

## WLAN과 GPS 센서를 이용한 이동로봇의 자율주행

김기민\*, 김재오, 장기흥, 정구민, 안현식  
국민대학교 전자공학부\*

### Autonomous Navigation of a Mobile Robot using WLAN and GPS Sensors

Kee-Min Kim\*, Jae-Oh, Kim, Ki-Heung Chang, Gu-Min Jeong, and Hyun-Sik Ahn  
School of Electrical Engineering, Kookmin University\*

**Abstract** - 자율주행 로봇은 자신위치와 장애물의 위치 등 주변 환경을 인지하여 원하는 지점까지 스스로 이동 및 임무 수행이 가능한 로봇이다. 목표위치를 탐색하기 위하여 GPS 및 초음파 센서를 이용하여 이동 방향 설정 및 주변 장애물 위치를 파악할 수 있도록 하였다. 특히, WLAN을 이용하여 이동 로봇에 대한 위치 정보의 설정 및 위치 데이터의 교신이 가능하도록 하였고 이동로봇을 이용한 실제 실험을 통하여 원하는 위치 탐색과 장애물 회피가 효과적으로 수행됨을 확인한다.

#### 1. 서 론

최근 이동 로봇의 기능화와 무인 차량의 자율주행에 대한 연구가 공 통부분을 찾고 있는데, 세계적인 이벤트로서 미국 DARPA에서 주관했던 켈린저 대회를 생각할 수 있다. 이미 2차회에 걸쳐서 실제 자동차에 적용하여 완주한 기록을 가지고 있으며, 이외에도 국방 분야에서 원격 및 자율 주행로봇에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 자율 주행을 위해서 GPS(Global Positioning System) 및 초음파센서에서 얻어지는 데이터를 이용하여 현재 위치를 추정하고 장애물을 탐지한다. 로봇이 탐지한 장애물은 VFF(Virtual Force Field)알고리즘을 이용하여 회피하도록 하였다. 또한 로봇의 목표위치를 원격으로 쉽게 설정할 수 있도록 WLAN(Wireless Local Area Network)을 적용하였으며 Mobile-Robots사의 PT-A3를 기반으로 센서부 및 마이컴부를 추가한 실제 실험을 통하여 제어 성능을 확인한다.

#### 2. 위치 추정과 장애물 회피 알고리즘

##### 2.1 GPS를 이용한 현재 위치 추정

GPS 위성에서 보내오는 1[Hz]의 데이터를 이동 중인 로봇에서 수신 하여 지구상에서의 위치를 측정하므로 데이터 수신시 마다 새로운 위치 데이터를 갱신하므로 오차의 범위는 발산하지 않는다. 그러나 기본적으로 가진 정밀도의 오차범위가 있고 데이터 갱신속도가 느리며 전파 장애물, 가시위성 수 등의 주변 환경에 영향을 쉽게 받는다.<sup>2)</sup> 그러므로 본 논문에서는 UIGUB01-R004 모듈을 사용하였다. GPS 모듈은 SBAS(WAAS, MSAS, EGNOS, GAGAN) 위성 지원으로 최고 2.5m 이하의 정확도를 가지고 있다. 또한 GPS 및 GALILEO 위성의 지원으로 정확성 및 수신 범위가 향상 되었다. 로봇에 탑재 된 PC에서 시리얼 연결을 이용하여 받은 데이터를 가지고 위치데이터를 분리해 로봇 제어 프로그램 (ARIA)에 현재 위치를 전달한다.

