스테레오 비젼을 이용한 이동로봇의 자기-이동변위인식 시스템에 관한 연구

심성준* (경희대), 고덕현(경희대), 김규로(기술표준원), 이순걸(경희대)

The Study of Mobile Robot Self-displacement Recognition Using StereoVision

S. J. Sim(Kyunghee Univ.), D. H. Ko(Kyunghee Univ), K. R. Kim(ATS), S.G.Lee(Kyunghee Univ)

ABSTRACT

In this paper, authors use a stereo vision system based on the visual model of human and establish inexpensive method that recognizes moving distance using characteristic points around the robot. With the stereovision, the changes of the coordinate values of the characteristic points that are fixed around the robot are measured. Self-displacement and self-localization recognition system is proposed from coordination reconstruction with those changes.

To evaluate the proposed system, several characteristic points that is made with a LED around the robot and two cheap USB PC cameras are used. The mobile robot measures the coordinate value of each characteristic point at its initial position. After moving, the robot measures the coordinate values of the characteristic points those are set at the initial position. The mobile robot compares the changes of these several coordinate values and converts transformation matrix from these coordinate changes. As a matrix of the amount and the direction of moving displacement of the mobile robot, the obtained transformation matrix represents self-displacement and self-localization by the environment.

Key Words : Stereo Vision System (스테레오 비전시스템), Self-displacement Recognition (자기 이동변위인식), Vision Mobile Robot (비전이동로봇)

1. 서론

기술이 진보함에 따라 로봇이 점차 넓은 범위에서 활용되고 있다. 특히, 이동로봇은 생산현장 및 사람이 접근할 수 없는 극한 환경 등에서 많은 도움을 주고 있으며, 근래에는 가정과 사무실에서 서비스 및 업무 보조용 등으로 그 용도가 점차 확대되고 있다[6].

이동로봇이 주어진 역할을 성공적으로 수행하기 위해서는 자율적인 행동이 필요하며, 이를 위해서 환경인식과 경로계획, 주행제어, 그리고 위치인식과 보정의 3 가지 기본적인 기능을 갖추어야 한다. 특히, 위치인식과 보정은 이동로봇의 주된 연구주제로써 다루어져 왔으나, 연구성과는 상대적으로 미흡한 실정이다[3]. 이중 위치인식 기술은 로봇이 순항할 환경, 로봇이 가지고 있는 선 학습지식, 로봇의 과제 인지도, 그리고 로봇의 지각시스템에 따라 매우 다양하다.

현재의 이동로봇이 자기 위치를 검출하기위해 사용되는 항법시스템은 추측항법시스템(Dead-Reckoning)이 주류를 이루고 있다[4]. 추측항법에 사용되는 센서로는 바퀴의 회전량을 측정하여 이동거리를 알아내는 차륜속형 센서를 사용한다.

그러나, 이러한 추측항법 시스템의 문제는 실제 로봇의 위치·자세정보와 명령에 의해 내려진 위치·회전정보가 서로 다르다는 점이다. 왜냐하면, 이동로봇은 바퀴의 미끄러짐, 바닥의 비평탄성 등과 같은 환경에 따라 다른 예측할 수 없는 불안정한 요소들 위에서 동작하기 때문이다[3][4].

일반적으로 기존의 차륜속형 센서들은 이동로봇의 위치를 정확히 검출할 수 없다. 로봇의 위치정보를 정확하게 추정하기위해 외부 환경을 인지할 수 있는 센서 기술들이 사용되어야 한다.

가정이나 사무실 등과 같은 환경은 생산현장의 고정된 환경과는 다르게 변화가 많은 환경이므로 환경의 변화에 대처할 수 있는 방안과 인간 친화적인 로봇 구현방법이 제시되어야 한다. 이 같은 다양한 변화에 적응할 수 있는 방법으로 비젼시스템

을 이용하여 지능적으로 대처하는 방법이 많이 시도되어 왔다.

스테레오 비젼은 카메라를 사용하여 인간의 시각구조와 유사한 형태로 구현한 것으로 공간상의 물체가 두 영상에 투사되었을 때 두 영상에서 찾아낸 일치점의 위치차이를 이용하여 3 차원정보를 얻는 방법이다. 그러나, 각 카메라를 통하여 얻어진 두 영상을 일치점을 찾는 스테레오 정합은 어려운 과제이다. 그에 따른 많은 오차를 극복하고자 많은 연구가 수행되고 있다.[2][3][4]

이동성을 갖는 자율로봇은 앞서 언급한 바와 같이 두 가지(구동부와 비젼) 오류를 갖는다. 본 논문에서는 비젼을 이용한 이동로봇의 자기위치 인식과정을 인간의 위치인식 과정과 유사하게 해석하는 연구를 수행하였다.

