

스테레오 비전 기반 점자 블록 검출

김경호, 이상웅
조선대학교 컴퓨터공학부

e-mail : O.KyoungHo.Kim@gmail.com, swlee@chosun.ac.kr

Raised Block Detection System based on Stereo Vision

Kyoung-Ho Kim and Sang-Woong Lee
Dept. of Computer Engineering, Chosun University

요 약

시각 정보는 사람이 정보를 획득 하는데 가장 주요한 수단이다. 시각이라는 수단을 상실한 시각장애인을 위하여 흰 지팡이, Navbelt, MELDOG 등의 다양한 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 이러한 연구의 일환으로 점자 블록 검출에 대한 연구를 진행한다. 기존 색상 기반 방법의 단점을 보완하기 위하여 스테레오 비전 시스템을 이용하여 장애물이나 벽면을 제거하고, 2차에 걸친 필터링 시스템을 적용하여, 보다 정밀한 후보 영역을 검출하였다. 그리고 윈도우를 이용하여 보행로 판단에 적용함으로써 직선의 보행로만 아니라 교차로 형태의 보행로 인식에서도 안정적인 결과를 얻을 수 있었다.

1. 서론

사람은 살아가면서 많은 정보를 필요로 한다. 이러한 정보를 획득하는 방법에는 여러 가지가 있지만, 전체 정보의 85% 이상을 획득하는 시각정보가 가장 주요한 정보라고 볼 수 있다. 획득된 정보를 분석함으로써 외부 환경에 대한 반응을 표출하는데, 시각 정보가 가장 빠르게 받아들이며, 주변에 대한 능동적인 의사소통을 위한 정보를 대부분 가지고 있다. 때문에 이 시각 정보를 더 이상 획득할 수 없다는 것은 사람이 정상적인 생활을 유지하는데 치명적일 수밖에 없다.

2006년 말까지 추산된 우리나라의 등록 장애인 인구는 약 196만명 이상이며, 그 중 시각 장애인은 약 20만명에 이르고 있다. 낮은 등록률을 고려해 볼 때 실제로는 그 이상일 것으로 예상되고 있다. 최근에는 많은 부분을 차지하는 시각 장애인을 위한 연구가 활발히 다양한 방향으로 진행되고 있다.

시각 장애인이 가지는 문제는 여러 가지가 있지만 가장 큰 불편은 보행의 불편함이다. 보행에 필요한 정보를 획득하는 시각의 상실로 인해 방향이나 주변 환경을 파악할 수 없기 때문이다. 이를 지원하기 위하여 여러 가지 방법이 제시되고 있는데, 가장 대표적인 것으로 흰 지팡이(White Cane)와 맹도건을 들 수 있다.

하지만 흰 지팡이로 직접 정보를 얻어낼 수 있는 범위가 짧으며, 직접 접촉을 하여야 장애물의 유무를 판단할 수 있다는 단점이 있다. 맹도건은 스스로 장애물을 피하여 시각 장애인의 안전과 편의에 대해 우수하지만, 훈련이나 관리가 용이하지 않다. 따라서 이것을 만족할 수 있는 방법의 필요성이 대두되었다[1].

2. 관련 연구 현황

1900년대 이후 급속히 전기 전자 기술이 발달하였다. 그에 따라 이 전기 전자 기술을 시각장애인을 위한 보행 보조 분야에 이용하려는 다양한 시도가 이루어졌다.

먼저 보행 보조기인 ETA(Electrical Travel Aids)장치가 개발되었다. 전기 전자 기술이 적용된 보조기는 3개의 Laser 다이오드를 장착한 지팡이를 이용하여 장애물 여부를 탐색하는 Laser Cane이 있고, 초음파 센서를 이용한 손전등 모양의 Mowat sensor와, 목걸이 형태의 Russel Pathsounder 및 벨트 형태의 Navbelt라는 것이 있다 [1][2][3].

이러한 연구들의 주변환경 파악을 위한 정보들과 더불어 얼굴인식, 문자인식, 장애물 판단 등의 부가적인 정보를 획득하여 좀 더 정확한 판단을 하기 위한 비전 기반 연구들이 진행되었다.

점자 블록 인식을 위한 연구로 점자 블록의 지정 색상이 노란색인 점에 착안하여, 색상정보를 이용하여 분리하고 허프변환을 이용하여 점자 블록의 형태 정보를 추출하는 연구가 있다[1].

