

전(全)방향 이미지를 이용한 환경 추정에 관한 연구

박영미, 구경모, 차의영
부산대학교 컴퓨터공학과

Study on Environment Estimation from Omnidirectional Vision Sensor

Yeong-mi Park, Kyung-mo Koo, Eui-young Cha
Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

파노라믹 이미지를 이용한 환경감시 및 탐사에 관한 지속적인 연구는 실시간으로 이미지를 얻고 탐사를 수행하는 연구형태로 발전하고 있다. 본 논문에서는, 현대의 카메라와 하나의 볼록 거울의 조합을 이용하여 실시간으로 얻어지는 전(全)방향 이미지로부터 바닥정보를 추출하여 지역정보(Local Map)를 얻고, 그 정보에 기반 하여 로봇의 이동을 제어하고 전역정보(Global Map)를 구성하는 새로운 방법을 제안한다.

1. 서론

전통적으로 지능로봇은 적외선 · 초음파 센서들로부터 환경정보를 얻고 그 각각의 값들과 적용제어 알고리즘 등에 기반 하여 모터를 구동하는 형태로 이루어져있다. 이는 미로에서 자신의 길을 찾아나가는 마이크로마우스 형태의 로봇에 잘 적용되어진다[1].

반면, 최근 들어 광범위한 세계에 대한 탐사를 목적으로 한 로봇의 연구가 진행되면서, 두 대이상의 카메라(Stereo Vision) 혹은 현대의 카메라와 특수한 거울의 조합으로 이루어진 카메라 셋을 이용하여 지역정보를 얻고 그 정보들로부터 로봇의 이동과 탐색을 제어하는 형태로 연구의 흐름이 바뀌고 있다[2-4].

본 논문에서는 한 대의 일반 카메라와 볼록거울의 조합으로 이루어진 Omnidirectional Vision Sensor를 이용하여 현재 위치에서의 전방향 이미지를 얻고, 해당 이미지로부터 바닥 정보를 추출하여 지역정보를 추정해낸 뒤 얻어진 지역맵(Local Map)의 축적을 통해 전역맵(Global Map) 구성하는 세단계의 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 전방향 이미지를 얻기 위한 하드웨어 구성과 전방향 이미지의 활용 방법에 대해 알아보고, 3장에서는 2장에서 변

형되어진 파노라믹 이미지에서 바닥영역을 추출하고, 그 정보를 이용하여 지역맵을 생성하는 과정, 그리고 그 지역맵의 축적을 통해 전역맵을 구성하는 과정을 제시한다. 4장에서는 실제 환경에서의 실험 결과를 분석하고, 마지막으로 향후 연구방향 및 결론을 5장에서 맺는다.

2. 선행 연구

본 장에서는 먼저 전방향 이미지를 얻기 위해 카메라 앞에 설치할 여러 가지 종류의 거울과 그 특성, 그리고 그로부터 획득된 전방향 이미지를 파노라믹 이미지로 재구성하는 방법에 대해 알아본다.

2.1 Omnidirectional Vision Sensor

기존에 연구된 거울의 종류는 네 가지가 있으며 그 특징은 다음과 같다[5].

○ 구면(spherical) 거울

그림 1-(a)와 같은 구조로 되어있으며, 깨끗한 이미지를 얻을 수 있고 제작비용도 비교적 적은 반면 구면에 사영되는 상의 중심이 한점이 아니므로 일반적인 평면이미지로의 복원이 불가능하다.

○ 원뿔(conic) 거울

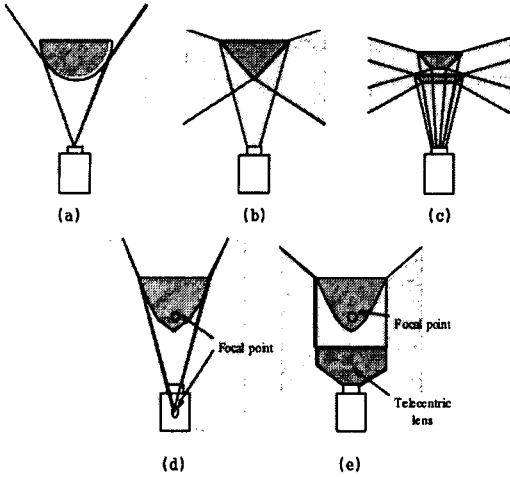


그림 1 전방향 거울들

그림 1-(b)와 같은 구조를 가지며, 세로방향의 영상을 쉽게 얻을 수 있다. 또한 그림 1-(c)와 같이 다른 거울과의 조합을 통해 스테레오 이미지를 동시에 얻을 수 있다. 그러나 이 역시 구면거울과 같이 하나의 초점을 가지지 않으므로 일반적인 평면이미지로의 복원이 불가능하다.

