

논문 2012-07-04

# 적외선을 사용한 사용자 추종 이동로봇

## (An Indoor User-Tracking Mobile Robot Based on Infrared Signal Detection)

권순태, 박상홍, 주문갑\*

(Soon T. Kwon, Sang H. Park, and Moon G. Joo)

Abstract : We propose a method for an indoor mobile robot to track user with infrared transmitter. Several infrared receivers attached around by the mobile robot enable the robot to determine the moving direction by comparing the received signal patterns. The cost of the proposed system is not only cheaper than ultrasonic system, image signal processing, RFID, and RSSI method, but also robust against environment change because any complex algorithm is not necessary. In the mobile robot, ultrasonic sensors are equipped to avoid obstacles located in the moving direction, and a simple algorithm is embedded to avoid the case of poor signal reception,

Keywords : Infrared sensor, Indoor mobile robot, User tracking

### 1. 서론

최근 정보통신 기술의 급격한 발전으로 인해 네트워크 인프라가 광범위하게 보급되고 있고, 첨단 디지털장비가 일상생활에 보편화됨에 따라, 이를 바탕으로 한 유비쿼터스(Ubiquitous)시대가 도래하고 있다. 그중 객체의 인식과 위치추적에 관련된 연구는 정보통신 서비스를 끊임없이 효과적으로 제공하기 위하여 필요한 기술 중의 하나이다[1-3].

위치 인식 시스템에는 적외선, 초음파, RFID, 영상처리, 신호세기(RSSI) 등을 이용한 다양한 시스템이 있다. 각 위치 인식 시스템의 특성을 요약하면 표 1과 같다. 실외의 위치추적 서비스는 GPS를 활용한 방법을 중심으로 많은 성공사례가 발표되었지만, 실내 환경의 위치추적의 기법은 발표된 논문들에 비해 성공사례가 적은 현실이다[4].

실내 위치추적의 방법으로 가장 널리 사용되는

방법에는 Zigbee와 같은 무선통신 모듈의 신호세기(RSSI)를 이용한 방법과, 다수의 초음파 센서모듈을 이용한 방법, RFID를 이용한 방법, 그리고 영상처리를 통한 추적 방법 등이 있다.

표 1. 위치 인식 시스템 종류 및 특징

Table 1. Location detecting systems and its known features

	인식기술	정확도	한계점
GPS	무선 이동시간을 이용한 거리측정	10m 이내	실외
초음파	초음파 이동시간을 이용한 거리측정	9cm	천장센서 그리드 필요, 외란 영향
신호세기	삼각측량을 이용한 거리측정	상황에 따라 다름	시스템 오차가 크다
RFID	근접방식	1m	센서의 위치를 알아야 함
영상처리	비전 및 삼각측량	상황에 따라 다름	주변 환경 영향, 구현가격

\* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2011. 8. 13., 수정일 : 2011. 09. 09.,

채택확정 : 2011. 09. 30.

권순태, 주문갑 : 부경대학교 정보통신공학과

박상홍 : 부경대학교 전자공학과

※ 이 논문은 2010학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임 (PK-2010-094)

그러나 무선통신 모듈의 신호세기를 이용한 추적의 경우 고정된 환경에서도 신호세기가 일정하지 못하다는 문제점이 발생하며, 초음파 센서모듈은 사용한 위치 추적의 경우 매질과 온도, 장애물과 같은 환경에 따라 간섭이 심한 문제를 가지고 있다. 또한 RFID 태깅 시스템은 여러 개의 태그가 존재할 때

리더가 태그를 제대로 식별할 수 없으므로 충돌을 방지하기 위한 효율적인 anti-collision 알고리즘이 보장되어야 하며, 영상처리의 경우 조도, 명도 등에 따라 처리의 결과가 달라지며, 방대한 연산과정이 포함되므로 고성능의 프로세서를 요구하는 단점이 있다[5-10]. 이러한 문제점으로 인해 수많은 연구가 이어지고 논문이 발표되에도 불구하고 상용화되는 제품에는 제대로 적용되지 못하고 있다.

본 연구에서는 실내에서 사용자의 위치를 추적하는 것이 아니라, 이동로봇이 적외선 센서를 사용하여 사용자를 추종하는 방법으로, 저렴한 주변 환경변화에 둔감한 시스템을 제안하고자 한다.

