

제한된 환경에서의 로봇 내비게이션 시스템 연구

이선민*, 문남미*, 홍상진**

*호서대학교 모바일소프트웨어학과

**뉴욕주립대학교 전자공학과

e-mail: tjsalsdl2952@naver.com

Robots Navigation with Visual Assistance in Confined Environments

Sunmin Lee*, Nammee Moon*, Sangjin Hong**

*Dept. of Mobile Software, Hoseo University

**Dept. of Electronic Engineering, Stony Brook University

요 약

본 연구는 병원과 같은 복잡하고 제한된 환경에서 로봇이 장애물과의 충돌 없이 목적지까지 도달 할 수 있게 하는 로봇 내비게이션 시스템에 관한 것이다. 또한 내비게이션 시스템은 크게 1) 센서 네트워크, 2) 내비게이션 서버, 3)로봇 세 가지 기능으로 되어 있으며 구성되어있다. 제한된 환경에서 CCTV를 이용하여 위치를 인식하고 서버와의 통신을 이용하여 로봇이 장애물이나 움직이는 또 다른 객체와의 충돌 없이 목표에 도달 하는 것을 지원하기 위하여, 최적화된 알고리즘을 개발하는 것을 목표로 한다. 또한 제한된 영역과 역할에 따른 로봇의 최적화 배치 개수를 파악하여 실제, 다양한 영역에서 사용가능할 수 있도록 구현하는 것을 목표로 한다.

1. 서론

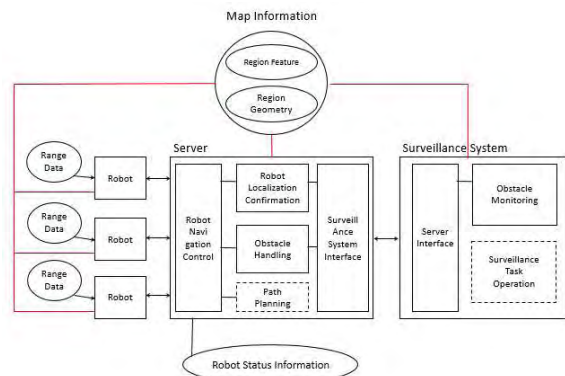
로봇은 인간을 모방하여, 외부환경을 인식하고, 상황을 판단하고, 자율적으로 동작하는 기계이다. 최근 로봇이 발전함에 따라 로봇에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다 [1]. 그 중에서도 센서를 이용해 주위 환경을 인식하여 원하는 목표지점까지 충돌 없이 자율적으로 이동할 수 있는 로봇인 자율 이동 로봇의 장애물 회피에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[2][3][4]. 또한 센서를 이용한 장애물 회피뿐만 아니라 CCTV 영상과 CCTV가 객체를 인식할 수 있는 마커를 로봇과 장애물에 부착하고 로봇은 정해진 이동 경로에 따라 움직이며 CCTV와 통신을 하며 장애물의 위치와 로봇의 위치를 추정하는 자율 이동 로봇의 위치 인식 연구도 이루어지고 있다[5].

본 연구에서는 센서 네트워크와 내비게이션 서버, 로봇의 상호작용을 통해 장애물 회피, 위치인식 뿐만 아니라 여러 개의 로봇이 동시에 움직이며 이를 효과적으로 관리하여 제한된 환경에서 여러 개의 로봇이 최소한의 움직임으로 장애물을 회피하여 충돌 없이 목표지점 까지 도달할 수 있는 로봇 내비게이션 시스템을 목표로 한다.

2. 시스템 개요 및 응용 모델

2.1 시스템 개요

이 내비게이션 시스템은 센서 네트워크(CCTV), 내비게이션 서버, 로봇 세 가지 기능 모듈로 구성되어 있다. 센서 네트워크는 시스템 환경 안에 있는 모든 객체를 감지해낸다. 내비게이션 서버는 그리드를 기반으로 하고 모든 로봇뿐만 아니라 센서 네트워크와 통신을 한다. 또한 로봇의 시작 위치에서 목적지까지 경로 정보를 제공하는 것과 같은 방법으로 로봇을 제어하는 역할을 한다. 로봇은 내비게이션 서버로부터 받은 경로인 그리드 순서에 의해 주기적으로 자신의 위치를 탐색하며 이동한다. 세 가지 기능 모듈 모두 일반적인 맵 정보를 가지고 있으며 모듈 간 상호작용을 하며 시스템이 작동한다(그림1).



