creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000256986

2012년 2월
석사학위논문

표지판 인식을 위한 2D 및 3D 정보 융합 기술

조선대학교 대학원

컴 퓨 터 공 학 과

황 경 조

표지판 인식을 위한 2D 및 3D 정보 융합 기술

Information convergence technologies between 2D and 3D spaces for a sign recognition

2012년 2월 25일

조선대학교 대학원

컴 퓨 터 공 학 과

황 경 조

표지판 인식을 위한 2D 및 3D 정보 융합 기술

지도교수 이 상 웅

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함.

2011년 10월

조선대학교 대학원

컴 퓨 터 공 학 과

황 경 조

황경조의 석사학위논문을 인준함

위 원 장 조선대학교 교수 문 인 규 (인)

위 원 조선대학교 교수 양 희 덕 (인)

위 원 조선대학교 교수 이 상 웅 (인)

2011 년 11 월 30 일

조선대학교 대학원

목 차

I. 서 론 ····· 1
1. 연구배경 및 목적 ····· 1
2. 연구내용 및 방법 ····· 3

II. 관련연구 ····· 5
1. 표지판 검출 및 인식 방법 ····· 5
1) 컬러 정보 기반 ····· 6
2) 형태 정보 기반 ····· 10
3) 컬러 및 형태 정보 결합 기반 ····· 12

III. 2D 및 3D 정보 융합을 통한 표지판 검출 ····· 13
1. 제안하는 알고리즘 ····· 13
2. 스테레오 및 키넥트 카메라의 3D 깊이 영상 획득 방법 ····· 14
3. 거리 정보 추출 ····· 16
4. 유효거리 필터링 ····· 18
5. 3D 깊이 정보의 거리별 영역 분할 ····· 21
6. 2D 및 3D 정보 융합을 통한 표지판 검출 ····· 23
7. 스테레오 및 키넥트 연동 기술 ····· 26

VI. 실험 및 성능평가 ····· 28
1. 실험 환경 ····· 28
2. 실험 결과 ····· 29
1) 스테레오 및 키넥트 카메라를 이용한 표지판 검출 실험 ····· 29
2) 표지판 측정 결과 ····· 33

V. 결 론 ····· 34

참고문헌 ····· 35

<그림 차례>

[그림 2-1] 표지판 인식 과정 ····· 5
[그림 2-2] 실제 표지판의 RGB 컬러 값 ····· 6
[그림 2-3] 실제 표지판에 대한 HSI 컬러 값 ····· 7
[그림 2-4] HSI 컬러 영역 추출 방법 ····· 8
[그림 2-5] Canny 연산자를 이용한 에지검출 ····· 10
[그림 2-6] 컬러와 형태를 결합한 방법 ····· 12
[그림 3-1] 제안하는 알고리즘 ····· 13
[그림 3-2] 스테레오 및 키넥트 카메라 ····· 14
[그림 3-3] 스테레오 및 키넥트 카메라에서 획득한 영상 ····· 15
[그림 3-4] 거리 정보 측정 조건 ····· 16
[그림 3-5] 거리별 화소 값 측정 방법 ····· 16
[그림 3-6] 거리 정보 결과 ····· 17
[그림 3-7] 유효거리 필터링 결과 ····· 19
[그림 3-8] Mean Shift Segmentation 결과에 따른 관심 영역 지정 ····· 22
[그림 3-9] RGB 영상 변환 방법 ····· 23
[그림 3-10] 표지판 검출 방법 ····· 24
[그림 3-11] 표지판 검출 결과 ····· 25
[그림 3-12] 스테레오 및 키넥트 연동 방법 ····· 26
[그림 4-1] 스테레오 카메라 실험 영상 1 ····· 29
[그림 4-2] 스테레오 카메라 실험 영상 2 ····· 30
[그림 4-3] 키넥트 카메라 실험 영상 1 ····· 31
[그림 4-4] 키넥트 카메라 실험 영상 2 ····· 32

<표 차례>

[표 4-1] ····· 33

ABSTRACT

Information convergence technologies between 2D and 3D space for a sign recognition

Kyong-Jo Hwang
Advisor : Prof. Sang-Woong Lee Ph. D.
Department of computer Engineering
Graduate School of Chosun University

Most of the existed researches about sign detection and recognition are based on color, shape and the combination of color with shape. Usually, there are two major steps about the sign recognition. the first step is to detect the sign and the second one is to recognize the sign form the extracted information. In order to recognize the sign, the sign detection should be performed first. However, the conventional method only use one camera to capture the 2D information about the sign which can not provide enough information for the sign detection and recognition. Therefore, it is promising to use the 2D information and the distance information which can provide more detail about the sign for the detection and recognition.the combination of 2D and 3D image can achieve good recognition result.

In this paper, method based on 2D and 3D information is proposed to detect the signs. This method uses a stereo and kinect camera images to acquire 2D

image and 3D depth. The distance information is extracted from the 3D depth image and then the unnecessary range is removed by the obtained distance information using filtering approach so as to measure the effective distance of the target. Then, the region segmentation method is applied to the effective distance image and the individual ROI (region of interest) can be identified. The extracted ROI can also be converted to HSI image to facilitate the sign detection. Experimental results show that this method has a good performance in terms of sign detection.

I. 서 론

1. 연구배경 및 목적

최근 자동차의 보유량이 급격하게 증가함에 따라 도로의 교통체증이 심각한 수준에 이르렀다. 이에 따라 교통사고 발생률이 증가하고 있다. 따라서 운전자 개인의 능력에만 의지하지 않고 첨단 기술을 접목시킨 지능형 교통시스템(ITS : Intelligent Transportation System)을 이용하여 운전자의 부담을 덜어줌으로써 교통사고를 예방할 수 있다. 지능형 교통시스템이란 교통안전 증진과 도로의 교통 혼잡을 효율적으로 조정하여 기존의 도로, 차량, 신호시스템 등에 전자, 통신 부문의 첨단기술을 접목시킨 차세대 교통시스템이다. 이러한 지능형 교통시스템 중 한 분야인 교통 표지판 인식은 운전자의 시각 및 지각의 한계를 보완함으로써 운전자의 운전 부주의나 운전 미숙 등의 과실을 방지하여 교통사고 발생을 줄일 수 있다. 이와 같이 교통 표지판 인식은 도로상에서 운전자에게 안전하고 편리한 운전을 할 수 있도록 유용한 정보를 제공하는 중요한 요소로서 자리 잡고 있다. 이러한 교통 표지판은 종류나 양식 등의 구분이 정해져 있다. 교통 표지판의 종류는 크게 본표지와 보조표지로 분류되고, 본표지는 주의, 규제, 지시 표지로 분류된다. 이와 같이 교통 표지판은 분류된 종류에 따라 각각의 내용을 포함하고 있다. 주의표지판은 도로의 위험상태나 필요한 주의를 예고하는 것이고, 규제표지판은 보행자나 제차에 대하여 일정한 행동을 규제하는 것이며, 지시 표지판은 행동이나 지점을 지시하는 것이다. 교통 표지판들의 내용은 각각 기호로 표시되어 있다. 이밖에도 표지판의 종류는 사용 목적에 따라 여러 가지 종류가 있다. 이러한 표지판들 또한 각각의 내용을 포함하고 있는데, 예를 들어 새 주소 표지판은 주소에 따른 길의 명칭과 길의 방향과 길의 길이, 그리고 건물의 위치 등을 안내하고 안내표지판은 현재 위치에서 지명까지의 길의 방향과 거리 등을 안내하는데 이는 각각 문자와 기호로서 내용을 포함하고 있다. 이와 같은 표지판들도 사용자에게 유용한 정보를 제공한다. 따라서 이러한 표지판의 유용한 정보를 효과적으로 사용하기 위해 표지판의 검출 및 인식에 관한 연구들이 활발하게 진행되어 왔다. 이러한 표지판 연구들의 공통점은 2D정보의 특징만을

사용하여 표지판들을 검출하거나 인식한다는 것이다. 하지만 2D정보의 특징만을 사용하는 연구들은 거리 정보인 3D정보를 알 수 없기 때문에 3D 정보를 필요로 하는 지능형 로봇, 시각장애인 보조 시스템 등과 같은 다양한 분야에 적용하는데 제한적이다. 따라서 지능형 교통시스템뿐만 아니라 지능형 로봇, 시각장애인 보조 시스템 등 다양한 분야에서도 사용되기 위해서는 3D 정보를 알아야 한다.

본 논문에서는 지능형 교통시스템 및 지능형 로봇, 시각장애인의 보조 시스템 등 다양한 분야에도 사용될 수 있는 표지판 인식을 위해 2D 및 3D 정보를 이용하여 표지판 인식의 전 단계인 표지판 검출을 목표로 한다.