## II. 이동로봇 구성

본 논문에서 구현한 실내 사용자 추적로봇의 시스템은 그림 1과 같다. 적외선 발광 센서를 통하여 명령신호를 송출하는 명령 송신기와 송출된 명령신호를 인식하고 신호의 경로를 추적하여 명령 송신기 까지 이동하기 위한 이동로봇으로 구성되며, 명령 송신기와 이동로봇 사이에는 적외선 신호로 명령을 주고받는다. 그리고 이동로봇이 주행 중에 장애물을 감지하고 회피하기 위하여 초음파 센서가 있다.

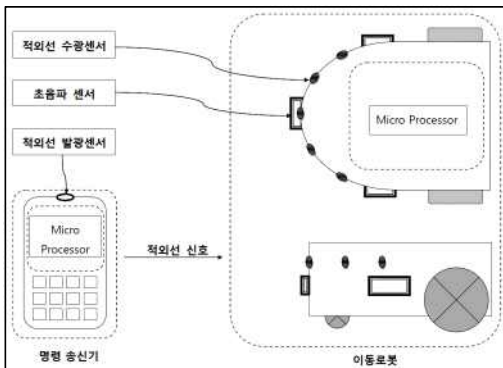


그림 1. 시스템 구성도  
Fig. 1. System configuration

### 1. 이동로봇

본 논문에서 사용된 이동로봇은 그림 2와 같다. 로봇의 구동부는 스텝모터와 모터드라이버로 구성되어 있고, 이동로봇의 둘레로 적외선 명령을 수신할 수 있는 적외선 수광 센서가 장착 되어있다. 그리고 주행중 장애물회피나 방향판단이 어려운 경우

자세를 교정하는 동작에 사용되는 초음파 센서가 장착 되어 있다. 그리고 이동로봇의 모든 하드웨어를 제어하는 메인프로세서로 ATmega128이 내장되어 있다.



그림 2. 실내 이동 로봇  
Fig. 2. Indoor mobile robot

### 2. 명령 송신기

본 논문에서 사용된 이동로봇에 명령신호를 보내는 명령 송신기로는 그림 3과 같은 범용 리모컨을 사용하였다. 일반적으로 가정에서 사용되는 범용 리모컨의 경우 대부분 적외선 발광센서를 탑재하여 명령 신호를 송출한다. 적외선은 가시광선의 붉은색 밖에 있는 빛으로 멀리 도달하진 못하지만 비교적 간단하고 혼선 없이 정보를 전달한다. 또한 각각 다른 주파수로 변조를 통하여 혼선 및 외부 광원에 대한 영향을 제거하여 사용자를 쉽게 구분하고 인지 할 수 있다.



그림 3. 명령 송신기  
Fig. 3. Command transmitter

## III. 적외선 추적

### 1. 적외선 신호의 수신 방향 판단

이동로봇의 적외선 수광 센서는 KSM-603 시리즈를 사용하였다. 그림 4는 KSM-603 센서의 주파수에 따른 수신거리를 나타낸다[11].

그림 4에서 보이는 것과 같이 37.9khz에서 가장 높은 수신거리를 가질 수 있으며, 37.9khz의 주파수를 권장하고 있다. 따라서 송신부는 반송파 주파수(carrier frequency)를 37.9khz로 하고 변조방식은 PPM(Pulse Position Modulation)을 사용하였다. 변조된 적외선 신호는 약 15m 정도의 거리를

보장 한다고 알려져 있다. 또한 수신부에 BPF(대역 통과필터)를 설계하여 외부적외선, 조명 등의 외란을 차단하였다. 이동로봇은 둘레에 부착된 적외선 수광 센서로부터 신호 입력 유무를 판단하여 로봇의 방향을 제어하여 명령 송신기까지 전송 경로를 추적하여 주행을 한다. 만약 적외선의 전송거리가 부족하다면 광공진기(Optical cavity)와 같은 렌즈를 설계하여 전송거리를 증가시킬 수 있다[12].

