블록기반 세그멘테이션을 이용한 실외환경에서의 보행영역 및 장애물 검출

유재형, 한영준, 한헌수
숭실대학교 전자공학과
e-mail: caution0@ssu.ac.kr
young@ssu.ac.kr
hahn@ssu.ac.kr

Walking Area and Obstacle Detection System Using Block Segmentation in the Outdoor Environment

JaeHyoung Yu, Youngjoon Han, Hernsoo Hahn
Dept of Electronic Engineering, SoongSil University

요 약

단일 카메라 영상으로 입력되는 환경 정보에 대해서 보도에 대한 길의 소실점과 보도 영역에 대한 정보를 획득하는 방법과 보도 영역에 대해 블록 세그멘테이션을 통하여 장애물과 같은 물체 영역을 구분한다. 소실점과 보도 영역을 획득하기 위한 방법으로 에지영상에서 보도의 외곽선 정보를 추출하도록 한다. 이를 위해 체인코드를 이용하여 특정한 방향으로 향하는 직선 성분을 검출하도록 한다. 보도 영역 내에 존재하는 물체의 영역을 구분하기 위해서 영역을 특정 크기를 가지는 블록으로 구분하고 각 블록이 가지는 평균 컬러 정보를 이용하여 영역을 세그멘테이션 한다. 세그멘테이션을 통해 얻은 영역을 통해 보도의 영역과 장애물의 영역을 구분하고 각 장애물의 위치를 계산한다. 알고리즘의 평가를 위해 실내의 복도 환경과 단순한 형태를 가지는 실외 환경에서 획득한 영상을 이용하여 실험하였다.

키워드 : 세그멘테이션, 보행정보 분석

I. 서론

사람이 외부환경에 대한 정보를 인식하는 가장 중요한 요소 중 대표적인 것이 시각정보이다. 이는 외부환경에서 주어지는 위험요소로부터 자신을 보호하고 적절한 반응을 보일 수 있도록 할 수 있으며, 주위환경을 구성하고 있는 사물들에 대한 색, 모양, 질감과 같은 정적인 정보와 사물의 움직임, 변화 등과 같은 동적인 정보를 획득함으로써 사람의 활동에 필요한 상황에 대처할 수 있도록 한다. 특히 시각장애인들은 이러한 주위 환경에 대한 시각적인 정보 획득이 매우 어려운 상태에 놓여있기 때문에 행동에 대한 제한이 많다고 할 수 있다. 시각장애인들은 보행을 위해 주로 지팡이와 같은 도구를 사용하거나 안내견이나 다른 사람의 도움을 받는다.

시각장애인의 이러한 보행의 어려움을 해결하기 위한 보행 보조 기구들에 대한 연구들이 여러 방면에서 진행되고 있다. 그 한 예로 초음파 센서와 레이저 센서를 이용하여 전후방의 장애물의 정보를 획득하고 이를 음성으로 시각장애인에게 알려주는 NavBelt [1] 와 같은 시스템이 있다. 이는 사람이 벨트와 같은 형태로 구성된 센서들을 착용하고 이 센서에 대한 데이터 정보를 처리할 수 있는 컴퓨터를 가방과 같이 착용하도록 되어 있다. 이러한 NavBelt 시스템을 이용하여 장애물을 검출하는 방법은 감지한 장애물에 대한 유무만을 판단할 수 있으며 크기나 색상, 움직임과 같은 세부적인 정보들을 제공해 줄 수 없다는 단점이 있다. 또한 불편하고 무거운 장비를 착용해야 한다는 점에서 시각장애인에게 또 다른 행동 제약을 주는 단점이 있다.

