MAS(Multi-Agent System) 제어를 위한 실외 이동로봇에 관한 연구

이검수, 오성남, 윤동우, 김갑일
명지대학교 전기공학과

Research about the outdoor Mobile Robot for the Multi-agent system Control

Gum-Su Lee, Sung-Nam Oh, Dong-Woo Yun, Kab-Il Kim
Dept. of Electrical Engineering, Myongji University

Abstract - 본 논문에서는 군집간 제어를 위한 이동용 로봇제작과 로봇의 좌표인식, 방향을 찾기 위하여 GPS(Global Positioning System)수신 모듈과 Bluetooth송·수신기를 사용하였다. 실험에 쓰인 모든 이동용 로봇에 GPS수신기와 Bluetooth 송·수신기를 장착하고, GPS 수신기로부터 받은 Master-이동로봇의 위치좌표를 Bluetooth통신 영역 내에 있는 모든 이동로봇에게 보내면 각 Slave-이동로봇은 Master이동로봇으로부터 받은 위치 좌표를 이용하여 Master-이동로봇을 중심으로 상대적인 위치, 거리 유지, 진행방향을 계산한다. Master-이동로봇과 Slave-이동로봇 간의 실시간 통신과 일정거리를 유지함으로써 군집간 제어를 할 수 있다.

1. 서 론

90년대부터 급속도로 발전해온 에이전트는 독립적인 개념에서 벗어나 멀티 에이전트로 발전되고 있으며 이를 응용하여 광범위한 분야에서 적용되고 있다. 멀티 에이전트 시스템의 응용 분야로는 산업체, 통신 산업, 인터넷 관련 , 의료, 게임 산업, 군사 분야 등 많은 분야에서 멀티에이전트 시스템을 적용하고 있다. 특히 멀티에이전트 시스템은 합리적으로 동작하는 복수의 에이전트가 전체의 균형을 유지하면서 각각의 목표를 달성하는 시스템으로 각 에이전트의 목표와 문제해결 상황의 차이에 따라 합의(agreement), 교섭(negotiation),설득(persuasion),경합(competition)등의 프로세스를 통해 문제해결을 추구한다. 최소단위의 멀티에이전트 시스템은 하나의 조정 에이전트(Coordination Agent)와 둘 이상의 응용 에이전트들로 구성된다. 기존 하나의 에이전트는 지식표현과 추론 등을 통해 문제를 해결하지만 하나의 에이전트가 모든 기능을 다 갖출 수는 없으므로 자신이 해결하지 못하는 부분은 다른 에이전트와 협동을 해야 한다. 그러므로 응용 에이전트들 간의 메시지를 전달하고 각 에이전트의 제어를 수행하는 조정 에이전트를 필요로 한다. 조정 에이전트의 학습은 다른 에이전트가 보이는 반응과 정보 등을 수집하고 분석하여 전체 시스템의 효율이 최대화되도록 에이전트들의 기능과 역할 분담을 조정한다. 예로는 협상 에이전트, 자원 할당 에이전트 등을 들 수 있다. 즉 실외 이동로봇에 멀티 에이전트를 적용시키면 한 로봇이 여러 역할을 수행할 수 없으므로 여러 대의 실외 이동로봇이 서로간의 특정임무를 개별적으로 수행하고 로봇간의 협동을 통해 역할을 수행할 수 있다.[1]

로봇간의 위치를 추종하기 위해서 GPS(Global Positioning System)수신 모듈을 사용하였으며 GPS수신기는 여러 개 이상의 GPS위성으로부터 송신된 신호를 수신하여 위성과 수신기의 위치를 결정한다. 지구상에 떠있는 GPS 위성은 지구상으로 위치 데이터를 보내는데, GPS수신기는 이 데이터를 수신하여 현재 위치를 계산해 낸다. 이정보에는 현재 위치의 위도, 경도, 고도의 값이 들어 있다.[2] GPS는 우주부분(SS, space segment),제어 부분(CS, control segment), 사용자 부분(US, user segment)로 구성되어 있다. 초기의 상용자 부분에서는 최대 4개~5개의 위성으로부터 동시에 수신할 수 있었으나 현재는 10개 이상의 위성으로부터 수신이 가능하다. 이 논문에서는 사용자 부분의 GPS를 사용하였다.