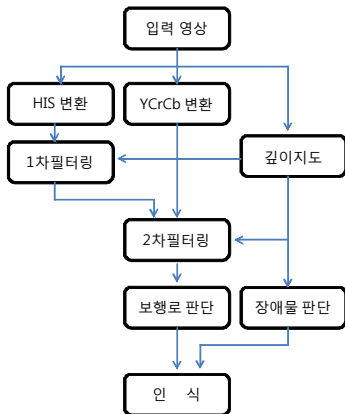
이와 유사한 방법으로 YCrCb 색상 모델을 이용해 색상 검출 후 허프 변환을 이용해 점자 블록을 인식하고, 이와 더불어 HRTF(Head Related Transfer Function)를 이용해 보행을 유도하는 연구가 있었다[4].

그리고 보행 중 나타날 수 있는 장애물의 존재 여부를 파악하고, 주변 환경의 거리 정보를 추출하여 회피할 수 있는 기능을 제공하고, 얼굴 인식, 문자 추출, 음성 인터페이스 기능을 제공하는 OpenEyes가 있다[5].

3. 본론

본 논문에서는 시각장애인의 보행권을 보장하기 위한 첫 걸음으로, 기존에 시각 장애인의 보행을 도와주기 위하여 설치된 점자 블록을 인식하여 정보를 제공하는 연구를 진행한다. 관련 연구에서도 이와 같은 점자 블록에 대한 연구가 진행되었다. 그러나 YCrCb 색상 모델 기반 필터 적용 후 허프 변환을 적용하여 점자 블록을 추출하는 방법[4]은 점자 블록 구간에 장애물이나 교차로 등이 존재하는 상황에서는 인식에 실패하는 문제점이 있었다.

본 논문에서는 장애물등의 보행을 방해하는 요소와 교차로 상황에서도 보다 안정적으로 인식할 수 있는 방법을 제안한다. 제안하는 방법의 시스템 구성도는 아래와 같다.



(그림 1) 시스템 구성도

3.1. 스테레오 카메라 시스템

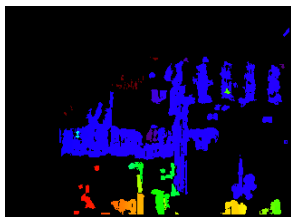
스테레오 카메라 시스템은 인간의 양안 시각을 모델로 만들어진 시스템이다. 인간이 양안의 시각차를 이용하여 원근감을 형성하는 것처럼 좌측 카메라와 우측 카메라의 영상을 가지고, 주변에 존재하는 물체나 건물들의 거리 정보를 추정할 수 있는 거리 영상을 생성할 수 있다. 그리고 이 깊이 지도를 토대로 장애물 등을 판단한다.

생성된 스테레오 영상은 그림 2에서 확인할 수 있다.



(a) 좌측 카메라 영상

(b) 우측 카메라 영상



(c) 생성된 깊이 지도

(그림 2) 스테레오 획득 영상 및 깊이 지도

3.2. 필터링

점자 블록은 일반 블록과 구분하여 일반인들이 피해서 보행할 수 있도록 주로 가시성이 좋은 노란색이라는 특성을 가지고 있으며, 시각 장애인이 인지하기 위한 울퉁불퉁한 질감을 가지고 있다. 하지만 비전 기반에서는 질감 정보의 추출보다 색상 정보를 추출하여 이용하는 것이 용이하다. 따라서 본 논문에서는 스테레오 비전 시스템으로 산출된 깊이 지도와 더불어 색상 정보를 이용하여 점자 블록을 검출한다.

이 색상 정보를 이용하는 다양한 방법이 제시되었다. 대표적으로 컴퓨터 시스템에서 일반적인 색 체계를 나타내는 RGB 색상모델을 비롯하여, HSI 색상모델, YCrCb 색상모델, CIE 색상공간 등 다양한 모델을 이용한 방법이 있다. 본 논문에서는 다양한 방법들 중 가장 보편적으로 사용되고, 안정적인 HSI 색상모델과 YCrCb 색상모델을 사용한다.

