

카메라 렌즈의 초점을 이용한 이동로봇의 장애물 회피

Obstacle Avoidance for Mobile Robot using Focus of a Camera Lens

윤기돈*, 오성남**, 한철완***, 김갑일§, 손영익§§

(Ki-Don Yoon, Sung-Nam Oh, Chul-Wan Han, Kab-Il Kim, Young-Ik Son)

Abstract - This paper describes a method for obstacle avoidance and map building for mobile robots using one CCD camera. The captured image from one camera has the feature that some parts where focused look fine but the other parts look blur (this is the out-focusing effect). Using this feature a mobile robot can find obstacles in his way from the captured image. After Processing the image, a robot can not only determine whether an obstacle is in front of him or not, but also calculate the distance from obstacles based on image data and the focal distance of its camera lens. Finally, robots can avoid the obstacle and build the map using this calculated data.

Key Words : Robot, Avoidance, One Camera, Obstacle

1. 서론

현재 인간의 생활을 풍요롭게 하기 위해 다양한 형태의 로봇이 연구, 개발되고 있다. 그 중 인간과 닮은 형태의 로봇인 이족보행로봇에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데 이는 지금의 모든 시설이나 기구들은 인간이 사용하기 편하게 설계되어있어 인간이 수행해야 할 일을 환경의 변화없이 이족보행로봇이 대신 할 수가 있기 때문이다. 이러한 이족보행로봇과 같은 이동로봇이 인간의 생활공간에서 어떠한 일을 수행하는데 있어 기본적으로 갖추어야 하는 기술이 안전한 이동을 보장하는 장애물 회피기술이다.[1][2] 장애물을 회피하기 위해서는 로봇이 주위환경을 인식할 수 있어야 하는데 그 방식으로는 초음파센서, 적외선센서, 레이저센서 등을 통한 인식[2][3]과 카메라를 이용한 인식[1][4] 등 다양하게 연구되고 있다. 초음파센서, 적외선센서, 레이저센서 등의 장치는 로봇이 어떠한 형태의 에너지를 외부로 발하여 되돌아오는 에너지를 가지고 인식을 하는 것으로 사람이나 동물에게 영향을 줄 수 있는 방법이라 할 수 있다. 카메라를 이용한 방법으로 카메라 2대를 장착하여 인식하는 것으로 각각의 카메라로부터 얻어진 영상의 차이를 이용하여 주위환경을 입체적으로 재생성하는 기술이다.[1][4] 하지만 만약 카메라 1대에 이상이 생길 경우에는 인식을 할 수 없다. 본 연구는 외부로 영향을 주지 않는 수동센서인 카메라 하나만을 이용하는 방법으로 렌즈의 초점에 의해 생기는 영상의 특징을

이용한 것이다.

2. 본론

2.1 시스템의 동작 구조

본 논문에서 제안하는 이동로봇의 장애물 회피 동작은 먼저 로봇에 장착된 카메라로부터 로봇 전방에 대한 영상을 입력받아야 한다. 그 후 받아들이는 영상정보를 컴퓨터에서 처리하고 장애물을 인식하여 이를 회피하기 위한 로봇의 이동 동작 명령을 로봇의 제어기에 전달함으로써 로봇이 회피이동을 하게 된다. 그림 1에 로봇의 회피동작에 대한 전체적인 흐름을 나타내었다.

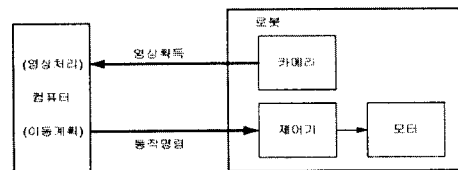


그림 1. 시스템 동작 흐름도

카메라 영상을 이용하여 회피동작을 구현하기 위해서는 특정 있는 영상을 획득하는 것이 중요하다. 본 논문이 제안하는 방법은 카메라 렌즈의 특성에 의해 초점이 맞은 영상은 그 부분이 선명하게 나타나는 특징을 이용한 것이다. 카메라로부터 획득한 영상의 선명한 부분을 영상처리를 통하여 물체를 인식하고 그때의 초점이 맞은 물체와의 거리를 이용하여 로봇이 안전하게 피해갈 수 있게 된다.

