

전자 나침반과 초음파 센서를 이용한 이동 로봇의 Simultaneous Localization and Mapping

Simultaneous Localization and Mapping of Mobile Robot using Digital Magnetic Compass and Ultrasonic Sensors

김호덕¹ · 이해강², 서상욱¹ · 장인훈¹, 심귀보¹

¹ 중앙대학교 전자전기공학부, ² 중앙대학교 정보대학원

E-mail: kbsim@cau.ac.kr

요 약

Digital Magnetic Compass(DMC)는 실내의 전자기적 요소나 강한 자성체 건물구조에서는 쉽게 방해 받을 Compass보다 실내에서 간섭에 강한 특징을 가지고 있다. 그리고 적외선 센서와 초음파 센서는 서로 물체와의 거리를 보완적으로 계산해 줄뿐만 아니라 값싼 센서로서 경제적인 이점을 가지고 있어 Simultaneous Localization and Mapping(SLAM)에서 많이 사용하고 있다. 본 논문에서는 자율 이동 로봇의 구동에서 Digital Magnetic Compass(DMC)와 Ultrasonic Sensors를 이용한 SLAM의 구현에 대해 연구하였다. 로봇의 특성상 한정된 Sensing 데이터만으로 방향과 위치를 파악하고 그 데이터 값으로 가능한 빠르게 Localization을 하여야 한다. 그러므로 자율 이동 로봇에서의 SLAM 적용함으로 Localization 구현과 Mapping을 수행하고 SLAM 구현상의 주된 연구 중의 하나인 Kid Napping 문제에 중점을 두고 연구한다. 특히, Localization 구현을 수행을 위한 데이터의 Sensing 방법으로 적외선 센서와 초음파 센서를 같이 사용하였고 비슷한 위치의 데이터 값이 주어지거나 사전 정보 없는 상태에서는 로봇의 상태를 파악하기 위해서 DMC를 같이 사용하여 더 정확한 위치를 측정에 활용하였다.

Key Words : Simultaneous Localization and Mapping(SLAM), Digital Magnetic Compass(DMC), 초음파 센서(Ultrasonic sensor), navigation

1. 서 론

오랜 시간동안 임무를 수행하는 자율 이동 로봇에서 자기 위치 인식과 지도 작성은 몇 십 년동안 로봇 사회에 있어서 연구 주제로 가장 중요한 논쟁이 되어왔다. 최근에는 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)의 문제가 많이 언급되고 있다. SLAM에 관한 연구자들은 SLAM의 문제를 해결하기 위해 다양한 방법이 시도되고 있다. 여러 환경에서 사람의 눈과 같은 Vision을 이용한 연구가 가장 많이 연구되어져 있다[1,2]. Vision이외에도 Ultrasonic sensor, Infrared Sensor, Laser Scanner 등을 이용하여 SLAM의 문제 해결 연구가 진행되어 지고 있다[4]. 최근 들어 한가지의 센서만을 사용하지 않고 Sonar Sensor와

Vision Sensor, Vision Sensor와 Electrical Compass등의 Multiple Sensors를 이용한 연구가 많이 진행되고 있다[3,8]. 그리고 자율 이동 로봇의 SLAM을 위해서 각각의 센서들에서 얻어진 측정값들은 Fuzzy, Neural Network, Genetic Algorithm 등의 지능알고리즘을 이용하는 연구도 많이 진행되고 있다[5,6]. 본 논문에서는 Digital Magnetic Compass (DMC)와 Ultrasonic Sensors를 사용하여 SLAM을 구현하였다. 자율 이동로봇의 이동하는 공간은 이상적이라 가정하며 실내에서의 SLAM을 목표로 한다. Mapping에서 위치에 대한 데이터 포맷을 제시하며 로봇의 주행에서 발생하는 Kid Napping 문제 해결을 주된 Target으로 삼는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 시스템 구성 장치에 대한 설명을 다루고 3장에서는 실험 내용에 대해서 보여준다. 4장에서는 결과 및 차후 진행 내용을 기술하였다.

감사의 글 : 본 연구는 산업자원부의 2006년도 성장동력기술개발사업인 「집단 로봇기술을 이용한 사회안전로봇 개발(세부과제: 로봇통제 및 환경기술개발)」에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

