

자율이동로봇MAIRO의 전방향 이미지센서와 스테레오 비전 시스템을 이용한 2차원 지도 생성

*김 경 호,**이 형 규,***손 영 준,****송 제 근

* 한국의국어대학교 디지털정보공학과

** 성균관대학교 정보통신공학부

*** 고려대학교 대학원 전기공학과

****인천대학교 전자공학과

전화 : 02-3416-0573 / 핸드폰 : 016-720-9146

2D Map generation Using Omnidirectional Image sensor and Stereo Vision for MobileRobot MAIRO

Kyung-Ho Kim*, Hyung-Kyu Lee**, Young-Jun Son***, Jae-Keun Song****

*Dept. of Digital Information Engineering, Hankuk University of Foreign Studies

**Dept. of Information and Telecommunication Engineering, SungKyunKwan University

*** Intelligent System Research Lab, School of Electrical Engineering, Korea University

**** Dept. of Electronic Engineering, Incheon University

E-mail : andantin@secsm.org

본 논문은 삼성메카트로닉스센터, 삼성소프트웨어멤버십 연구비 지원으로 수행되었습니다.

Abstract

Recently, a service robot industry outstands as an up and coming industry of the next generation. Specially, there are so many research in self-steering movement(SSM). In order to implement SSM, robot must effectively recognize all around, detect objects and make a surrounding map with sensors. So, many robots have a sonar and a infrared sensor, etc. But, in these sensors, We only know informations about between the robot and the object as well as resolution faculty is of inferior quality. In this paper, we will introduce new algorithm that recognizes objects around robot and makes a two dimension

surrounding map with a omni-direction vision camera and two stereo vision cameras.

I. 서론

이동 로봇이 실시간 자율 주행을 하기 위해서는 로봇이 이동하면서 이동 방향의 장애물 존재 유,무 뿐만 아니라 폭넓은 물체정보를 실시간으로 파악해야 한다. 가장 많이 사용하는 초음파 센서는 거리 및 센싱 각도의 한계로 인해 기본적인 위치정보만을 알 수 있으며 이러한 단순 정보로는 보다 정확한 주변 환경정보를 얻기 어려운 것이 현실이다.

현재 여러 센서들을 이용하여 이동로봇의 자율주행을 위한 연구가 진행되고 있으며, 그 중에서도 특히 분해능이 높은 시각 센서를 사용하는 연구가 많이 이

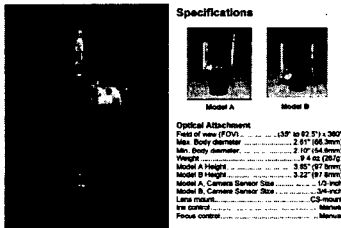
루어지고 있다. 그러나 대부분의 이동로봇이 주행하는 방향에만 국한되고 있어 측면이나 후면에서 접근하는 장애물 혹은 고정된 장애물을 파악하기 어렵다. 이에 대부분 초음파 센서를 사용하고 있으나, 측정분해능이 좋지 않고 장애물 형태에 따른 반사파 오차 또한 크기 때문에 이에 대한 연구 또한 많이 진행되고 있는 상황이다.[4]

이에 본 논문에서는, 전방향 이미지 센서를 이용하여 로봇 주위의 장애물을 특징점 추출(Feature-Extraction) 하고, 자율 이동에 가장 필수적인 주변환경 인식능력을 향상시켜 스스로 2D 지도를 생성하고자 한다.

전방향 이미지 센서를 통해 로봇의 360도 바닥 영상 정보를 취득하여 장애물로 추정되는 후보들을 추출하고, 스테레오 비전 시스템을 이용하여 정확한 장애물 depth를 파악한다. 위의 처리과정을 통해 효과적으로 장애물을 찾고 이 정보를 바탕으로 정확한 주변 환경 지도를 작성한다.