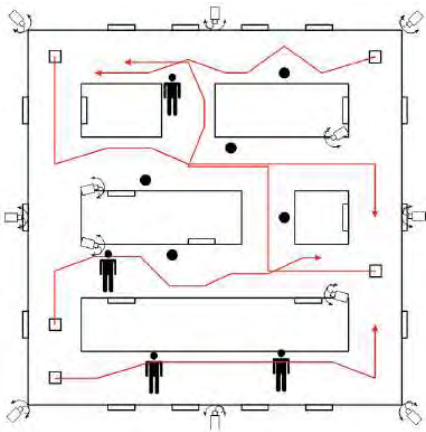
(그림 1) 내비게이션 시스템의 주요 기능

2.2 시스템 응용 모델

로봇 내비게이션 시스템은 병원과 같이 복잡한 공간 (그림 2)에 많은 장애물이 있는 경우 장애물의 영향을 최소화 하고 전체적인 서비스 시간의 저하 없이 로봇을 최대 배치하는 것을 목표로 한다.

이 시스템에서 요구하는 사항은 다음과 같다.

- ① 최소한의 움직임으로 장애물을 회피해야함
- ② 서버는 여러 개의 로봇을 동시에 조작해야함
- ③ 센서 네트워크가 필요함



(그림 2) 내비게이션 시스템이 필요한 예

3 시스템 운영 방식

3.1 로봇의 동작과 내비게이션 서버의 상호작용

로봇은 다음 그리드로 가기 전에 내비게이션 서버로 메시지를 전송하고 이동을 한다. 로봇이 다음 그리드에 도달할 때 까지 내비게이션 서버로부터 응답이 오지 않는 경우 로봇끼리 충돌할 위험이 있기 때문에 로봇은 이동을 멈추고 내비게이션 서버로부터 다시 이동하라는 응답을 받을 때까지 기다린다. 하지만 동시에 지나가야하는 경우에는 좀 더 세분화된 그리드 기법을 사용하여 경로를 변경한 후 로봇에게 보낸다. 또한 로봇이 이동하다 센서가 장애물을 감지할 때에는 로봇은 정지한 후 서버로 메시지를 전송하고 다음 명령을 기다린다. 다음 명령이 오기 전에 장애물이 사라진 경우 또한 서버에 메시지를 전송한다. 장애물이 일정 시간동안 사라지지 않는 경우 내비게이션 서버는 좀 더 세분화된 그리드 기법을 이용하여 경로를 변경한 후 로봇에게 보낸다.

로봇의 이동 상태를 알리는 메시지는 아래와 같다.

- ① 그리드를 지나고 있다(움직이는 중).
- ② 현재 위치를 알 수 없어 멈추었다.
- ③ 장애물이 탐지 되어 멈추었다.
- ④ 서버의 응답이 늦어 멈추었다.

3.2 내비게이션 서버의 운영과 상호작용

내비게이션 서버는 로봇으로부터 이동 상태를 알리는 메시지를 받으면 이동, 또는 멈춤 둘 중에 하나의 메시지를 보내며 로봇으로부터 메시지를 받을 때 또는 주기적으로 데이터를 갱신한다.

서버가 로봇에게 보내는 메시지는 아래와 같다.

- ① 다음 그리드로 이동
- ② 정지
- ③ 새로운 경로
- ④ 새로운 속도
- ⑤ 거리 센서 범위

내비게이션 서버는 주기적으로 장애물의 정보를 CCTV에게 요청한다. 로봇과 같은 복도에 장애물이 있을 경우 내비게이션 서버는 로봇에게 같은 복도에 장애물이 있음을 알리고 좀 더 세분화된 그리드 기법을 사용해 새로운 경로를 계산해 로봇에게 보낸다. 또한 로봇이 자신의 정확한 위치를 요청하면, 서버는 로봇의 복도 인덱스와 로봇의 이전 그리드 인덱스를 CCTV에게 보내 해당 로봇의 위치를 요청하고 위치를 수신 받으면 다시 로봇에게 보낸다. 그리고 내비게이션 서버는 Data Structures를 유지하고 있다. 이 Data Structures는 Te, Tl, Ta 이렇게 3가지 요소를 가지고 있으며 이 요소들로 로봇의 속도를 제어한다. Te는 로봇이 노드에 일찍 도착하는 방법을 나타내고 Tl은 로봇이 시간 전에 도착해야 함을 나타내며 Ta는 예상 도착 시간을 표현한다. 처음에 Data Structures는 로봇들에게 도착 정보를 받아 채워지며 로봇이 노드를 통과할 때, 로봇의 인덱스는 테이블에서 제거된다. 내비게이션 서버는 로봇이 데이터에 지정된 순서대로 도착하는지 지속적으로 확인하고 만약 지정된 순서대로 도착하지 않는다면 서버는 로봇을 정지시킨다. 예를 들면, 로봇1과 2가 있고 로봇 2가 로봇 1보다 목표 노드에 더 가까이 있고 로봇 1이 로봇 2보다 먼저 목표 노드에 도착해야 하는 경우, 서버는 로봇 2를 멈추게 하고 로봇1이 먼저 목표 노드에 도착할 수 있도록 한다. 또한 내비게이션 서버는 표1과 같이 로봇의 상태를 나타내는 데이터(Robot index, Speed, Status, Segment, 등)와 표2와 같이 로봇의 경로 정보를 나타내는 데이터(Robot index, Grid Type, Grid List, Segment list)를 유지한다.

