포섭구조를 이용한 목표점 탐색 이동로봇

정백준, 하중한, 박준규, 황인웅, 원일용
호서전문학교 사이버해킹보안과
e-mail : 5qkaqk@naver.com

A Target Search Mobile Robot Based on Subsumption Architeture

Baek-Jun Jeong, Jung-Han Ha, Jun-Kyu Park, In-Woong Hwang, Il- Yong Won
Cyber Hacking Security, Hoseo Technical College

요 약

복잡한 알고리즘과 고가의 센서 없이도 동적 환경에서 목표를 탐색하는 이동 로봇 시스템을 제안하였다. 탐색환경의 지도를 제작하지 않고 단순한 목표를 가진 하부 모듈의 결합만을 사용하는 포섭구조를 활용하였다. 제안한 시스템의 유용성 검증을 위해 실험을 하였고, 그 결과 목표를 찾아감을 확인할 수 있었다.

1. 서론

로봇은 과학 기술과 컴퓨터 성능의 발달과 더불어 점차 발달하고 있으며, 최근 사물 인터넷의 빠른 성장으로 인해 로봇이 실생활에 미치는 영향이 늘어나게 되었다. 과거 대부분 로봇은 고정된 위치에서 반복된 작업만을 수행하는 반면 최신 로봇 동향은 외부 환경을 인식하고 스스로 상황을 판단하여 자율적으로 동작하는 지능형 로봇이 주를 이루고 있다[1]. 그에 따라 로봇도 능동적으로 변하게 되었으며 이동성을 가진 로봇에 대한 필요성이 증가하게 되었다.

지능형 이동 로봇은 미지의 환경에서 스스로 정보를 수집하고 이를 판단하여 장애물과의 충돌을 회피하고 안전하게 주어진 목표에 도달할 수 있어야 한다[2]. 장애물을 회피하여 목표점을 찾아가는 이동 로봇의 알고리즘은 크게 지도를 이용하는 경우와 이용하지 않는 경우로 나누어 볼 수 있다. 전자의 경우는 동적인 환경에서 사용하기에는 몇 가지 제약이 있다. 이동하고자 하는 환경에 대한 선행 지식이 필요하고, 지도를 제작한다면 복잡한 시스템 체계가 필요하다. 그러나 실제 생물 세계에서는 시스템 체계가 뛰어나지 않지만, 단순한 행동의 결합으로 복잡한 목표를 달성하는 예들을 많이 접할 수 있다. 이러한 아이디어를 기반으로 접근하는 방법이 포섭구조 이다[3].

본 연구에서 우리는 간단한 센서들만으로 구성된 단순 이동 로봇이 포섭구조를 이용해 복잡한 목표를 달성할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안하는 이동 로봇의 목표는 장애물들이 동적으로 생기는 환경의 경우 목표지점에서 송신되는 전파의 세기에 의지하여 복잡한 지형 지도를 만들지 않고도 목표점을 찾아가는 것이다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2 장에서는 관련 연구를 기술하였다. 3 장에서는 전체 시스템 및 제안한 알고리즘을 기술하였다. 4 장에서는 제안된 아이디어의 유용성을 실험으로 검증하였다. 5 장에서는 결론 및 향후 과제에 대하여 언급하였다.

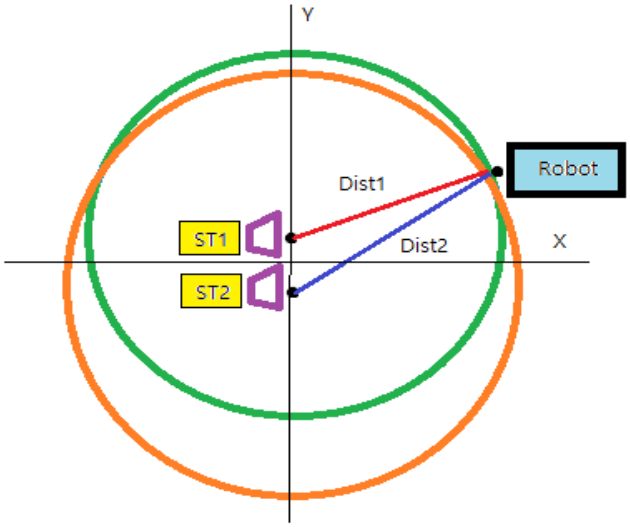
2. 관련연구

2.1 전파세기와 상대적 거리 측정

RSSI 는 무선신호의 크기를 나타내는 수치이다. 각 무선신호는 RSSI 값을 가지게 되고 무선신호의 한 종류인 Wi-Fi 도 RSSI 값을 가진다. RSSI 값은 여러 알고리즘을 통하여 신호를 주고받는 두 기기 간의 거리를 측정할 수 있게 하고, 이를 이용하여 단말기의 위치를 추적할 수 있다[4].