II. 전방향 이미지 센서

전방향 이미지 센서는 원추형 거울과 카메라로 구성되어 있으며, (그림1) 수직 방향의 모서리는 방사형 직선으로 투영된다. 그러므로 로봇 주위의 바닥 영역은 원형 이미지의 중심을 원점으로 하여 같은 방위각을 갖는 영상으로 나타난다. 이러한 전방향 이미지 센서를 통해 주위의 사물 혹은 장애물 정보를 보다 효과적으로 취득할 수 있다.[8]



(a)ODV 카메라 (b)ODV 제원

그림 1. 전방향 카메라

Fig.1 Omnidirectional Vision Camera

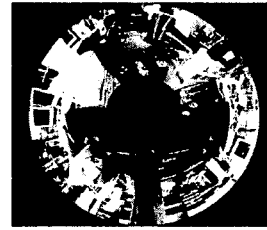


그림.2 전방향 영상

Fig. 2. ODV image

그림.2 는 ODV를 통해 입력받은 영상을 나타내며 영상의 범위는 ODV가 위치한 높이에 따라 영상영역이 확대,축소된다. MAIRO 로봇에 탑재된 ODV는 탐색영

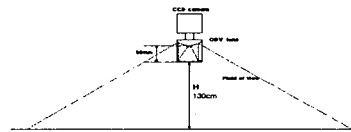


그림. 3 전방향 센서 구성 개략도

Fig. 3. Schematic diagram of the sensor system

역을 로봇 중심으로부터 바닥영역 반지름 r 을 이루는 원형 영상을 획득한다. 이와 같은 탐색영역을 이루기 위해 ODV는 지상으로부터 130cm 높이에 위치시켰으며, 높이 H (그림 3. 참조)는 바닥 정보를 이루는 영상영역 면적 πr^2 에 비례함을 알 수 있다. 높이가 증가할수록 실제 영상 바닥 정보 πr^2 은 증가하나 화질은 낮아진다. 그러므로 H 를 설정하기 위해서는 로봇의 크기 및 로봇의 활동 영역 등을 고려하여 선정하여야 한다. [7] (그림.3 참조)

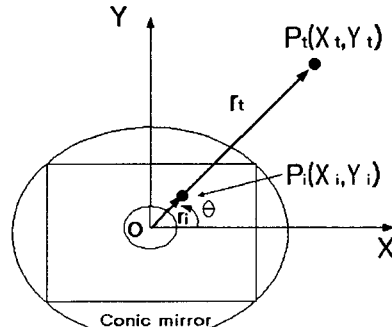


그림. 4. X-Y 좌표계로의 기하학적 관계

Fig. 4. Geometric relation of X-Y coordinate

그림 4 은 ODV 영상과 실제 바닥면과의 기하학적인 관계를 나타내고 있으며, 측정하고자하는 점Pt는 영상면에서 Pi으로 투영되며 방위각 θ 는 실 방위각과 동일하고

$$\tan\theta = \frac{y_i}{x_i} = \frac{y_L}{x_L} \quad \text{이다.}$$

또한

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad \text{이고}$$

$$x_i = r_i \cos\theta$$

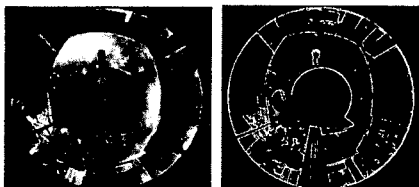
$$y_i = r_i \sin\theta$$

이다.

이와 같이 ODV영상을 통해 실제 물체의 방위각을 알 수 있으며, 거리 또한 ODV의 높이와(그림,3참조)의 상관관계를 이용 삼각함수를 이용하면 대략적인 거리를 예측할 수 있다.

III. 특징점 추출을 이용한 지도생성

현재 자율이동로봇의 구현환경이 될 곳은 빌딩내부라는 가정 하에 바닥면이 일정패턴 또는 같은 색깔의 바닥 소재라는 점을 이용하여 ODV로부터 들어오는 영상을 가우시안 필터링 및 잡음 제거를 통해 영상의 잡음을 제거한다. 그리고 sobel mask 연산을 통해 Edge를 추출하여 체인 코드로 그 외각 영역을 탐색하고 로봇이 이동할 수 있는 영역을 탐색함으로써 360도 전 방향에 대한 장애물 추출이 가능하다. 그림.5 를 보면 (a)는 원래 영상을 나타내며 앞서 말한 과정을 통해 생성된 영상(b)을 통해 주변의 많은 장애물을 한눈에 볼 수 있고, Edge 추출을 통해 바닥면을 구분할 수 있다. (c),(d) 과정 후 각 영역을 segmentation으로 영역을 분할하고 로봇의 크기를 감안하여 이동 가능한 영역을 탐색할 수 있다.



