

# 특정 환경에서 자율 이동 로봇의 경로 제어 시스템 연구

이선민\*· 문남미\*· 홍상진\*\*

\*호서대학교 모바일소프트웨어학과

\*\*뉴욕주립대학교 전자공학과

e-mail: tjsalsdl2952@naver.com

## Path Control System of Autonomous Mobile Robots in Specific Environment

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

\*Dept. of Mobile Software, Hoseo University

\*\*Dept. of Electronic Engineering, Stony Brook University

### 요 약

본 연구는 제한된 특정 환경 내에서 실시간으로 로봇이 장애물을 감지하고 충돌 없이 목적지에 도달 할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. CCTV를 이용하여, 로봇과 내비게이션 서버만으로는 해결 할 수 없는 장애물을 실시간으로 감지할 수 있도록, 내비게이션 서버와 로봇 간에 통신을 최적화하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 또한 내비게이션 서버는 어떤 로봇이 불특정 그리드에 먼저 도착해야 하는 지에 대한 데이터와 로봇의 상태를 나타내는 데이터, CCTV와의 상호작용을 통한 장애물 정보를 나타내는 장애물 맵을 유지함으로써 알고리즘의 완성도를 높였다. 이 연구는 제한된 특정 영역과 로봇의 최적화 배치 개수를 구하여 실제, 다양한 영역에서 사용할 수 있도록 구현하는 것을 목표로 한다.

### 1. 서론

로봇은 스스로 보유한 능력에 의해 주어진 일을 자동으로 처리하거나 작동하는 기계이다. 로봇은 반복적이고 위험한 노동에서 사람을 대신하기 위하여 고안되었다. 최근 이러한 로봇이 발전됨에 따라 로봇에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다[1]. 그 중에서도 인간의 개입 없이, 현재 상태 및 센서 값을 기준으로 의도된 일을 수행하는 능력인 자율성을 갖고 이동하는 로봇인 자율 이동 로봇의 장애물 회피에 대한 연구와 경로 생성 방법에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다[2][3][4][5].

본 연구에서는 CCTV와 로봇, 내비게이션 서버의 통신을 통해 실시간 장애물 회피, 위치인식에서 한 걸음 더 나아가 다수의 로봇이 동시에 이동하며 이를 효과적으로 관리하여 제한된 특정 환경에서 로봇의 최적화 배치 개수를 파악하여 다양한 영역에서 사용될 수 있도록 구현하는 것을 목표로 한다.

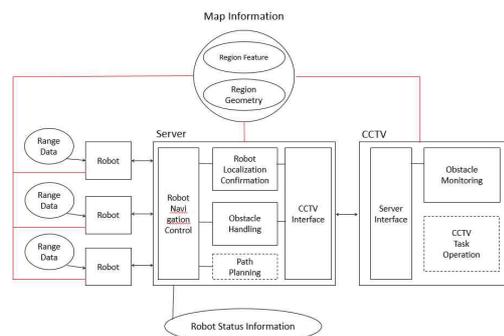
### 2. 시스템 설계 및 응용 모델

#### 2.1 시스템 설계

이 경로 제어 시스템은 CCTV와 내비게이션 서버 그리고 로봇 이렇게 세 가지 기능으로 구성되어 있다.

CCTV는 영역 안에 있는 모든 객체를 감지하고 있고, 내비게이션 서버는 CCTV와 통신을 통해 장애물과 로봇의 위치를 알아낸 후 이를 이용하여 로봇을 효과적으로 관리한다. 여기서 관리는 로봇의 시작 위치에서 목적지까지 최

단 경로 정보를 제공하는 것도 포함된다. 로봇은 내비게이션 서버로부터 받은 경로대로 이동을 하며 주기적으로 자신의 정보(위치, 상태 등)를 내비게이션 서버에게 전송한다. 세 가지 기능 모두 맵 정보를 가지고 있고 맵은 그리드 기반이며 서로 주기적으로 통신을 하며 시스템이 작동한다(그림1).



(그림 1) 경로 제어 시스템의 주요 기능

#### 2.2 시스템 응용 모델

로봇 경로 제어 시스템은 회사와 같이 제한된 특정 환경 내에서 실시간으로 로봇이 이동을 하며 장애물을 감지하고 회피하여 충돌 없이 목적지에 도달 할 수 있게 하는 등 여러 특정 환경 내에서 사용될 수 있다.

이 시스템에서 요구되는 사항은 다음과 같다.