이러한 제한사항에 대한 극복 방안으로 실내의 환경에서 카메라를 통해 획득한 입력영상을 분석하여 전방의 장애물과 사람, 문패 등의 물체들을 검출하는 시스템이 제안되었다[2]. 이 시스템은 영상획득을 위해 헤드 마운트 장치에 고배율 카메라를 장착하였으며 이에 대한 처리를 위해 착용형 컴퓨터를 도입하였고 이를 통해 영상에 대한 처리와 음성변환을 구성하여 시각장애인과 컴퓨터간의 의사소통을 할 수 있도록 하였다. 하지만 착용형 컴퓨터의 부피와 무게가 사용자에게 큰 부담으로 작용할 수 있다는 단점이 있으며, 조명의 영향이나 배경의 복잡도가 적은 실내환경에서만 적용했다는 점에서 아직 한계가 있다.

본 논문에서는 실내에서 뿐만 아니라 실외에서도 강인하게 주변의 환경을 분석하고 장애물을 검출할 수 있는 보행정보 분석 시스템을 제안한다. 특히 실외에서 길을 인식할 수 있도록 보도블록을 분리하는 알고리즘을 제안하며, 이를 통해 길의 방향과 길에서의 보행자의 위치를 판단하도록 한다. 제안하는 알고리즘은 보도블럭의 색상 정보를 기반으로 한 블록 영역 세그멘테이션을 통해 보도의 영역정보를 얻어내고 이를 기반으로 보도영역 내에 존재하는 장애물의 후보 영역을 분리하고 이에 대해 장애물에 대한 위치 판단 알고리즘을 적용한다.

II. 보행정보 분석 시스템

본 논문에서 제시하는 보행정보 분석 시스템은 실내 및 실외에서 보행시에 얻어지는 보행의 방향, 외곽정보, 장애물의 위치 등을 검출하고 분석하는데 핵심이 있다. 주변 환경에 대한 정보는 보행자가 안전하게 보행할 수 있는 영역을 보행영역으로 지정하여 이 영역을 기준으로 보행자의 시선방향, 영역 내에서의 위치, 영역 내에 존재하는 장애물의 종류 및 위험 요소를 포함한다.

2.1 흐름도

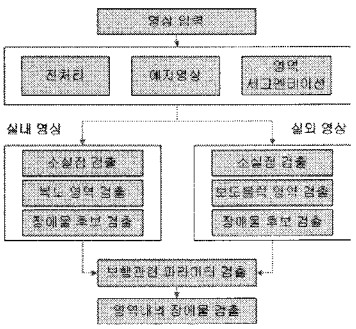


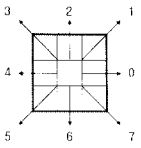
그림 399

그림 1은 본 논문에서 제안하는 시스템에 대한 전체 흐름도를 보여준다. 입력영상에 대해서 에지정보와 패턴 정보를 이용하여 실내와 실외에서의 보행 영역에 관련된 파라미터들을 얻는다. 이러한 파라미터 정보를 이용하여 보행자의 위치, 시선 방향, 대상으로 선정된 장애물에 대한 상대적인 위치정보 등을 계산한다.

실내외 환경에서 진행하는 보행자의 위치와 보행자가 진행하는 방향에 대한 성분 값을 알아내도록 한다. 보행영역에서 보행자의 진행 방향을 파악하기 위해서 먼저 보행영역의 외곽선 정보를 추출해야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 체인코드를 이용한 소실점을 향하는 직선성분을 검출함으로써 보행영역을 구분한다.

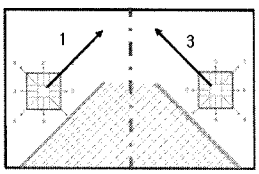
2.2 체인코드를 이용한 보도 영역분리

보행영역의 외곽선을 추출하기 위해 그림 2와 같은 체인코드를 이용하여 소실점 방향으로의 연결된 직선을 검출하도록 한다.



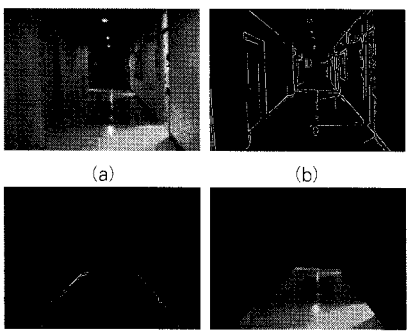
〈그림 2〉 8방향 체인코드

영상을 왼쪽과 오른쪽 부분으로 양분하여 각 영역에서 1과 3 에 해당하는 방향성을 가지는 직선을 추출하도록 한다.

