시각장애인 보행 안내를 위한 진행 방향 판단 기법

고병오 · 김하경 · 손진우 · 정경훈*

국민대학교 전자공학부

Determination of Walking Direction for Guidance of the Blind

Byung-oh Ko · Hakyung Kim · Jinwoo Son · Kyeong-Hoon Jung*

Kookmin University

E-mail : {ko990128, kimzz6111375, beom, khjung}@kookmin.ac.kr

요 약

보도의 점자블록은 시각장애인의 자율적인 보행을 위해서 필수적인 시설물이다. 시각장애인은 발바닥 감각과 지팡이를 이용하여 점자블록을 확인하면서 보행하는데, 점자블록에서 이탈하는 경우에는 다시 점자블록을 만날 때까지 어려움을 겪게 된다. 본 논문에서는 보행자가 착용한 웨어러블 영상 센서를 이용하여 점자블록을 따라서 보행하는지를 판단함으로써 시각장애인의 보행을 유도하는 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 점자블록의 기울기를 특징으로 선정하였으며, 3-line detector 구조를 도입하여 프레임마다 점자블록의 좌우 기울기와 전방 연속성을 판단한다. 진행 도중에 점자블록이 끊어지거나 분기되는 상황에 대응하기 위한 공간 필터링과 시각장애인의 보행 도중에 발생하는 상하좌우의 움직임에 대응하기 위한 시간 필터링을 사용하여 기울기를 안정한다. 실제 도로 및 실내에서 획득한 영상을 사용한 모의 실험을 수행하였으며 제안 알고리즘을 통해 보행자의 진행 방향 및 이탈 정도에 대한 판단이 가능함을 확인하였다.

ABSTRACT

Braille guide block of sidewalk is an essential facility for independent walking of the blind. The blind walks while checking the braile guide blocks with white cane and sense of sole. When they leave the braile area, they face difficulties until they find the braile guide blocks again. In this paper, we propose an algorithm that guides the walking of the blind by determining whether they follows the braille guide blocks safely. For this purpose, the slope of the braille block is selected as a feature and a 3-line detector is introduced. Also the slopes are stabilized using spatial filtering to deal with breaks or junctions of the braille block during the progress and temporal filtering to cope with ego-motion of the blind. Through simulations using a dataset obtained from the real sidewalks and indoors, it can be shown that the proposed algorithm can successfully estimate the walking direction and determine whether the blind is out of the braille guide block area.

키워드

braille guide block, assistive technology, 3-line detector

Ⅰ. 서 론

시각장애인이 다른 사람의 도움 없이 보행하기 위한 가장 대표적인 방법은 흰지팡이를 이용하는 것이다. 시각장애인은 흰지팡이와 발바닥의 감각을 사용하여 도로상에 존재하는 장애물을 확인하고 점자블록을 인식함으로써 도로의 진행 방향을 제대로 따라가고 있는지 판단한다. 또한 점자블록이 선형인지 점형인지 여부를 판단하여 정지 상황에 대한 정보를 얻는다. 하지만 흰지팡이와 발바닥 감각만으로 시각장애인의 자율적인 이동성을 확보하기에는 매우 부족한 것이 현실이다. 만일 보행 도중에 점자블록에서 이탈하는 경우에는 다시 점자

* corresponding author

블록을 찾기 전까지 어려움을 겪게 된다. 도로 상황에 따라서 점자블록이 분기되거나 일시적으로 중단되는 경우도 자주 발생하지만 이를 판단하기도 쉬운 일이 아니다.

최근 들어 시각장애인의 이동성을 향상시키기 위해 흰지팡이에 센서를 부착하고 스마트 기능을 결합하는 시도들이 다양하게 진행되고 있다[1-3]. 한편으로는 흰지팡이 이외에 웨어러블 제품들도 선보이고 있다. 대표적으로 OrCam은 시각장애인의 안경에 소형 카메라를 부착하여 문자인식, 얼굴인식 등이 가능하도록 구현한 제품이며[4], Aira는 통신기능을 갖춘 시각장애인용 안경을 구현하였는데 전문안내인이 시각장애인의 안경에 나타나는 영상을 보고 보행을 안내하는 방식으로 활용된다[5]. 이러한 동향은 시각장애인용 보조 시스템에 대한 사회적 필요성과 기술적 수요가 존재하며 관련 시장이 형성되었음을 의미한다.

본 논문에서는 웨어러블 영상 센서를 이용하여 시각장애인이 정확하고 안전하게 보행하도록 보조하는 기법을 제안하고자 한다. 이를 위해 영상으로부터 점자블록 영역을 검출하여 이의 위치 및 기울기 정보를 통해 시각장애인의 진행 방향과 이탈 정도를 판단하는데, 이 과정에서 점자블록의 분기 및 중단 등 도로 상황에 대응해야 하며 영상 센서를 착용한 시각장애인이 보행함에 따라 발생하는 움직임과 흔들림 등에 효과적으로 대응할 필요가 있다.