##### 2.2 초음파 센서를 이용한 장애물 탐지

로봇이 주행하는 동안 장애물을 감지하기 위하여 전면에 8개의 초 음파 센서를 부착 하였다. 장애물의 위치는 초음파를 송신 후 되돌아 올 때까지의 지연시간을 측정하고 공기 중에서 초음파에 따른 음속을 보 상하여 거리를 산출하는 방법을 사용한다. 일반적으로 공기 중에서 음속은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$V_a [m/s] = 331.5 + 0.6t \quad (1)$$

여기서, t는 온도 [°C]이다. 위 식에서 공기 중에서는 온도가 1[°C] 변화하 면 음속은 0.17% 변화하기 때문에 기체의 온도를 측정하여 음속을 보 상하는 것이 필요하다. 거리 측정은 다음의 식으로 간단하게 구할 수 있 다.

$$H[m] = \frac{t}{2} V_a [m] \quad (2)$$

여기서  $V_a$ 는 기체음속, t는 소요시간, H는 초음파 센서에서 측정 물체까지의 거리이다.<sup>4)</sup>

##### 2.3 VFF 알고리즘을 이용한 회피

8개의 초음파 센서에 의한 장애물 회피 알고리즘은 그림 1과 같다.<sup>3)</sup>

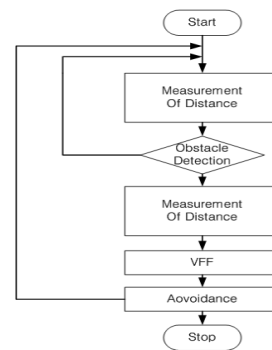


figure 1. The Algorithm flowchart of obstacle avoidance

본 논문에서는 장애물을 회피하기 위해 구축한 알고리즘은 VFF 방식이다. 이 알고리즘은 로봇 주위의 장애물의 유무를 확률적인 방법으로 써 표현하여 장애물이 존재할 확률이 높은 지역을 선택함으로써 장애물과의 충돌을 회피하는 알고리즘이다. VFF 알고리즘은 그림 4에서 보이는 바와 같이 무인 차량이 미지의 환경을 주행할 경우에 로봇과 장애물 사이에는 척력(Repulsive Force)이 작용하고 로봇이 주행해야 하는 목표 지점과는 인력(Attractive Force)이 작용한다는 것이 기본 개념이다.<sup>5)</sup> 그림 4와 같이 각 장애물은 초음파 센서와 장애물 사이의 거리 정보를 이용하여 반발력( $F_r$ )을 생성하고, 무인 자동차는 차량의 주어진 위치 정보와 차선 중앙의 위치를 이용하여 인력 ( $F_i$ )을 발생한다. 반발력에 인력을 더함으로써 합력( $R$ )을 구할 수 있다.

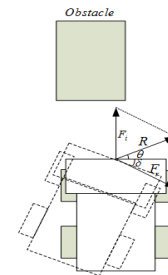


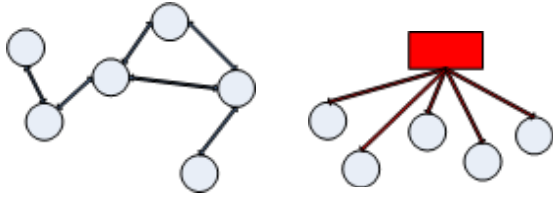
figure 2. Obstacle avoidance using VFF  
각 반발력은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_r = \sum_i F_i \quad (3)$$

#### 3. WLAN을 이용한 통신 시스템 구성

본 논문에서는 사용자와 로봇이 통신을 할 때에 WLAN을 사용하여 ad-hoc 네트워크를 구성하였다. ad-hoc 네트워크는 그림 3과 같이 노드들이 이동 중에 peer-to-peer로 직접 통신할 수 있도록 해주는 구조이다. ad-hoc의 구성으로는 분산 이동 multiop 망과 내부에 기반구조를 갖는 중앙 집중형 이동 single-hop망으로 분류 할 수 있다.<sup>6)</sup> 본 논문에서는 single-hop망 형태이며 PC가 가운데에 존재하고 사용자들이 서버에

클라이언트로 연결되는 방법을 취하고 있다.



(a)distributed mobile multi-hop network (b)centralized one hop network  
figure 3. Two basic scenarios of ad-hoc network.<sup>6)</sup>

PC1과 PC2는 소켓 프로그램을 이용하여 데이터를 주고받는다. PC1은 미리 준비된 지도에 위도 경도 좌표로써 목적지를 설정하고 소켓프로그램을 통하여 PC2에 목표점의 좌표를 보낸다. PC2는 현재 위치를 GPS에서 받은 후에 PC1에 보내고 PC1은 받은 현재 좌표를 지도에 점으로써 표시한다.