다양한 환경의 테스트 영상을 통하여 HSI 색상모델 상에서 각 채널간의 특성을 비교 분석한 결과를 살펴보면 각 채널별 상이한 값의 분포를 가지고 고유한 특성을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 채도와 명도의 경우 촬영시간이나 노면의 상태, 조명등 주변 환경에 매우 민감하게 반응했다. 이러한 비독립적인 값을 점자 블록 추출의 기준으로 사용하기에는 적합하지 못하다. 때문에 본 논문에서는 2차에 걸친 필터링 과정을 거친다. HSI 색상모델에서는 다른 채널보다는 덜 민감한 색상 정보를 사용해 점자 블록의 후보 영역을 1차적으로 추출한다.

YCrCb 색상모델 상에서 각 채널의 특성을 비교 분석한 결과, 역시 각 채널마다 고유한 특성이 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 조명이나 주변 환경이 다른 테스트 영상에서의 테스트 결과, 조명이나 주변 환경에 영향을 받는 것을 확인할 수 있었다. 그래서 비교적 일정한 결과를 유지하는 Cr과 Cb성분의 상관관계를 이용하여 좀 더 세밀한 2차 필터링을 수행한다.



(a) 1차 필터링 수행

(b) 2차 필터링 수행

(그림 3) 필터링 수행 결과 예시

점자 블록의 검출을 위한 필터링 순서는 다음과 같다. 입력된 영상을 HSI 컬러 모델로 변환하여 1차적으로 색상 정보에 기준하여 이진화를 수행한다. 그리고 1차 필터링된 결과의 범위 내에서 다시 입력 영상을 YCrCb 색상 모델로 변환하고, Cr과 Cb 채널의 값을 기준으로 2차 필터링을 수행하여 점자 블록의 후보 영역을 줄인다. 이 과정은 그림 3에 보여진다.

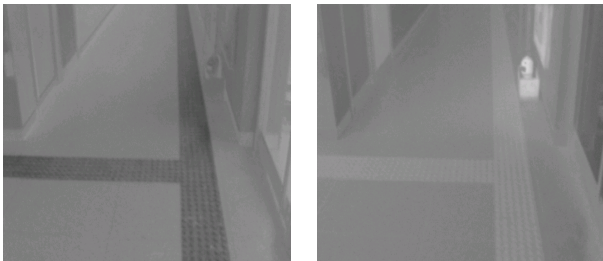
입력 영상을 HSI 색상 모델로 변환하고, 이 변환된 정보를 가지고 식(1)을 이용하여 이진화를 수행하면 그림 3(a)의 1차 필터링 수행 과 같은 영상을 얻을 수 있다.

$$T(x) = \begin{cases} 255, & 5 \leq x \leq 40 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

색상의 경우 HSI 모델에서 채도나 명도에 비하여 강인한 특성을 지니기는 하지만, 장소나 환경에 따라 약간 변형될 수 있고, 다른 물체나 벽면이 유사한 색상을 가지고 있을 가능성도 있다. 따라서 1차 필터링에서는 임계치의 범위를 데이터 분석으로 산출된 범위보다 약간 크게 하여 5~40의 값으로 결정하였다.

그리고 좀 더 세밀한 검출을 위하여 2차 필터링을 수행하게 된다. 2차 필터링에서는 Cr과 Cb 채널에 대해 각각 이진화 과정을 진행한다. 하지만 이 정보들 역시 주변 환경 영향(조명 등)을 받아 변형된다. 때문에 조금 넓게 추출을 하는 1차 필터링에서처럼 고정적인 임계치를 가지고 이진화를 수행하게 되면 경우에 따라서는 원하는 성능을 얻을 수 없다. 이를 보정하기 위하여 동적인 임계치의 설정이 필요하다.

Cr채널의 경우 그림 4의 (a)에서 보듯이 점자 블록은 대체적으로 낮은 값을 가지는 특성이 있었다. 반면 Cb채널의 경우 그림 4의 (b)처럼 점자 블록 부분이 대체적으로 높은 수치를 보이는 것을 확인 할 수 있다.