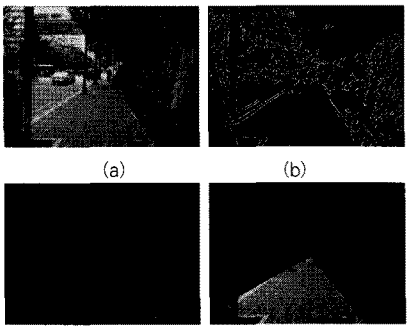


〈그림 3〉 양쪽 영역에서 체인코드를 적용하여 직선 성분 검출

그림 4와 그림 5는 체인코드를 이용해 실내와 실외 각각의 경우에 대해서 보행영역에 대한 외곽선 정보를 추출한 것을 보여준다.



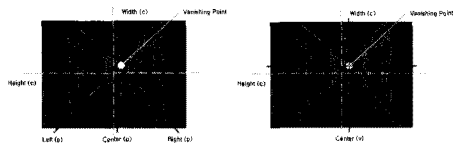
〈그림 4〉 복도 영역 획득. (a) 입력이미지, (b) 캐니 에지 이미지, (c) 복도 외곽 라인 이미지, (d) 복도 영역 획득 이미지.



(a) (b) (c) (d)

〈그림 5〉 실외 환경에서의 보도영역 인식. (a) 입력이미지, (b) 캐니 에지 이미지, (c) 보도 외곽 라인 이미지, (d) 보도 영역 획득 이미지.

보행 영역에서 알아야 하는 가장 주된 성분 값으로는 크게 두 가지가 있다. 첫 번째는 보행자가 바라보고 진행하는 방향이 어느 쪽인지 판단하는 것이고, 두 번째는 보행자의 위치가 보행영역의 중심으로부터 얼마나 떨어져 있는가 하는 것이다.



(a) (b)

〈그림 6〉 보행 영역에서의 보행자의 위치와 시선

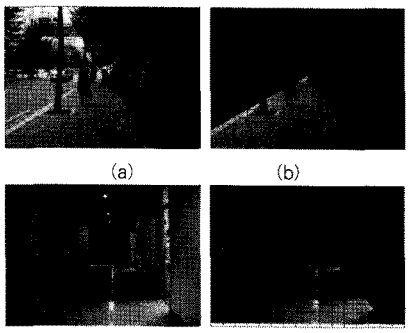
그림 6 (a)는 복도를 보행하는 사람의 위치에 대해 보여준다. 노란색 점선은 Width(c), Height(c) \로 각각 영상의 가로,세로 중심을 나타내고, 붉은색 선은 복도의 바닥면에 대한 외곽 경계선과 중심선을 나타내며 각각 Left(p), Right(p), Center(p) \로 표현하였다. Center(p) \는 영상에 투영된 복도의 중심라인이기 때문에 영상의 가로방향 중심인 Width(c)와의 비교를 통해 보행자가 복도의 중심에서 얼마만큼 치우쳐져 있는지 알 수 있다.

그림 6 (b)는 보행자가 바라보는 시선에 대해 보여준다. 그림 3에서의 Left(p)와 Right(p)가 만나는 점이 소실점(Vanishing Point)이 되며, 소실점과 영상의 중심과의 관계를 통하여 보행자의 시선의 방향을 알 수 있다. 즉, 중심라인 Width(c)와 소실점이 이루는 각을 통해 보행자가 현재 바라보고 있는 방향의 상대적인 각도를 계산할 수 있다.

2.3 블록기반 세그멘테이션

실내외 환경에서는 다양한 형태를 가지는 배경과 물체들이 존재한다. 따라서 이러한 배경과 물체의 정보를 획득하기 위해 보행영역에서의 격자 블록을 기반으로 하는 세그멘테이션을 수행하여 물체 영역을 구분하도록 한다.