2. 연구내용 및 방법

표지판은 사용자가 쉽게 판별할 수 있도록 컬러와 모양이 정해져있다. 따라서 기존의 표지판 검출 및 인식에 관한 연구들은 대부분 컬러 기반, 형태 기반 및 컬러와 형태를 결합한 방법 등의 연구들이 진행되어 왔다. 이러한 표지판 인식에 관한 연구 대부분은 크게 두 가지 단계로 나눌 수 있다. 첫 번째는 표지판 검출 단계, 두 번째는 검출된 표지판으로부터 내용을 인식하는 단계이다. 이와 같이 표지판 인식을 위해서는 첫 번째 단계인 표지판에 해당하는 영역을 검출하는 검출 단계가 선행되어야 한다. 이러한 기존의 표지판 연구들은 한 가지 공통점이 있는데 이는 하나의 카메라를 사용하기 때문에 2D정보에 나타나는 특징들만을 이용하여 표지판을 검출하거나 인식한다는 것이다. 그러므로 2D정보만을 사용하는 연구들은 거리 정보인 3D정보를 알 수 없기 때문에 2D 뿐만 아니라 3D정보를 필요로 하는 다양한 분야에 적용하기에는 제한적이다. 따라서 본 논문에서는 표지판 인식을 위해 선행되어야 하는 표지판 검출을 위해 2D와 3D 정보를 사용한다.

본 논문에서 표지판 검출을 위한 방법은 다음과 같다. 먼저 3D 깊이 영상을 획득한다. 획득된 3D 깊이 영상은 Gray-scale영상으로서 흰색에 가까울수록 카메라와 객체 사이의 거리가 가까운 것을 나타내고, 검정색에 가까울수록 카메라와 객체 사이의 거리가 멀다는 특징을 가지고 있다. 이러한 특징을 이용하여 3D 정보에서는 거리 정보를 획득할 수 있다. 이 거리 정보를 획득하기 위해서는 3D 깊이 영상에서 거리별 화소 값을 측정해야한다. 측정된 거리 정보는 유효거리 필터링에 적용된다. 유효거리란 카메라로부터 입력받은 영상에서 표지판의 내용을 인식할 수 있는 거리를 말하고, 유효거리 필터링이란 측정된 유효거리를 제외한 나머지 영역을 제거하는 것을 말한다. 이는 표지판을 인식 할 수 없는 거리에 있는 객체들은 불필요하기 때문에 1차적으로 3D 깊이 정보 영상에서 제거된다. 유효거리 필터링을 거친 3D 깊이 영상은 평균 이동(mean shift) 알고리즘을 사용하여 분할(segmentation)된다. 분할된 영역은 각각의 관심 영역(ROI : Region of interest)가 되고 이 관심 영역은 RGB 영상으로 변환한다. 변환된 RGB 영상은 HSI 컬러 모델로 변환 후 표지판에 해당하는 색상을 추출하여 표지판을 검출한다.

본 논문에서는 2D 및 3D 정보를 이용하여 표지판을 검출하기 위해 스테레오 및 키넥트 카메라를 사용한다. 키넥트 카메라는 가까운 거리에 있는 표지판을 검출하기 위해 사용되고, 스테레오 카메라는 먼 거리에 있는 표지판을 검출하기 위해 사용된다.

본 논문의 구성은 1장의 서론을 시작으로 2장에서 기존에 사용되어진 연구 동향과 논점을 살펴보고 3장에서 표지판 검출에 대한 구현 방법에 대해 알아보고 4장에서 실험 및 성능평가를 보여주고, 마지막으로 5장에서는 본 논문의 표지판 검출 방법에 대한 결론을 보여준다.

II. 관련연구

1. 표지판 검출 및 인식 방법

(a) 표지판 종류가 2개 이상일 경우 (b) 표지판 종류가 1개일 경우

[그림 2-1] 표지판 인식 과정

기존의 표지판 검출 및 인식에 관한 연구는 크게 [그림2-1]과 같이 나타낼 수 있다. [그림 2-1]은 실제 환경으로부터 영상이 입력되면 표지판에 해당하는 영역을 검출한다. 이 때 (a)와 같이 2개 이상의 표지판이 대상일 때는 검출된 표지판 영역으로부터 표지판의 종류에 따라 분류하고 분류된 표지판의 내용을 인식한다. 또한 (b)와 같이 하나의 표지판이 대상일 때는 검출된 표지판 영역으로부터 표지판의 내용을 인식하여 인식결과를 사용자에게 알려준다. 이와 같은 방법을 사용하는 표지판 검출 및 인식에 관한 기존 연구들은 컬러 기반, 형태 기반, 컬러와 형태를 결합하는 등의 연구들이 주류를 이루고 있다.

1) 컬러 정보 기반

컬러 정보를 기반으로 하는 연구들은 각각의 사용 목적에 맞는 컬러 모델을 사용하였다. 컬러 모델이란 색상간의 관계들 표현하는 방법을 말하는데 이는 하나의 컬러 모델로 모든 색의 성질을 표현하는 것은 불가능하기 때문에 여러 종류의 컬러 모델을 정의하여 사용한다. 컬러 정보를 기반으로 하는 표지판 검출 및 인식에 관한 연구들은 표지판의 전형적인 컬러 정보를 기반으로 표지판에 해당하는 컬러를 추출하고, 영역 분할 방법을 수행하여 표지판과 유사한 후보영역을 검출하였다. 이는 표지판의 사용 목적과 종류에 따라 표지판의 컬러가 정해져 있기 때문이다. 기존 연구에서 컬러 정보를 추출하기 위해 대부분 RGB 및 HSI 컬러 모델을 사용하여 표지판과 유사한 영역을 검출하였다.

RGB 컬러 모델은 일반적으로 컴퓨터 모니터에 출력 사용되는 모델로서 빛의 삼원색인 빨간색, 녹색, 파란색을 각각 더하여 원하는 컬러를 만들어내는 가산 혼합 모델이다. 이러한 RGB 컬러 모델을 사용하여 표지판을 검출하거나 인식하는 기존 연구 방법은 표지판의 빨간색, 녹색, 파란색의 컬러비를 이용하는 방법이다. 이 밖에도 빨간색, 녹색, 파란색의 필드를 사용하거나 빨간색, 녹색, 파란색의 컬러를 응용하여 표지판의 후보영역을 검출한다. [그림 2-2]는 실제 표지판의 RGB 컬러 값을 추출한 것이다. [그림 2-2]에서 (a)의 파란색 표지판일 경우에는 파란색에 해당하는 B값이 빨간색과 녹색보다 더 높은 것을 알 수 있으며, (b)의 빨간색 표지판일 경우에는 빨간색에 해당하는 R값이 다른 컬러보다 더 높은 것을 알 수 있다.

R	G	B
4	33	103
4	33	99
5	34	102
0	27	96
2	25	92

(a) 파란색 표지판

R	G	B
89	15	16
95	11	9
92	12	13
102	8	6
100	9	8

(b) 빨간색 표지판

[그림 2-2] 실제 표지판의 RGB 컬러 값

이러한 RGB 컬러 모델은 조도의 영향을 많이 받기 때문에 RGB 컬러 모델보다 조도의 영향을 덜 받는 HSI 컬러 모델을 기반으로 하는 연구들이 있다. HSI 컬러 모델은 컬러(Hue : H), 채도(Saturation : S), 명도(Intensity : I)로 구성된 컬러 모델로서 식(2-1)에 의해 RGB 컬러 모델을 HSI 컬러 모델로 변환하여 사용할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
I &= \frac{1}{3}(R+G+B) \\
S &= 1-\frac{3}{(R+G+B)}[\min(R,B,G)] \\
H &= \cos^{-1}\left[\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}}\right]
\end{aligned}
\qquad (2\text{-}1)
$$

식(2-1)에서 컬러 H는 Θ로 표현하며 0°~ 360° 의 범위를 가지고, 각도의 조절에 따라 0°에서는 빨간색, 120°에서는 녹색, 240°에서는 파란색 그리고 360°(0°)에서는 다시 빨간색으로 나타낸다. 채도 S는 원의 반지름으로 표현하며 0~1까지의 범위를 가지고, 컬러의 농도를 변화하여 색의 연함과 진함을 나타낸다. 명도 I는 컬러의 밝고 어두운 정도를 조절하는 것으로 Z축으로 표현되며, 검정색일 때 0을 나타내고 흰색 일 때 1을 나타낸다. [그림2-3]는 HSI 컬러 모델을 이용하여 실제 표지판의 Hue, Saturation, Intensity 값을 추출한 결과를 보여준다.

Hue	Sat	Int
221º	98%	41%
222º	95%	38%
222º	96%	40%
221º	97%	39%
224º	99%	34%

(a) 파란색 표지판

Hue	Sat	Int
359º	91%	38%
359º	93%	39%
358º	91%	36%
1º	93%	41%
357º	94%	39%

(b) 빨간색 표지판

[그림 2-3] 실제 표지판에 대한 HSI 컬러 값

이와 같이 HSI 컬러 모델을 사용한 표지판 검출 방법은 통계적 처리에 의해 표지판의 Hue, Saturation, Intensity의 범위를 결정하여 사용한다.

RGB 및 HSI 컬러 모델을 통해 추출된 컬러 정보들은 영역 분할을 위해 이진화 영상으로 변환한다. [그림 2-4]는 실제 영상에서 HSI 컬러 모델을 사용하여 이진화 영상을 검출한 예를 보여준다.