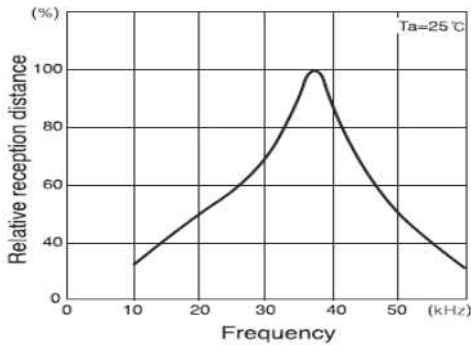


그림 4. 주파수에 따른 수신 거리  
Fig. 4. Relative reception distance

표 2는 본 논문의 이동로봇이 주행할 때 수신패턴에 대한 적외선 신호의 수신 방향을 나타내고 있다. 이동로봇에 구비된 5개의 적외선 수광 센서로부터 검출될 수 있는 32개의 신호 수신 패턴을 바탕으로 표 2와 같이 적외선 신호의 수신 방향을 유추할 수 있다. 신호가 좌우 대칭된 형태로 수신되어 방향 판단이 어려울 경우, 이동로봇은 정면과 좌우 측면에 구비된 초음파센서를 사용하여 적외선 수신에 원활하게 이루어지도록 로봇의 자세를 바로잡는다.

표 2. 신호 패턴에 따른 방향 판단

Table 2. Direction by received signal pattern

로봇의 동작	신호 패턴 (● : 신호있음 ○ : 신호없음)	주행 각도(°)
정지	○○○○○	N/A
직진	○○○○○	N/A
방향 판단을 위하여	●○○○●	N/A
	○●○○○	N/A
	●○●○○	N/A
	○●●○○	N/A
	○●●●○	N/A
제자리 회전	●●○○●●	N/A
	●●●●●	N/A

왼쪽으로 방향전환	●○○○○	-30
	●●○○○	-25
	●●●○○	-20
	●●●●○	-18
	●●○●○	-16
	●○○●○	-15
	●○●●○	-12
	○●●○○	-11
	○●○○○	-10
	●●●○●	-8
오른쪽으로 방향전환	●○○○●	-6
	●○○●○	-3
	○○○○●	30
	○○○●●	25
	○○●●●	20
	○●●●●	18
	○●○●●	16
	○●●○●	15
	○●●●○	12
	○○●●○	11
	○○○●○	10
	●○●●●	8
●○○●●	6	
○●○○●	3	

2. 이동로봇의 주행 방법

본 논문에서는 빛의 특성 중 직진성과 반사성질을 이용한다. 적외선은 같은 매질 속에서는 직진성질을 가지고 어떠한 표면에 부딪혀 반사하게 될 때 그림 5와 같이 입사각과 반사각은 같은 특성을 가지고 있다.

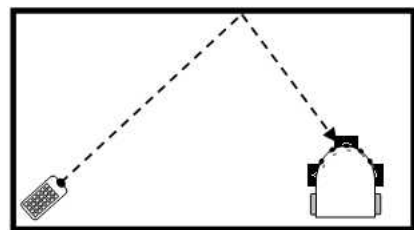


그림 5. 적외선의 반사 특성

Fig. 5. Reflection property of infrared signal radiation

따라서 적외선 신호의 전송경로에 장애물이 존재하여도 반사를 통해 이동로봇으로 전송이 가능하고, 적외선의 전송 특성을 파악하여 이동경로를 역추적 할 수 있다. 이동로봇은 구비된 5개의 적외선 수광 센서로부터 적외선 명령을 입력 받을 수 있으며, 각 센서의 적외선 신호 입력 패턴을 통하여 수

신 방향을 검출한다.

적외선 신호 입력 패턴을 통하여 신호의 입력방향을 검출하고 이동경로를 역 추적하여 주행하게 되면, 이동로봇은 적외선 신호가 전송되어온 경로를 따라 이동하는 것과 같다. 적외선 신호는 장애물을 만날 경우 반사를 통하여 전송되어 왔기 때문에, 전송 경로를 따라 이동하게 되면 장애물을 회피하여 명령 송신기까지 주행할 수가 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 실내 추적 시스템에서 별도로 구현하던 이동로봇의 경로를 결정하는 알고리즘이 없어도 장애물을 회피하며 명령 송신기까지 주행할 수 있는 경로를 얻을 수가 있다.