II. 제안 방법

본 논문에서 제안하는 기법의 신호처리 흐름도를 그림 1에 나타내었다.

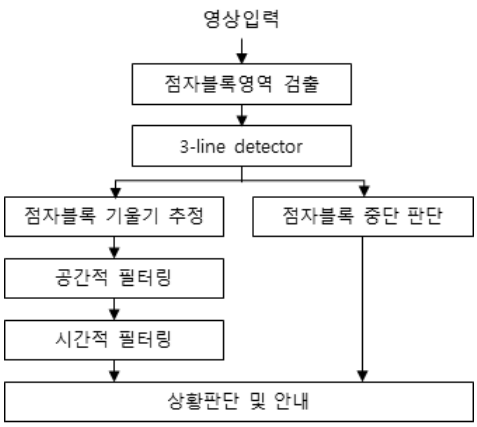
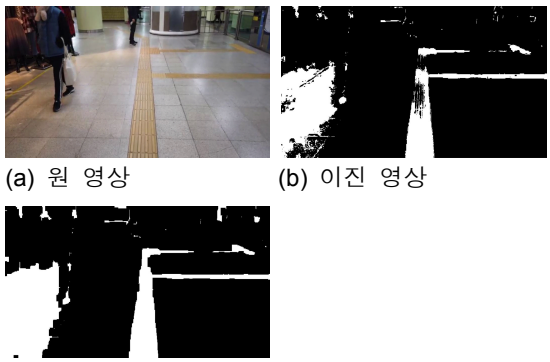


그림 1. 제안 기법의 신호처리 흐름도

먼저 영상에서 점자블록 영역을 검출한다. 보도상의 점자블록은 선형과 점형의 두 가지 종류가 있다. 보행 중에는 선형 점자블록을 따라 진행하며, 횡단보도 또는 차도와 연결된 보도의 일부분 등 위험 가능성이 있는 위치에 설치된 점형 점자블록은 정지 신호를 나타낸다. 점자블록의 형태와 무늬를 기반으로 영역을 검출하는 것도 고려할 수 있으나 이를 위해서는 웨어러블 영상 센서의 해상도가 충분해야 가능하다. 한편 점자블록은 저시력자를 위해 눈에 잘 띄는 노란색이라는 특징을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 색상 정보를 이용하여 점자블록 영역을 검출한다. 이를 위해 먼저 영상을 HSI 컬러공간으로 변환한 후, 색상 및 채도 성분에 대해 임계값을 적용하여 이진화한다.

이진화 작업을 거친 영상에는 일반적으로 오류가 포함된다. 즉 점자블록이 아닌 영역임에도 노랑계통의 색상을 가지고 있어 점자블록으로 분류되기도 하고 점자블록 내에서도 일부분이 비어있는 경우도 발생한다. 따라서 점자블록 내의 비어있는 영역을 채우기 위해 이진 영상에 대해 모폴로지 닫기 연산을 수행한다. 그림 2에서는 원 영상과 이진화 영상 그리고 모폴로지를 적용한 최종적인 이진 영상의 예를 차례대로 나타내었다.



(a) 원 영상 (b) 이진 영상

(c) 모폴로지 적용 영상

그림 2. 점자블록 영역 검출 결과

이상의 단계를 거쳐 각 프레임 마다 점자블록 영역이 검출되지만, 시각장애인이 보행함에 따라 자체적인 움직임이 불가피하게 존재하기 때문에 웨어러블 영상 센서가 상하좌우로 흔들리고 점자블록 영역 역시 고정되지 않고 시간적으로 변동하는 문제점이 있다. 따라서 가급적 자체 움직임의 영향을 받지 않는 특징을 선택하여 사용해야 하는데, 본 논문에서는 점자블록의 기울기를 적절한 특징으로 선택하고 이를 추정하기 위한 3-line detector를 제안한다.

3-line detector에서는 영상 전체를 분석 대상으로 삼는 대신 시각장애인의 바로 앞에 해당하는 영상 하단부에 3개의 가이드라인을 설정하고 각 라인에서의 점자블록 위치만을 고려한다. 그림 3에 이를 나타내었는데 하단의 두 개는 점자블록의 기울기를 추정하기 위한 용도이며 상단의 하나는 전방에 점자블록의 존재 여부를 파악하기 위한 용도이다.

그림 3. 3-line detector의 가이드라인

하단의 두 가이드라인의 왼편과 오른편 끝점에서부터 반대방향으로 따라가면 점자블록의 왼편 경계와 오른편 경계에서 총 4개의 위치가 얻어지는데, 왼쪽은 왼쪽끼리 오른쪽은 오른쪽끼리 연결하여 각 프레임 마다 두 개의 기울기 정보를 얻을 수 있다.