<표 1> 로봇 상태표시 데이터 예시

Robot index	Speed	Status	Segment	Grid Type	Grid	Next Grid	Sensor Range	Server Status
1	10	MOVING	3	Coarse	24	25	5	Grid passing
2	0	STOP	4	Fine	37	36	5	Stop due to obstacles
3	10	MOVING	4	Coarse	42	41	5	Grid passing
4	10	MOVING	1	Coarse	5	6	5	Stop due to position
5	10	MOVING	1	Coarse	9	10	5	Stop due to obstacles
6	0	STOP	2	Coarse	15	16	5	Stop due to obstacles
7	10	MOVING	1	Fine	6	7	5	Grid passing
8	0	STOP	3	Coarse	27	26	5	Grid passing
9	0	STOP	2	Coarse	18	19	5	Stop due to obstacles
10	10	MOVING	2	Fine	22	23	5	Grid passing

<표2> 로봇 경로를 나타내는 데이터 예시

Robot Index	Grid Type	Grid List	Segment List
1	Coarse	25-26-27	3
2	Fine	36-35-34	4
3	Coarse	2-3-4	1
4	Coarse	12-11-10	2
5	Fine	20-21-22	3

마지막으로 내비게이션 서버는 그리드 기반의 장애물 맵을 유지한다. 로봇이 장애물로 인해 멈출 때 마다, 내비게이션 서버는 CCTV에게 도움을 요청하고 CCTV는 장애물의 위치를 내비게이션 서버에게 보낸다. 내비게이션 서버는 장애물의 위치를 맵에 표시하고 이를 이용하여 장애물이 있는 그리드를 피해 로봇들의 경로를 변경하고, 다른 로봇이 장애물이 있던 그리드 앞에서 멈추지 않고 통과 하는 경우에는 장애물이 제거되었다 판단하고 맵에서 장애물을 삭제한다.

3.3 내비게이션 서버와 CCTV의 상호작용

CCTV는 평상시에 모든 객체들을 감시한다. 내비게이션 서버가 각 복도에 있는 장애물들의 정보를 얻기 위해 CCTV에 도움을 요청하면 CCTV는 복도를 확인하여 확인된 정보를 내비게이션 서버에게 전송한다. CCTV의 주된 목적이 모든 객체를 감시하는 것이므로 내비게이션 서버의 요청이 올 때마다 즉시 처리할 수 없는 경우가 발생한다. 이러한 경우 내비게이션 서버는 CCTV의 응답이 올 때까지 기다리기 때문에 로봇 내비게이션의 속도가 저하될 수 있다. 즉, 내비게이션 서버가 CCTV에게 많은 요청을 하면 로봇들의 이동속도는 낮아지게 된다.

4. 결론 및 기대효과

그리드 기반의 다중 로봇 내비게이션 방법을 제시했다. 상황에 따라 좀 더 세분화 된 그리드 내비게이션이 가능하며 내비게이션 시스템과 감시 시스템의 협력 방법을 제시함으로써 감시 시스템의 로딩 효과를 최소화 하였다. 또한 내비게이션 서버는 어떤 로봇이 임의의 노드에 먼저 도착해야 하는 지에 대한 정보를 가지고 있는 데이터, 로봇의 상태를 나타내는 데이터, 로봇의 경로 정보를 나타내는 데이터, 그리드 기반의 장애물 맵을 유지함으로써 알고리즘의 완성도를 높였다. 이 연구의 효과성은 제한된 영역에서 최적화 가능한 로봇의 수와 장애물의 양으로 나타낸다. 이 연구는 로봇이 다수 배치 할 필요가 있는 병원, 노인 가정 등에서 사용될 수 있을 것이라 생각된다.

참고문헌

- [1] Hyun Sub Park, 국내 로봇산업 현황 및 정책방향, 제어로봇시스템학회, 2014년 12월
- [2] 원종대, 성기원, 조유기, 이현철, 황원준, 이륜구동 로봇의 실시간 장애물 회피기술에 관한 연구, 한국생산제조시스템학회, 2013년
- [3] 장언욱, 심현석, 박인만, 구영목, 양준석, 자율주행 로봇의 실시간 장애물회피 제어 기술에 관한 연구, 제어로봇시스템학회, 2014년 5월
- [4] 노성우, 고낙용, 실내 이동로봇 내비게이션 기술 구현, 제어로봇시스템학회, 2013년 5월
- [5] 전영필, 모세현, 박종호, 유성구, 이덕진, 정길도, CCTV 영상 정보를 이용한 이동 로봇의 자기 위치 추정과 장애물 회피를 위한 연구, 대한전자공학회, 2014년 6월