(a) 원영상 (b) 소벨 마스크 적용



(c) LeeChen Thinning (d) 크기필터링

그림 5. 이미지 처리

Fig. 5. ODV Image Processing

기본 영상 처리 후, 일차적으로 edge 영상을 라벨링한다. 그리고 장애물 영상이 폐곡선을 이루는 특징을 이용하여, 후보를 추출하고 후보의 무게중심을 찾아 방위각과 거리정보를 구하여 DB화 시킨다. 그림. 6.은 이러한 과정을 소프트웨어적으로 구현한 것이다.

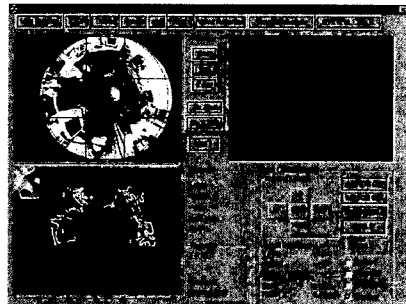


그림 6. 장애물 후보 추출

Fig. 6. detection surrounding objects

IV. 스테레오 카메라

스테레오 비전은 인간의 양안시차를 이용한 것이다. 공간상의 물체가 두 영상에 투사되었을 때, 두 영상에서 찾아낸 일치점의 픽셀(pixel)차이를 이용하여 3차원 정보를 얻는 방법이다. 스테레오 카메라를 구성하는 데는, 일반적으로 평행식과 교차식의 두 가지 방법이 있다. 두 가지 방식 중 가장 간단한 방식은, 평행 카메라 방식으로써 평행한 렌즈의 광축과 평행한 카메라의 광축을 가진 두 카메라를 이용하는 방식이다. 이 방법에서 얻은 오른쪽과 왼쪽 영상 사이의 공통시역은 광축 사이의 거리에 따라서 매우 작아지며, 수직 시차가 없기 때문에 장점이 있다. 본 논문에서는 평행식 카메라구성법을 사용하여 자체 개발한 스테레오 카메라를 사용하였다.



그림 7. 스테레오 카메라
Fig 7. Stereo camera

그림 7.은 MAIRO 로봇에 장착한 스테레오 카메라로써, 베이스라인(baseline)은 100mm 이며 이는 로봇이 실내에서 활동가능한 영역을 고려하여 설계하였다. 카메라는 Micro Step Motor를 사용하여 구동한다.

1. 3차원 측정

두 개의 카메라로부터 들어오는 영상에서 다수의 점들의 3차원 거리정보를 계산하기 위해서는 이미 알고 있는 카메라의 기하학적 특징과 두 카메라 사이의 baseline을 통해 알 수 있다.

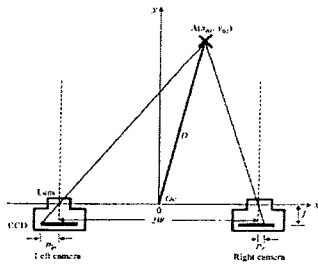


그림 8.병렬식 카메라 구성
Fig. 8. Configuration of stereo camera

$$D = \frac{W}{P_l + P_r} \sqrt{(P_l - P_r)^2 + 4f^2}$$

- Pr, Pl : 좌, 우측의 카메라에 맺혀진 영상으로 중심으로부터 벗어난 거리
- W : 두 카메라 사이의 중심 거리
- f : 렌즈와 CCD와의 거리
- D : 목표물과의 거리

2. 스테레오 매칭

스테레오 비전에서 가장 중요한 것은 두 영상에서 일치점(correspondence)을 찾는 스테레오 정합(stereo matching)이다. 스테레오 정합 방법에는 크게 영역기

반(area-based matching)과 특징 기반 정합(feature-based matching) 방법이 있다. 본 논문에서는 전방향 이미지 센서로부터 얻은 장애물 후보들의 방위 정보와 거리정보를 이용하여 스테레오 카메라모듈이 장애물 후보들을 바라보게 하고, 후보 물체들의 depth 영역을 검색한다. 사용하는 정합방식은 특징 기반 정합방식으로 후보들의 Edge 정보를 depth화하고 이 영역만을 SSD(Sum of Squared Differences) 방식으로 매칭한다.