실내외에서 얻은 영상은 다양한 컬러와 텍스쳐 및 불규칙적인 외형정보로 구성이 되므로 효과적인 영상 분할을 위해서는 컬러 정보뿐만 아니라 영역의 내부를 구성하는 텍스쳐 정보의 구성을 분석함으로써 균일한 컬러 및 질감을 가지는 영역들을 통합한다. 이를 위해 영역들을 명확하게 구분할 수 있는 에지 정보가 필요하다. 에지 정보를 기반으로 구분된 영역들 간의 관계에서 컬러 정보를 중심으로 유사영역을 병합하여 최종 분할 영상을 얻도록 한다. 영역을 명확하게 구분하기 위해서는 에지 정보가 끊어지지 않아야 한다. 따라서 끊어진 에지를 연결하는 과정이 필요하다. 하지만 이러한 과정은 많은 계산을 요구하기 때문에 이러한 에지 연결 과정 없이 장애물의 위치 판단을 위해서 본 논문에서는 영역을 특정 크기를 가지는 블록으로 구분하고 각 블록 영역이 가지는 평균 색 정보를 통해 영역을 분리한다.



(a) (b) (c) (d)

〈그림 7〉 보도영역 검출 및 블록생성

보행 영역 내에 존재하는 물체에 대한 정보를 획득하기 위해 보행 영역에 대해서 블록 세그멘테이션을 수행한다.

$$E_{red} = \sum_{i=1}^{m \times n} I_i(red)/(m \times n)$$

$$E_{green} = \sum_{i=1}^{m \times n} I_i(green)/(m \times n)$$

$$E_{blue} = \sum_{i=1}^{m \times n} I_i(blue)/(m \times n)$$

위 식은 각각 하나의 블록에 속한 픽셀들의 R, G, B 값들의 평균값을 나타내며, 이들이 속한 블록들간의 컬러의 유사거리는 다음과 같다.

세그멘테이션을 위한 방법으로 영역 전체를 일정한 크기의 블록으로 나누어 각 블록이 가지는 평균적인 색상정보와 특징을 추출하여 유사한 영역을 병합하는 방식을 택한다. 유사성을 비교하기 위해서 각 블록이 가지는 평균 색상의 기준값과의 유클리디언 거리를 계산한다.

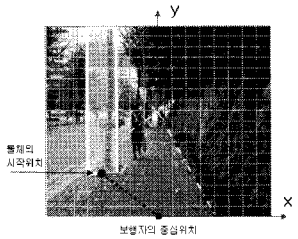
$$Distance(Block1, Block2) = \sqrt{(E_{red2} - E_{red1})^2 + (E_{green2} - E_{green1})^2 + (E_{blue2} - E_{blue1})^2}$$

여기서 각 셀로 나누게 되는 블록은 m x n 크기로 본 논문의 실험에서는 각각 10 x 10의 정방형 크기를 선택하였다. 또한 인접한 블록을 비교하여 병합여부를 판단할 임계치를 지정하도록 한다.

2.4 물체 거리측정

보행자에게 제공하는 정보에 있어서 중요한 것 중에 하나

는 물체와의 거리가 얼마나 떨어져 있는가 하는 것이다. 하지만 보행자의 시선의 높낮이, 방향에 따라서 동일한 위치에 있는 물체에 대한 영상이미지상의 투영위치가 달라지기 때문에 단일 영상을 통해 절대적인 물체의 위치를 판단하는 것은 쉽지 않다. 따라서 소실점의 위치를 기준으로 하여 보행자의 시선에 대한 판단이 가능하며 이에 대한 상대적인 물체의 위치를 판단하도록 한다.