2.2 영상 획득

저자 소개

- * 윤 기 돈 : 명지대학교 전기공학과 석사
- ** 오 성 남 : 명지대학교 전기공학과 박사과정
- ***한 철 완 : 명지대학교 전기공학과 석사과정
- § 김 갑 일 : 명지대학교 전기공학과 교수
- §§ 손 영 익 : 명지대학교 전기공학과 조교수

본 논문에서 획득하려는 영상은 렌즈의 초점이 맞은 부분의 영상은 선명하며 초점 부분에서 벗어난 부분은 뿌옇게 나타나는 피사체의 심도를 이용한 영상이다. 사진기로 사진을 찍을 때 사진기 앞의 모든 물체에 초점을 맞출 수는 없다. 그래서 주로 주 피사체에 초점을 맞추어 사진을 찍게 되는데 이 경우에도 주 피사체 주위의 배경들도 어느 정도 초점이 맞는 것 같이 보인다. 이렇게 주 피사체 주위에 있는 물체들도 어느 정도 초점이 맞게 되는데 주 피사체 앞 뒤 어느 정도까지 초점이 맞는지를 나타내는 척도를 피사체 심도라고 한다. 피사체 심도는 카메라 렌즈의 다음 세 가지 요소에 의해 결정된다. 렌즈의 초점거리, 조리개 값, 카메라와 피사체간의 거리에 따라 피사체 심도는 변하게 된다.

표 1. 카메라 렌즈 요소에 따른 피사체 심도변화

조리개 값	조리개를 조이면 심도는 깊어지고, 조리개를 열면 심도는 얕아진다.
렌즈의 초점거리	초점 거리가 긴 렌즈일수록 심도는 얕아지고, 초점 거리가 짧을수록 심도는 깊어진다.
카메라와 피사체간의 거리	촬영 거리가 멀수록 심도가 깊어지고, 촬영 거리가 가까울수록 심도가 얕아진다.

영상으로부터 물체의 존재 여부와 정확한 위치를 확인할 수 있도록 하기 위하여 심도가 얇은 즉, 초점이 맞아 선명한 부분의 영역이 좁은 영상을 획득하여야 한다. 그러기 위해서는 위에서 설명한 3가지 요소를 적절히 조절하여야 하는데 로봇과 근접한 물체를 파악하기 위해 피사체의 초점을 근거리로 맞추고 조리개를 최대한 열어서 심도를 얇게 하여야 한다. 실험에 사용한 렌즈는 초점거리가 16mm이고 조리개 값이 최대 F1.4인 렌즈로 전방 30cm 거리에 초점이 맞게 설정하여 실험하였다. 그림 2는 영상 획득을 위한 하드웨어의 구성을 보여준다. 카메라를 통해 들어온 아날로그 영상신호를 처리할 수 있도록 PC에 설치된 캡처보드를 통해 디지털 데이터로 바꿔준다.

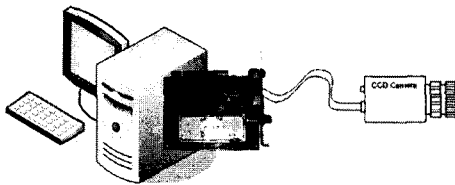


그림 2. 영상획득을 위한 하드웨어 구성 (카메라와 캡처보드)

2.3 영상 처리

카메라로부터 얻어온 영상에서 렌즈의 특성에 의해 초점이 맞아 선명해진 부분을 이용하여 물체를 확인하는데 컴퓨터에서 처리할 수 있는 데이터로 만들기 위해 적절한 처리를 해야 한다. 먼저 선명한 부분만을 강조하기 위해 선명화 처리 필터를 적용하는데 하이패스필터(High-pass Filter)가 이에 해당된다. 그림 3은 카메라로부터 획득한 원 영상이고 그림 4는 하이패스필터를 통과시킨 후의 영상이다. 그림에서

보면 알 수 있듯이 초점이 맞아 선명한 앞부분이 하이패스 필터 통과 후 더욱 뚜렷이 나타나는 것을 볼 수 있다.