- ① 실시간으로 장애물을 회피해야함
- ② 내비게이션 서버는 로봇을 동시에 관리해야함
- ③ CCTV가 필요함

### 3 시스템 작동 원리

#### 3.1 내비게이션 서버와 로봇

내비게이션 서버는 로봇에게 이동 경로를 생성해주기 위하여 CCTV를 이용하여, 현재 맵 상황을 요청하여 상황을 파악해 이동 경로를 생성하여 로봇에게 전송한다. 로봇은 내비게이션 서버로부터 받은 경로대로 이동을 하며 이동 중 장애물이 감지된 경우 로봇은 현재 위치에서 멈추고 내비게이션 서버에게 연락을 하여 장애물을 회피하여 목적지까지 도달하는 새로운 경로를 요청한다. 내비게이션 서버로부터 응답이 오기 전 장애물이 사라지는 경우 로봇은 내비게이션 서버에게 연락을 하고 다시 경로에 따라 이동 한다. 또한 로봇은 이동을 하며 주기적으로 자신의 정보(위치, 상태)를 내비게이션 서버로 전송을 하여 서버가 로봇들의 정보를 저장 및 관리 할 수 있도록 한다. 이 정보는 로봇들끼리 이동경로가 겹쳐 충돌할 문제가 생길 수 있는데 이러한 문제를 예방할 수 있다.

로봇이 서버에게 전송하는 이동 상태 정보는 아래와 같다.

- ① 이동하고 있음.
- ② 장애물이 감지되어 멈추었음.
- ③ 장애물이 사라져 다시 이동하고 있음.

#### 3.2 내비게이션 서버

로봇은 주기적으로 내비게이션 서버에게 이동 상태를 알리는 메시지를 보내고 내비게이션 서버는 로봇의 상황에 따라 이동, 또는 멈춤 둘 중에 하나의 메시지로 응답하며 로봇으로부터 메시지를 받을 때 또는 주기적으로 로봇들의 데이터를 갱신한다.

내비게이션 서버가 로봇에게 보내는 메시지는 아래와 같다.

- ① 다음 그리드로 이동
- ② 현재 그리드에서 정지
- ③ 새로운 경로

내비게이션 서버는 주기적으로 장애물의 정보를 CCTV에게 요청한다. 현재 이동하는 로봇의 경로에 장애물이 존재하는 경우 내비게이션 서버는 로봇의 경로에 장애물이 있음을 알리고 새로운 경로를 생성해 로봇에게 전송한다. 그리고 내비게이션 서버는 로봇들의 속도를 관리하기 위한

Data Structures를 유지하고 있다. 이 Data Structures는 3가지 요소(Te, Tl, Ta)로 구성되어 있으며 이 요소들로 로봇의 속도를 제어하는데 사용된다. 먼저 Te는 로봇이 그리드에 일찍 도착하는 방법을 나타낸다. Tl은 로봇이 정해진 시간 전에 그리드에 도착해야 함을 나타내며 Ta는 로봇이 목표지점까지의 예상 도착 시간을 표현한다.

맨 처음 Data Structures는 로봇들의 도착 정보를 받아 채워지며 로봇이 그리드를 통과 할 때마다, 테이블에서 로봇인덱스가 제거된다. 내비게이션 서버는 로봇이 데이터에 정해진 순서대로 도착하는지 지속적으로 확인하고 만약 정해진 순서대로 도착하지 않는다면 서버는 해당 로봇을 정지시켜 정해진 순서대로 도착하도록 한다. 예를 들면, 로봇1과 2가 있다고 가정 했을 때 로봇 2가 로봇 1보다 경로 상으로 목표 그리드에 더 가까이 있고 로봇 1이 로봇 2보다 먼저 목표 그리드에 도착해야하는 경우에, 내비게이션 서버는 로봇 2를 멈추게 하거나 속도를 조절하여 로봇1이 먼저 목표 그리드에 도착할 수 있도록 한다.

또한 내비게이션 서버는 표1과 같이 로봇의 상태를 나타내는 데이터(Robot index, Speed, Statuts, 등)와 표2와 같이 로봇의 경로 정보를 나타내는 데이터(Robot index, Gird Lis, Segment list)를 유지한다.

(표 1) 로봇 상태표시를 나타내는 데이터 예시

Robot Index	Speed	Status	Segment	Grid	Next Grid	Sensor Range	Server Status
1	10	MOVING	1	12	13	5	Grid passing
2	10	STOP	2	21	22	5	Stop due to obstacles
3	0	STOP	4	40	41	5	Stop due to obstacles
4	0	MOVING	3	32	33	5	Grid passing
5	10	MOVING	4	44	45	5	Grid passing
6	0	STOP	3	37	36	5	Stop due to obstacles
7	10	MOVING	3	35	34	5	Grid passing
8	10	MOVING	2	27	28	5	Grid passing
9	0	STOP	1	7	8	5	Stop due to obstacles
10	10	MOVING	4	48	49	5	Grid passing

(표2) 로봇 경로를 나타내는 데이터 예시

Robot Index	Grid List	Segment List
1	29-30-31	3
2	42-41-40	4
3	7-8-9	1
4	35-34-33	3
5	18-19-20	2

