

지역적 회피 알고리즘을 갖는 Full-Coverage 알고리즘

박검모*(전남대 대학원 기계공학과), 손영동(전남대 대학원 기계공학과),
김영배(전남대 기계공학과)

Full-Coverage algorithm with local obstacle avoidance algorithm

G-M. Park(Mech. Eng. Dept., CNU), Y-D. Son(Mech. Eng. Dept., CNU),
Y-B. Kim(Mech. Eng. Dept., CNU)

ABSTRACT

This Paper is to find out a solution for the full-coverage algorithm requiring the real-time processing such as mobile home service robots and vacuum cleaner robots. Previous methods are used by adopting based grid approach method. They used lots of sensors, a high speed CPU, expensive ranger sensors and huge memory. Besides, most full-coverage algorithms should have a map before obstacle avoidance. However, if a robot able to recognize the tangent vector of obstacles, it is able to bring the same result with less sensors and simplified hardware.

Therefore, this study suggests a topological based approach and a local obstacle avoidance method using a few of PSD sensors and ultra sonic sensors. The simulation results are presented to prove its applicability.

Key Words : Mobile robot(모바일 로봇), Full-coverage, Local obstacle avoidance method(지역적 장애물 회피방안), Topological map(위상 지도)

1. 서론

AI 에 대한 연구가 활발해 짐에 따라서 특정 분야의 로봇에는 적용 가능할만한 알고리즘들이 다수 발표되고 적용되어졌다.

홈 서비스 로봇과 같이 범용적인 로봇에 적용할 만한 알고리즘도 아직은 미약하지만 연구되고 있으며 지뢰 탐측, 제거 작업이나 방안을 돌아다니면서 청소를 할 수 있는 로봇의 개발을 위해서는 Full-coverage 에 대한 연구가 중요하다고 볼 수 있겠다. 지도를 그리고, 경로를 계획하는 방법에는 단순하게 목표점까지만 가는 길 찾기 알고리즘과 전역을 다 거쳐야 하는 전역작업 알고리즘이 있다.

Full-coverage 알고리즘은 길 찾기 알고리즘보다 단순히 보일지는 모르지만, 하나의 목표점이 아닌 다수의 목표점, 혹은 여러 가지 형태를 가진 구역을 목표로 하기 때문에 많은 문제점들이 발생한다. 가장 일반적으로 예로서는 로봇 청소기의 들을 수 있다. 방안 구석구석을 돌아 다니면서 청소를 해야

한다. 위치 측정 문제(Localization problem)를 논의 하지 않고, 몇 개의 가정을 통하여 Full-coverage 를 구현하기로 한다.

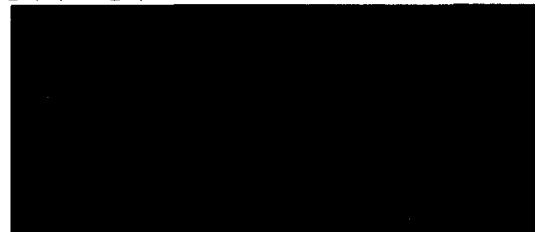


Fig 1. (a) Topological map, (b) Grid map

2. 위상 지도 방식

Grid를 기반으로 하는 알고리즘들은 환경의 기하학적 정보를 정확하게 표현 가능하며, 경로 계획, map-matching에 의한 자기 위치추정 등의 다양한 알고리즘을 구현하기에 용이하지만 경로 계획이 어렵고 공간 표현을 위하여 많은 메모리와 계산량이

요구된다.^{6), 8)}

하지만 topology를 기반으로 하는 알고리즘들은 그리드 방식과는 다르게 경로 계획이 간단하고 간결한 공간 표현이 가능하며, 사용자에게 자연스런 인터페이스를 제공하지만 입력되는 정보의 불확실성에 따라서 대규모 공간의 맵 작성이 어려워지는 경우도 있다. 환경 형상의 복잡성에 따라 적용이 어렵지만 기존의 그리드 방식에 비해서 향상된 효과를 가져온다.^{1), 4), 5)}

2.1 공간의 표현

본 연구에서는 적은 수의 초음파 센서와 적외선 센서를 가진 로봇을 이동 로봇 시스템으로 이용하였다.

센서들을 기반으로 하여, 주행 및 장애물 회피에 관한 정보를 얻으며, 이러한 로봇의 동작 방식은 다음과 같이 구해진다.^{2), 7)}

$$X(t) = f(X(t), u(t)) \quad (1)$$

$$X(t) = [x \ y \ \theta \ L]^T \quad (2)$$

여기서 Fig.2 은 x , y , θ 와 L 은 로봇의 위치, 방향각 그리고 이동거리를 나타내며 $[•]^T$ 는 벡터의 변환을 나타낸 것이다.

