 0, 10, 20, 80번 프레임을 보면 숫자 영역이 제대로 보여지지 않는 것을 알 수 있는데 해당하는 프레임의 숫자영역을 검출한 (그림 11)의 0, 10, 20, 80 번 프레임을 보면 그냥 어둡게만 검출되는 것을 볼 수 있다. 이러한 경우는 매칭을 할 필요가 없는 경우라 판단하고 프로그램의 처리속도를 향상시키기 위해 매칭대상에서 제외하였다. 또한 매칭을 하더라도 매칭된 픽셀이 현저히 낮은 50%이하의 매칭률을 보이는 대상은 인식률 제고를 위해 제거하였다. (그림 12)는 카메라의 위치와 표지판의 위치가 다양한 실험 영상에서 검출한 결과이며 (그림 13)은 거리별 인식률을 나타낸다.

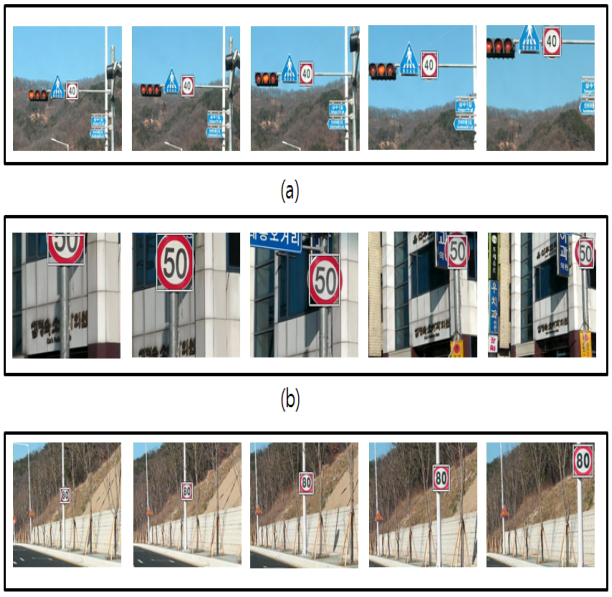


(그림 9) 표지판영역 검출 및 인식

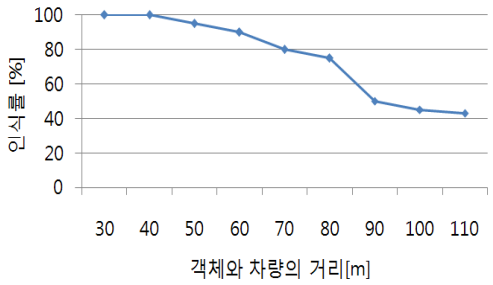
(그림 10) 표지판영역 검출 및 인식 (프레임)



(그림 11) 숫자영역 검출 및 인식 (프레임)



(그림 12) 다양한 위치의 표지판 검출



(그림 13) 거리별 인식률 결과

속도표지판을 제대로 검출할 수 있는 거리인 50m이하에서 인식률은 94.3%를 보였다. 인식의 기준은 다음과 같다.

단계 1. 템플릿 및 숫자영역을 53*23로 크기정규화 한다.

단계 2. 식(3)을 수행한다.

단계 3. 식(4)를 수행한다.

$$D_1 = \begin{cases} 1 = Th_1 > nt_1 \times 0.9 \\ 0 = Th_1 \le nt_1 \times 0.9 \end{cases}$$

$* Th_1$ = 정합 된 픽셀의 수.

$* nt_1$ = 총 픽셀의 수. (3)

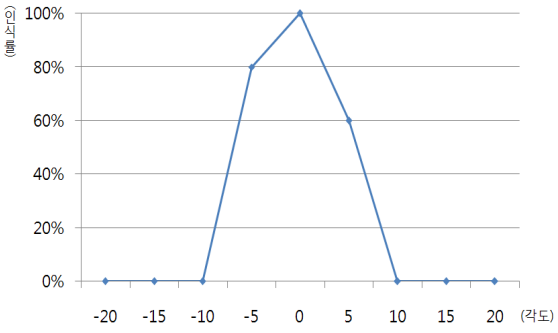
$$D_2 = \begin{cases} 1 = Th_2 \ge nt_2 \times 0.8 \\ 0 = Th_2 < nt_2 \times 0.8 \end{cases}$$