인간은 공간상에서 자신의 절대적인 정확한 위치정보를 갖지 못한다. 경험 속에 공간에 있더라도 인간은 주변특정환경에 의해 근사적인 위치정보를 알고 있을 뿐이다. 즉, 인간은 인지에 의해 알고있는 특정 물체를 기준으로 자신의 위치를 대략적으로 인식하고, 주어진 행동(예를 들어, 컵을 들어올린다)을 하기위해 특정물체에 접근하여 끊임없이 위치정보를 보정하는 동작을 하게 된다.

제안하는 시스템은 이러한 특정물체를 기준으로 이동로봇의 대략적인 위치정보를 검출하여 주어진 임무를 수행하기위해 특정물체에 접근할 때, 특정물체의 대한 위치정보를 재검출하고 이동하기전과 이동후의 변화된 위치정보를 비교하여 이동로봇의 이동변위를 자율인식 하는 자가이동변위인식(Self-displacement Recognition) 시스템이다.

2. 시스템 구성

전체 이동로봇 시스템은 그림 1 과 같다. 그림에서처럼 이동로봇은 영상을 받아들이는 두 개의 USB 카메라와 펜티엄 PC, 그리고 구동부로 이루어져있다. 특징점으로 로봇의 주위 고정점들을 선정하여 각각에 LED 를 이용한 표식을 부착하였다. 이동로봇은 표식으로 사용되는 LED 의 위치를 검출하고 변위인식을 위해 이동하면서 각 특징점을 인식한다. 카메라의 의해 얻어진 좌, 우 두개의 이미지는 주제어기의 USB 포트를 통하여 입력되고 이미지상의 LED 의 위치가 3 차원 좌표로 환산된다. 개발된 이동로봇은 직사각형 모양의 외형을 가지며, 두개의 엔코더 부착 모터로 구성된 구동부와, 두대의 카메라를 지지하고 있는 고정된 틸터로 구성된다

3. 자기변위인식

본 논문에서 제안한 영상계측시스템은 인간의 시각시스템을 기본을 하고 있다. 인간은 공간상에서 이동시 특정 주변환경을 감지, 인식하여 출발점의 기준으로 삼는다. 기준점을 기준으로 이동하여, 목표점 도달했을 때, 인간은 자신의 이동거리를 초기 기준점과 비교하여 인지하게 된다.

Table 1. Mobile Robot Spec

Body	Wide	500mm
	Long	500mm
	Height	260mm
Drive	Motor	25W
	Encoder	
	Gear ratio	1 :12
Camera	Commercial USB Cam	

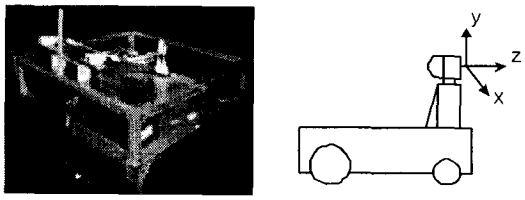

Fig.1. System Architecture

즉, 임의의 공간에서 특징점들을 기준으로 대략적인 이동거리를 인식하게 되는 것이다. 이러한 인간의 시각시스템을 바탕으로 이동로봇의 영상인식 시스템을 구현하여 보았다.

3.1 스테레오 비젼

영상에서 카메라의 위치에 대하여 특정점의 3 차원 위치정보를 계산하는 연구는 비젼을 이용한 계측시스템에서 중요한 과제이다. 이러한 3 차원 위치정보를 영상으로부터 얻는 일반적인 방법으로 스테레오 비젼시스템이 적용되고 있다. 그림 2 는 이러한 스테레오 비젼시스템을 간략하게 도시화시킨 그림이다. 본 논문에서는 스테레오 비젼에 대한 구조만 언급하고, 자세한 측정원리는 생략하기로 한다.

3.2 3 차원 이동변위 인식.

인간과 같이 주변 환경의 특징점들을 기준으로 이동전과 이동후의 특징점의 좌표값 변화를 비교하

여 이동거리를 인식하는 방법은 물리적인 센서에 의한 방법과는 다르게 정확한 바퀴나 관절과 같은 구동원의 절대적인 회전 또는 구동량의 인식이 불가능하다. 그러나, 인간의 경우 목표지점에서의 임의의 작업을 수행할 때, 국지적인 물리적 구동량을 측정하기 보다는 시각에 의해 수집된 거리 정보를 바탕으로 목표점 지점의 상대적인 위치를 끊임없이 보정하여 포괄적인 위치인식을 수행한다.