2.2 로봇의 상대적 위치 계산

목표점의 서로 다른 Wi-Fi 간격을 직접 설계하기 때문에 발 신부 사이의 거리를 알 수 있고, 이는 원의 방정식이 필요로 하는 요건을 만족한다. 발신부 사이 정중앙의 좌표는 (0,0)으로 대입하여 발신부에 임의의 좌표를 대입할 수 있다. 이러한 임의의 좌표로 모바일 로봇의 현재 위치를 대략적으로 파악할 수 있으며, 이러한 방식을 반복하면 이전의 저장되어 있던 거리 값과 차후에 계산하여 얻어낸 거리 값을 비교하여 모바일 로봇의 이동 방향을 파악할 수 있는데 이러한 방식을 Finger print 방식이라 한다. Finger print 방식은 높은 정확도를 가지고 있는 방식이다[5].
목표점에 설치된 Wi-Fi 단말기 ST1, ST2 과 모바일 로봇 간의 거리 값에 대한 data 인 Dist1 과 Dist2 를 Wi-Fi 신호 송수신 과정에서 신호 세기 값을 통해서 측정한다.



(그림 1) 원의 방정식을 활용한 로봇 위치 계산

목표점의 Wi-Fi 단말기 ST_1 과 ST_2 의 Robot 까지의 2 개의 거리 값에 대한 정보를 얻었다고 가정하자. 2 차 평면상의 고정된 두 점 ST_1 과 ST_2 에 대한 Robot 의 좌표(coordinate)를 원의 방정식을 이용한 방법으로 구하였다.

ST_1 과 ST_2 의 좌표를 각각 (0, b) , (0, -b) 로 가정하며 좌표를 구하는 방정식은 식 (2.1)과 식 (2.2)와 같다.

$$Circle_1 \rightarrow x^2 + (y - b)^2 = Dist_1^2 \quad (2.1)$$
$$Circle_2 \rightarrow x^2 + (y + b)^2 = Dist_2^2 \quad (2.2)$$

$Circle_1$ 과 $Circle_2$ 가 만나는 점이 바로 Robot 의 좌표 값 (2.3) 과 (2.4)를 구할 수 있다.

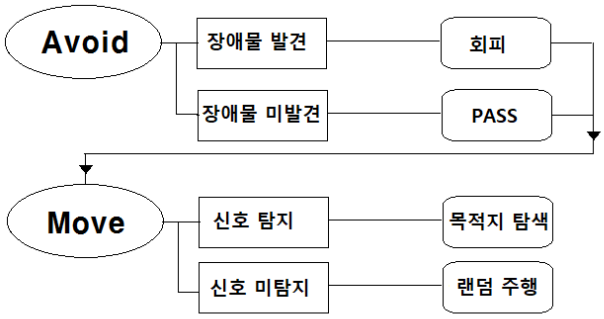
$$X = \sqrt{(Dist_1^2 - (Yb)^2)} = \sqrt{(Dist_2^2 - (Y+b)^2)} \quad (2.3)$$
$$Y = (Dist_1^2 - Dist_2^2) / (-4b) \quad (2.4)$$

즉, (x, y) = Robot 의 좌표가 된다. 결론적으로, 고정된 두 좌표에 대해서 움직이는 점의 좌표를 알고자 할 경우 고정된 두 좌표에 대한 움직이는 점까지의 거리 값을 알 수 있으면, 위에 설명한 식을 이용하여 움직이는 점의 좌표를 간단히 구할 수 있다.

본 논문에서는 임의의 위치에서 보낸 신호를 탐지하여 목표점에 도달하는 시스템을 제안하고자 한다. 그 때문에 서로 다른 두 개의 Wi-Fi 신호를 보내어 각 신호의 세기를 측정하여 거리를 구하고 원의 방정식을 통해 현재 위치를 임의의 좌표 값으로 변환시켜 목표점에 도달하기 위한 방향을 결정한다.