마지막으로 내비게이션 서버는 그리드 기반의 장애물 맵을 유지하여 장애물 정보를 이용하여 로봇들을 관리한

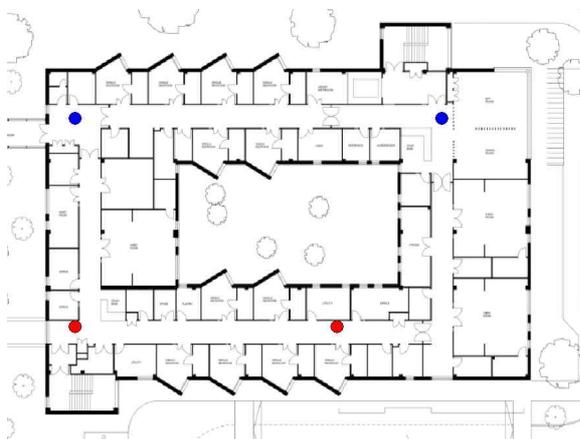
다. 예를 들면, 로봇이 장애물로 인해 멈출 때 마다, 내비게이션 서버는 CCTV에게 현재 맵 상황을 요청하고 CCTV는 영역 안에 있는 장애물의 위치를 내비게이션 서버에게 보낸다. 내비게이션 서버는 CCTV로부터 전달받은 장애물의 위치를 장애물 맵에 표시하고 이를 이용하여 장애물이 있는 곳을 피해 로봇들에게 새로운 경로를 생성하여 전송하고, 만약 다른 로봇이 장애물이 있던 그리드 앞에서 멈추지 않고 통과 하는 경우에는 장애물이 사라졌다 판단하고 장애물 맵에 표시되어있는 해당 장애물을 삭제한다.

### 3.3 내비게이션 서버와 CCTV

CCTV는 일반적으로 맵에 있는 모든 객체들을 감시하고 있다. 내비게이션 서버가 로봇에게 경로를 생성해주기 위해 또는 로봇에게 장애물이 감지된 경우 로봇은 내비게이션 서버에게 장애물을 회피하는 경로를 요청하고 내비게이션 서버는 장애물에 위치를 파악하기 위해 CCTV에게 맵에 존재하는 객체 정보를 요청한다. CCTV는 원래의 목적은 우리가 알고 있는 감시의 목적으로 설치된 것이므로 내비게이션 서버에 요청에 즉각 응답할 수 없는 경우도 있다. 이 경우 내비게이션 서버는 CCTV의 응답을 기다리기 때문에 내비게이션 서버가 로봇에게 응답하는 시간 또한 늦춰지게 되어 로봇이 목적지까지 이동하는데 걸리는 시간이 길어질 수도 있다. 즉, 내비게이션 서버가 CCTV에게 자주 요청을 하게 되면 로봇들의 이동 시간은 길어진다.

### 3.4 시뮬레이션 프로그램

위에서 언급한 내용으로 시뮬레이션 프로그램을 구현하였다. 파랑색 원은 로봇을 나타내며, 빨간색 원은 장애물을 나타낸다.



(그림 2) 시뮬레이션 프로그램

### 4. 결론 및 기대효과

CCTV와 내비게이션 서버를 이용한 로봇 경로 제어 시스템을 제안하고 시뮬레이션 프로그램을 구현하였다. 실시간으로 로봇이 장애물을 감지하고 CCTV를 이용하여 장애물의 정확한 위치를 알아내어 회피함으로써 세밀한 경로 제어가 가능하며 내비게이션 서버와 CCTV의 협력 방법을 제시함으로써 CCTV의 로딩 효과를 최소화 하였다. 또한 내비게이션 서버는 어떤 로봇이 불특정 그리드에 먼저 도착해야 하는 지에 대한 정보와 로봇의 상태를 나타내는 데이터, 로봇의 경로 정보를 나타내는 데이터, 장애물 맵을 유지함으로써 알고리즘의 완성도를 높였다. 이 연구는 효과성은 제한된 특정 영역과 역할에 따른 로봇의 최적화 배치 개수로 나타낸다. 이 연구는 로봇이 다수 배치 할 필요가 있는 회사, 병원, 노인 가정 등에서 사용될 것이라 생각된다.

### 참고문헌

- [1] Hyun Sub Park, 국내 로봇산업 현황 및 정책 방향, 제어로봇시스템학회, 2014년 12월
- [2] 노성우, 고낙용, 김태균, 위치 추정, 충돌 회피, 동작 계획이 융합된 이동 로봇의 자율주행 기술 구현, 한국전자통신학회, 2011년 2월
- [3] 강언욱, 심현석, 박인만, 구영목, 양준석, 자율주행 로봇의 실시간 장애물회피 제어 기술에 관한 연구, 제어로봇시스템학회, 2014년 5월
- [4] 이우송, 정양근, 박인만, 박문열, 김준홍, 자율주행 이동 로봇의 경로제어에 관한 연구, 한국생산제초시스템학회, 2014년 4월
- [5] 권용관, 가상 탄성력을 이용한 자율이동로봇 경로생성 방법, 한국전자통신학회, 2013년 1월.