○ 쌍곡선(hyperboloidal) 거울

그림 1-(d)와 같은 구조를 가지는 쌍곡선 거울은 하나의 사영중심을 가지므로 평면이미지 뿐만 아니라 원통형 매핑도 가능하다. 또한 왜곡이 적고, 거울 바깥쪽에서의 흐려짐 현상도 크지 않다. 이처럼 쌍곡선 거울은 광학적인 여러 가지 장점을 지니지만 제작하기가 어렵기 때문에 비용이 비싸며, 카메라의 초점과의 거리조정 등 올바르게 사용하기 위한 여러 가지 제약조건이 따른다.

○ 포물선(parabola) 거울

그림 1-(e)와 같은 포물선 거울과 Telecentric Lens를 조합한 구조의 거울은 최상의 성능을 발휘한다. 하나의 사영중심을 가지며 왜곡과 흐려짐 현상 또한 적다. 또한 Telecentric Lens를 통해 시점 거리와 굴절률도 조정 가능하다. 불행하게도 Telecentric Lens는 매우 비싸고 크기 또한 적지 않기 때문에 사용이 힘들다는 단점이 있다.

여러 가지 상황을 고려하여 본 논문에서는 이들 네 가지 종류의 거울들 중 쌍곡선(hyperboloidal) 거울을 이용하였다.

2.2 이미지 재구성

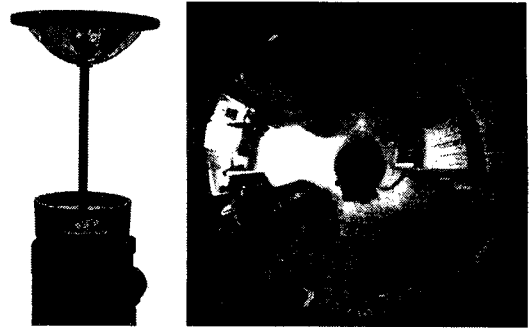


그림 2 (a) 쌍곡선 거울 (b) 전방향 영상

쌍곡선 거울과 보통의 카메라를 조합하여 세워두면 그림 2와 같은 전방향 이미지를 획득할 수 있다. 바닥 정보를 추출해내기 위해서는 원형태의 전방향 이미지를 파노라믹 이미지로 변환하는 전처리 과정이 필요하며 그 과정은 다음과 같다. 먼저 전방향 이미지의 반지름과 원주 값을 각각 파노라믹 이미지의 세로와 가로길이로 둔다. 그리고 파노라믹 이미지의 픽셀에 해당하는 좌표를 함수 $F(x,y)$ 를 이용하여 찾는다.

$$F(x,y) = \left[\begin{array}{c} y \times \sin\left(\frac{x}{r}\right) \\ -y \times \cos\left(\frac{x}{r}\right) \end{array} \right] \quad (1)$$

식 1에 의하여 변환된 파노라믹 이미지는 그림 3과 같다. 이와 같이 변환된 픽셀의 원 좌표들은 Look-up 테이블에 저장함으로써, 실시간 탐색 시 계속해서 이미지의 변환에 대해 계산해야하는 시간의 낭비를 줄일 수 있다.

3. 환경 추정 방법

입력된 이미지들로부터 환경을 추정하는 방법은 다음과 같다. 먼저 변환된 파노라믹 이미지로부터 바닥 영역을 추출하여 지역맵을 만들고 로봇의 이동 방향을 정한다. 이후 일정거리를 이동하면서 획득된 지역맵들의 정보를 합하여 전역맵을 만든다.