$* Th_2$ = 0.5초 동안의 D_1이 1인 프레임 수

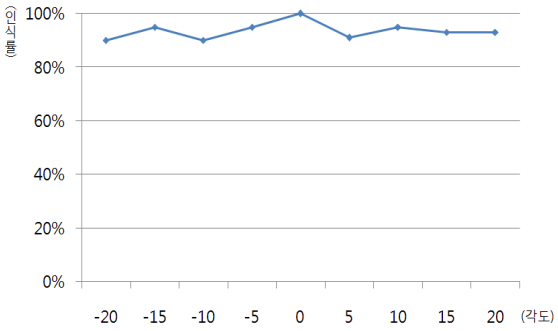
$* nt_2$ = 0.5초 동안의 프레임 수 (4)

식(3)은 정합된 픽셀의 수 Th_1이 총 픽셀의 수 nt_1의 90%이상 즉, $D_1 = 1$이 되면 1개의 프레임은 정합된 것으로 보았다. 인식을 수행 하는 동안 빛에 의한 밝기변화, 잡음, 카메라의 흔들림 등으로 각각의 프레임에서 매칭에 성공하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이것을 보완하기 위해 연속된 프레임에서 초당 인식된 프레임 수로 인식의 성공 실패 여부를 판단하였다. 또한 정지영상이 아닌 동영상에서 순간 몇 개의 프레임을 인식하지 못하였다 하더라도 나머지 프레임에서 인식하였다면 그것은 인식에 성공했다고 판단하였다. 식(4)는 0.5초 동안의 $D_1 = 1$인 프레임 수 Th_2가 0.5초 동안의 프레임수 nt_2의 80%이상 즉, $D_2 = 1$이면 인식한 것으로 보았다. 또한 53*23크기로 정규화 한 이유는 실제 숫자영역의 크기를 최대한 왜곡하지 않고 보존 할 수 있기 때문이다. 기울어진 표지판에서는 기울어진 정도가 어느 정도일 때 인식이 되지 않는지 알아보기 위해 시뮬레이션을 행하였다. 시뮬레이션은 오른쪽 왼쪽 각각 기울어진 표지판 20장으로 숫자영역만 추출하여 실시하였다. 시뮬레이션 결과 (그림 14)에서 보는 바와 같이 오른쪽 왼쪽 모두 3도 이상 기울어지면 거의 인식을 못하였다. 3도 이하라고 하여도 인식률이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 기울어진 표지판을 기울기 보정을 한 후 템플릿 매칭 한 결과 각도와 관계없이 92.8%의 인식률을 보였다. (그림 15)는 기울기를 보정한 후 인식률을 보여준다.

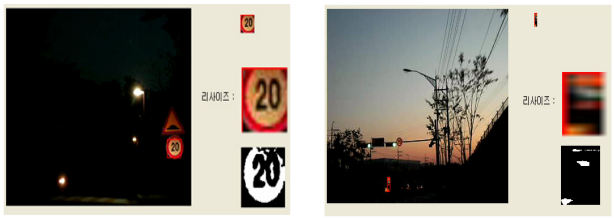
속도 표지판이 너무 멀리 있거나 야간에 가로등의 불빛으로 인해 오인식을 하는 경우도 있었다. 오인식을 하는 이유는 본 논문에서 적용한 임계치에 가로등 불빛에 의한 화소들이 숫자 후보화소로 검출되어 오인식 하는 경우를 들 수 있다. (그림 16)는 오인식의 예를 보여준다.