그림 3. 원 영상



그림 4. 필터 통과 후 영상

하이패스필터를 통과시킨 영상을 빠르게 처리하기 위해 영상을 검정색(255)과 흰색(0)으로 이진화 한다. 하이패스필터를 통과시킨 영상의 각 픽셀은 0부터 255까지의 값을 갖는 데이터로서 여러 번의 실험결과 가장 좋은 결과를 얻은 픽셀 값 50을 기준으로 하여 작으면 0, 크면 255로 처리 하였다. 이렇게 하여 얻은 영상을 일정한 구역으로 나눈 뒤 흰색과 검정색의 비율을 계산해서 일정량 이상 흰색이 존재하면 물체가 있는 것으로 판단 한다

그림 5는 하이패스필터 통과 후의 영상을 이진화한 영상이고 물체의 유무를 판단할 수 있도록 그림 6에서 보는 것과 같이 이진화한 영상을 30 × 30개의 구역으로 나누어 물체가 있는 곳을 표시한다. 물체의 존재 유무는 각 구역에서 흰색이 차지하는 비율을 계산하여 물체가 있는 구역(흰색)과 없는 구역(검은색)으로 배열 상에 표시한다. 본 실험에서는 흰색이 차지하는 비율이 20%가 넘으면 물체가 있는 것으로 간주하고 그 구역을 흰색으로 표시하였다.



그림 5. 이진화를 한 영상

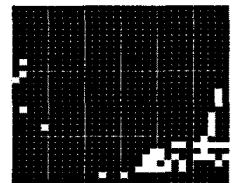


그림 6. 구역을 나눈 후의 영상

30 × 30개의 구역을 나눈 영상정보로부터 로봇 전방의 장애물에 존재 여부를 파악할 수 있었다. 이 정보를 이용하여 로봇이 장애물을 회피하고 지도를 생성하는데 사용하기 위해서 크게 3부분으로 나누어 로봇이 바라보는 장면의 왼쪽, 가운데, 오른쪽에 대한 정보로 표현하였다. 이 또한 3개로 나눈 각각의 구역에서 흰색으로 표시한 개수의 비율로서 장애물의 존재 여부를 나타내었는데 흰색 개수의 비율이 5% 이상이면 존재하는 것(검은색)으로 표시하였다. 그림 7에서 나타난 것과 같이 오른쪽 부분에 흰색의 개수가 많이 존재하여 이를 검은색으로 표시 하였다.

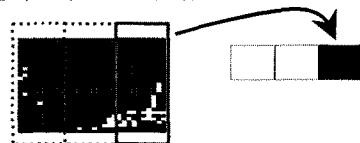


그림 7. 영상의 3등분

2.4 회피 이동

로봇이 회피를 하기 위해서는 로봇이 이동하면서 영상을 통해 장애물을 인식했을 때 그 장애물이 로봇과 얼마만큼 거리에 있는지를 알아야 한다. 이는 렌즈의 초점 거리가 정해지기 때문에 그 값으로부터 알 수가 있다. 본 논문에서는 30cm 거리에 초점을 맞추어 놓고 영상을 얻었기 때문에 영상처리를 통해 장애물이 존재하면 로봇의 30cm 앞에 장애물이 있는 것이 된다. 3등분을 한 영역은 지도상에 그려질 그리드(Grid)의 한 칸이 되는 것으로 한 영역을 10cm로 정하였다. 로봇이 앞으로 이동을 하면서 30cm앞에 존재하는 물체를 지도상에 표시를 하고 로봇을 회전시켜 진행 방향을 바꿈으로서 장애물을 회피할 수 있다. 그림 8에서는 3등분한 영상의 오른쪽에 물체가 있다고 지도에 표시를 하고 방향을 바꾸기 위해 회전을 하는 것을 보여주고 있다.

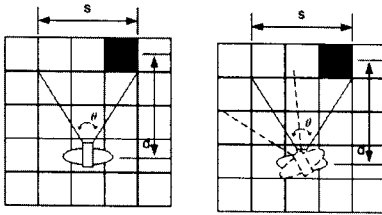


그림 8. 장애물 회피 동작

2.5 로봇의 이동 실험 및 고찰

직접 제작한 소형 이족보행로봇에 카메라를 장착한 후 실험을 하였다. 그림 9는 로봇이 이동하는 모습을 촬영한 것이다.