#### 4. 실험 시스템 구축 및 결과

##### 4.1 실험 시스템 구축

본 논문에서는 MobileRobots사의 PT-A3를 사용하여 실험을 진행했는데 바퀴구동용 모터드라이브는 그대로 사용하였다. 또한, 내부의 H8S MCU를 제어하기 위해서 랩 타입의 내장 PC를 장착하였고, 사용자가 이동로봇을 제어하고 상태를 확인하기 위해서 휴대용 노트북을 사용하였다. 그림 4는 이동 로봇과 랩 형태의 내장 PC의 사진과 사용자 PC의 사진이다.



(a) PT-A3 with Built-in PC (b) UMPC

figure 4. MobileRobot and User PC

전체 시스템은 크게 모바일 로봇, 환경 인식 시스템 그리고 통신 시스템으로 나눌 수 있다. 로봇은 히타치 8비트 MCU에 구동되며 초음파 센서는 로봇 전면부와 후면부 각각 8개씩 16개가 장착 되어 있다. 또한 GPS를 부착하여 현재 위치를 파악한다. 사용자와 모바일 로봇간의 데이터 통신은 Wireless LAN을 이용하여 Ad-hoc 네트워크를 이용하였다. 그림 5는 자율 주행 로봇의 전체적인 시스템 개념도를 나타내고 있다.

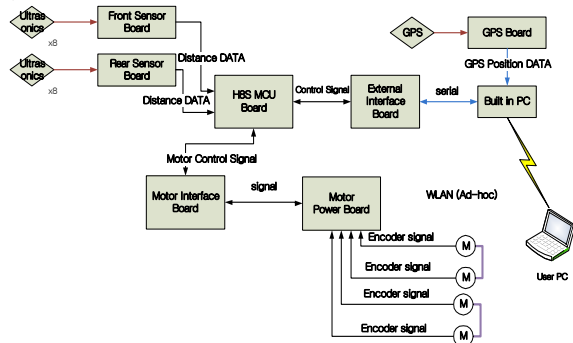


figure 5. System Block Diagram of Mobile Robot

사용자로부터 목적지가 설정되면 WLAN 기반의 통신 프로그램을 통해서 사용자의 명령이 로봇제어 프로그램 인 ARIA로 전달된다. 전달된 명령, 현재 위치 정보, 회피 알고리즘, 그리고 장애물의 정보를 기반으로 ARIA는 로봇의 행동을 제어한다. 회피 알고리즘을 구현하기 위하여 무인 차량 주위의 장애물 유무를 확률적으로 표현하는 방법인 Certainty Grid Method를 이용하여 무인자동차 주위 환경을 Active Cell(본 논문에서는 10x10cm)로 분할하여 표시했다.<sup>4)</sup> 항상 이동로봇의 위치를 중심으로 정사각형 AW(Active Window)를 그리고 그 안에 Grid를 만들어 격자형식으로 쪼갬다. 만약 초음파 센서의 중심축에 장애물을 검출하면 중심축상의 측정된 거리에 위치한 한 개의 Active Cell만 CV(Certainty Value)를 1씩 증가 시킨다. 여기서 CV는 Grid 위치에 장애물이 놓여 있을 가능성을 상대적으로 표시한 값이다.<sup>4)</sup> 장애물이 판단되면 앞에서 설명한 VFF를 이용하여 최적 회피를 경로를 계산하여 회피할 거리 및 각도를 로봇에 전달하게 되고 그것을 모터에 전달하여 모터를 조작함으로써

써 이동을 한다.