3.1 바닥영역의 추출

2.2장에서 변환된 파노라믹 이미지에서 환경을 추정하기 위한 방법으로 로봇이 활동할 수 있는 영역인 바닥 정보를 이용한다. 일반적으로 바닥은 색상이 밝으며 조명을 수직으로 받기 때문에 그림 3에서 보는 것과 같이 책장, 파티션, 사물함 등의 장애물보다 상

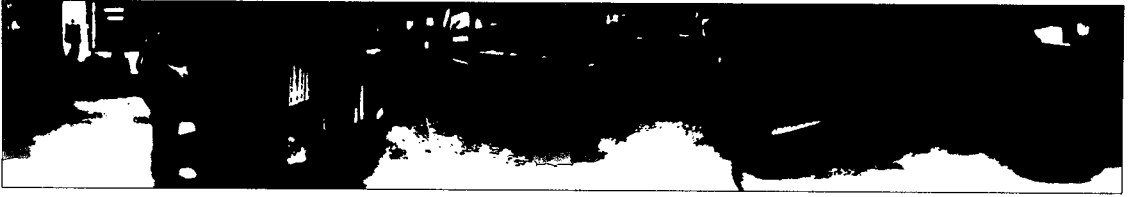


그림 3 이진화된 파노라믹 이미지



그림 4 변환된 파노라믹 이미지

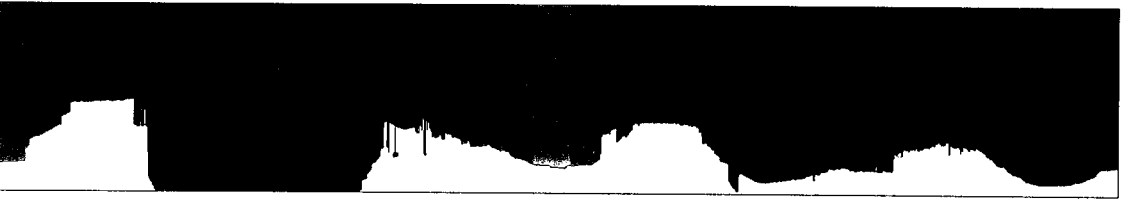


그림 5 노이즈가 제거되고 바닥 영역만 남은 파노라믹 이미지

대적으로 밝다는 것을 알 수 있다. 이점을 이용하여 바닥 정보를 추출해낼 수 있다.

먼저 이진화를 통해 바닥의 후보영역을 찾을 수 있다. 이때 낮은 threshold 값을 주변 먼 거리의 바닥정보까지 추출할 수 있지만 원하지 않는 부분까지 추출되는 경우가 있고, 반대로 높은 threshold 값의 경우 카메라 혹은 환경의 영향을 적게 받지만 로봇 주변 좁은 지역의 정보만을 얻게 되므로 이후 전역맵을 구성할 때 어려움이 따른다. 이처럼 단순히 경험적으로 그 값을 설정하기는 쉽지 않으므로 원하지 않는 영상들을 제거할 방법이 필요하다.

그림 4와 같이 파노라믹 이미지를 이진화 하였을 때 생기는 잡음을 제거하는 방법으로 파노라믹 영상의 아래 즉, 카메라의 가까운 쪽부터 픽셀을 검사하여 바닥 영역인지 아닌지 알아보는 방법이 있다. 로봇이 이동 가능한 흰색부분을 시작으로 처음 검은 색이 나오는 부분까지를 바닥영역으로 인식하며 그 결과는 그림 5와 같다.

3.2 환경맵의 생성

이진화, 노이즈 제거를 거친 파노라믹 이미지는 그림 6과 같이 로봇의 위치를 기준으로 접어서 지역맵

으로 변환한다. 변환된 지역맵에서 추출된 바닥정보가 가장 확실한 부분(지역맵의 중심에서 가장 멀리까지 뻗어있는 부분)을 선택하여 로봇을 일정하게 이동시킨다.

로봇의 이동이 거듭되면서 얻은 지역맵들은 로봇의 회전과 이동거리를 비례적으로 계산하여 그림 8과 같이 합하여진다.



그림 6 지역맵

4. 실험결과

Omnidirectional Vision Sensor는 세로로 세워진 일반 카메라(JAI CV-A1 흑백 카메라)와 그 앞에 달린 쌍곡선 거울(REMOTE REALITY 제작)로 구성되어 있다. 이 센서에 의해 입력되는 영상은 1376 × 1035 pixel의 영상이며, 파노라믹 영상으로 변환 하였을 때 3141 × 400pixel의 영상이 된다.