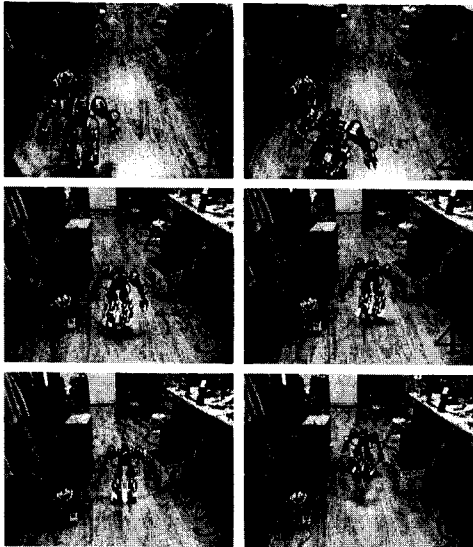


그림 9. 로봇의 이동 실험

로봇은 한걸음씩 이동을 하며 매 걸음마다 영상을 캡처하여 처리를 하고 이후의 이동방향을 결정하여 움직인다. 영상

처리는 1초 이내에 이루어져 로봇이 이동 하는 때는 문제가 없었다. 로봇이 앞으로 진행을 하다가 장애물을 인식하여(1) 회피동작으로 오른쪽으로 회전을 하였다(2). 첫 번째 장애물을 피해 앞으로 진행을 하다가(3) 두 번째 장애물을 인식하고(4) 왼쪽으로 회전한(5) 후 장애물을 피해 앞으로 진행하는(6) 것을 확인할 수 있었다. 그림 9에서 로봇이 안전하게 장애물을 회피하여 이동하는 것을 볼 수 있다.

대부분의 물체를 인식하는데 문제가 없었다. 하지만 뚜렷한 변화가 없는 표면을 갖는 물체에 대해서는 만족스럽지 못한 결과가 얻어지는 것을 알 수 있었다. 또한 실험에 사용한 카메라 렌즈는 수동초점 렌즈로 감지거리를 고정하여 로봇의 전방에 존재하는 물체를 감지할 수 있는 거리가 제한적이었고 시야각이 좁아 넓은 면적을 갖는 물체 대한 인식이 어려웠다. 하지만 시야각이 넓고 감지거리를 일정범위 내에서 변경할 수 있는 자동 초점렌즈를 사용한다면 먼 거리의 장애물을 미리 예측을 할 수 있어 보다 나은 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각된다.

3. 결론

본 논문에서는 한대의 카메라만 이용할 수 있는 경우, 카메라 렌즈의 초점을 이용한 이족보행로봇의 장애물 회피 방법에 대해 논하였다. 이는 에너지를 발하고 받는 센서와는 다른 형태로 로봇이 외부에 영향을 미치지 않고 주위 환경을 인식할 수 있는 방법으로 인간이나 동물 등에 거부감을 주지 않는다. 실험을 통해 물체를 인식하고 안전하게 회피하는 결과를 확인할 수 있었다. 앞으로 스테레오 비전과 같은 다른 기술들과 접목 시키는 연구를 계속 진행한다면 이족보행로봇과 같은 이동로봇에게 향상된 회피이동 기술을 줄 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] Kohtaro Sabe, Masaki Fukuchi, Jens-Steffen Cutmann, Takeshi Ohashi, Kenta Kawamoto, and Takayuki Yoshigahara, "Obstacle Avoidance and Path Planning for Humanoid Robots using Stereo Vision", in Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.592-597.
- [2] Masahiro Tomono, "Building an Object Map for Mobile Robots using LRF Scan Matching and Vision-based Object Recognition", in Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.3765-3770.
- [3] Ole Wijk, "Triangulation Based Fusion of Sonar Data with Application in Mobile Robot Mapping and Localization", PhD thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2001.
- [4] L.Locchi and K. Konolige, "Visually Realistic Mapping of a Planar Environment with Stereo", in Proceedings for ISER2000.