그림 6과 같은 경우 적외선 신호의 전송 경로를 추적하여 명령 송신기까지 이동로봇의 주행 경로가 설정된다. 이러한 경우 특별한 조치 없이 적외선 신호를 역 추적하여 사용자의 위치까지 이동로봇이 도달할 수 있다.

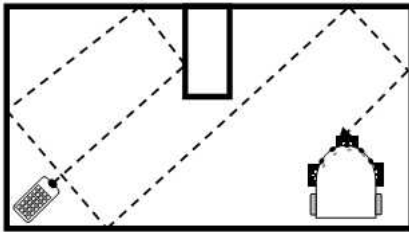


그림 6. 적외선 수신 장애가 없는 경우  
Fig. 6. Case of well detected signal

하지만, 적외선 신호가 표면이 고르지 못한 벽면에 반사되면 난반사, 난굴절에 의해서 적외선이 불규칙적으로 흩어질 수 있고, 협소한 공간에서 신호를 수신하게 될 경우 반사 신호들의 간섭에 의해 그림 7과 같이 적외선 신호의 수신방향을 찾을 수 없는 경우가 발생한다.

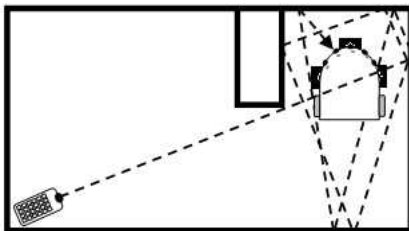


그림 7. 방향을 판단할 수 없는 형태  
Fig. 7. Case of pool signal caused by diffused reflection

이러한 경우 이동로봇은 정면과 좌우 측면에 구비된 초음파 센서를 사용하여 벽면이 아닌 열린 공간을 향하여 회전, 이동하여 그림 8과 같이, 적외선 신호를 수신하여 방향을 판단할 수 있는 자세, 위치로 움직인다.

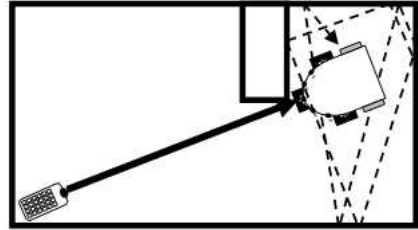


그림 8. 자세 보정 후 이동로봇의 방향  
Fig. 8. Direction of robot after posture correction

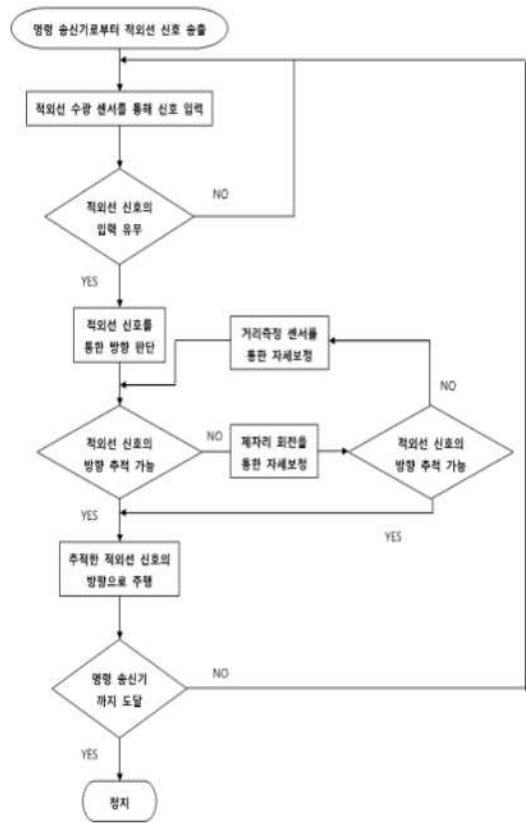


그림 9. 방향판단을 위한 블록다이아그램  
Fig. 9. Block diagram for detecting direction

그림 9는 이동로봇의 방향판단에 대한 블록 다이어그램이다. 명령 송신기가 적외선 신호를 송출하면 이동로봇의 적외선 수광 센서를 통해 이를 감지한다. 방향 판단이 가능하면 판단된 방향으로 주행을 하고, 방향을 판단할 수 없으면 제자리 회전과, 거리 측정 센서를 이용하여 방향을 판단할 수 있는 위치나, 방향으로 자세를 보정한다. 그리고 판단된 방향으로 주행을 한다. 이러한 과정들을 명령 송신기에 도달할 때까지 반복하며 이동로봇이 이동을 한다.