(a) RGB 영상

(b) Hue 정보만을 이용한 방법

(c) Saturation 정보를 이용하여 잡음 영역을 줄임

[그림 2-4] HSI 컬러 영역 추출 방법

[그림 2-4]의 (b)는 HSI 컬러 모델 중 컬러에 해당하는 Hue 정보만을 이용하여 이진화 된 영상을 보여준다. 이는 영상에서 잡음이 많기 때문에 Hue 정보뿐만 아니라 채도에 해당하는 Saturation 정보를 이용하여 잡음 영역을 줄인다. 이와 같은 결과들은 영역 분할을 하기 위해 레이블링(Labeling) 방법을 사용한다. 레이블링이란 픽셀의 영역을 구분하는 기법으로 이진영상에서 이웃 픽셀끼리 연결성이 있는지를 판단하여 연결성이 있는 영역에 대하여 각각의 영역으로 간주한다. 레이블링의 대표적인 방법으로는 4방향 레이블링과 8방향 레이블링이

있다. 이 밖에도 컬러 정보를 기반으로 하는 표지판 검출 및 인식에 관한 연구들은 RGB 및 HSI 컬러 모델 이외에도 YUV, Ycbcr, LAB 컬러 정보를 사용하는 연구들도 있다. 이러한 컬러를 기반으로 하는 연구들은 조도 변화나 복잡한 환경에서 적응적으로 대응하지 못한다는 문제점이 존재한다.

2) 형태 정보 기반

형태 기반의 표지판 검출 및 인식에 관한 연구들은 대부분 표지판의 모형을 나타내는 에지 정보를 기반으로 한다. 이러한 에지 정보는 물체의 경계를 추출 및 강화하는 알고리즘이다. 에지는 2개의 영역사이의 경계에 해당하는 것으로서 연결되어 있는 픽셀들의 집합을 말한다. 이러한 에지를 추출하는 방법에는 1차 미분 연산자에 해당하는 소벨(Sobel), 프리윗(Prewitt), 로버트(Robert) 연산자와 2차 미분 연산자에 해당하는 가우시안 라플라시안(Laplacian of Gaussian) 연산자, 그리고 1차 미분과 2차 미분 연산자를 사용하는 캐니(Canny) 연산자가 있다. [그림 2-5]는 표지판 인식을 위해 실제 자연 영상에서 Canny 연산자를 사용하여 검출된 에지를 보여준다.

(a) RGB 영상 (b) Canny 에지 검출 결과

[그림 2-5] Canny 연산자를 이용한 에지검출

[그림 2-5]와 같이 검출된 에지 영상은 허프 변환(Hough transform)을 이용하여 직선이나 원을 검출한다. 허프 변환을 통해 검출된 직선들과 원은 삼각형, 사각형, 원형 등의 형태를 규정하여 표지판과 유사한 영역을 후보영역으로 검출하는 방법이다. 이밖에도 검출된 에지 정보의 기울기와 분포 정도의 임계치를 두어 표지판 후보영역을 검출하고 검출된 후보영역을 삼각형, 사각형, 원형 등과 같은 템플릿을 사전에 정의하거나, 패턴 정보를 이용하여 적용한 후 표지판의 형태와 가장 유사한 영역을 검출하는 방법들이 있다. 이러한 방법들은 표지판이

삼각형, 사각형, 원형 등과 같이 일정한 형태를 가지고 있는 특징을 이용한 것이다. 이와 같은 형태 기반 표지판 검출은 실제 도시와 같은 복잡한 환경이나 외부 환경에 의한 형태의 손실에 따른 형태의 변화 등에 의해 많은 어려움을 갖는 문제점이 존재한다.

3) 컬러 및 형태 정보 결합 기반

컬러 및 형태 정보를 기반으로 하는 연구들의 문제점을 해결하고자 컬러와 형태를 결합하여 표지판을 검출하는 연구들이 나타나게 되었다. 컬러와 형태를 결합하는 방법은 [그림 2-6]의 (a)와 같이 RGB, HSI와 같은 컬러 정보를 통해 교통 표지판 후보 영역을 검출하고 검출된 컬러 정보로부터 (b)와 같이 표지판의 형태를 검출하여 사전에 정의된 표지판의 형태 정보(삼각형, 사각형, 원형 등)를 컬러 정보에서 추출된 후보 영역에 대응시킴으로써 가장 유사한 영역을 표지판 영역으로 검출하는 방법이다.

(a) 컬러 정보 추출　　(b) 추출된 컬러 정보에서 에지 정보 추출

[그림 2-6] 컬러와 형태를 결합한 방법

이밖에도 (a)와 같이 컬러 정보로부터 추출된 표지판 영역을 표지판의 컬러에 따라 표지판을 분리하고 분리된 표지판 영역을 에지 정보를 기반으로 패턴 정보를 이용하여 표지판을 검출하거나 인식한다. 또한 컬러 정보에서 추출된 표지판 영역을 템플릿으로 지정하고 지정된 템플릿은 기존에 만들어 놓은 DB(Data Base)와 템플릿 매칭을 통하여 유사성을 비교한 후 최종적으로 표지판을 검출하거나 인식한다.

III. 2D 및 3D 정보 융합을 통한 표지판 검출

1. 제안하는 알고리즘

[그림 3-1] 제안하는 알고리즘

본 논문에서 표지판 영역 검출을 위해 제안하는 방법은 [그림 3-1]과 같다. 이 방법을 수행하기 위해서는 스테레오 및 키넥트 카메라로부터 2D 정보인 RGB 영상과 3D 정보인 깊이 영상을 획득한다. 획득된 3D 깊이 영상에서 거리 정보를 추출하고, 추출된 거리 정보를 이용하여 유효거리를 측정한다. 그 다음 측정된 유효거리를 적용한 필터링 과정을 수행하여 불필요한 영역을 제거한 후 Mean Shift 알고리즘을 사용하여 연결성이 있는 영역에 대해 분할한다. 분할된 영역은 각각 관심 영역으로 지정되고 지정된 관심 영역은 2D 정보인 RGB 영상에서 마스크(mask)로서 사용하여 지정된 관심 영역을 RGB 영상으로 변환한다. RGB 영상으로 변환된 영역들은 HSI 컬러 모델로 변환 후 Hue, Saturation 정보를 사용하여 이진화 시킨다. 이진화 된 영상은 8방향 레이블링을 통해 표지판 영역을 검출한다.

2. 스테레오 및 키넥트 카메라의 3D 깊이 영상 획득 방법

본 연구에서는 3D 깊이 정보를 추출하기 위해 [그림 3-2]의 (a)와 같은 평행식 스테레오 카메라와 [그림 3-2]의 (b)와 같은 키넥트 카메라를 사용한다.

(a) Videre Design 사의 STH-MDCS-VAR

(b) MicroSoft 사의 키넥트

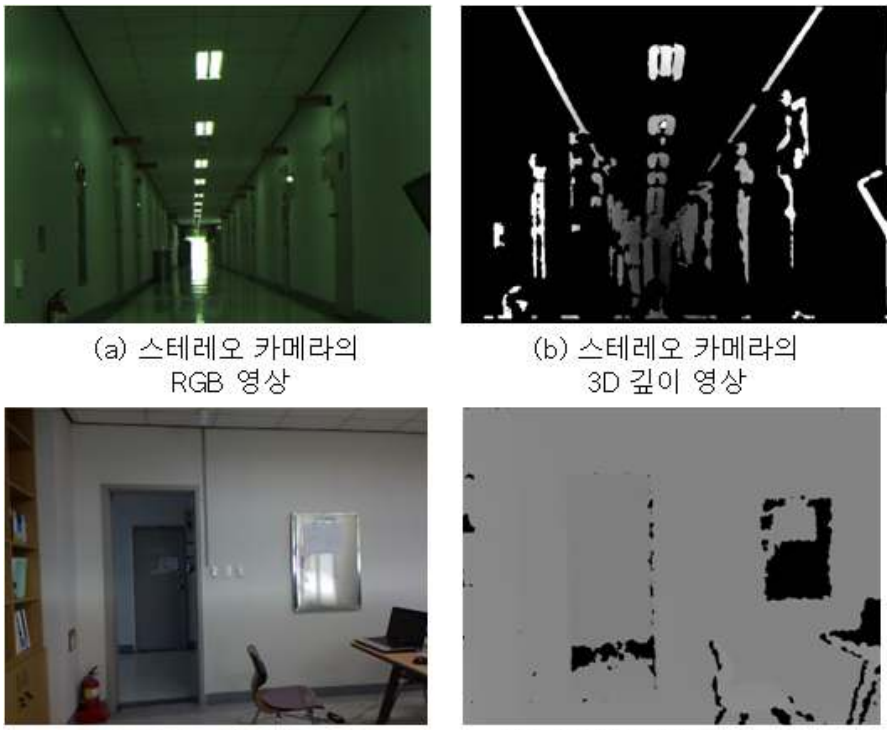
[그림 3-2] 스테레오 및 키넥트 카메라

스테레오 카메라는 두 대의 카메라로부터 입력된 좌, 우 RGB 영상을 정합을 통하여 3D 깊이 영상을 획득할 수 있다. 이와 같이 획득된 스테레오 카메라의 3D 깊이 영상은 카메라와 객체 사이의 거리를 나타내는 정보로서 0~255까지의 Gray-scale로 표현된다. 이에 반면에 키넥트 카메라는 RGB 카메라와 3D 깊이 센서로 구성되어 있는데 이들은 각각 RGB 영상과 3D 깊이 정보인 Raw Data를 획득할 수 있다. 키넥트 카메라에서 카메라와 객체 사이의 거리를 나타내는 Raw Data는 0~2048의 값을 가지고 있기 때문에 영상으로 나타낼 수 없다. 따라서 키넥트 카메라의 3D 정보인 Raw Data를 영상으로 표현하기 위해 0~2048의 Raw Data를 0~255까지의 Gray-scale로 변환해야한다. 식(3-1)은 키넥트 카메라의 Raw Data를 Gray-scale로 변환하는 방법을 보여준다.

$$TransRaw_{img} = 255 - \left(\frac{RawData}{2048}\right) \times 255 \qquad (3\text{-}1)$$

식(3-1)에서 $TransRaw_{img}$는 Raw Data가 Gray-scale로 변환된 영상이고, 255의 값은 0~255까지의 범위 2048은 Raw Data의 범위를 나타낸다. 이와 같이 Gray-scale로 표현된 3D 깊이 영상은 흰색에 가까울수록 카메라와 객체 사이의

거리가 가까운 것을 나타내고, 검정색에 가까울수록 카메라와 객체 사이의 거리가 멀다는 것을 나타낸다. [그림 3-3]의 (a)는 스테레오 카메라로 획득된 RGB 영상과 3D 깊이 영상을 보여주고, [그림 3-3]의 (b)는 키넥트 카메라에서 획득된 RGB 영상과 추출된 Raw Data를 식(3-1)을 이용하여 3D 깊이 영상으로 변환한 결과를 보여준다.