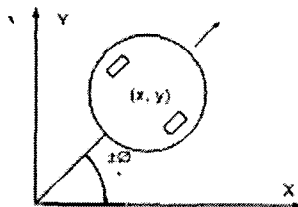


Fig 2. Direction angle, Location, Displacement of robot

2.2 Choset's 알고리즘

Choset 은 이미 알고 있는 공간에서의 cover 를 위한 알고리즘을 개발하였고 미지의 환경에서도 적용할 수 있도록 개선하였다.

과거의 적용된 알고리즘은 critical point와 critical line의 기반위에 적용되었고 "정확한 셀 분할"을 통해서 적용되었다. 하나의 셀은 연속적인 그리드 라인을 통해서 전체적인 영역을 왼쪽에서 오른쪽으로 Fig.3 와 같이 지그재그의 패턴에 의해서 작업될 수 있다.⁸⁾

(a), (b), (c), (d)의 순서로 작동 하게 되고, Fig.3 의 (c)와 같이 단순한 이동 경로를 가지고 커버 되지 않은 영역을 마지막 지점까지 도달 후 그 커버 되지 않은 영역을 발견된 역순으로 커버해 나간다.

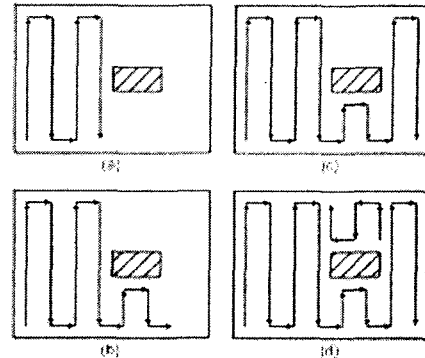


Fig 3. Choset's algorithm

3. 지역적 장애물 회피 계획

장애물 회피는 로봇의 위치에서 장애물의 접선 벡터를 구하여 그 접선 벡터와 나란히 진행 하면 장애물의 회피 한다고 가정 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 지역적 회피 방법을 이용하여 장애물을 회피 하여 주행 하는 것으로 한다.

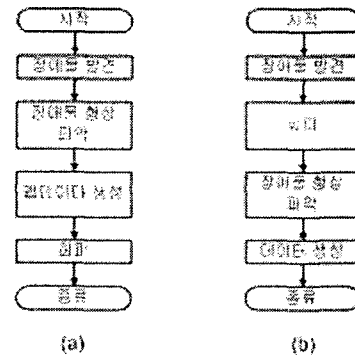


Fig 4. Process of avoidance

Fig.4 의 (a)와 같은 기존의 회피 방법에서는 장애물 발견 시 장애물의 외곽 형상을 알아야 회피를 할 수 있게 된다. 하지만 본 논문에서와 같이 (b)와 같은 방법에서는 좌수법이나 우수법을 이용하여 장애물의 접선 벡터를 구하여 회피를 하게 된다. 회피를 하는 도중에 발생하는 모터 펄스를 역으로 계산하면 로봇의 이동점들을 계산할 수 있고, 그 이동점을 이용하여 장애물의 좌표를 맵에 그릴 수 있게 된다.

4. 설계 변수 결정

존의 로봇에서의 센서의 단순 거리 기능 감지에 국한 되지 않고, 거리 감지기 및 장애물의 접선 검색이 가능한 로봇 구조로 디자인해야 한다.

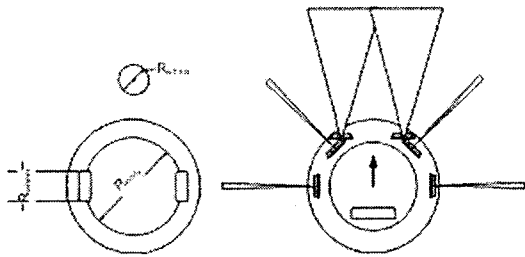


Fig 5. Design(bottom view, top view)

$$2 \times \pi \times Wheel_R = \frac{1}{4} \times 2 \times \pi \times Body_R \quad (3)$$

Fig.5 에서 식 (3)과 같은 방정식을 얻을 수 있다.

$$4 \times Wheel_R = Body_R \quad (4)$$

$Wheel_R$ -바퀴반지름
 $Body_R$ -바퀴사이지름

식 (4)와 같이 정리 하면 바퀴가 360° 회전을 할 때 로봇이 45° 회전 할 수 있다. 센서의 위치는 초음파 센서는 전방으로 PSD 센서는 각 45°에 위치하고 있다.