3. 제안 시스템 포섭구조

3.1 시스템 구성



(그림 2) 이중 포섭 구조

우리가 제안하는 시스템은 (그림 2)처럼 2 개의 서브모듈을 가지고 있는 포섭구조로 구성되어 있다. 그 두 개의 서브모듈은 Move 모듈과 Avoid 모듈이라고 명명한다.

Avoid 모듈은 로봇 진행 방향에 장애물이 발견되면 동작이 활성화되며, 동작의 내용은 좌우 방향 중 임의의 한쪽을 선택하여 일정 시간 동안 로봇의 본체를 회전시켜 장애물을 회피하는 알고리즘을 사용한다.

Move 모듈은 2 개의 전파근원지에서 송출되는 전파의 세기를 계산하여 자신의 움직일 방향을 결정하여 움직이는 알고리즘을 가지고 있다. 이러한 알고리즘은 결국 로봇을 목표 지점으로 이동하게 한다.

전체적으로 동작하는 구조는 다음과 같다. 우선순위가 가장 높은 Avoid 모듈은 주기적으로 자신의 진로 방향에 장애물이 있는가를 확인하고, 장애물 발견 시 회피 동작을 우선으로 수행한다. 만약 진행 방향에 장애물이 없다면 Move 모듈이 동작하여 자신이 움직여야 하는 최적의 방향을 결정하여 움직이는 구조이다. 즉 Avoid 모듈이 Move 모듈을 억압(suppress) 하는 구조이다.

3.2 회피 모듈

```
d(t) : detect ultrasonic

if d(t) < n:
    turn right or turn left
else:
    move forward
```

(그림 3) 회피 알고리즘

로봇이 진행하는 방향을 중심으로 일정 거리에 장애물이 감지된다면 좌우 중 임의의 한쪽을 선택하고, 일정 시간 동안 로봇의 몸체를 회전시켜 진행 방향을 전환하여 장애물을 회피하게 된다. (그림 3)에 이러한 알고리즘을 의사코드로 기술하였다.

3.3 이동 모듈

로봇은 신호의 근원지 방향을 계산해서 다음에 움직일 방향을 결정하고 동작한다. 2 개의 신호 근원지를 기반으로 자신의 상대적 위치를 계산하는 방식이며, 계산에 필요한 알고리즘은 2 장에서 언급한 이론을 사용한다. (그림 4)에 로봇의 이동 알고리즘을 의사 코드로 기술하였다.

```
s1, s2 : station1, station2 position
dir : robot direction
target : destination
r(t-1) : previous robot position (t: time)
r(t) : current robot position
f(s1, r) : measure the frequency intensity between s1,robot
c(f) : convert intensity to distance
c-equation(c1, c2) : obtain the random coordinate through the equation of the circle

initialization s1, s2, r(t), target

repeat:
   f1 = f(s1, r), f2 = f(s2,r)
   c1 = c(f1), c2 = c(f2)
   coordinate = c-equation(c1,c2)
   moveRandomDirection(robot)

   if r(t-1).x != r(t).x:
      checkDirection(robot)
   elif r(t-1).y != r(t).y:
      checkDirection(robot)

   moveToDestination(coordinate)
```

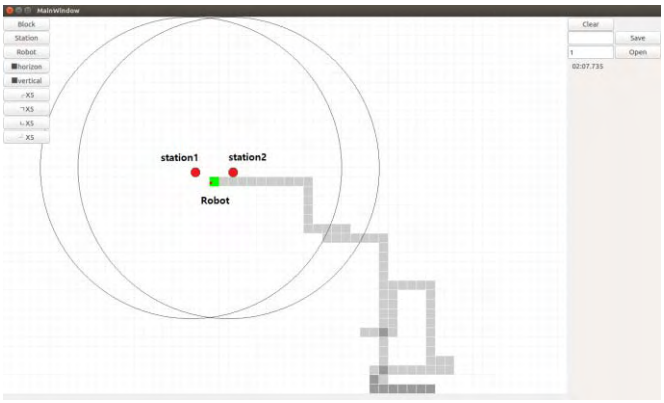
(그림 4) 이동 알고리즘

4. 실험 및 분석

제안한 시스템의 유용성 검증을 위해 시뮬레이터를 구현 하여 실험하였다. 시뮬레이터는 Linux 환경에서 python 으로 구현되었다.