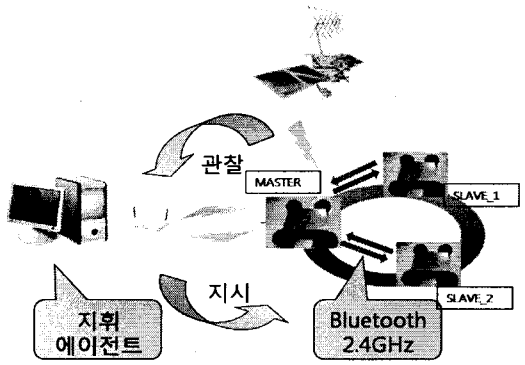
또한 각 로봇들 간의 통신을 위해 블루투스 송·수신 모듈을 사용하였다. 블루투스는 1994년에 연구가 시작되어 1998년에 에릭슨, 노키아,IBM,도시바, 인텔 등이 주도하여 표준화를 시작한 WPAN(Wireless Personal Area Network)기술로 현재는 전 세계2400여개 이상의 회사들이SIG(Special Interest Group)을 구성하여 새로운 서비스 표준화 및 상호호환성 보장을 위해 협력하고 있다. 블루투스는 2.4GHz ISM(Industrial Scientific Medicine)대역 주파수를 사용하는데, 두 대의 기기가 통신할 때에는 1MHz 간격으로 분포한 79개의 주파수들을 약속된 순서로 번갈아 가며 사용한다. 하나의 주파수를 사용하는 시간은 625 마이크로초이다. 이와 같이 고정된 주파수가 아니라 여러 주파수를 번갈아 가며 사용하는 무선통신 알고리즘을 "주파수 호핑" 이라고 부른다. 주파수 호핑을 사용하면 통신방식이 복잡해지지만 삼자 기기에 의한 도청을 방지할 수 있고, 근접한 삼자 기기가 우연히 같은 주파수를 사용하여 발생하는 충돌을 감소시킬 수 있는 장점을 갖고 있어 최근에는 많은 무선통신 기술에 주파수 호핑 기술을 채택하고 있는 실정이다. 전파는 송신 전력을 증가하면 먼 거리까지 도달할 수 있는데 블루투스 기기들은 전파 도달 거리에 따라 클래스 1(100mW,100m), 클래스 2(2.5mW,25m), 클래스3(1mw,10m)로 분류한다. 이 중 블루투스 헤드셋 등 휴대형으로 가장 많은 기기들이 클래스3에 속하며, PC에 사용되는 USB등이 클래스2 기기이고, 많은 전력 공급을 요구하는 클래스1 기기는 주로 계속 전력 공급이 가능한 고정형 게이트웨이(Gateway)나 무선접속점(Access Point)형태이다.[3] 실험에 쓰인 Bluetooth송·수신 모듈은 클래스1에 속한다.

본 논문에서는 무선통신모듈인 GPS(Global Positioning System)와 Bluetooth를 사용하여 Master-이동로봇, Slave-이동로봇의 좌표 및 상대적 위치를 송·수신할 수 있는 이동 로봇을 제작하였으며 상호간의 정보교환을 통해 다른 독립 물체를 추종하는 효과적인 알고리즘을 생성하고 이 실험을 통해 군집간 제어에 대한 기초이론을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 전체 시스템

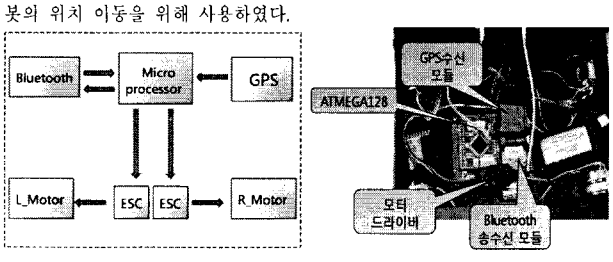
실험에 사용된 전체 시스템도는 그림1과 같으며, 지휘에이전트인 PC와 응용에이전트인 실외 이동로봇들로 구성된다. 지휘에이전트에서는 이동로봇들의 임무수행 지시 및 관찰 기능을 담당하고 응용에이전트인 실외 이동로봇들은 지휘에이전트에서 지시한 역할을 수행한다. 이동로봇들 간의 통신은 GPS위성으로부터 수신 받은 좌표 값을 Bluetooth송·수신모듈을 이용하여 통신을 하고, 각각의 로봇 간 통신을 통하여 Master로봇의 좌표와 방향을 Slave_1, Slave_2 로봇들이 수신을 받아 탐색을 통하여 Master로봇의 위치인식 및 방향을 결정하고 Master-이동로봇의 위치를 추종함으로써 군집간 이동 및 제어가 가능하다.