하지만 이 과정은 잡음에 민감하다. 즉 실제 점자블록에 이르기 전에 점자블록으로 오검출된 영역을 만난다면 이로부터 얻어진 기울기는 정확하지 않을 것이다. 본 논문에서는 점자블록의 경계 탐색을 위한 관심 영역을 적응적으로 설정하는 방법으로 정확도를 향상시킨다. 즉 이미 검출된 왼편 및 오른편 경계의 위치가 여러 프레임에 걸쳐 연속적으로 동일하다면 해당 위치의 신뢰도가 높다고 간주하고 탐색 영역을 이 부근으로 한정하는 방법을 사용한다. 그림 4에서는 영상의 왼편에 오검출 영역이 존재함에도 탐색 영역을 적응적으로 설정함으로써 점자블록 영역의 경계가 정확하게 검출됨을 볼 수 있다.

그림 4. 적응적 탐색 영역 선택의 결과

다음 단계는 점자블록이 나타나는 다양한 상황에 대응하기 위해 왼편 및 오른편 기울기를 분석하여 대표 기울기를 선정하는 공간적 필터링 단계이다. 보도위의 점자블록은 그림 5에서 나타낸 바와 같이 단순한 직진 상황을 비롯하여 좌 또는 우로 분기하는 삼거리 상황, 좌우로 분기하는 사거리 상황, 그리고 전방에 좌우로 폭이 넓은 점형 정지블록 존재 상황 등 다양한 상황에 따라 여러 형태로 나타난다.

(a) 직진 상황 (b) 삼거리 분기 상황

(C) 사거리 분기 상황 (d) 점형 정지블록 상황

그림 5. 상황에 따른 점자블록의 다양한 형태

직진 상황의 경우에는 왼편 및 오른편 기울기의 값이 수직 방향 부근에서 큰 차이없이 나타난다. 삼거리 상황의 경우에는 분기되는 방향의 기울기가 일시적으로 수직 방향을 벗어나되 다른 편의 기울기는 비슷한 값을 유지하게 되고, 사거리 상황의 경우에는 양측의 기울기가 모두 수직 방향을 벗어나는 형태를 나타낸다. 한편 정지 점자블록이 존재하는 경우의 기울기 변화 패턴은 사거리 상황과 유사하게 나타나지만, 상단 가이드라인에서 점자블록의 존재가 검출되지 않기 때문에 구분하는 것이 가능하다.

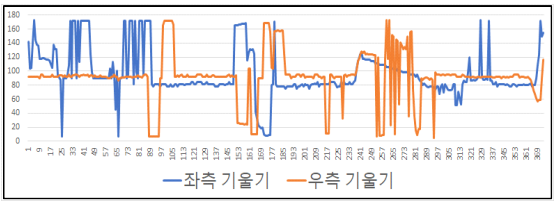
다음으로 시간적 필터링 단계를 수행한다. 본 논문에서는 시각장애인의 움직임에 따른 변동의 영향을 줄이기 위해서 시간축 방향으로 메디안 필터를 사용하여 급작스러운 변화를 방지한다.

최종적인 단계에서는 이상의 과정으로 거쳐 얻은 점자블록의 기울기 및 위치 그리고 전방 점자블록 존재 여부 등을 종합적으로 분석한다. 이들 정보를 종합하여 시각장애인이 정상적으로 점자블록을 따라 보행하는지, 방향을 벗어나 이탈하는지, 또는 전방에 점자블록이 끊어져 있는지 등 보행에 관련된 정보를 안내할 수 있다.

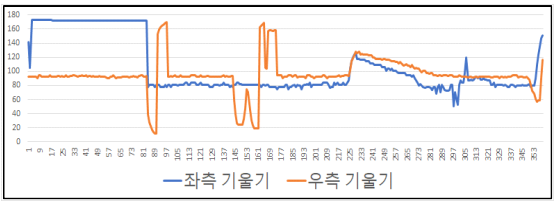
III. 실험결과

제안 방법의 성능을 평가하기 위해 웨어러블 영상 센서를 직접 착용하고 점자블록이 존재하는 실내 및 실외에서 획득한 다양한 영상을 대상으로 모의실험을 진행하였다.

그림 6에서는 점자블록 기울기의 전형적인 검출 결과를 나타낸다. 여기서 사용한 실험 영상은 보행하는 도중에 오른쪽으로 분기된 삼거리를 두 번 만나고 마지막에 왼쪽으로 회전하는 영상이다. 먼저 그림 6의 (a)는 적응적 탐색 영역을 적용하지 않은 경우에 추정된 기울기로서 특정 프레임에서 상당히 많은 오류가 발생함을 알 수 있다. 반면 그림 6 (b)는 제안하는 방법을 통해 얻은 안정화된 기울기로서 제안하는 방법이 성공적으로 동작함을 보여준다.



