K-means clustering을 이용한 지능형 휠체어의 경로 선정 시스템 구현

곽동석*, 이재국*, 주진선**, 고은정**, 김은이**
*건국대학교 인터넷 · 미디어공학부,
**건국대학교 신기술융합학과 iIT
e-mail: thavma@nate.com, 2jklove@hanmail.net, vocaljs@konkuk.ac.kr, rritty33@konkuk.ac.kr, eykim@konkuk.ac.kr

Development of Path Finding System using *K*-means clustering for Intelligent Wheelchair

Dongseok Kwak*, Jaekook Lee*, Jin Sun Ju**, Eunjeong Ko**, Eun Yi Kim**
*Dept of Internet & Multimedia Engineering,
**Dept of Advanced Technology Fusion iIT, Konkuk University

요 약

본 논문은 고령자 및 장애인의 안전한 이동을 지원하기 위한 지능형 휠체어에서의 자동 장애물 감지 및 회피 기술을 개발한다. 이때 다양한 환경에서의 장애물을 정확히 감지하고 회피하기 위하여 학습을 이용한 비전 기반의 경로 선정 방법이 제안 된다. 제안된 시스템은 배경 분류기, occupancy grid map 생성기, 경로 선정기로 구성되며, 경로 선정 시 강건한 장애물 검출을 수행하기 위해 입력 영상을 occupancy grid map으로 변환하고, *K*-means clustering 알고리즘을 이용하여 생성된 대표 템플릿들과 비교하여 이동 가능한 방향을 선정한다. 제안된 시스템의 효율성을 증명하기 위해 다양한 형태의 장애물을 포함하는 실내 및 실외에서 실험한 결과 81.7%의 정확도를 보였으며, 지능형 휠체어 사용자에게 안전한 이동성을 제공 할 수 있음을 증명 하였다.

1. 서론

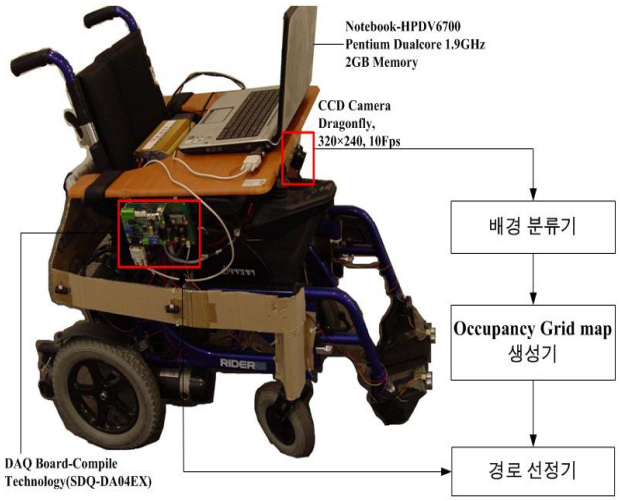
인구의 고령화와 장애 인구의 증가에 따라, 이들의 이동성 향상을 위한 서비스 로봇 및 다양한 장치들이 개발되고 있다. 이 중, 일반 전동 휠체어에 컴퓨터나 센서 등을 부가하여 지능적으로 동작하도록 만든 지능형 휠체어가 최근 많은 관심을 받고 있다[1]. 이러한 지능형 휠체어를 구현하기 위해서는 장애인과 휠체어간의 편리한 의사소통을 위한 인터페이스의 개발과 장애인들의 부족한 인지 능력을 보완하여 안전한 이동을 제공할 수 있는 내비게이션 기술의 개발이 필요하다[2]. 특히, 보행자 및 시설을 비롯한 여러 가지 장애물과의 충돌을 막기 위해서는 다양한 환경에서 장애물을 자동으로 감지하고 회피 가능한 경로를 인식할 수 있는 내비게이션 기술은 필수적이다[3].

따라서 지금까지 많은 내비게이션 기술들이 개발되어 왔으며, 이들은 크게 센서 기반과 비전 기반으로 분류 된다. 센서 기반의 내비게이션은 적외선 및 초음파 센서와 같은 거리 센서를 이용하여 장애물과의 거리를 인식하고 이를 통해 경로를 선정한다. 이러한 시스템은 쉽게 구현이 가능하나, 다양한 환경에서의 정확한 장애물을 인식하기 위해서는 많은 개수의 센서 및 장거리 인식이 가능한 고가의 센서를 필요로 하기 때문에 센서간의 간섭과 계산 비용의 증가를 야기한다[4]. 이에 대한 대안으로 최근 비전 기반의 내비게이션이 많은 관심을 받고 있다. 비전 기반의 내비게이션은 카메라에서 얻어진 영상으로부터 외형정보를 추출하여 장애물 감지에 이용한다. 이러한 시스템들은 센서 기반의 방법들이 감지할 수 없는 작거나, 돌출되지 않은 장애물을 감지 할 수 있지만, 배경의 사전 학습을 요구하는 등의 제약을 가진다.

따라서 본 논문은 이러한 단점을 보완하는 학습 기반의 경로 선정 시스템을 구현한다. 구현된 시스템은 자동으로 배경과 장애물을 분류하고, 장애물과의 거리에 따른 occupancy grid map을 생성하며, 각 방향을 대표할 수 있는 대표 템플릿 생성을 통해 이동 가능한 방향을 선정한다. 제안된 시스템을 다양한 형태의 장애물을 포함하는 실내 및 실외에서 실험한 결과 다양한 종류의 장애물을 강건하게 검출함으로써, 사용자에게 안전한 이동성을 제공할 수 있음을 증명 하였다.