SSD는 스테레오비전의 영역기반 매칭에 있어서 가장 많이 쓰이는 방법 중 하나로써 기본 수식은 아래와 같다.

$$C(x, y, d) = \frac{\sum_{\xi, \eta} [I_r(x + \xi, y + \eta) - I_l(x + \xi + d, y + \eta)]^2}{\sqrt{\sum_{\xi, \eta} I_r(x + \xi, y + \eta)^2 \sum_{\xi, \eta} I_l(x + \xi + d, y + \eta)^2}}$$

$$d_c(x, y) = \operatorname{argmin} C(x, y, d)$$

상관계수 C 함수는 사이즈가 x축 ξ , y축 η 인 마스크를 가지고 좌측영상 기준 (x, y)좌표에서 우측영상 x축에서 d만큼 떨어진 영역과 상관계수를 계산하게 된다.

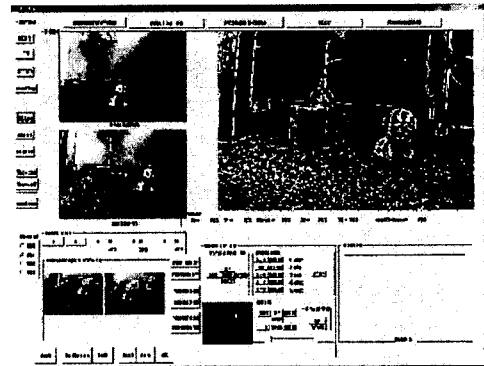


그림 8. 스테레오 프로그램

Fig. 8. Stereo vision Program

그림 8.은 두 카메라로부터 들어오는 영상을 위의 과정으로 매칭하여, depth 산출 후 높이 정보를 파악하여 장애물을 검출하는 구현 프로그램이다.

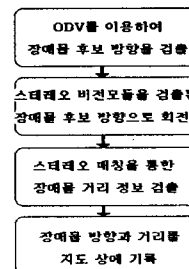


그림 9. 영상처리 흐름도

그림 9. 는 장애물 추출 및 환경 지도를 생성하기 위한 영상처리 흐름도이다.

위와 같은 정보를 토대로 환경지도데이터를 생성하고 자체 시뮬레이션 프로그램과 연동하여 지도생성을 수행하게 된다.

VI. 2차원지도 생성 및 주행

그림 10.은 전 방향에 대한 장애물 추출 후, 시뮬레이션 프로그램과 연동하여 장애물을 가상지도[14]에 기록하고, 이동 로봇 MARIO가 경로설정 후 장애물을 회피하여 이동하는 과정이다.