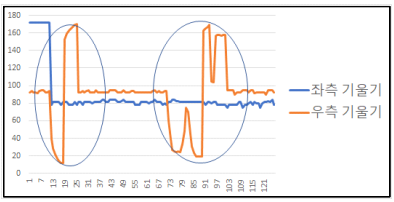
(a) 적응 탐색영역 미적용 경우



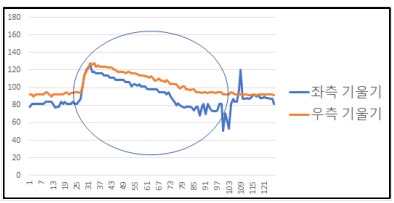
(b) 적응 탐색영역 적용 경우

그림 6. 점자블록 기울기의 변화 양상

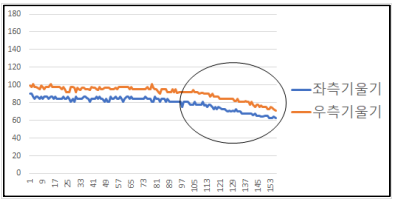
그림 7에서는 몇가지 예외적인 상황에 따른 좌측 및 우측 기울기의 변화를 보여준다. 먼저 그림 7 (a)에서는 우측으로 분기된 삼거리 상황에서 우측 기울기의 각도가 순간적으로 변화하다가 90도 부근의 원 상태로 돌아오는 현상을 볼 수 있다. 그림 7 (b)는 시각장애인이 점자블록을 따라 좌회전을 하는 상황으로서 두 기울기가 동시에 순간적으로 증가한 후에 시간이 지나면서 원 상태로 회복된다. 마지막으로 그림 7 (c)는 시각장애인이 점자블록의 방향과 다른 방향으로 이탈을 하는 상황으로서 두 기울기가 함께 90도를 벗어나 지속적으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 좌측 및 우측 기울기의 변화 패턴을 통해 상황에 대한 판단이 가능하다.



(a) 우측분기 삼거리 상황



(b) 회전 상황



(c) 이탈 상황

그림 7. 상황에 따른 점자블록 기울기 변화

그림 8에서는 대표 기울기에 메디안 필터를 적용한 효과를 나타내었다. 그림으로부터 메디안 필터를 적용하면 시각장애인의 순간적인 움직임에 따라 일시적으로 발생하는 잡음에 성공적으로 대응할 수 있음을 알 수 있다.

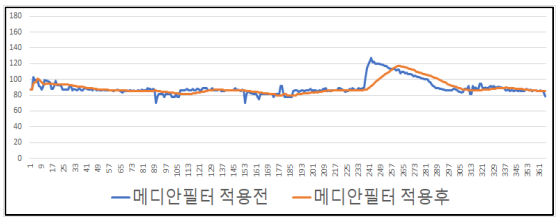


그림 8. 메디안 필터 적용의 효과

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 시각 장애인의 보행 안내를 위해 점자블록의 기울기와 위치 정보를 통해 진행방향을 판단하는 방법을 제안하였다. 이를 위해 3-line detector 구조를 도입하였으며, 하단의 두 라인으로부터 관심영역을 적응적으로 설정하여 점자블록의 좌, 우 기울기를 추정하고 상단 라인으로부터 전방 점자블록의 연속성을 판단한다.

일직선의 점자블록 뿐 만 삼거리 및 사거리 상황에도 대응하도록 공간적 필터링을 사용하였고, 사용자의 순간적인 움직임에 대응하기 위해 시간적으로 메디안 필터링을 사용하여 기울기를 안정화하였다. 실제 도로 및 실내에서 획득한 영상을 사용한 모의실험을 통해 제안 알고리즘을 사용하여 일직선 진행 상황은 물론이고 삼거리 및 사거리 상황, 회전 상황, 점자블록 이탈 상황 등을 성공적으로 판단할 수 있음을 확인하였다.

References

[1] 강다훈, 김충선, 박근호, 박현수, 이연범, 김성진, 노병희, 곽진, “시각장애인을 위한 스마트지팡이 설계 및 구현 연구,” *한국통신학회 학술대회논문집*, pp.1200-1201, 2016.

[2] 김은비, 박지영, 김현석, 박동규, “시각장애인용 지팡이 구현을 위한 연구,” *한국정보기술학회 종합학술발표논문집*, pp.238-241, 2016

[3] https://wewalk.io

[4] http://www.orcam.com/

[5] http://aira.io