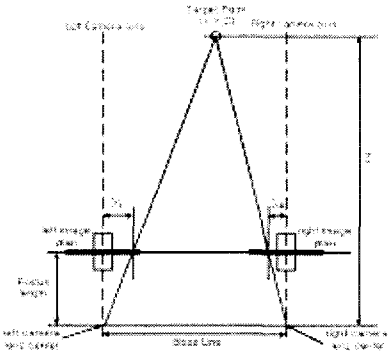

Fig.2. Configuration of the Stereo Vision system

제안하는 시스템은 이러한 인간의 시각에 의한 거리정보인식을 바탕으로 하고 있다. 그림 3 은 제안된 시스템의 측정원리와 인식원리를 설명한다. 두 대의 카메라에 의해 특징점을 포함한 영상을 획득한다. 왼쪽 카메라에서 얻어진 RGB 이미지는 gray 이미지로 변환되고, 인식을 위해 필터링을 거친다. 필터 처리된 이미지로부터 특징점의 화소위치 (x, y)를 얻은 후, 동일한 방법으로 처리된 오른쪽 이미지와의 비교를 수행한다. 특징점의 위치 판별의 수행은 밝기차에 의한 검색방법을 사용하였다. 즉, 왼쪽 이미지로부터 얻어진 좌표정보는 오른쪽 이미지 상의 대응되는 특징점과의 비교를 위해 동일 평면 상에 위치한 카메라들의 y 좌표가 비슷하다는 가정 하에서 일정 offset 안에서 오른쪽 특징점에 해당하는 화소를 검색 비교하도록 하였다.

$$x = \frac{bx_l}{x_l + x_r},\quad z = \frac{bf}{x_l + x_r},\quad y = \frac{z_f y_l}{f} \quad (1)$$

xl, yl : x, y coordinate of left image
xr, yr : x, y coordinate of right image
b : *base line length*
f : *distance between camera to CCD*

두개의 이미지로부터 얻어진 화소 위치를 각각 *(xl, yl), (xr, yr)* 이라 하면 (1)식에 의해 로봇에 대한 특징점의 위치 좌표가 구해진다.

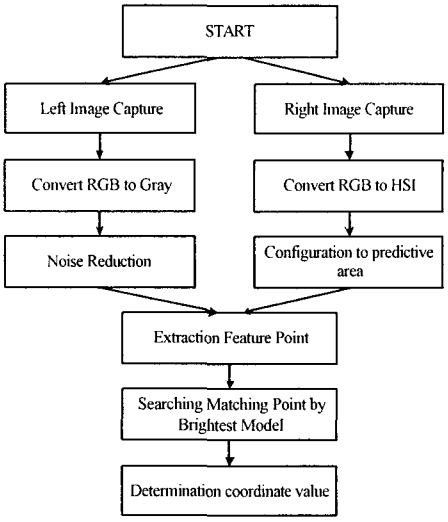

Fig.3. Flowchart for calculation of target coordinate value

4. 결론

실험을 위해 촬영된 LED 의 이미지는 그림 4 와 같다. 본 실험에서는 100mm 간격으로 놓인 5 개의 LED 가 로봇으로부터 50mm 씩 멀어져 갈 때와 3 개의 LED 를 로봇의 전방에 놓고 100mm 씩 로봇을 전진 시킬 때 마다 스테레오 비젼으로 LED 를 찍어 스테레오 화상 비교 후 보정 알고리즘으로 LED 의 좌표값을 계산 후 실제 좌표값과 비교하여 보았다

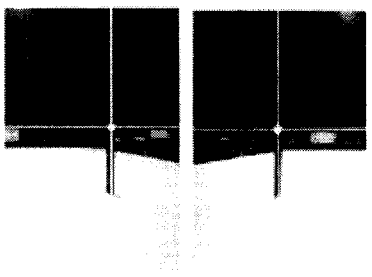

Fig. 4. Images of Stereo Vision

그림 5 는 실재 측정된 거리에 관한 그래프이다. y 좌표를 7mm 로 고정시킨 상태에서 x 좌표가 -200mm, -100mm, 0mm, 100mm, 200mm 일 때 그에 대한 z 좌표의 값을 그린 그래프이며 그림 6 은 그

림 5 에서 비교적 오차가 큰 부분에 대한 확대 부분이다. 그림 7 은 그림 5 에서 나타낸 x 좌표가 -200mm, -100mm, 0mm, 100mm, 200mm 에 대한 z 좌표값의 오차율을 나타낸 그래프이다.