2. 시스템 구성

2.1 Digital Magnetic Compass(DMC)

자율이동 로봇의 이동은 배의 항해와 같다고 할 수 있다. 로봇이 어떤 장소로 이동하기 위해서는 그곳을 찾아가는 기준이 필요하다. 기준을 위한 방위가 필요해서 나침반을 사용하는데, 일반 나침반의 경우 탐침의 흔들림이 심하기 때문에 정확하고 빠른 방위각 측정이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 DMC를 사용하여 DMC로부터 입력받은 방위 정보를 가지고 자율이동 로봇의 운행에 응용하였다. DMC는 OPCEL사의 모듈을 사용하였다. 이 모듈은 2축 방식의 Magnetic Sensor에 의하여 자계를 측정하여 자북(Magnetic North)를 판단하는 모듈이다. DMC는 지구에 의한 자기장 외에 주위 자기장의 영향을 받는다. 그러나 실내에서는 크게 영향을 받지 않는다는 이상적인 조건을 가정하였다. 그림 1과 같이 DMC Board를 만들어, 지능형 모바일 로봇에 탑재하여 로봇의 절대 방위를 실시간으로 입력 받을 수 있도록 하였다. 그리고 측정된 방위는 로봇이 가지고 있는 지도에 나타낸다.

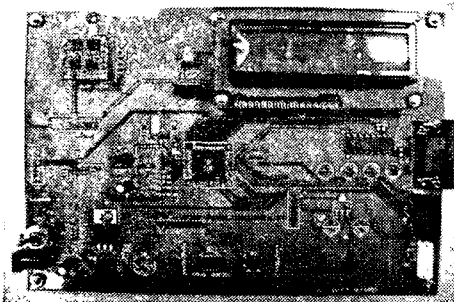


그림 1. Digital Magnetic Compass Board

DMC 역시 여러 문제점이 있지만 그 문제는 다음과 같이 해결하였다. 먼저, 모듈의 방위각 모듈의 방위각 지시 값은 자북 (Magnetic North)를 나타낸다. 정북(True North)과는 반시계방향으로 11.5도 벗어나고 있다. 이것은 소프트웨어적으로 11.5도 보정해 주었다. 둘째로는 DMC 역시 지구의 자력을 이용하기 때문에 간섭들의 의해서 방위각이 일시 또는 장기간 정확한 위치파악을 못하는 경우가 있다. 이 영우에는 Multiple sensors를 이용해서 여러 탈출 또는 보정을 할 수 있었다. DMC의 경우 지구의 수평선과 평행을 유지하지 않으면 값들의 편차를 가질 수 있지만, 실험 공간은 평지로 이루어져있기 때문에 큰 문제는 되지 않는다[9].

2.2 Ultrasonic Sensor

로봇의 구동에서 Ultrasonic Sensors는 사람

의 역할을 한다. Ultrasonic sensors는 주위 환경, 장애물에 대한 거리측정 및 로봇의 위치를 확인하는데 사용된다. 그림 2와 같이 초음파 센서 12개를 사용해서 전 방위로 측정할 수 있게 배치되어 있다. 그리고 초음파 센서는 폴라로이드사의 6500시리즈를 사용하였고 이는 송신과 수신에 하나의 트랜스듀서에서 가능하고 구동 주파수는 50kHz이며, 15°의 지향 특성을 가지고 있다. 따라서 자율이동 로봇에서는 주변 360°에 대한 거리 정보 등의 주변 환경정보를 획득하였다.

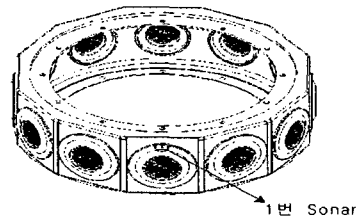


그림 2. Ultrasonic Sensors의 위치

3. 실험

3.1 Data Acquisition

자율이동 로봇은 이동을 위해서 초음파 센서와 DMC로부터 데이터를 입력 받는데 입력 받은 데이터를 가지고 처리를 하게 된다. 12개의 초음파 센서들의 각각의 값에 의해서 로봇과 주변 환경을 인식을 해서 이동을 하게 된다. 각각의 데이터 값은 로봇의 위치 지정을 위한 각각의 Parameter 값으로 사용된다. 로봇에 사용된 DMC는 0.1°의 분해능을 가지고 있으면 로봇은 DMC로부터 데이터를 RS-232C를 통해서 입력받게 된다. 그러므로 로봇은 현재의 위치를 지정하는 Parameter들 중의 하나로서 DMC의 방위각 데이터를 사용할 수 있는 것이다. 그림3 과 같은 데이터 획득을 거친다.