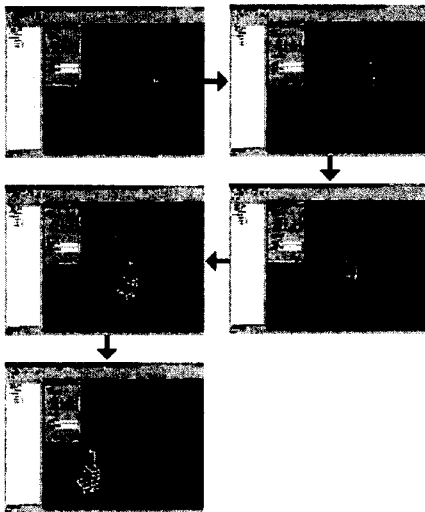


그림 10. OPENGL 을 이용한 주행 시뮬레이션
Fig. 10. Map-building using OPENGL simulation

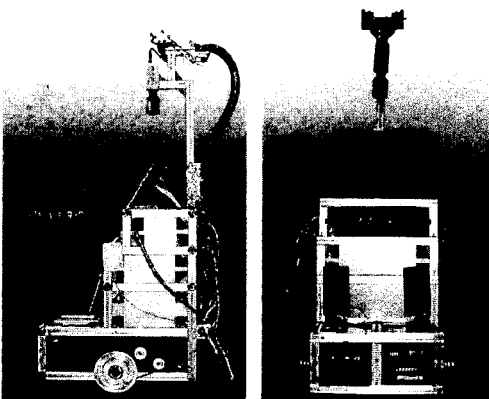


그림 11. 스테레오 시각기능을 갖는 MAIRO 로봇

VI. 결론

본 연구에서는 자율이동로봇 MAIRO가 바닥의 장애물을 인식하고 스스로 환경지도를 생성하기 위해서, 전방향 이미지 센서와 스테레오 비전 시스템을 이용한 방법을 제안하였다. 전 방향 바닥면에 대해 한 번에 영상정보를 얻고, 이러한 영상에서 장애물 후보를 추출한다. 장애물 후보가 추출된 방향으로 스테레오 비전 시스템을 회전하여 정확한 장애물 감지를 도모하였다. 이는 비전 기반 주행에 필요한 환경지도 생성을 실시간화 할 수 있다. 또한 영상처리를 통해 생성된 지도 정보를 이용하여 장애물들의 위치를 실시간 파악하고, 장애물들의 위치정보를 가지고 self-localization 할 수 있는 장점이 있다. 앞으로는 감지된 여러 개의 장애물로부터 효과적인 경로계획과 위치추정에 대한 연구를 진행할 것이다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] Ioannis Mertzanis, Georgios Sfikas, "Protocol Architectures for Satellite ATM Broadband Networks," IEEE Communication Magazine, March, 1999[2] "인터넷 기반 퍼스널 로봇"; MRDEC, KAIST
- [2] Paul G.Backes,Gregory K.sharp ,and kam S.The Web interfacefor telecience (WITS). In processing IEEE International Conference on Robotics anda Automation, pages 411-417 , Albuquerque,New Mexico,April 1977
- [3] N. Ayache, O. Faugers "Maintaining Representations of the Enviroment of a Mobile Robot," IEEE Trans. on Robotics and Automation,vol.6,no.6,pp.804-819,December,1989.
- [4] A.Elfes,"Sonar-based real world mapping and navigation",IEEE Journal of Robotics and Automation,vol. RA-3,no.3,pp.249-265,1987
- [5] k.Yamazawa et al,"Obstacle detection with omnidirectional image sensor hyperomni vision",IEEE Int. Conf. on RObotics & Automation,pp 1062-1067,1995.
- [6] T.Kanada et al.,"A stereo machine for video-rate dense depth mapping and its new application,"Proc .IEEE Conf.Computer vision and Pattern Recog.,pp 196-202,1996

- [7] Y .Yagi , s. Kawato,S .Tsuji "real - Time Omnidirectional image Sensor(COPIS) for Vision-Guided Navigation," IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol .10 ,no 1,pp.11-22, February,1994
- [8] 방석원 ,"전방향 거리 및 밝기 데이터 기반의 실내 이동 로봇 항법,"한국과학기술원 전기 및 전자공학
- [9] R. Szeliski and P.Golland ,"Stereo matching with transparency and matting", Proc. Int'l Conf. Computer vision,pp517-524,1998
- [10] A. Woods T. Docherty and R.Koch, "image distortions in stereoscopic video system", Stereoscopic Display and Application IV,Proc .of SPIE, vol.1915,pp.36-48,1993 .
- [11] B.Horn,"Robot Vision",MIT press ,1986.
- [12] J.Borenstein, and Y.Koren ,"Real time obstacle avoidance for fast mobilerobot", IEEE Trans., vol.19,No5, pp.117-1189.
- [13] J. Heyood, " Robots meet machine vision ", Photonics Spectra,pp.151-156,
- [14] M.E Boudirhir, M.Dufaut and R. Husson,"A vision system for mobile robot navigaion", Robotica, vol.10 ,pp77-89,1994.
- [15] N.Ahuja and S.L Abbott,"Active vision: Intergrating disparity, Vergence, fous, aperture,and calibration for surface estimation", IEEE Trans, vol.15, no.10, pp.1007-1029,1993.