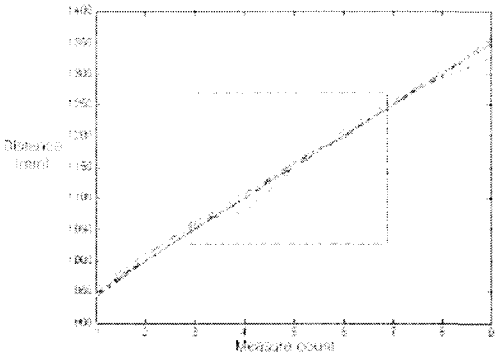

Fig.5. Calibration of Z-Axis Distance

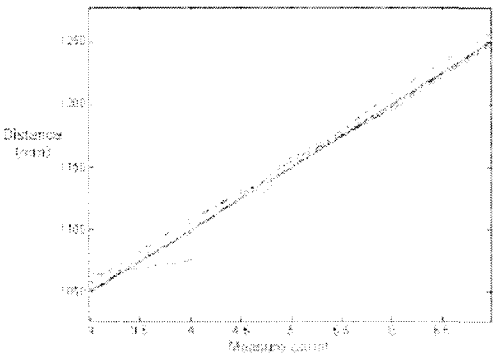

Fig.6. Magnification of Fig.5.

스테레오 비젼으로 LED 의 좌표를 계산할 때 처음에는 카메라의 렌즈의 왜곡이나 카메라를 고정시켜주는 장치에서의 제작상의 오류 등에서 발생하는 비선형성을 무시하고 단순 계산 방식으로 측정을 하였다. 그러나 LED 와 로봇 사이의 거리가 멀어짐에 따라 비례적으로 오차가 커짐을 발견할 수 있었다. 그래서 이러한 오차를 보정하기 위하여 비례적으로 증가하는 오차를 보정하기 위해 측정값에 실제 값이 그리는 그래프와 측정값이 그리는 그래프가 일치하도록 측정값에 기울기 값을 변경하였다. 그 결과로 나타낸 그래프가 그림 5 와 그림 6 이다. 이 그래프는 로봇이 LED 로부터 5mm 씩 멀어질때마다 z 좌표값 즉, LED 와 로봇과의 거리를 그래프로 그린 그림이다.

그림 7 은 그림 5 에 대한 오차을 그린 그래프이며 에러가 최대 2.5 를 넘어 서지 않으므로 비교적 안정적인 측정결과가 나오는 것을 알 수 있다.

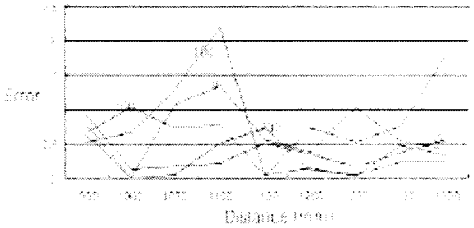

Fig.7. Distance Error

이번 실험은 직선이동에 대한 테스트만 했으나 앞으로는 곡선 이동 및 다양한 형태의 경로를 지정한 실험을 계속할 예정이며 여러 개의 LED 의 위치 정보를 기반으로 로봇의 위치를 인식하는 알고리즘을 실험할 것이다.

참고문헌

1. K.S.Fu, R.C.Gonzalez,C.S.G.Lee, Robotics : Control, Sensing, Vision, and Intelligence, ,McGraw-Hill Book
2. Seiji Ishikawa, Akira Kikuchi, Kiyoshi Kato, "Visual Self-Location of a Mobile Robot", KACC, 1989
3. El Mustapha Mouaddib, Bruno Marhic, "Geometrical Matching for Mobile Robot Localization", IEEE Transactions on Robotic and Automation, Vol. 16, No.6, October 2000
4. Ching-Chih Tsai, "A Loacalization System of a Mobile Robot by Fusing Dead-Recking and Ultrasonic Measurements", IEEE Transactions on Robotic and Automation, Vol.47,No.5,October 1998.
5. G.Borgefors, "Distance Transformation in Digital Images", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol.34, pp.344~371, 1986
6. 조정태 외 4, "카메라가 장착된 이동로봇의 경로제어," KACC, October 1999
7. 이동엽 외 7,' 스테레오비젼을 이용한 이동로봇의 경로 생성에 관한 연구", KACC,October 1999