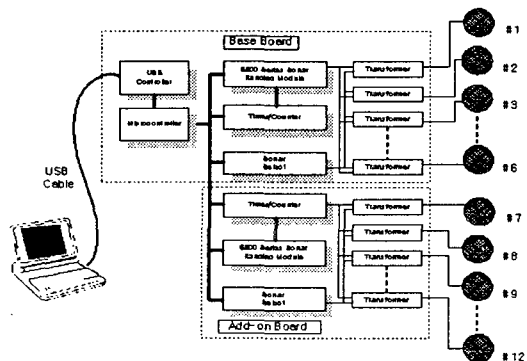


그림 3. 데이터 획득 및 처리과정

3.2 Localization

자율이동 로봇에서 Localization은 좌표계의 변환 문제일 수 있다. 문제 해결을 위해서는 로봇의 최초의 위치와 상태에 대한 정보가 필요한데 Mapping 이전의 로봇에 대해서는 이런 데이터는 없다. 최초의 상태를 설정하기 위해서 DMC를 통해서 로봇의 방위각 데이터를 활용한다. 그에 따라 Robot의 Position은 3.3절의 식 (1)의 Position M으로 표현하는 것으로 제안한다. 그림 4는 자율이동 로봇의 이동에서 Localization에 대해 Block Diagram으로 표현한 것이다.

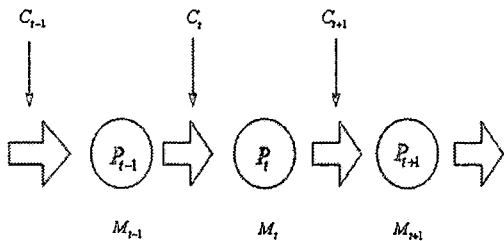


그림 4. 이동 로봇의 Localization

Block Diagram에서 C는 자율이동 로봇의 Control Value이고 P는 이동 중에 Sensing한 위치 데이터이며 M은 Mapping의 상태 데이터이다. 이를 바탕으로 로봇은 Localization을 수행하며 기존에 Localization에 보편적으로 사용되는 Markov Localization 이라든지 EKF(Extended Kalman Filter) Localization Algorithm을 사용하여 Localization을 수행한다. 본 연구에서는 EKF-Localization Algorithm을 사용하여 자율이동 로봇에서 Localization을 수행하는데, EKF-Localization은 Markov-Localization의 특별한 케이스라고도 할 수 있다. 그리고 그림 5는 이것을 적용한 이동로봇의 운영을 나타낸다.



그림 5. DMC를 장착한 자율이동 로봇

3.3 Kid Napping

자율 이동 Robot이 목적 공간을 탐색하여 Mapping을 수행하거나 Mapping 후에 특정한

목적지를 가지고 이동 중일 때에 외부에서 힘을 가하여 Robot을 현재 운행 중인 Position에서 다른 Position으로 옮겨 놓는다면 Robot은 가지고 있는 센서와 Map 데이터를 바탕으로 옮겨진 Position을 Localization 하고 원래의 Position으로 복귀할 수 가 있어야한다. 그러나 사람과 같은 고도의 지능을 가지지 못한 까닭에 Robot의 Position 지정 능력은 현재의 Position을 파악하는 것만도 상당한 수준의 연산이 필요할 것이고 원래의 Position로 복귀하지 못하여 Mapping 작업을 다시 수행하여야 할 수도 있다. 본 연구에서는 자율이동Robot에서 Kid Napping 문제의 해결을 위하여 나침반의 방위각 Parameter를 적극 활용하는데 먼저 Localization을 위한 데이터 포맷으로 다음과 같은 식 (1) 을 제시한다.

$$M : \langle S_1, S_2, \dots, S_{12}, D \rangle \quad (1)$$

S_1, S_2, \dots, S_{12} 는 로봇의 초음파 센서로부터 입력받은 데이터의 Parameter이며 이것은 지정된 각 Position당 일련번호가 부여된다. 그리고 D는 Robot이 현재향하고 있는 방향에 대한 Parameter이며 이것은 기준 방위에 대한 Robot의 각도이고 나침반의 방위각으로부터 추출될 수 있는 것이다. 이것으로서 Robot은 현재의 Position과 자세 등에 대한 추정을 할 수 있으며 최초의 Direction과 Position에 대한 Memory와 연동할 수 있다. 그러므로 Robot은 Kid Napping 시에 방위각 데이터를 바탕으로 이미 구축된 Mapping 으로부터 현재의 가능한 Position 값을 검색하여 몇 가지의 경우로 리스트 업을 할 수 있으며 초음파 센서로부터의 주변 환경 정보를 활용, 리스트 상의 $S_{1n}, S_{2n}, \dots, S_{12n}$ 등과 비교를 통해 가장 근접하다고 결론이 내려진 Position로 Localization 한다.