(a) Cr 채널 (b) Cb 채널
(그림 4) CrCb 채널 예시

이 특성을 이용하여 Cr 채널의 임계치는 전체 픽셀에서 하위 10%를 포함하는 값을 임계치로 지정하고, Cb 채널의 임계치는 전체 픽셀의 상위 30%를 포함하는 값을 임계치로 지정한다. 이 임계치를 공식화하면 아래와 같다.

$$Th_{cr} = \underset{n}{\operatorname{argmin}} \sum_0^n x_n \geq size \times 10\% \quad (2)$$

$$Th_{cb} = \underset{n}{\operatorname{argmax}} \sum_0^n x_n \leq size \times 70\% \quad (3)$$

여기서 n은 해당 채널의 화소값이고, x_n 은 해당 채널에

서 n값의 발생빈도이다. 그리고 size는 전체 크기이다. 식(2)와 (3)을 통하여 산출된 임계치를 이용한 2차 필터링은 기존의 고정된 임계치에 비하여 다양한 테스트 영상에서 안정적인 검출 성능을 보여주었다.

실세계에서는 실험 환경과는 다른 다양한 변수가 생기는데, 앞서 1차 필터링 부분에서 언급한바 있는 주변의 벽면이나 장애물의 색상 정보가 유사한 경우가 그 예이다. 색상 기반에서는 위와 같은 경우 해결이 난해하다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 본 논문에서는 스테레오 비전 시스템에서 생성된 깊이 지도를 이용하여 주변의 장애물이나 벽면을 제외한다. 이를 통하여 위와 같은 문제로 인한 보행로 인식의 실패 문제를 어느 정도 해결할 수 있었다.

3.3. 보행로 판단

3.2에서는 2차에 걸친 필터링과 깊이 지도를 통해 점자 블록의 후보 영역을 추출한다. 여기서는 추출된 점자 블록의 후보 영역을 판단하여 실제 점자 블록을 판단한다. 기존의 방법은 점자 블록의 후보 영역을 추출하여 허프 변환을 이용하여 직선 성분을 가지는 곳을 점자 블록의 보행로로 판단하였다[4]. 하지만 이 경우에는 점자 블록이 훼손되는 등의 이유로 직선 성분 추출이 실패하게 되면, 보행로 인식에 실패하는 문제가 존재한다. 또한 이 방법은 직진 보행로 위주로 그림 5와 같은 교차지점에 대한 정보를 인식할 수 없는 문제가 존재한다.

본 논문에서는 후보 영역 상에서 장애물 등으로 인해 끊어진 상태로 추출된 영역을 인식하고, 교차로에 대한 처리를 하기 위하여 윈도우를 적용한다. 윈도우의 크기는 640×480 이미지를 기준으로 20등분하여 32×24로 한다.

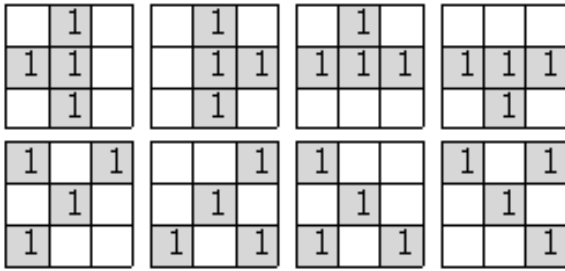
그림 5의 (b)는 필터링 된 후보 영역에서 마스크를 적용한 결과이다.



(a) 갈림길 영상 (b) 윈도우 적용 결과
(그림 5) 갈림길 영상 및 윈도우 적용 결과

이해를 돕기 위해 점자 블록으로 판단된 곳의 윈도우는 흰색으로, 아닌 것으로 판단된 곳은 검정색으로 표시하였다. 하지만 실제 처리과정에서는 20×20 배열에 이진값으로 처리된다.

윈도우를 적용하는 목적인 교차로 등의 검출을 위하여 윈도우 적용으로 산출된 결과 값을 바탕으로 연결 성분을 검출해야한다. 이를 위하여 교차로의 연결 모델을 그림 6과 같이 정의한다.