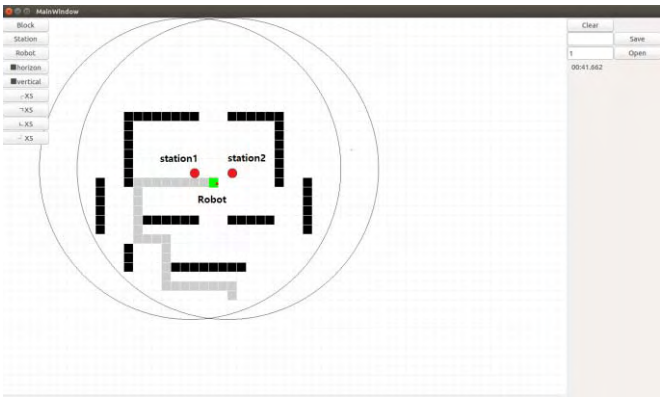
로봇에서 목표지점까지 거리를 측정하기 위해 실제 Wi-Fi 모듈이 보여주는 전파적 특징을 시뮬레이션하는 가상 센서를 구현하였다. 또 로봇의 진행 방향에 방해물이 있는지를 확인하기 위해 실제 초음파 센서가 보여주는 특징을 시뮬레이션하는 가상 센서를 구현하였다. 2 개의 가상 Wi-Fi 모듈에서 신호가 송출되고 로봇은 2 개의 가상 신호 발생기의 중간 지점을 목표로 하여 임의의 출발점에서부터 자율 주행을 시도한다.

(그림 5)는 먼저 방해물이 없는 환경에서의 주행 실험이다. 처음 로봇은 Wi-Fi 신호가 미약해서 임의의 방향으로 움직인다. 이후 인식할 수 있는 Wi-Fi 신호 범위를 들어갔을 경우 Move 모듈에 의해 정확하게 목표지점을 찾아가는 모습을 보여 준다.



(그림 5) 방해물이 없는 주행

(그림 6)은 실시간으로 방해물을 설치하고 목표지점을 찾아가는 실험이다. 방해물을 감지한 Avoid 모듈은 Move 모듈을 억제하고 먼저 방해물을 회피하며, 이후 방해물이 없는 경우 다시 Move 모듈이 활성화되어 목표지점으로 움직이는 것을 보여 준다.



(그림 6) 동적 방해물 환경 주행

5. 결론 및 향후 과제

복잡한 구조와 고가의 센서로 구성되지 않은 단순 이동 로봇도 동적 환경에서 복잡한 목표를 달성할 수 있다. 이러한 문제를 풀기 위해 본 논문은 행동기반 포섭구조를 사용하였다.

동적 환경에서 장애물을 회피하여 목표점에 도달하는 것을 목표로 하는 포섭구조 기반의 시스템을 제시하였고, 알고리즘의 유용성을 검증하기 위해 시뮬레이터를 제작하고 실험하였다. 시뮬레이터 실험결과 이동 로봇은 복잡한 알고리즘이나 지형 지도를 만들지 않고도 목표를 달성함을 보여 주었다.

그러나 아무리 실제 환경을 고려해서 설계된 시스템이라고 해도, 시뮬레이션은 실제 세계를 완벽하게 반영하기에는 제약이 따른다. 따라서 향후 과제는 실제로 하드웨어를 제작해서 실험을 해보는 것이 필요하다. 또 2 대 이상의 로봇을 이용하여 공통의 목표를 달성하는 포섭구조에 대한 연구도 필요하다.

참고문헌

[1] Bong-Kyung Jeon “A Research on the Development Strategy of the Intelligent Robot industry and its Vitalization Plan”. 2011

[2] Ji-Gwan Park “Autonomous Navigation for a Mobile Robot Using Navigation Guidance Direction and Fuzzy Control”.2011

[3] Rodney A.Brooks. “A Robust Layered Control System for a Mobile Robot”.1986

[4] Jae-Bok Park. Sung-Ho Im. Gyung-Hee Lee. “The Indoor Tracking Strategy Using Efficiently The Irregular WiFi Signal Strength”. 2015

[5] Sang-Il Gho.”Simultaneous Obstacle Detection for Mobile Robots and It’s Localization for Automatic Battery Recharging”. 3.1.4. p19-22. 2004