2. 제안된 시스템

제안된 시스템은 카메라로부터 입력받은 영상에서 자동으로 배경과 장애물 영역을 분류하고, 분류된 결과를 기반으로 주행 가능한 경로를 선정한다. 이를 위해 제안된 시스템은 배경분류기, occupancy grid map생성기, 경로 선정기로 구성되며 그림1은 제안된 시스템의 개요를 보여준다.

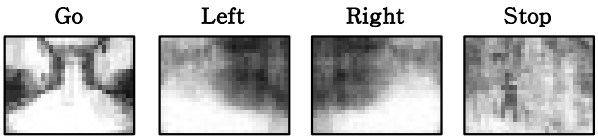


(그림1) 제안된 시스템의 개요

Step 1: 배경 분류기는 실시간으로 입력된 영상이 포함하고 있는 잡음들을 가우시안함수를 이용하여 제거하고, 배경과 장애물을 분류하기 위한 참조 영역을 추출하여 배경모델을 생성한다. 배경모델과 입력 영상의 비교를 통해 최종적으로 배경영역은 검정색, 장애물 영역은 흰색인 이진 영상을 작성한다.

Step 2: 배경영역과 장애물 영역의 분류 결과는 occupancy grid map 생성기를 통해 위험도에 따라 10가지 gray level을 가지는 occupancy grid map으로 변환된다. 이를 위해 배경 분류기의 결과를 카메라의 화각을 기반으로 미리 정의된 그리드 맵에 매핑 시켜 occupancy grid map을 생성한다.[4]

Step 3: 생성된 occupancy grid map은 각 방향별로 공통적인 특징을 가지고 있다. 제안된 시스템은 이러한 특징을 이용하여 이동 가능한 경로를 선정한다. 따라서 각 방향별로 100장씩 총 400장의 Ground truth를 수집하였다. 경로 선정기는 ground truth를 바탕으로 대표적인 클러스터링 알고리즘인 K-means clustering을 이용하여 각 방향을 대표하는 템플릿을 생성하였다. 그림2는 K-means clustering을 통해 생성된 대표 템플릿을 보여준다. K-means clustering은 주어진 데이터를 특정 성질에 기초하여 K개의 군집으로 나누는 방법으로서 각 방향별 군집을 위한 중심 값을 나타내는 4개의 대표 템플릿을 생성 하였다.

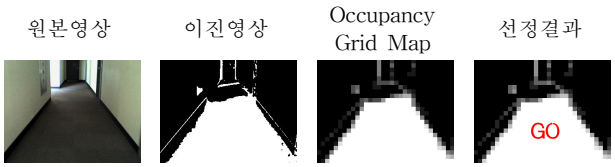


(그림2) K-means clustering을 이용하여 추출한 방향별 대표 템플릿

경로 선정기는 입력된 영상 픽셀 값과 대표 템플릿들의 픽셀 값의 유클리드 거리 비교를 통해 이동 가능 경로가 선정된다.

$$d(p,q)=\sqrt{(p_1-q_1)^2+(p_2-q_2)^2\cdots(p_n-q_n)^2}=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(p_i-q_i)^2} \quad (1)$$

식(1)은 유클리드 거리 비교를 위한 식으로, p는 대표 템플릿의 픽셀 값들을 나타내며, q는 입력된 영상의 픽셀 값을 나타낸다. 이러한 유클리드 거리를 계산한 뒤, 입력 영상을 가장 가까운 거리의 대표 템플릿이 속한 그룹으로 군집화 한다. 따라서 경로 탐색기는 입력 영상이 군집화 된 쪽으로 최종 이동 가능 방향을 결정한다. 그림3은 경로 선정을 위한 각 단계별 결과 영상을 보여준다.



(그림3) 경로선정의 단계별 결과

3. 실험 및 결과

제안된 시스템의 효율성을 증명하기 위하여 다양한 형태의 장애물을 포함하는 실내 및 실외환경에서 실험을 실시하였다. 표1은 각 방향 별 영상의 실험 결과를 정확도와 재현율로 나타낸 것이다.

<표 1 테스트 결과의 정확도와 재현율>

방향	Go	Left	Right	Stop
정확도	69.4%	90.9%	91.8%	75.0%
재현율	29.6%	31.0%	37.0%	17.6%

실험에서 사용된 영상은 총 248개로, 결과를 평가할 때 실험 영상 중 중복 방향으로 판단이 가능한 영상에서 이동 가능한 방향 중 한 방향으로 판단하였다면 옳게 판단한 것으로 간주 하였다. 실험 결과 제안된 시스템은 81.7%의 정확도를 보였으며, 다양하고 복잡한 환경에서 장애인들을 위한 지능형 휠체어의 안전한 이동을 도울 수 있음을 보였다.

참고문헌

[1] Ju. et al, "Vision-based interface system for hands free control of an Intelligent Wheelchair," JNER, Vol.6, 2009

[2] DeSouza. et al, "Vision for Mobile Robot Navigation: A Survey," IEEE Trans. on PAMI, Vol.24, No.2, 2002

[3] Levine. et al, "The NavChair Assistive Wheelchair Navigation System," IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering, Vol.7, No.4, 1999

[4] Ju. et al, "EYECane: Navigating with camera embedded white cane for visually impaired person," Eleventh International ACM SIGACCESS, 2009