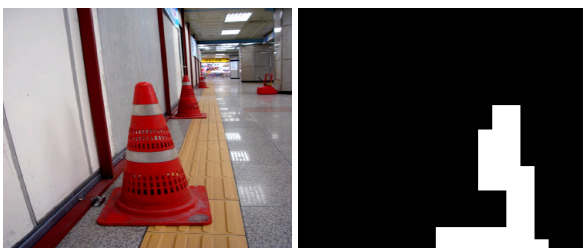


(그림 6) 3×3 교차로 모델링

이 모델(3×3)을 이용한 교차로 판단은 영상에서 정상적으로 교차로 부분을 추출하였을 때는 정상적으로 작동한다. 그러나 만약 교차로 부근에 장애물이 설치되어 깊이 지도를 이용한 필터링 시 그 부분이 제외된다면, 즉, 끊어지는 부분이 생긴다면 제대로 된 결과를 산출할 수가 없다. 이를 보정하기 위하여 교차로를 검출하지 못했을 시 24 근방 화소를 검색하여 연결 가능성이 있는 부분을 추출하고 교차로 검출을 수행한다. 이를 통하여 교차로 검출 부분을 수행하고, 또한 기존 연구에서 보여준 문제인 장애물이나 기타의 이유로 끊어진 점자 블록의 인식 문제를 처리하기 위하여 역시 24 근방 화소를 검색하는 방식을 통하여 가능 영역을 확인하고, 끊어진 영역간의 기울기를 구함으로 유사한 값을 가질 시 연결된 영역으로 판단하였다.

4. 실험 결과

본 실험에서는 실제 환경에 설치된 점자 블록의 사진 30장을 수집하였다. 이 입력 영상은 철로 되거나 기존의 노란색이 아닌 점자 블록은 제외한 영상이다. 본 논문에서 제안하는 방법을 통하여 실험한 결과 총 30장의 이미지 중 점자 블록 검출을 정확히 성공한 것이 27번, 검출하지 못한 것이 3번이다. 실패한 이유로는 조명과 주변 환경이었다.



(a) 입력영상 (b) 윈도우 적용 영상
(그림 7) 제안 방법에 의한 인식

조명이 원인이었던 경우는 그림 8과 같이 실내에 설치된 점자 블록이었다. 실내는 자연광과는 달리 설치된 조명에 따라 주변의 색상이 다르게 보이는 특성을 지닌다. 이 테스트 환경에서는 점자 블록과 유사한 노란색 계열의 백열전등이 조명으로 설치되어 조명의 반사면을 제대로 필터링하지 못하는 문제가 있었다. 이 문제는 점자 블록을

구분하는 문제에서 색상을 주요 특징으로 사용하기 때문에 발생하는 문제로 향후에는 다른 방법을 복합적으로 적용해 이 문제를 개선할 것이다.

주변 환경이 원인이었던 것은 야외 환경에서 수평선상에 있는 모래나 잔디 등이 점자 블록과 유사한 색상을 띄어 필터링이 제대로 되지 않았다.



(a) 입력영상 (b) 2차 필터링 영상
(그림 8) 조명에 의한 오인식

5. 결론

본 논문에서는 기존의 단일 비전 시스템이 아닌 스테레오 비전 시스템을 이용하였다. 그래서 색상 정보 이용시 오인식 될 수 있고 보행에 방해가 되는 장애물 및 주변 환경을 인식하여, 사전에 제거하고 HSI 모델과 YCrCb 모델을 사용해 2차에 걸친 필터링을 수행함으로써 보다 실제에 가까운 후보 영역을 추출할 수 있었다. 이 방법을 이용해 산출된 후보 영역을, 윈도우를 사용해 보행로를 판단한 후 교차로 모델링을 통한 인식 방법과 24 근방 검색을 사용하여 기존의 단일 영상에서 허프 변환을 이용한 방법보다 정확성과 인식률을 향상시킬 수 있었다.

참고문헌

- [1] 이용혁, “시각장애인을 위한 보행유도기술,” 대한전자공학회논문지, 제32권, 제3호, pp. 40-53, 2005.
- [2] S. Shoval and J. Borenstein, “The Navbelt-A Computerized Aid for the Blind Based on Mobile Robotics Technology,” IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol. 45, No. 11, pp. 1376-1386, 1998.
- [3] S. Kotani, T. Nakata, and M. Hideo, “A Strategy for Crossing of the Robotic Travel and Harunobu,” Proceedings of 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Vol. 2, pp. 668-673, 2001.
- [4] 홍성민, 한상일, 노미권, 차형태, “점자유도블럭 보행 안내에 관한 연구,” 한국지능시스템학회 추계학술대회 학술발표논문집, 제18권, 제2호, pp. 227-230, 2008.
- [5] 이성환, 강성훈, “시각장애인을 위한 착용형 컴퓨터: OpenEyes,” 한국정보과학회 정보과학회지, 제18권, 제9호, pp. 31-36, 2000.