(a) 스테레오 카메라의 RGB 영상

(b) 스테레오 카메라의 3D 깊이 영상

(c) 키넥트 카메라의 RGB 영상

(d) 키넥트 카메라의 Raw Data에서 변환된 3D 깊이 영상

[그림 3-3] 스테레오 및 키넥트 카메라에서 획득한 영상

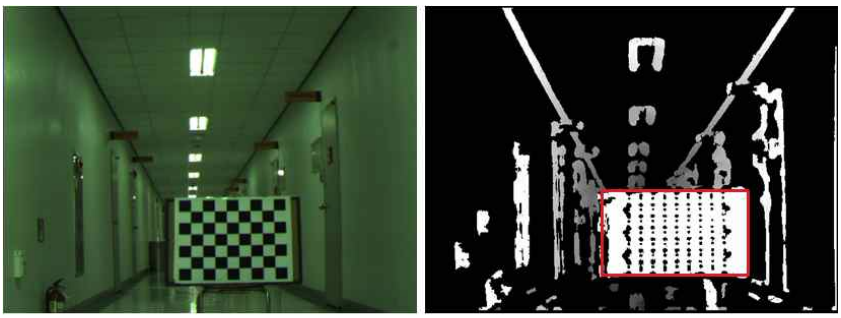
[그림 3-3]의 (b)는 스테레오 카메라에서 획득한 3D 깊이 영상으로서 가까운 거리에 있는 부분과 점점 멀어지는 부분의 화소 값 변화를 볼 수 있다. [그림 3-3]의(d)는 키넥트 카메라에서 획득된 Raw Data를 식(3-1)에 의해 변환한 3D 깊이 영상으로서 화소 값 변화가 거의 없는 것을 알 수 있다. 이는 0~2048의 넓은 범위를 갖는 Raw Data를 영상으로 표현할 수 있는 0~255까지의 좁은 범위로 변환하였기 때문이다.

3. 거리 정보 추출

획득된 3D 깊이 영상은 카메라와 객체 사이의 거리 정보를 알 수 있다. 이 거리 정보는 화소 값에 따라 추출할 수 있는데 키넥트 카메라에서는 Raw Data에 따른 거리 정보가 제공되기 때문에 거리 정보를 따로 추출할 필요가 없다. 이에 반면에 스테레오 카메라는 화소 값에 따른 거리 정보가 제공되지 않기 때문에 거리별 화소 값 측정을 통해 거리 정보를 추출해야 한다.

[그림 3-4] 거리 정보 측정 조건

정확한 거리 정보를 측정하기 위한 조건은 평탄한 바닥을 기준으로 [그림 3-4]와 같이 카메라와 객체에 해당하는 체크보드가 동일한 높이어야 한다.

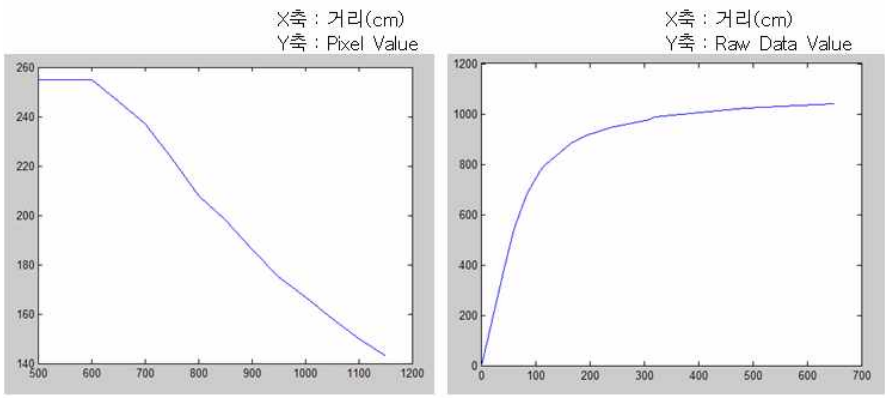


(a) RGB 영상 (b) 3차원 깊이 영상

[그림 3-5] 거리별 화소 값 측정 방법

이러한 이유는 평탄한 바닥을 기준으로 거리를 측정하기 때문에 카메라와 객체의 높이가 다를 경우에는 측정한 거리 정보의 결과가 잘못된 값이 나오기 때

문이다. 거리 정보를 측정하기 위한 방법은 [그림 3-5]의 (a)와 같이 카메라와 체크보드를 조건에 만족하게 설치하고, 체크보드를 가까운 지점에서 멀어지는 방향으로 50cm씩 이동하면서 (b)의 3D 깊이 영상을 캡처한 후 체크보드에 해당하는 화소 값을 샘플링 한다. 이렇게 샘플링한 거리별 화소 값을 이용하여 거리 정보를 추출한다. 이와 같은 방법으로 측정된 스테레오 카메라의 거리 정보와 제공된 키넥트 카메라의 거리 정보의 결과는 [그림 3-6]과 같다.



(a) 스테레오 거리별 화소 값 (b) 키넥트 거리별 Raw Data 값

[그림 3-6] 거리 정보 결과

[그림 3-6]의 (a)는 스테레오 카메라로 측정된 거리별 화소 값 결과이고, (b)는은 제공된 키넥트의 거리별 Raw Data 값을 나타낸다. [그림 3-6]에서 x축은 cm 단위의 거리를 나타내고, y축은 (a)에서는 화소 값을 나타내고 (b)에서는 Raw Data 값을 나타낸다. [그림 3-6]의 (a)를 보면 일정 거리 동안 화소 값이 변하지 않지만 일정 거리 이상 멀어질수록 화소 값이 점점 낮아지는 것을 알 수 있다. 여기서 일정 거리의 화소 값이 동일한 경우에는 거리를 판별할 수 없기 때문에 불필요한 영역이 된다. 따라서 스테레오 카메라의 거리 정보 측정 결과는 화소 값이 변하는 지점인 약6m 50cm가 최소거리가 되고, 최대거리는 11m로 측정되었다. 최대거리가 11m로 측정된 이유는 이후 유효거리 측정에서 최대거리가 11m로서 측정되었기 때문이다. 반대로 [그림 3-6}의 (b)는 거리가 멀어질수록 Raw Data 값이 급격하게 커지다가 일정 거리 이후부터 근소하게 값이 변하는 것을 알 수 있다. 제공된 키넥트의 최소 거리는 약46cm 최대거리는 약 6m50cm로 나타났다.

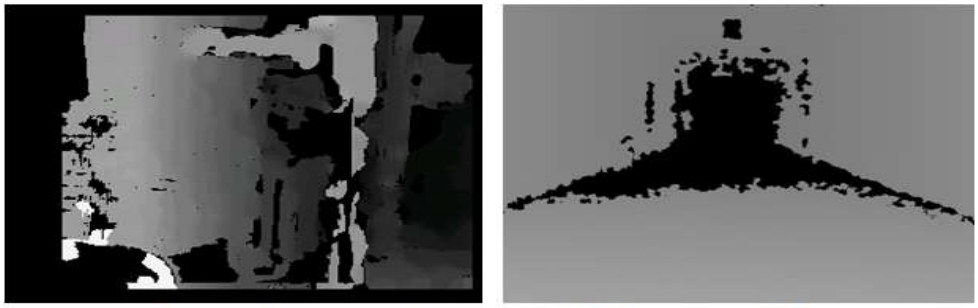
4. 유효거리 필터링

추출된 3D 거리 정보는 거리별 화소 값을 제공한다. 추출 된 거리는 사전에 측정된 유효거리를 적용시켜 3D 깊이 영상에서 불필요한 영역을 제거할 수 있다. 유효거리란 카메라로부터 입력된 영상에서 표지판의 내용을 인식할 수 있는 거리를 말한다. 유효거리 측정은 정확한 거리를 측정하기 위해 위의 [그림 3-4]와 유사한 방법으로 평평한 바닥을 기준으로 동일한 높이에서 표지판을 인식할 수 있는 거리를 측정한다. 이 때 체크보드 대신 규격에 따라 만든 표지판이 객체가 된다. 본 연구에서 사용한 평행식 스테레오 카메라로 측정된 유효거리는 약6m50cm~11m, 키넥트는 약3m~6.5m로 측정되었다. 이와 같이 측정된 이유는 키넥트의 거리별 Raw Data 값 측정 결과에서 최소거리는 약46cm이지만 실제 환경의 표지판들은 규격에 의해 일정한 높이에 설치되기 때문에 최소거리는 약 3m로 한다. 또한 실제 키넥트의 RGB영상에서 6.5m이상 표지판을 인식할 수 있지만 제공된 최대 거리는 6.5m이기 때문에 최대거리는 6.5m가 된다. 스테레오 카메라의 유효거리는 거리별 화소 값 측정에서 최소거리가 약6m50cm이고 최대거리가 11m 이상이지만 RGB 영상에서 표지판을 인식할 수 있는 최대거리는 약11m이기 때문에 유효거리는 약6m50cm~11m로 측정된다. 이와 같이 측정된 유효거리를 3D 깊이 영상에 적용시켜 불필요 영역을 제거 할 수 있다. 이를 유효거리 필터링이라 한다. 유효거리 필터링 방법은 식(3-2)와 같다.