(그림 14) 기울어진 표지판 인식률



(그림 15) 기울기 보정 후 인식률



(그림 16) 속도 표지판 오작동 결과

6. 결 론

본 논문에서 속도 표지판 영역 추출 및 인식 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 표지판 영역 추출과 인식의 두 단계로 구분할 수 있다. 우선 표지판 영역 추출 단계에서는 RGB컬러모델 중 R값을 이용하여 표지판을 사각영역으로 추출하였으며 인식 단계에서는 템플릿 매칭 및 지그재그 스캔을 이용한 기울기 보정을 시행한 후 인식을 행 하였다. 제안된 방법을 실제 도로 영상에 대하여 적용한 결과 표지판이 약간 기울어져 있는 영상에서도 잘 적용됨을 확인하였으며, 전체 영상을 다 처리할 필요 없이 표지판이 존재하는 윗부분과 오른쪽 부분에서만 적용시켜 처리 시간을 줄일 수 있다. 그러나 빛이 거의 없는 밤이나 빛반사가 심한 환경에서 속도 표지판은 추출하지만 이진화 오류에 의하여 숫자영역 추출에 있어서 오류가 발생하는 경우도 있었다. 향후 과제로는 급격한 조도의 변화, 야간에도 강건한 인식이 이루어질 수 있는 방안에 대한 고려가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] H. Akasuka and S. Imai, “Road signposts recognition system,” Proc. of SAE vehicle highway infrastructure : safety compatibility, pp.189-196, 1987.

[2] Chiung-Yao Fang, Sei-Wang Chen, Chiou-Shann Fuh, “Road-sign detection and tracking,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.52, No.5, September, 2003, pp. 1329-1341.

[3] N. Kehtarnavaz, N. C. Griswold, and D. S. Kang, “Stop-sign recognition based on color-shape processing,” Machine Vision and Applications, Vol.6, pp.206-208, 1993.

[4] Yasuo Inoue, Yuuichirou Kohashi, Naoto Ishikaw, Masato Nakajima, “Automatic Recognition of Road Signs,” Proceedings of SPIE Vol.4790, 2002, pp.543-550.

[5] 정의윤, 정호철, 윤형진, “도로상황 인식을 위한 신호등 및 표지판 인식시스템,” 한국자동차공학회 2005년도 춘계학술대회 논문집, Vol.1, pp.527-531, 2005.

[6] 오준택, 곽현욱, 김욱현, “실영상에서 형태 정보와 에지 영상을 이용한 교통 표지판 인식,” 정보처리학회논문지B, Vol.11, No.2, pp.198-203, 2004.

[7] 김용권, 이기성, 조성익, 박정호, 최경호, “차세대 실감 네비게이션을 위한 실시간 신호등 및 표지판 객체 인식,” 한국공간정보시스템학회논문지, Vol.10, No.2, pp.13-24, 2008.

[8] 손영선, 신일식, 박상열, “픽셀 수치 정보를 이용한 교통안전 표지판 인식,” 한국지능시스템학회 학술발표논문집, Vol.17, No.1, pp.29-32, 2007.

[9] 신민철, 나상일, 이정호, 정준호, 정동석, “색상정보와 신경회로망을 이용한 교통 표지판 검출,” 한국정보과학회 학술발표논문집, Vol.32, No.2, pp.943-945, 2005.

[10] Kyu Won Lee, Seong Won Ryu, Soo Jong Lee, Kyu Tae Park, “Motion based object tracking with mobile camera,” Electronics Letters, Vol.34, No.3, pp.256-258, 1998.

이 강 호

e-mail : khlee1@pine.dju.ac.kr

2008년 대전대학교 정보통신공학과(학사)

2008년 3월~현 재 대전대학교 정보통신공학과 석사과정

관심분야 : 영상처리, Robot Vision, ITS (Intelligent Transportation Systems)

이 규 원

e-mail : kwlee@dju.kr

1986년 연세대학교 전자공학과(학사)

1988년 연세대학교 전자공학과(공학석사)

1998년 연세대학교 전자공학과(공학박사)

1988년 2월~1989년 8월 (주)LG산전연구소 연구원

1989년 9월~2000년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원

2003년 7월~2004년 7월 Univ. of Massachusetts 방문연구원

2000년~현 재 대전대학교 정보통신공학과 부교수

관심분야 : 영상처리, Motion Analysis, Visual Surveillance, Robot Vision, ITS