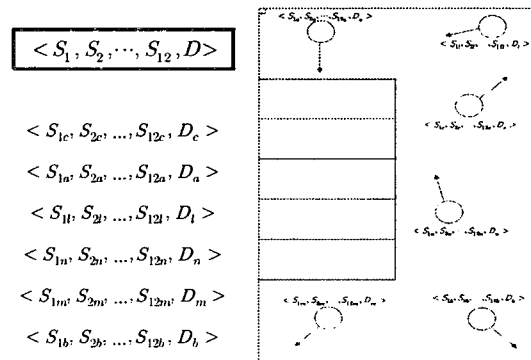


그림 6. 로봇이 kid napping시 Localization

그림 6. 에서 보면 임의의 Position에서 이동하고 있던 Robot을 Kid Napping 하여 현재의

P의 Position로 이동시켰을 때에 Robot은 나침반의 입력 데이터를 이용하여 D의 Parameter를 가진 기존의 Map데이터들을 검색하여 List up한다. 그 후에 두 Direction의 초음파센서로부터 입력된 데이터 값으로부터 Parameter를 추출하여 Robot은 $\langle S_1, S_2, \dots, S_{12}, D \rangle$ 의 Position으로 Localization 할 수 있는데 현재의 Parameter들과 유사한 값들을 모두 검색하여 가장 오차가 작은 Position 데이터 P를 선택하여 현재 Position인 Current Point로 선정한다. 이것을 바탕으로 해서 Kid Napping 직전의 Memory로부터 Kid Napping Point를 추출하여 Current Point와의 연산을 통해 복귀할 수 있다.

4. 결 론

자율 이동 로봇에서 초음파 센서와 DMC를 이용하여 Mapping을 수행하였으며 구현을 위해 구성된 실험공간은 이상적인 실내 환경으로 가정하였다. 또한 Robot의 주행 중에 Kid Napping 문제를 해결하기 위한 방안으로서 먼저 방위각 Parameter를 활용하여 Current Point를 추정하도록 하였다. 이상적인 실내 환경을 가정으로 로봇을 구동했지만, 사막이나 바다와 같은 넓은 공간에서는 실내와 같은 Parameter를 설정할 수 없지만 방위 데이터 및 다른 센서들을 통해서 설정하여 사용할 수 있을 것이다. SLAM 구현 로봇들은 주로 Laser Scanner 등을 사용하여 2D, 3D 등의 Mapping을 수행할 수 있지만 고가이고 전체적인 시스템이 커지는 것을 피할 수 없다. 그러나 본 연구에서 제시한 방위각 Parameter를 이용하면 기초적인 수준의 Robot Navigation을 구현할 수 있으며 Kid Napping 문제에 있어서도 작은 시스템에서 활용할 수 있는 방안을 보일 수 있다. 그러나 구축된 Map 데이터들과의 매칭에 대한 문제가 여전히 존재하기 때문에 위치 추정 과정 중에 Map의 Resolution으로 인한 오차를 보정하기 위하여 추가적인 Algorithm을 사용할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 EKF-SLAM algorithm만을 사용하였으나 향후 인공 신경망 등의 추가적인 Algorithm으로 수행 성능을 향상시킬 수 있을 것이다. 그리고 한 대의 자율이동로봇이 아닌 여러 대의 로봇이 협력활동을 하면서 SLAM의 정보들을 서로 주고받을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Young-Ho choi, Se-Youg Oh, "Grid-based-Visual SLAM in Complex Environment," *Proc. of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, China, October, 2006.
- [2] Mark Pupilli, Andrew Calway, "Real-Time Visual SLAM with Resilience to Erratic Motion," *Proc. of the 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol 1, pp.1244-1249, June, 2006.
- [3] Jinwoo Choi, Sunghwan Ahn, Minyong Choi, Wan Kyun Chung, "Metric SLAM in Home Environment with Visual Objects and Sonar Features," *Proc. of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, China, October, 2006.
- [4] Jinwoo Choi, Sunghwan Ahn, Wan Kyun Chung, "Robust Sonar Feature Detection for the SLAM of Mobile Robot," *Proc. of the 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 3415-3420, August, 2005.
- [5] Momotaz Begum, George K. I. Mann, Raymond Gosine, "A Fuzzy-Evolutionary Algorithm for Simultaneous Localization and Mapping of Mobile Robots," *2006 IEEE Congress on Evolutionary Computation*, Canada, July, 2006.
- [6] Momotaz Begum, George K. I. Mann, Raymond G. Gosine, "An Evolutionary SLAM Algorithm for Mobile Robots," *Proc. of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, China, October, 2006.
- [7] S. Suksakulchai, S. Thongchai, D. M. Wilkes, K. Kawamura, "Mobile Robot Localization using an Electronic Compass for Corridor Environment," *System, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference*, Vol 5, pp 3354-3359, October, 2000.
- [8] Ho-duck Kim, Dae-Wook Kim, Kwee-Bo Sim, "Simultaneous Localization and Map building using Vision Camera and Electrical Compass," *SICE-ICASE International Joint Conference 2006*, Korea, October, 2006.
- [9] 박경진, 이해강, 장인훈, 심귀보, "음원과 절대 방위를 이용한 지능형 로봇의 목표물 위치 추적 알고리즘," *Proc. of KFIS Autumn Conference*, Vol. 16, No. 2., 2006