<그림 1> 전체 시스템도

2.2 로봇 시스템

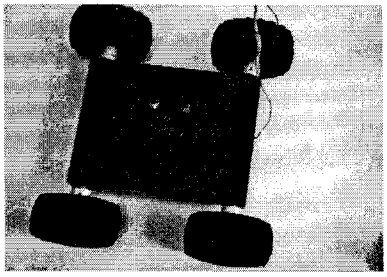
로봇시스템은 연산처리장치인 CPU와 통신모듈, DC모터 구동에 필요한 모터 드라이버를 제작 하였다. Microprocessor는 ATmega128을 이용하여 GPS신호 수신, Bluetooth송·수신 처리 하여 각각의 로봇을 제어 하도록 구성하였다. 각각의 이동용 로봇에 Bluetooth송·수신모듈과 GPS가 각각의 로봇에 장착되어 있으며 모터 드라이버는 듀얼채널 MOS FET을 사용하여 모터제어를 하였으며. Master-이동로봇에는 RC모듈을 사용하여 Master-로봇의 위치 이동을 위해 사용하였다.



<그림 2> 로봇 시스템도 및 내부 회로

2.3 기계적 구조

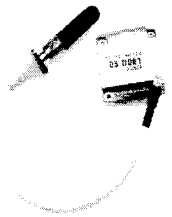
실험을 위해 아래 그림3과 같이 실외 이동로봇을 제작하였다. 메인 프레임은 로봇의 견고성을 위해 강철2T로 제작하였으며 또한 신속한 이동을 위해 1:18비율의 감속비를 사용한 DC모터를 사용하였다. 통신부에서는 Bluetooth송·수신기의 높은 수신율을 위해 안테나를 상판에 설치하였으며, GPS수신기 또한 안테나 일체형으로써 높은 수신율을 위해 상판의 일부분을 제거하였다.



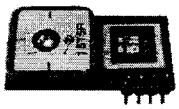
〈그림 3〉 로봇의 외형

2.4 통신 모듈

실험에 쓰인 통신 모듈은 2.4GHz인 블루투스 송·수신 모듈은 RS232기반의 장비에 UART 인터페이스를 통한 모듈형태이며 통신거리는 100m, 패치안테나 적용할 경우 1km까지 송·수신이 가능한 모듈이다.



〈그림 4〉 Bluetooth 송·수신모듈



〈그림 5〉 GPS수신기

표1. Bluetooth 송·수신모듈 제원

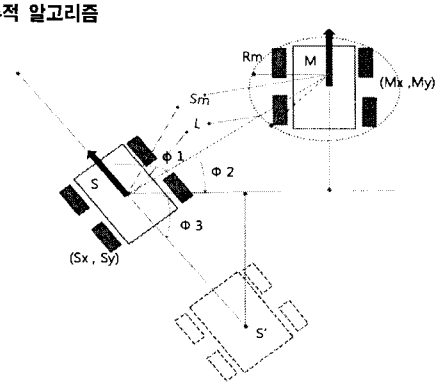
Supply Voltage(Vdc)	Distance(meter)	Baud Rate(Kbps)	Receive Sensitivity(dBm)
3.3	30~100	1200~230	-88

GPS수신기는 패치안테나 일체형 이며, 39mA의 낮은 전력을 사용한다. 또한,GPS의 Data를 처리하여 10여 가지의 정보를 실시간(1초간격)으로 업데이트 되며 날짜, 시간, 속도, 위도좌표, 위성의 수 등 여러 정보를 얻을 수 있다.