$$Filter_{img} = \begin{cases} 0 & \text{if } ED_{\min} > Depth \text{ or } Depth > ED_{\max} \\ Depth & \text{if } ED_{\min} \le Depth \le ED_{\max} \end{cases} \qquad (3\text{-}2)$$

위의 수식(3-2)에서 $ED_{\min}$은 유효거리의 최소거리에 해당하는 데이터 값이고, $ED_{\max}$는 유효거리의 최대거리에 해당하는 데이터 값이다. $Depth$영상의 화소 값이 $ED_{\min}$보다 작거나 $ED_{\max}$보다 크면 유효거리 밖의 영역이므로 불필요한 영역이다. 따라서 불필요한 영역은 검정색인 0으로 나타내어 제거하고, 유효거리 안에 포함되는 $Depth$영상의 data값은 본래의 $Depth$영상의 data값으로 표시한다. [그림 3-7]은 스테레오와 키넥트의 유효거리 필터링 결과를 보여준다.

(a) 스테레오(좌) 및 키넥트(우) 카메라의 RGB 영상



(b) 스테레오(좌) 및 키넥트(우) 카메라의 3D 깊이 영상

(c) 스테레오(좌) 및 키넥트(우) 카메라의 유효거리 필터링 결과

[그림 3-7] 유효거리 필터링 결과

[그림 3-7]에서 (c)의 유효거리 필터링 결과를 보면 (b)의 3D 깊이 영상에서 유효거리 밖의 영상은 불필요 영역으로 제거됨을 알 수 있다. 여기서 키넥트 영상은 3D 깊이 영상과 유효거리 필터링 결과 영상의 화소 값이 다르다는 것을 알 수 있다. 이는 키넥트의 Raw Data의 범위가 넓어 영상으로 표현하지 못하기 때문에 식(3-1)을 통해 영상으로 표현되었다. 하지만 변환된 키넥트의 3D 깊이 영상은 화소 값의 변화가 거의 없기 때문에 연결성이 있는 영역 분할에 적합하지 않다. 그러므로 영역 분할에 적합한 3D 깊이 영상을 구하기 위해 식(3-3)을 이

용하여 유효거리 안의 Raw Data 값을 0~255의 Gray-scale 영상으로 변환한다.

$$Depth_{img} = 255 - \left(\frac{RawData - ED_{\min}}{ED_{\max} - ED_{\min}} \right) \times 255 \qquad (3\text{-}3)$$

식(3-3)에서 $Depth_{img}$는 유효거리 안의 Raw Data 값을 0~255의 Gray-scale 영상으로 변환한 3D 깊이 영상을 나타낸다.

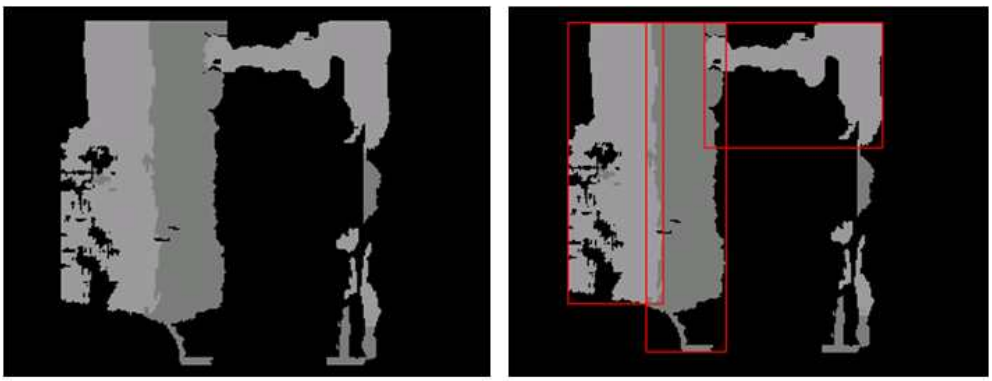
이와 같은 이유로 (b)의 키넥트 영상은 3D 깊이 영상과 유효거리 필터링 결과 영상의 화소 값이 다르게 나타난다. 이 유효거리 필터링 결과 영상들은 거리별 영역 분할에 사용된다.

5. 3D 깊이 정보의 거리별 영역 분할

유효거리 필터링을 거친 3D 깊이 영상은 유사한 거리에 있는 객체 영역을 분할할 수 있다. 이는 비슷한 색상들을 묶어 영역화 하는 군집화 단계가 말한다. 하지만 실제 유사한 거리에 있는 객체에 대한 영역을 판단하기는 어렵다. 즉, 3D 깊이 영상에서 서로 이웃하는 픽셀에 대하여 동일한 영역에 속하는지 판단하기 쉽지 않다. 이는 이웃하는 픽셀들이 연속적으로 이어져 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 3D 깊이 영상에서 연결성이 있는 영역을 분할하기 위해 평균 이동(Mean Shift) 알고리즘을 이용한 분할(Segmentation)을 사용한다. Mean Shift Segmentation은 영상의 특징 공간을 분석하고 확률 밀도 함수를 사용하여 클러스터링을 하는 non-parametric한 방법으로 컬러 영상을 분할하는데 많이 사용된다. 여기서 확률 밀도 함수는 픽셀의 컬러분포가 가장 많이 모여 있는 위치를 말한다. 이 Mean Shift 알고리즘은 다차원(x, y, R, G, B) 공간에 존재하는 컬러 값들 중에서 윈도우를 스캔하면서 현재 위치 픽셀과 유사한 컬러분포를 갖는 픽셀들의 평균적인 위치와 컬러공간에서의 평균값을 계산하고, 이 점으로 다시 이동하여 같은 작업을 반복하면서 윈도우의 크기 내에 최대 밀도를 갖는 덩어리(clumps)를 찾는다. 이 때 위치를 표현하는 (x, y)와 색상을 표현하는 (R, G, B) 값의 범위가 다르다. 따라서 각각의 차원에서 크기가 다른 윈도우를 사용해야한다. 이와 같이 색상 공간에서 이웃 픽셀은 식(3-4)에 의해 결정된다.

$$\begin{aligned}(x,y):\ & X-sp \le x \le X+sp \text{ and} \\ & Y-sp \le y \le Y+sp \text{ and} \\ & |(R,G,B)-(r,g,b)| \le sr\end{aligned} \tag{3-4}$$

식(3-4)에서 sp(spatial radius)는 공간 좌표의 윈도우 크기를 나타내고, sr(color radius)은 색상 공간에서의 윈도우 크기를 나타낸다. (R,G,B)와 (r,b,g)는 색상 벡터로서 각각 입력 영상의 모든 픽셀 좌표 (X,Y)와 현재 위치를 나타내는 좌표 (x,y)를 나타낸다. [그림 3-8]의 (a)는 실제 유효거리 필터링을 거친 3D 깊이 영상에서 Mean Shift를 적용하여 분할된 결과를 보여준다.



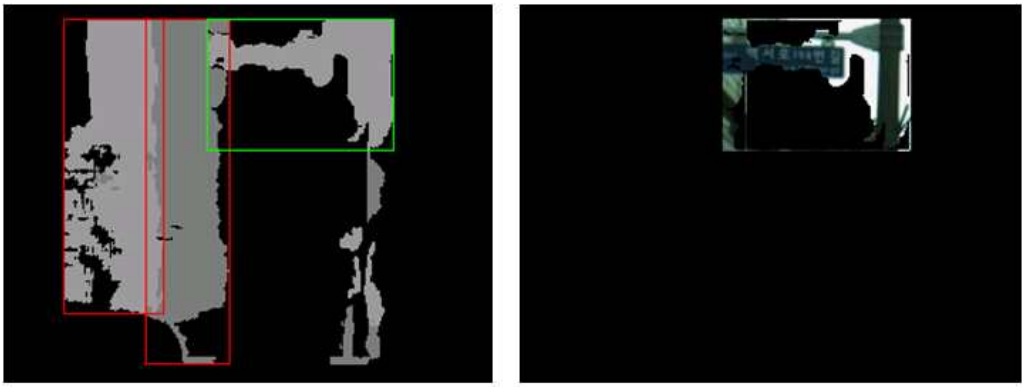
(a) Mean Shift Segmentation 결과 (b) 관심 영역 지정

[그림 3-8] Mean Shift Segmentation 결과에 따른 관심 영역 지정

[그림 3-8]에서 (a)의 Mean Shift Segmentation 결과를 보면 연결성이 있는 영역에 대해 동일한 색상으로 분할된 것을 알 수 있다. 이는 8방향 레이블링을 통해 [그림 3-8]의 (b)와 같이 각각의 관심 영역을 지정해 준다. 이 때 표지판의 크기에 해당될 수 없는 작은 크기의 영역들은 잡음으로 간주되어 관심영역으로 지정하지 않는다. 관심 영역으로 지정된 영역들은 2D 정보와 융합을 통해 표지판을 검출하는데 사용된다.