따라서 좌측을 예로 들면 장애물 발견 시 회전을 할때는 2 개의 PSD 센서가 로봇과 장애물의 거리를 측정하고,보상각을 적용하여 로봇의 실제 회전을 해야 할 방위각을 계산한다.

5. 알고리즘 적용

전체적인 알고리즘은 Fig.6 과 같은 순서도에 의해서 작동 된다. 지역적 회피 알고리즘은 로봇이 장애물에 근처한 후 Fig.6 과 같은 회전을 하면서 두 개의 PSD 센서를 이용하여 로봇과 장애물과의 거리를 측정한다. Fig.7 의 그래프를 보면 각각 5° 장애물과 로봇 사이의 거리를 측정하면 최소점이 로봇이 진행 해야 할 접선 벡터이다.

장애물을 따라 진행 하는 로봇은 Fig.8 과 같이 로봇의 왼쪽 센서를 통하여 거리를 매 스텝마다 측정 하여 회피 종료점을 찾는다.

로봇의 면적을 단위 Step으로 하여 작업 영역을 n 개의 영역으로 나누면 작업 공간은 (n, y)라고 정의할 수 있고 장애물의 좌표는 (n, Y, D)로 정의할 수 있으며, D는 장애물의 방향이다. Fig.9~Fig.11 과 같은 순서로 작업해 나가며, Fig.11 처럼 작업되지 않은 공간처럼 작업을 해 나간다. Fig.10, Fig.11에서는 로봇의 자취가 접선 벡터의 흔적으로 나타내었다.

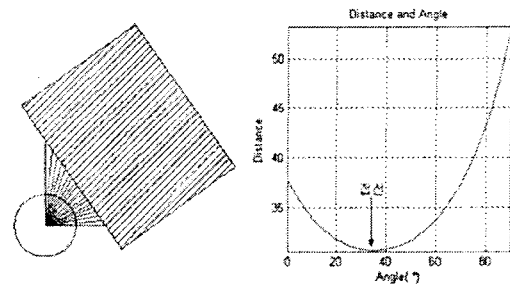


Fig 6. Detection of tangent vector

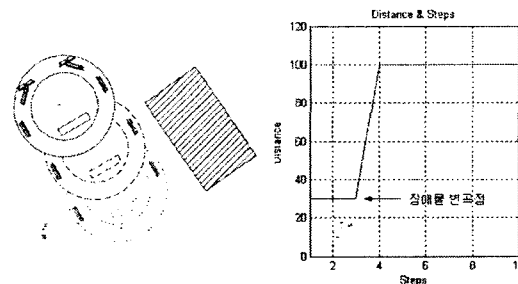


Fig 7. Observation of obstacle

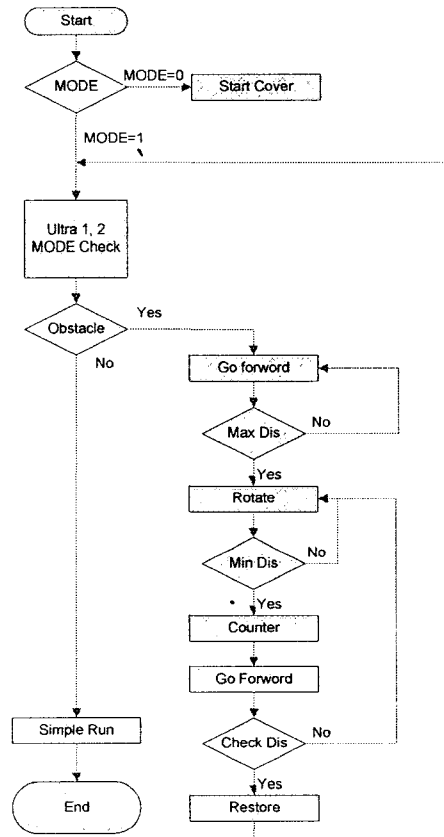


Fig 8. Process Diagram

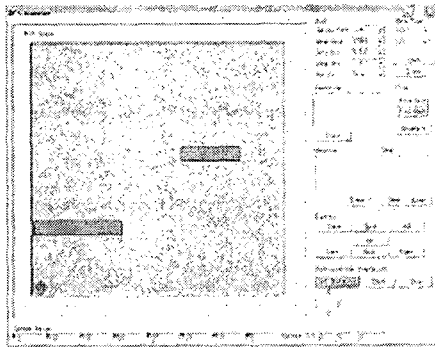


Fig 9. Simulation (a)