##### 4.2 실험 결과

실험 결과를 보기 위해서 학교 내의 운동장 사진을 준비했다. 이 사진에 위성 좌표 값을 맵핑했다. 로봇에 장착된 GPS는 1초 간격으로 위성 좌표를 보내주고 그 좌표를 이미지에 점의 형태로 표현했다. 이 점들은 로봇의 현재 위치를 표시해주며 목표점의 위치를 보여준다. 또한 목표점을 변경할 수 있게 해서 로봇의 주행 경로를 손쉽게 변경 가능하도록 하였다. WLAN의 ad-hoc 거리는 개방된 공간일 경우 100미터 이상 가능하다. 하지만 실측 결과 기후나 기타 변수에 연결 거리가 변경되었고 단말기의 성능에 따라서도 변화였다. 여러 번의 실험에서는 70m~80m 사이에서 연결이 끊겼다. 앞의 결과로 WLAN으로 연결된 단말기를 50미터 간격으로 배치하고 로봇이 단말기 근처로 접근할 때 ad-hoc 네트워크로 연결한다면 넓은 범위에서 로봇을 제어할 수 있다. 그림 6은 실제적으로 구현된 클라이언트용 로봇 제어 프로그램에서 이동 경로를 표시해준 그림이다. 실험에서 총 주행 거리가 WLAN 신호 범위를 넘어섰기 때문에 두 대의 노트북을 이용하여 이동 경로를 기록하였다 파랑색 선이 처음 노트북의 궤적이고 연결이 끊긴 시점부터 두 번째 노트북의 데이터를 이어서 총 궤적을 표현하였다.



figure 6. The trace of Mobile Robot

#### 5. 결 론

본 논문에서는 이동 로봇에 GPS와 초음파 센서를 장착하여 자율주행로봇을 만들었다. 로봇 제어의 편의를 위하여 WLAN 기반의 ad-hoc 네트워크를 구성하여 로봇을 제어하였다. 이와 같이 원격으로 연결된 장치에서 손쉽게 목적지 수정이나 로봇 현재 상태가 확인되었다. 또한 로봇이 네트워크에서 중앙에 위치하고 한 대 이상의 단말기로 로봇제어가 가능함을 실험을 통해 확인함으로써 보다 광범위한 공간에서 여러 개의 단말기를 통해 로봇을 제어할 수 있음을 확인하였다. 향후 과제로 보다 정확한 현재 위치 파악을 위해 GPS 이외의 지자기센서등의 사용, GPS 신호가 없는 경우 모터의 상태를 이용하여 현재위치를 추정, 또한 스테레오 비전을 통한 장애물과의 간격 파악 등이 고려될 수 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 황재문, 김상욱, 안중수 저 "GPS와 근접제어 알고리즘을 이용한 자동 항법 시스템 설계", 한국정보기술학회 하계종합학술발표논문집, pp.163~169, 2004.8
- [2] 윤득선, 유환신 저, "확장형 칼만필터를 이용한 무인자동차의 자율항법 최적화 알고리즘 개발", 한국자동차공학회는논문집, 제16권 제3호, pp.7~14, 2008.5
- [3] 박은영, 임하영, 유환신, 김정하 저, "모형차량을 이용한 차선인식과 장애물 회피 알고리즘에 관한 연구", 한국자동차공학회 2004년 춘계학술대회 논문집, Volume III, pp.1484~1489, 2004.6
- [4] 유환신 저 "초음파 센서를 장착한 무인 자율주행 차량의 시스템 구축과 장애물 회피 알고리즘 최적화", 국민대학교 박사졸업논문, 2005
- [5] 윤득선, 임하영, 유환신, 김정하 저 "무인 운항 시스템의 주행안전을 위한 충돌회피 시스템과 알고리즘 개발", 한국항공우주학회지, 제33권 제10호, pp.104~110, 2005.10
- [6] 김정래, 허재두 저 "Ad-hoc 네트워크를 위한 802.11 MAC 기술 동향", 정보통신연구진흥원 학술정보, 주간기술동향1153호, pp.104~110,
- [7] 문희창 저 "무인자율주행차량을 위한 분산제어시스템 설계 및 자율주행 알고리즘 개발" 국민대학교 박사졸업논문, 2008