6. 2D 및 3D 정보 융합을 통한 표지판 검출

지정된 각각의 관심 영역들은 표지판 영역을 검출하기 위해 2D 정보에 해당하는 컬러 정보를 사용한다. 따라서 2D 정보에서 컬러 정보를 추출하기 위해서는 각각의 3D 정보인 관심 영역들을 RGB영상으로 변환해야한다. [그림 3-9]는 3D 정보를 2D 정보인 RGB 영상으로 변환한 결과를 보여준다.



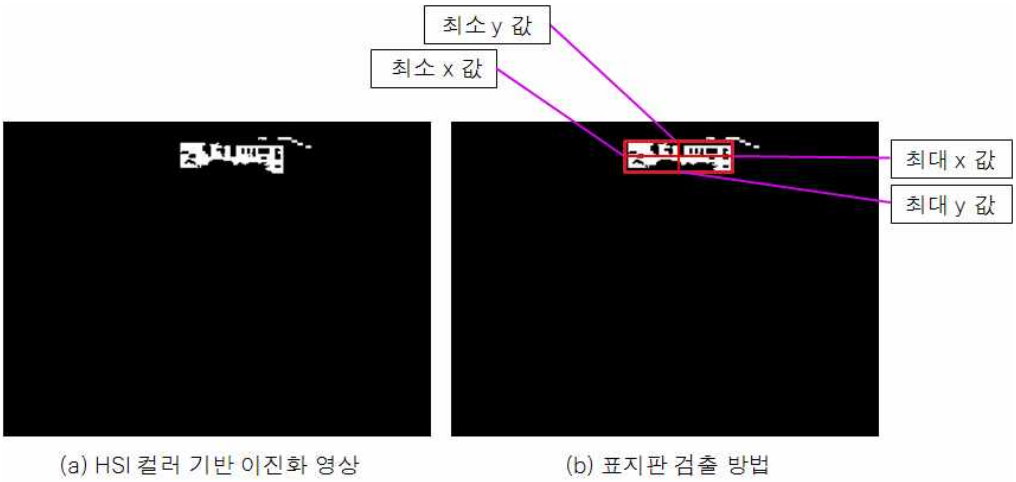
(a) 관심 영역 (b) RGB 영상 변환 결과

[그림 3-9] RGB 영상 변환 방법

[그림 3-9]의 (a)를 보면 3D 깊이 영상에서 추출된 각각의 관심 영역들이다. 이 관심 영역들은 각각의 마스크(mask)가 되어 RGB 영상으로 변환한다. 예를 들면 (a) 오른쪽에 녹색으로 표시된 관심 영역에서 값이 있는 영역은 RGB 컬러 값으로 변환되고, 값이 0(검정색)인 영역은 변환되지 않는다. (b)는 (a)의 관심 영역을 마스크로 하여 변환된 RGB 영상을 보여준다. 변환된 RGB 영상은 HSI 컬러 모델로 변환 후 Hue와 Saturation 정보를 사용하여 표지판의 컬러에 해당되는 영역을 이진화 영상으로 검출한다. Hue와 Saturation 정보는 최소 및 최대 평균을 기반으로 결정하였다. [그림 3-10]의 (a)는 HSI 컬러 정보를 이용하여 검출된 이진화 영상을 보여준다. 이와 같이 검출된 이진화 영상은 레이블링을 수행하여 영역을 분할하고 잡음에 해당하는 영역은 제거한다. 그리고 분할된 영역에서 표지판을 검출하기 위해 중심점을 구한다. 이와 같이 중심점을 구하는 이유는 3D 깊이 영상에서 검출된 표지판 영역이 RGB 영상에서 표지판 영역을

모두 포함하고 있지 않기 때문이다. 즉, [그림 3-10]의 (b)의 최소 및 최대 좌표(x, y)를 구하여 RGB 영상에서 표지판을 검출하는게 아니라 최소 및 최대 좌표(x, y)를 구하여 중심점을 구한다. 중심점을 구하는 방법은 식(3-5)와 같이 간단한 방법으로 구할수 있다.

$$Center_{(x,y)}\begin{cases} x = (Max_x - Min_x)/2 \\ y = (Max_y - Min_y)/2 \end{cases} \tag{3-5}$$



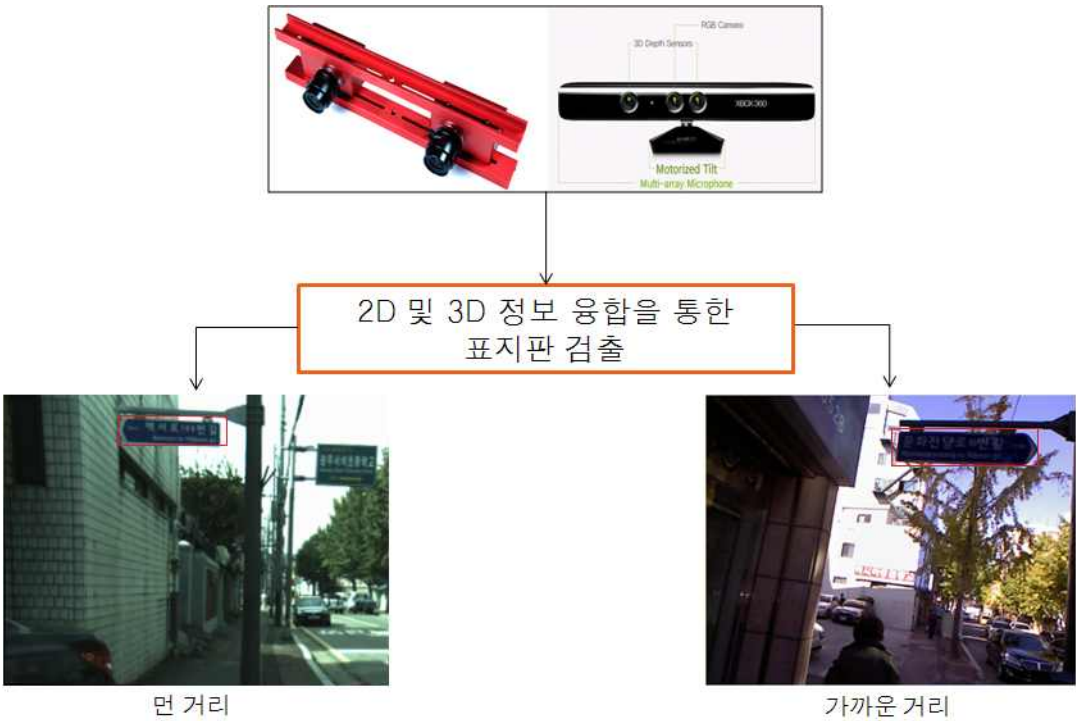
[그림 3-10] 표지판 검출 방법

3D 깊이 영상에서 검출된 표지판 영역은 RGB 영상에서 표지판 영역을 모두 포함하고 있지 않기 때문에 표지판 인식 단계에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 식(3-5)에 의해 구해진 중심점에서 추출된 최소 및 최대 좌표(x, y)를 확장시킨다. 즉, 추출된 최소 좌표 값은 더 낮은 값으로 변환하고, 최대 좌표는 더 높은 값으로 변환한다. 좌표 값의 변환은 실제 환경에 따라 표지판 영역을 검출해야 하므로 동적인 방법을 사용해야한다. 따라서 동적으로 좌표 값의 변환하기 위해 RGB 영역에서 포함하지 못한 3D 영상의 영역들의 특징을 관찰하여 평균 %를 구한다. 본 연구에서는 구해진 평균 %는 이용하여 좌표 값을 확장하였다. [그림 3-11]은 실제 2D 및 3D 정보를 융합하여 표지판을 검출한 결과를 보여준다.

[그림 3-11] 표지판 검출 결과

7. 스테레오 및 키넥트 연동 기술

본 연구에서는 2D 및 3D 정보를 획득하기 위해 스테레오 카메라와 키넥트 카메라를 사용하였다. 이 스테레오 및 키넥트 카메라는 [그림 3-12]과 같이 서로 연동하여 사용될 수 있다.