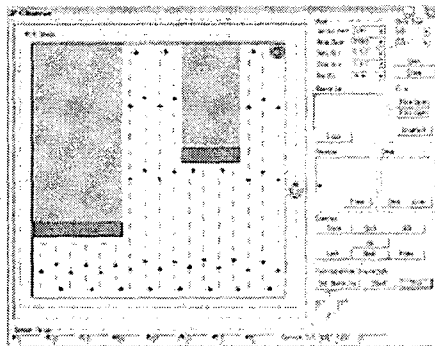


Fig 10. Simulation (b)

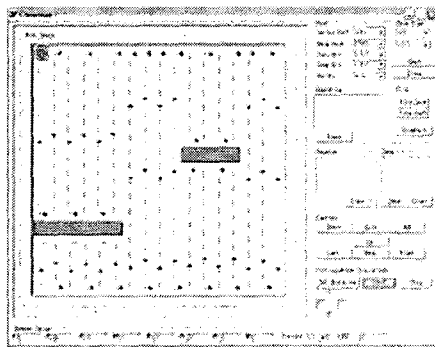


Fig 11. Simulation (c)

6. 결론

현재 적용되고 있는 Full-coverage 알고리즘은 흔히 볼 수 있듯이 랜덤 방식을 이용한 로봇 청소기가 대부분이다. 랜덤 방식은 구현하기 쉽고 간단하기 때문에 누구나 쉽게 구현 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 랜덤 방식에서는 경로 계획이 존재하지 않으므로 영역의 중복은 피할 수가 없다. 이것은 제한된 용량의 충전지를 가지고 움직이는 모바일 로봇에게는 치명적인 결점이며, 전 영역을 처리 하는데 걸리는 시간이 불확실하다. 또한 홈서비스 로봇 구축이 불가능 해진다는 단점이 생긴다.

장애물 회피를 하는 방법에는 여러 가지가 있지만 본 연구에서는 장애물의 형상을 미리 알고 회피하는 방법을 사용해 왔다. 그러기 위해서는 여러 개의 센서와 그 센서로부터 나오는 데이터를 처리하기 위한 고사양의 CPU 를 사용하고 또한 그리드를 저장하기 위한 많은 메모리를 사용해야만 했다.1) 이것은 장애물의 형상을 미리 알기 위해서 많은 숫자의 센서나 빔 폭이 적은 고가의 레이저 센서 등이 사용되어 왔다.

따라서 지역적 회피 알고리즘을 갖는 전역 커버 알고리즘을 이용하면 메모리는 고정된 용량을 차지하는 그리드 타입과는 다르게 장애물의 숫자에 비례해서 메모리량이 결정 되므로 지역적 회피 알고리즘을 통합으로써 센서의 숫자의 감소를 통하여 저사양의 CPU 를 활용하게 됨으로써 비교적 낮은 가격과 처리 속도의 단축을 꾀하였다고 할 수 있겠다.

참고문헌

1. Wong, Sylvia C., MacDonald and Bruce A., "A topological coverage algorithm for mobile robots," Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ Int. Conference on Intelligent Robots and Systems Las, Vegas, Nevada, 2003.
2. 李 容 美, "하이브리드 시스템을 이용한 이동로봇의 지능적 동작과 자율주행," 漢陽大學校 大學院 學位 論文, 2000.
3. Garcia, E., and Gonzalez de Santos, P., "Mobile-robot navigation with complete coverage of unstructured environments," Automatic Control Department, Industrial Automation Institute(CSIC), Argandadel Rey, Madrid, Spain, 2004.
4. 정우진, 이동희, 최창혁, "레이저 거리 센서 기술 및 이동로봇 제어에의 응용," 한국과학기술연구원 휴먼로봇연구센터, 연구 발표 자료, 2000.
5. Beevers, Kris, "Single-robot topological mapping and map merging for sensing-impaired robots," Rensselaer Polytechnic Institute Algorithmic Robotics Laboratory, 2003.
6. Choi, Jong-Suk and Lee, Chong-won, "Sensor-based motion planning for mobile robots," Advanced Robotics Research Center, KIST, Seoul, Korea, ICCAS, 2002.
7. Huang, W. H., "Optimal Line-sweep-based decompositions for coverage algorithms," Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2001.
8. 고환규, "맵-빌딩을 이용한 4 축 로봇의 장애물 회피," 전남대학교, 석사학위논문, 2004.