제안한 알고리즘은 연구실 내부에서 테스트 되었으며 테스트된 위치의 구조는 그림 7과 같다.

카메라는 초기 위치에서 얻어진 지역맵의 바닥 정

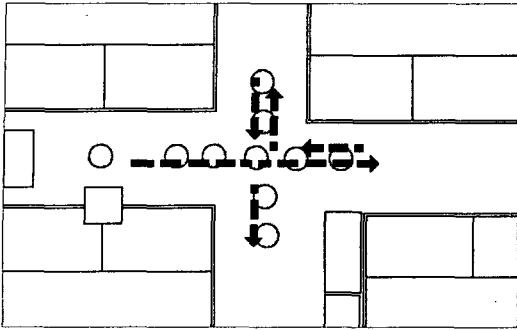


그림 7 실험환경의 구조

보를 따라 이동하면서 20개의 이미지를 매 50cm 마다 획득한다. 한 지점에서의 처리시간은 영상 획득 시간 및 이동시간을 제외하고 720ms가 걸렸으며, 각 지역맵이 축적되어 만들어진 전역맵은 그림 8과 같다.

5. 결론

본 논문에서는 전방향 이미지에서 지역맵을 추정하는 방법에 대해 설명하였다. 먼저 한대의 일반 카메라와 포물면거울을 이용하여 만들어진 Omnidirectional Vision Sensor로부터 전방향 이미지를 얻고, 그 이미지를 다시 파노라믹 이미지로 변환하는 과정을 설명하였다. 그리고 파노라믹 이미지의 이진화 영상에서 바다정보를 추출해낸 뒤 전방향 이미지로의 역변환을 통해 지역맵을 생성하고, 그 지역맵 정보들을 축적하여 전역맵을 만드는 과정에 대해 제안하였다.

이 방법은 알지 못하는 환경을 위험부담 없이 탐색할 수 있는 장점이 있지만, 동적인 환경이나 빛의 영향을 많이 받는 환경에서는 사용하기 힘들다는 단점이 있으므로 향후 지속적인 연구가 필요하다.

[참고문헌]

[1] John Yen, Nathan Pfluger, "A Fuzzy Logic Based Extension to payton and Rosenblatt's Command Fusion Method for Mobile Robot Navigation", IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEM, MAN, AND CYBERNETICS, 1995

[2] Changming Sun, "A Fast Stereo Matching Method", Digital Image Computing: Techniques and Applications, pp.95-100, 1997

[3] Roland Bunschoten and Ben Kröse, "Robust Scene Reconstruction from an Omnidirectional Vision System", IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION, 2003

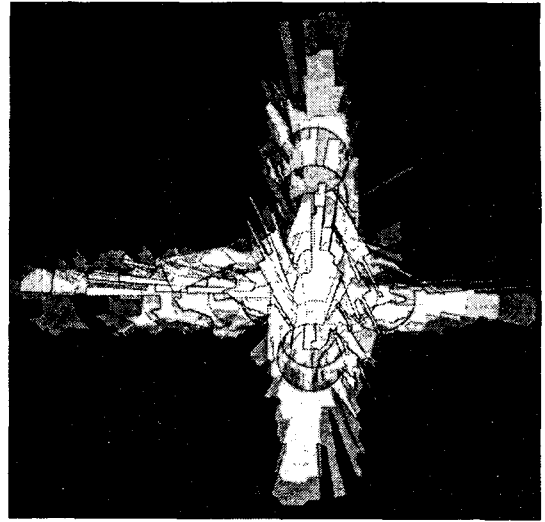


그림 8 20개의 지역정보(Local Map)로 구성된 전역맵(Global Map)

[4] Roland Bunschoten and Ben Kröse, "Range Estimation from a Pair of Omnidirectional Images", Proceedings of the IEEE, 2001

[5] Hiroshi ISHIGURO, "Development of Low-Cost Compact Omnidirectional Vision Sensors", Panoramic Vision, 2001

[6] Masataka Doi, Shuji Hashimoto, "Environment recognition in a mobile robot using omnidirectional image sensing and stereophonic distance measurement", Proceedings of the IEEE, 2001

[7] K. M. Koo, Y. M. Park, E. Y. Cha, "Study on Environment Estimation from Omnidirectional Images", CSS5, 2003