[그림 3-12] 스테레오 및 키넥트 연동 방법

이는 스테레오 및 키넥트 카메라가 표지판을 검출하는 과정에서 RGB 영상과 3D 깊이 영상을 추출하는 방법을 제외하고 동일한 과정을 수행하기 때문이다. 즉, [그림 3-11]에서 보듯이 키넥트 카메라는 가까운 거리에 있는 표지판을 검출하는 목적으로서 사용되고 스테레오 카메라는 키넥트 카메라의 범위를 벗어난 먼 거리의 표지판을 검출하는데 사용된다. 이 중 스테레오 카메라는 표지판을 검출하는 주 카메라로서 키넥트 카메라는 보조 카메라로서 사용된다. 이와 같은 이유는 키넥트 카메라가 3D 깊이 영상을 검출하기 위해 적외선 센서를 사

용하는데 햇빛이 강한 낮에는 적외선의 양이 늘어나 3D 깊이 영상의 검출율이 현저하게 저하되기 때문이다. 반면에 햇빛이 약한 곳의 표지판은 키넥트 카메라를 이용하여 3D 깊이 영상을 추출할 수 있는데 이는 스테레오 카메라로 추출한 3D 깊이 영상보다 표지판의 영역을 거의 손상 없이 표현한다. 따라서 키넥트 카메라는 표지판 검출을 위한 보조용으로 사용한다. 스테레오 카메라는 두 대의 카메라에서 입력된 영상을 정합하여 3차원 정보를 추출하기 때문에 키넥트와 같은 문제가 발생하지 않는다. 또한 키넥트 카메라는 너무 짧은 거리를 측정하기 때문에 설치된 표지판의 높이를 고려하면 표지판을 검출하기 위해서는 거리가 매우 가까워진다. 따라서 먼 거리의 표지판을 검출할 수 있는 스테레오 카메라는 주 카메라로서의 역할을 수행하고, 키넥트 카메라는 보조 카메라로서의 역할을 수행한다. 이와 같이 스테레오 및 키넥트 카메라는 연동되어 사용할 수 있다.

IV. 실험 및 성능평가

본 연구에서는 표지판 검출을 위해 필요한 3D 깊이 정보를 추출하여 유효거리 필터링 된 결과와 거리별 분할된 영역 결과를 보여주고 최종적으로 표지판의 검출 결과를 통해 검출율을 측정한다.

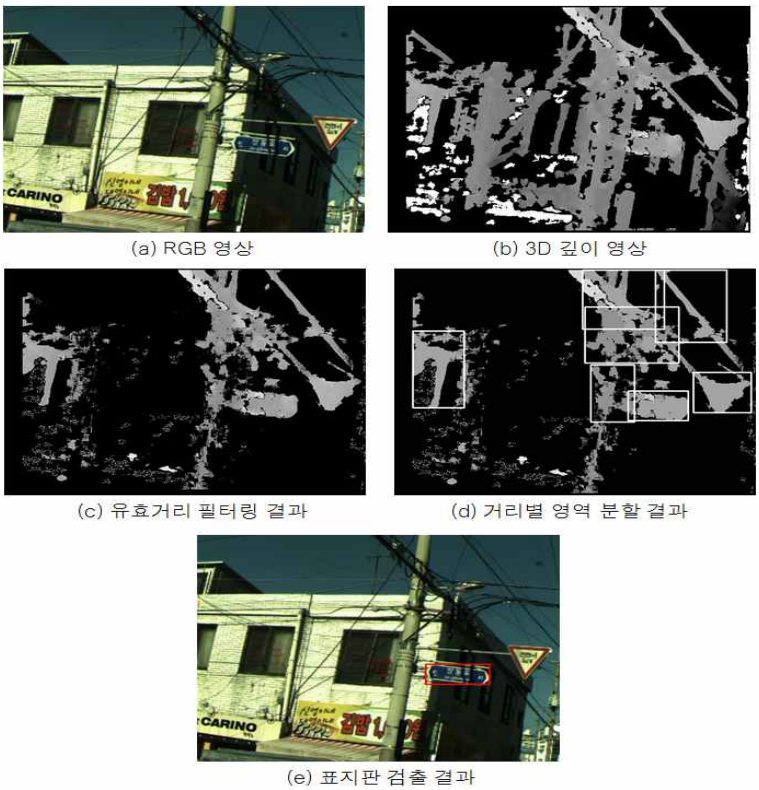
1. 실험 환경

본 연구에서는 표지판 검출 및 인식을 위해 Windows XP운영체제에서 Intel Core2 2.80 GHz, 3GB RAM으로, Visual Studio 2008에서 Open CV 라이브러리를 사용하여 구현되었다. 표지판 검출을 위해 사용되는 스테레오 및 키넥트 카메라의 해상도는 640X480 크기로서 RGB 영상과 3D 깊이 영상의 크기가 동일하다. 표지판의 검출을 위해 사용된 영상은 광주광역시의 새 주소 표지판을 대상으로 하였다.

실행에 필요한 소스 코드는 Open CV 구현코드를 기반으로 하였으며 프로그램의 성능 측정을 위하여 저자가 직접 구현한 구현코드를 사용하였다.

2. 실험 결과

1) 스테레오 및 키넥트 카메라를 이용한 표지판 검출 실험



(a) RGB 영상 (b) 3D 깊이 영상

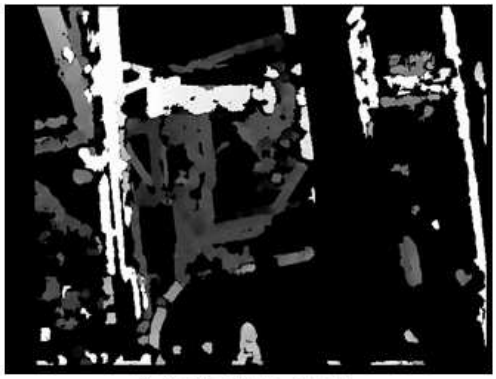
(c) 유효거리 필터링 결과 (d) 거리별 영역 분할 결과

(e) 표지판 검출 결과

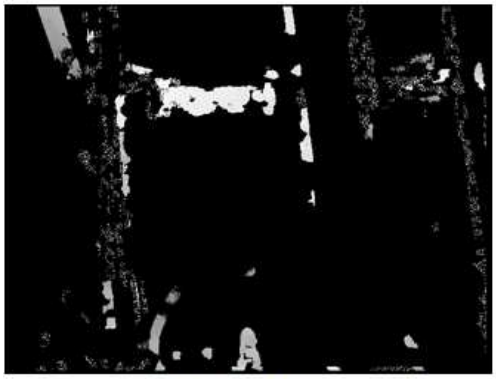
[그림 4-1] 스테레오 카메라 실험 영상 1

스테레오 카메라를 이용한 표지판 검출의 각 과정은 [그림 4-1]에 나타난다. 스테레오 카메라를 통하여 (a)의 표지판이 존재하는 주변 영상을 획득하고, (b)의 깊이 정보를 획득한다. 획득한 깊이 정보를 이용하여 표지판을 인식할 수 있는 유효 거리에 대한 필터링을 수행하고 해당 영역만을 표시하면 (c)와 같은 결과를 얻을 수 있다. 이 결과에서 깊이 정보의 연결성이 존재하는 곳을 분석하여 연속된 평면이 존재하는 위치를 추출하면 (d)와 같은 결과를 얻을 수 있다. 최종적으로 (d)의 결과와 앞서 언급한 표지판의 특성정보를 결합하여 최종적인 표지판 위치 정보를 산출하고, 인식을 위하여 (a) 영상에서 해당 위치를 추출한다.

(a) RGB 영상



(b) 3D 깊이 영상



(c) 유효거리 필터링 결과

(d) 거리별 영역 분할 결과

(e) 표지판 검출 결과

[그림 4-2] 스테레오 카메라 실험 영상 2

[그림 4-1]과 [그림 4-2]는 스테레오 카메라로 실험한 영상의 예시이다.

(a) RGB 영상 (b) 유효거리 필터링 결과

(c) 거리별 영역 분할 결과 (d) 표지판 검출 결과

[그림 4-3] 키넥트 카메라 실험 영상 1

키넥트 카메라를 이용한 표지판 검출의 각 과정은 [그림 4-3]에 나타난다. 키넥트 카메라를 통하여 (a)의 표지판이 존재하는 주변 영상을 획득한다. 그리고 깊이 지도를 획득한다. 키넥트는 카메라 거리 정보를 영상으로 획득하는 것이 아니라 0~2048의 값으로 획득하게 된다. 각 수치간에 거리 정보의 손실이 심하기 때문에 본 논문에서는 0~255의 영상으로 변환하여 처리하지 않고, 0~2048의 값에서 1차적으로 유효거리 필터링을 수행한다. 그리고 필터링 수행후 결과 데이터를 0~255의 Gray-scale 영상으로 변환하면 (b)와 같은 결과를 얻을 수 있다. 키넥트 카메라 역시 스테레오 카메라의 실험과 마찬가지로 유효거리 필터링 결과에서 깊이 정보의 연결성이 존재하는 곳을 분석하여 연속된 평면이 존재하는 위치를 추출한다. 추출 결과는 (c)와 같고, 이 결과와 앞서 언급한 표지판의 특성정보를 결합하면 최종적인 표지판 위치 정보를 산출할 수 있다. 그리고 인식을 위하여 (a) 영상에서 해당 위치를 추출한다.

(a) RGB 영상 (b) 유효거리 필터링 결과

(c) 거리별 영역 분할 결과 (d) 표지판 검출 결과

[그림 4-4] 키넥트 카메라 실험 영상 2

[그림 4-3]과 [그림 4-4]는 키넥트 카메라로 실험한 영상의 예시이다.