표2. GPS 수신기 제원

Supply Voltage(Vdc)	Channels	Baud Rate (bps)	Frequency (MHz)
3.3 or 5	32	9600	1572.42

3. 위치추적 알고리즘



〈그림 6〉 로봇의 탐색 후 이동 경로

실험에서 Master-이동로봇을 추종하기 위한 알고리즘에는 S-로봇, S-로봇의 이전 좌표 값S'의 좌표 값을 알아야 하며, 로봇의 반경 주위까지의 거리를 계산을 해야 한다.각 Φ1의 값을 알수 있다면 M-로봇에 대한 S-로봇의 방향을 설정 할 수 있다. 로봇이 향해야 하는 각도$\theta 1$의 값은 (1)과 같이 계산 된다.

$$\theta 1 = \tan^{-1}\left(\frac{\theta 2 - \theta 3}{1 - \theta 2 \cdot \theta 3}\right) \quad (1)$$

S-로봇이 M-로봇을 추적을 하기 위해서는 M-로봇의 원 주위까지 도달하면 즉 거리 L을 계산을 하게 되면 S-로봇은 M-로봇을 추적하게 되는 것이다. L의 거리를 계산하기 위한 수식은 (2), (3)과 같이 계산된다.

$$Sm = \sqrt{(Mx - Sx)^2 + (My - Sy)^2} \quad (2)$$

$$L = Sm - Rm \quad (3)$$

S-로봇과 M-로봇간의 거리인Sm과 M-로봇의 중심으로부터 거리인Rm의 차이가 S-로봇이 이동 하려는 거리와 위치이며 $\theta 1$의 값은S-로봇이 하고자 하는 턴의 방향이 된다. 즉, $\theta 1$ 값과 L, Sm의 값을 구하면 상대 로봇에 대한 방향과 거리를 계산할 수 있다. (1), (2), (3)의 수식으로 부터 로봇의 이동전 좌표 값, 현재 위치와 추종하려 는 로봇의 좌표를 이용하여 거리와 각을 계산하면 Master-로봇을 Slave-로봇이 계속 추종 및 이동을 할 수 있다.

4. 결론 및 향후 과제

이번 논문에서는 군집 간 제어에 필요한 Master, Slave-이동로봇 시스템을 구현하였다. 또한 위치 추적 알고리즘을 통하여 로봇의 위치추종 알고리즘을 구현과 GPS수신기와 Bluetooth송·수신기를 사용하여 Master-로봇과 Slave-로봇들 간의 통신알고리즘을 구현하였다. 하지만 Bluetooth송·수신기의 1:N통신 제한으로 인해 Master-이동로봇에는 2대의 Bluetooth송·수신기를 설치하고 2대의 Slave-이동로봇을 제작하였다. 또한, 위치 이동시 일정 좌표 범위 내에서 Master-로봇을 사람이 직접 제어를 하기위해 RC모듈을 사용하였다.

군집간 제어를 위해 쓰인 이동용 로봇은 관제서버 및 Main-agent가 없는 상태에서의 실험을 실시하였다. 그리고 이동용 로봇에 장착된 Bluetooth송·수신기 또한 통신영역 범위 제한과 실시간 1:N통신이 제한되었다. 향후 과제로서는 Master-이동로봇의 일정 좌표범위내의 자가 움직임과 지휘 agent 설치와 로봇들간의 실시간 1:N통신이 가능한 Bluetooth송·수신기 및 Patch 안테나를 설치하여 Main-agent와 여러 대의 Master, Slave-이동 로봇간의 장거리 통신을 구현 하고 비전센서(무선 카메라 모듈) 또는 온도·습도 센서 사용을 통해 각각의 Slave로봇의 임무 부여 하여 지휘 에이전트→ 관제 서버→ 각각의 로봇에 이르는 Multi-agent system 구축.

감사의 글

본 연구(논문)는 국방과학연구소 지원으로 수행하는 국방무인화기술 특화연구 센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1] 이은석, "멀티에이전트 기술의 실세계 시스템으로의 응용", 정보과학회지, 제15권 제3호, pp.17-28, 1997.3

[2] 장성호,이기혁,우창헌,김동우,윤재경,김수용, "GPS 위성을 이용한 자동차용 자동항법장치용 소프트웨어 개발에 관한 연구", 대한원격탐사학회지

[3] U.Bilstrup and P.-A. Wiberg, "Bluetooth in industrial environment," Factory Communication Systems, 2000.Proc.Of IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, pp.239-246,2000.