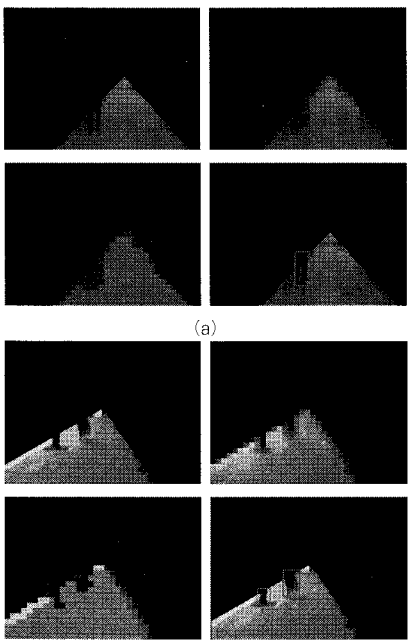


〈그림 8〉 블록에서의 물체의 상대적 위치좌표

그림 8에서는 보행자의 중심위치를 기준으로 분할된 영역의 시작 위치까지의 관계를 보여준다.

V. 성능평가 및 분석

본 논문에서 제안하는 시스템에 대한 성능을 평가하기 위해서 실외의 환경에서 실제 보행을 하면서 획득한 연속적인 영상 1000개에 대해 적용하였다. 그림 9에서는 보도영역에 대한 검출과 세그멘테이션 결과를 통해 보도영역 내에 존재하는 다른 장애물의 위치를 검출한 것을 보여준다.



(a)

(b)

〈그림 9〉 보도영역에 대한 장애물 위치 판단 검출 결과

그림 9 (a) 는 실내환경인 복도에서 세그멘테이션을 통해 물체의 영역을 검출한 결과를 보여주며 그림 9 (b) 는 실외환경에서 물체의 영역을 검출한 결과를 보여준다.

표 1에서는 연속적인 1000개의 영상에 대한 소실점 및 보도영역의 검출율을 보여준다. 이는 실내와 실외 각각의 경우에 대한 검출 결과를 나타내어 주고 있으며 검출률에 대한 기준으로 소실점은 실제 위치와 비교하였을 경우 반경 10픽셀의 오차 범위 내에 존재할 경우 검출된 것으로 판정하였고 보행영역 검출은 실제 영역에 대해서 10% 미만인 경우에 대해서 검출된 것으로 판정하였다. 물체영역에 대해서는 물체가 보행 영역으로부터 시작되는 지점에 대한 정확성으로 5%의 오차 범위내에 존재하는 경우 검출된 것으로 판정하였다.

〈표 1〉 소실점 검출 및 보행 영역 검출률

	소실점 검출	보행영역 검출	물체영역 검출
실내영상	96.25 %	92.45 %	89.95 %
실외영상	94.70 %	91.15 %	85.10 %

이러한 실험을 통해 표 1에서 보여주는 것과 같이 실내 영상에서는 복도의 외곽선이 비교적 뚜렷하게 나타나기 때문에 소실점과 보행영역이 검출율이 높음을 보여준다. 실외 환경에서는 보도의 외곽선 부분에 울퉁불퉁한 균일하지 않은 성분들로 인하여 정확한 외곽선 검출이 힘든 경우가 많았고 따라서 검출율이 비교적 떨어지는 것을 보여주고 있다.

VI. 결론

본 논문은 실외의 복잡한 배경을 가지는 환경에서 단일 CCD 카메라를 통하여 획득한 영상에서 배경과 보도영역을 분리하고 보도영역 내에 존재하는 장애물에 대해서 블록 세그멘테이션을 통하여 그 위치를 분리하도록 하였다. 보도영역을 획득하기 위해 체인코드를 이용한 소실점 방향의 직선성분을 획득하였다. 획득한 보도영역에서 블록 영역을 통해 보도영역에서 장애물의 위치를 검출하고 보행자와의 상대적인 방향 및 위치, 거리 정보를 얻을 수 있었다.

참고문헌

[1] S. Shoval, J. Borenstein, "The Navbelt-A Computerized Travel Aid for the Blind Based on Mobile Robotics Technology", IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 45, NO. 11, pp.1376-1386, NOVEMBER 1998

[2] 이성환, 강성훈, "시각장애인을 위한 착용형 컴퓨터-openeyes", 정보과학회지 제 18권 제 9호 pp.31-36, 2000. 9.