2) 표지판 검출 측정 결과

[표 4-1]은 실험결과 제안하는 표지판 검출 방법의 표지판 검출율이다. 키넥트 카메라는 표지판을 포함하는 57장의 입력영상을 대상으로 실험하였다. 실험결과 전체 57장의 영상 중 56장의 영상에서 정상적으로 표지판을 검출하여 98.2%라는 우수한 성능을 보여주었다. 또한 스테레오 카메라는 표지판을 포함하는 73장의 입력영상을 대상으로 실험하여 69장의 영상에서 정상적으로 표지판을 검출하였다. 그 결과 95.9%의 우수한 결과를 보여주었다.

[표 4-1] 표지판 검출율

구분	총 검출 수/총 영상 수	측정 결과
키넥트 카메라	56/57	98.2%
스테레오 카메라	69/73	95.9%

키넥트 카메라를 이용한 표지판 검출 실험에서 1.8%의 오 검출율은 키넥트 카메라 자체의 특성에 기인한다. 키넥트 카메라는 거리정보를 얻기 위하여 적외선을 사용한다. 본 논문에서 실험하는 환경인 야외 환경에서는 태양광이 존재한다. 이 태양광은 적외선을 포함하고 있다. 따라서 태양광으로 인하여 키넥트 카메라는 거리정보를 제대로 산출할 수 없게 되고, 이로 인하여 거리정보를 기초데이터로 하여 표지판 분리를 위한 후보 영역을 설정하는 과정에서 오류가 발생한다. 그리고 이 오류는 오 검출로 직결되는 결과를 가진다.

또한 제안 방법에서 검출에 기본이 되는 거리 정보에서 표지판 영역을 획득하지 못하면 스테레오와 키넥트 카메라 모두 표지판을 검출할 수 있는 기초 데이터가 존재하지 않아 정상적으로 검출이 되지 않는다.

마지막으로 야외 환경에서 태양광이 표지판 영역에 존재하는 경우 빛의 반사로 인하여 획득되는 영상의 색상값의 변조와 더불어 Saturation 값이 변조되어 표지판의 특성을 상실하는 경우에 오 검출이 발생하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존 연구의 2D 정보에 나타나는 특징들만을 이용하는 표지판 검출 및 인식 방법들에서 벗어나 3D 깊이 정보를 이용하여 표지판 검출 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 평행식 스테레오 카메라 시스템과 키넥트 카메라를 사용하여 3D 깊이 정보를 획득한다. 그리고 획득된 깊이 정보에서 표지판을 인식할 수 있을만한 영상을 획득하기 위하여, 실험을 통하여 산출된 유효거리를 바탕으로 유효거리 필터링을 수행한다. 이로 인하여 표지판을 인식할 수 없는 영역에서의 불필요한 연산 과정이 생략된다.

그리고 유효거리 필터링을 통해 산출된 결과에서 거리 정보 분석을 통하여 평면을 찾고, 표지판의 특성정보를 종합적으로 융합하여 표지판을 검출하였다.

제안 방법으로 실험한 결과 키넥트 카메라를 이용한 실험에서는 광주 광역시의 표지판을 대상으로 57군데의 표지판을 대상으로 실험한 결과 98.2%의 우수한 성능을 보여주었다. 또한 스테레오 카메라를 이용한 실험에서는 73군데의 광주 광역시의 표지판을 대상으로 95.9%의 검출율을 보여주었다.

실험결과 2D 정보만 사용한 실험에 비하여 3D 정보를 융합함으로써 기존의 오 검출 환경(표지판과 같은 색상의 표지가 겹쳐 나오는 경우)에서 오 검출 하지 않는 우수한 성능을 보여주었다.

하지만 적외선을 사용하는 키넥트 카메라의 구조적인 문제로 인하여 태양광이 존재하는 환경에서는 정상적인 검출이 어려웠다. 또한 역시 태양광으로 인하여 색상 정보와 채도 정보의 변조로 인한 오 검출 역시 향후 해결해야 할 문제이다.

결론적으로 본 논문은 근거리 검출은 키넥트 카메라, 원거리 검출은 스테레오 카메라의 형태로 시스템을 구축하면 다양한 환경의 표지판 검출이 가능하고, 다른 종류의 표지판 검출까지 확장이 가능하다. 그러므로 지능형 교통 시스템, 지능형 로봇, 시각장애인 보행 보조 시스템과 같은 다양한 분야에 적용 가능하고 연구할만한 가치가 충분하다고 판단된다. 향후에는 시스템의 구축과 키넥트의 구조적인 문제를 보완할 수 있는 방법을 연구하고, 검출된 표지판의 인식까지 연구할 것이다.

참고문헌

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

[2] R. Ghica, S. Lu and X, Yuan, “Recognition of traffic signs using a multilayer neural network,″ In Proc. of canadian Conf. on Electrical and computer Engineering (1994).

[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] L. Priese and V. Rehrmann, “On hierarchical color segmentation and applications,″ In Proc. of CVPR 1993, pp. 633-634 (1993).

[5] G. Nicchiotti, E. Ottaviani, P. Castello and G. Piccioli, “Automatic road sign detection and classification from color image sequences,″ In Proc. 7th Int. Conf. on Image Analysis and Processing, pp. 623-626, World Scientific (1994).

[6] S. Estable, J. Schick, F. Stein, R. Janssen, R. Ott, W. Ritter and Y. J. Zheng, “A real-time traffic sign recognition system,″ In Proc. of Intelligent Vehicles'94, pp. 213-218 (1994).

[7] Chiung-Yao Fang, Sei-Wang Chen, Chiou-Shann Fuh, “Road-sign detection and tracking,″ IEEE Tansactions on Vehicular Technology, vol. 52, No. 5, pp. 1329-1341 (2003).

[8] Yasuo Inoue, Yuuichirou Kohashi, Naoto Ishikaw, Masato Nakajima, “Automatic Recognition of Road Signs,″ Proceedings of SPIE vol. 4790, , pp. 543-550 (2002).

[9] W. Ritter, F. Stein, R. Janssen, “Traffic sign recognition using color information″, Mathematical and computer modeling, vol. 22, no. 4-7, pp. 149-157 (1995).

[10] E. Ulay, G. B. Akar, M. M. Bulut, “Color and shape based traffic sign detection", IEEE conf. SPCA, pp. 9-11 (2009).

[11] S. P. Miguel, R. A. Alastair, “Using self-organizing maps in the detection and recognition of road signs", Image and vision computing, vol. 27, no. 6, pp. 673-683 (2009).

[12] X. W. Gao, L. Podladchikova, D. Shaposhnikov, K. Hong, N. Shevtsova, “Recognition of traffic signs based on their colour and shape features extracted using human vision models", Journal of Visual Communication and Image Representation 17 (4) pp. 675-685 (2006)

[13] Y. Aoyagi and T. Asakura, "A study on traffic sign recognition in scene image using genetic algorithm and neural networks," In Proc. of IEEE Conf. on Industrial Electronics, Control and Instumentation, pp. 1838-1843 (1996).

[14] J. H. An and T. Y. Choi, “Dominant Color Transform and Circular Pattern Vector for Traffic Sign Detection and Recognition," IEICE Trans. on Fundamentals of Eletronics Communications and Computer Science, vol. E81, no. 6, pp. 1128-1135, (1998).

[15] S. Varan, S. Singh, R. S. Kunte, R. D, S. Samuel, B. Philip, “A road traffic signal recognition system based on template matching employing tree classifier", IEEE conf. comp. intelligence and multimedia applications, vol. 3, pp.360-365, (2007).

[16] S. Xu, “Robust traffic sign shape recognition using geometric matching", IET ITS, vol.3, no.1, pp.10-18, (2009).

[17] P. G. Jimenez, S. M. Bascon, H. G. Moreno, S. ∴ Arroyo, F. L. Ferreras, “Traffic sign shape classification and localization based on the normalized FFT of the signature of blobs and 2D homographies", Signal processing, vol.88, pp.2943-2955, (2008).

[18] M. A. Garcia-Garrido, M.A. Sotelo, E. Martin-Gorostiza, “Fast traffic sign detection and recognition under changing lighting conditions", in: Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 811-816 (2006)

[19] R. Andrzej, L. Youngmin, L. Xiaohui, “Real-time traffic sign recognition from video by class-specific discriminative features″, PR, vol.43, no.1, pp.416-430 (2010).

[20] L. W. Tsai, J. W. Chuang, C. H. Tseng, Y. J. Fan, K. C. Lee., “Road sign detection using eigen colour″, IET comput&er vision, vol.2, no.3, pp.164-177 (2008).

[21] P. Medici, C. Caraffi, E. Cardarelli, P. P. Porta, G. Ghisio, “Real time road sings classification″, IEEE conf. vehicular electronics and safety, pp. 253-258 (2008).

[22] Y. Xie, L. F. Liu, C. H. Li, Y. Y. Qu, “Unifying visual saliency with HOG feature learning for traffic sing detection″, IEEE conf. intelligent vehicles symposium, pp.24-29 (2009).

저작물 이용 허락서

학 과	컴퓨터공학	학 번	20107110	과 정	석사
성 명	한글: 황경조 한문 : 黃卿照 영문 : Kyong-Jo Hwang				
주 소	전남 해남군 북일면 신월리 136번지				
연락처	E-MAIL : ofyol@hanmail.net				
논문제목	한글 : 표지판 인식을 위한 2D 및 3D 정보 융합 기술 영어 : Information convergence technologies between 2D and 3D spaces for a sign recognition				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(O) 반대( )

2011년 11월 30일

저작자: 황 경 조 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하