IV. 실험

실험을 통하여 성능을 확인해 보았다. 실험 환경은 그림 10, 11과 같이 장애물이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우이며, 장애물이 없는 경우의 수신패턴, 장애물이 있는 경우의 수신패턴, 갇힌 공간에서의 수신패턴을 각각 100회씩 수행하였다.



그림 10. 장애물이 없는 경우  
Fig 10. Case of no obstacle



그림 11. 장애물이 있는 경우  
Fig 11. Case of an obstacle

장애물이 없는 경우 그림 5에서 나타난 적외선의 반사특성을 측정 하였다. 표 3에 나타난 결과와 같이 대부분 일정한 수신 패턴을 보여줬으며, 이동 방향을 판단한 주행각도 역시 일정한 방향을 나타

내는 것을 확인하였다.

표 3. 장애물이 없는 경우 수신 신호 패턴  
Table 3. Received signal patterns in case of no obstacle.

수신패턴	빈도	주행각도(°)
○●○○○	87	-10
○●●○○	5	-11
●●○○○	5	-16
●●○○○	3	-25

장애물이 존재하는 경우 그림 6에서 표현한 실험을 진행한 결과 표 4과 같은 결과를 얻었다. 장애물이 없는 경우 보다 수신패턴의 변화가 잦지만 주행각도는 일정한 방향으로 나타남을 확인하였다.

표 4. 장애물이 있는 경우 수신 신호 패턴  
Table 4. Received signal patterns in case of an obstacle.

수신패턴	빈도	주행각도(°)
○●○○○	40	-10
●●○○○	35	-16
●●○○○	25	-25

그러나 그림 7에서 표현한 상황을 실험한 결과 표 5와 같은 결과를 얻었으며 수신패턴의 변화가 주행 방향을 결정할 수 없도록 일정하지 않음을 알 수 있다. 이러한 경우 자세보정 과정을 통하여 수신패턴을 통하여 주행 방향을 결정할 수 있는 자세로 수정하게 된다.

표 5. 갇힌 공간에서 수신 신호 패턴  
Table 5. Received signal patterns in closed space

수신패턴	빈도	주행각도(°)
○●○○○	40	N/A
●○○●●	30	6
●○○●○	30	-3

그림 12는 구현된 이동로봇의 동작모습을 나타낸다. 적외선 송신기의 출력이 충분하고, 신호의 난반사, 난굴절이 적은 환경에서 테스트 하였을 때 그림 10에서 보이는 것과 같이 적외선 신호를 추적하며 이동하는 것을 볼 수 있었다. 그리고 그림 7, 그림 8에서와 같이 좁은 공간에서도 자세를 보정하며 적외선을 잘 추적함을 확인하였다. 그러나 검은 벽면이나 적외선을 투과시키는 유리 같은 면에 대한

테스트에서는 적외선이 산란, 투과되어 추적할 수 없는 상황이 발생한다. 적외선이 투과되어 사라진 경우 이동로봇은 적외선을 검출하지 못하고 멈추게 되고, 협소한 공간에 갇혀 산란이 심하게 발생한 경우 방향을 찾지 못하고 제자리에서 계속 회전하는 현상을 보였다.



그림 12. 이동로봇의 동작 모습  
Fig. 12. Behavior of mobile robot

## V. 결 론

위치추적 기술은 유비쿼터스 사외의 특징인 ‘보이지 않는 기술’을 구현하는 핵심 기술 중 하나로 이해되고 있다. 이에 따라 다양한 통신 방식을 이용한 위치추적 기술이 연구되고 있다. 하지만 기존 실내 위치 추적 시스템은 실내환경의 빈번한 변화에 능동적으로 대응하지 못하여 정확한 위치 측정이 어려운 문제가 있다.

본 논문에서는 실내 위치 추적이 아닌 적외선 기반의 실내 사용자 추적 방법을 제안하였다. 사용자는 적외선 명령 송신기를 통하여 이동로봇을 직접 제어할 수도 있으며, 추적모드를 선택하여 명령 송신기로부터 송출되는 적외선 명령 신호의 전송 경로를 추적하여, 이동로봇이 사용자가 있는 곳까지 자율이동을 하도록 설정할 수도 있다. 또한 장애물이 존재할 때 반사되는 적외선의 특성을 이용하여 로봇의 이동경로를 설정하는 별도의 알고리즘 없이 이동로봇이 명령 송신기까지의 이동 경로를 파악할 수 있는 장점이 있고, 기존의 방법보다 저렴하고 주변 환경변화에 둔감한 시스템을 구현할 수 있다는 장점이 있다.

제안된 시스템은 실내에서 장애인 또는 노약자들을 보조하는 이동로봇 수단에 적용될 수 있을 것이라 판단된다. 하지만 적외선의 투과, 산란 등의 문제점과 제한된 거리등의 문제점을 가지고 있고 추적에 있어서 최단 경로를 얻지 못한다는 단점이 있다. 따라서 향후 연구계획에서는 적외선 센서들을 조합하고 렌즈를 통해 집광시켜 거리를 늘리는 방법과 추가 센서를 도입하여 최단 경로를 예측하여 보다 빠르고 안전하게 사용자를 추종할 수 있도록 하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] J. Hightower, G. Borriello, "Location systems for ubiquitous computing," IEEE Computer, Vol. 34, No. 8, pp.57-66, 2001.
- [2] P. Wellner, W. Mackay, R. Gold, "Computer Argmented Environments: Back to the real World," Communication of ACM, Vol. 36, No. 7, pp.24-26, 1993.
- [3] 신동원, "근거리 위치인식 기술의 확산," 디지털 포럼, 2008.
- [4] E. Kaplan, C. Hegarty, "Understanding GPS: Principles and Applications," Artech House Publishers, 2005.
- [5] H. Jeffrey, B. Gaetano, "Location Sensing Techniques," Technical Report of the University of Washington, CS Department, UW-CSE-01-07-01, 2001.
- [6] 전현식, 박현주, "데이터베이스를 활용하여 NLOS 에러를 보정한 실내 위치 인식 시스템에 관한 연구," 한국데이터베이스학회, 2007

[7] Cricket, <http://cricket.csail.mit.edu>

[8] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, J. Gibbons, "The Active Badge Location System," ACM Trans. on Information Systems, Vol. 10, No. 1, pp.91-102, 1992.

[9] D. C. K. Yuen, B. A. MacDonald, "Vision-based localization algorithm based on landmark matching, triangulation, reconstruction, and comparison," IEEE Trans. Robotics, Vol. 21, No. 2, pp.217-226, 2005.

[10] 안효성, 이재영, 유원필, 한규서, "지능형 로봇 공간을 위한 실내 측위기술," 전자통신동향분석, Vol. 22, No. 2, 2007.

[11] <http://pdf1.alldatasheet.co.kr/datasheet-pdf/view/78723/KODENSHI/KSM-603LF.html>

[12] 유선화, 이승환, 권광호, 민남기, "고출력 NDIR 가스센서를 위한 새로운 Optical cavity 설계," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2006.

저 자 소 개

**원 승 태**



2010년 부경대학교 전자정보통신공학전공 졸업. 현재 부경대학교 정보통신공학과 석사과정.

관심분야: 임베디드 시스템 및 지능형 로봇.  
Email: happy072@nate.com

**박 상 흥**



2004년 포항공대 전자전기공학과 졸업. 2007년 동 대학원 석사. 2010년 동 대학원 박사. 현재 부경대학교 전자공학과 전임 강사.

관심분야: 레이더표적인식, 레이더 신호처리, 스펙트럼 추정 등.  
Email: radar@pknu.ac.kr

**주 문 감**



1992년 포항공대 전자전기공학과 졸업. 1994년 동대학원 석사. 2001년 동 대학원 박사. 현재 부경대학교 정보통신공학과 부교수.

관심분야: 지능제어 및 공장자동화.  
Email: gabi@pknu.ac.kr