

# RTLS를 적용한 산업용 로봇의 위치 제어 기술

이광희, 송병훈\*, 최학수  
전자부품연구원 지능형정보시스템 연구센터  
{khlee, bhsong, haksoo, hslee}@keti.re.kr

## Location Control Technique for Industrial Robots Based on RTLS

Kwanghee Lee<sup>0</sup>, Byunghun Song, Haksoo Choi  
Intelligent IT System Research Center, Korea Electronics and Technology Institute

### 요 약

최근 산업용 로봇에서부터 청소 로봇과 지능형 서비스 로봇에 이르기까지 주행 기능을 갖고 있지만, 제한된 상황에서의 단순한 주행 기능이 거의 대부분이다. 로봇이 복잡한 환경에서 자율 주행 하기 위해서는 로봇의 위치인식이 되어야 가능하다. 지금까지 많은 기술들이 나와 있지만 비교적 고가의 장비로 구현되어야 한다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 IEEE 802.15.4a 기반에 CSS (Chirp Spread Spectrum) 방식의 RTLS를 로봇 위치추적에 사용함으로써 낮은 가격에 로봇의 위치 추적이 가능한 방법을 제안한다. 이를 위해 RTLS 모듈을 제작하였고, 로봇의 위치제어에 사용하였다. RTLS를 적용한 로봇은 비용적인 측면에서 비교적 낮은 가격에 로봇의 현재 위치를 얻을 수 있는 장점을 가지며, 충돌감지 센서와 같은 센서를 통해 간편하게 지도를 작성할 수 있다는 장점이 있다. 또 앞으로 여러 대의 로봇을 동시에 사용하는 환경에서도 각각의 로봇이 위치를 인식하기 위해 드는 비용을 줄임으로 실제 저가의 로봇에 적용 가능할 것이다.

### 1. 서 론

현재 로봇 분야에서 가장 큰 비중을 차지하는 산업용 로봇에서부터 퍼스널 로봇에 이르기까지 로봇의 지능화를 향한 노력은 계속되고 있다. IFR (International Federation of Robotics) 의 보고에 따르면 현재 로봇 시장에서 가장 큰 부분은 산업용 로봇으로 업무용 로봇이나 퍼스널 로봇 시장은 아직 미미한 상황이다 그러나 2015년경에는 퍼스널 로봇 시장이 산업용 로봇 시장과 거의 같은 정도로 확대 될 것으로 예측된다 이에 따라 국내에서는 특히, 2000년 이후 가정용, 오락용, 교육용, 서비스 로봇 등을 상용화 개발하고 있으며 국제 지능 로봇 전시회 등이 국내에서 개최 되는 등 점차 국내 지능 로봇에 대한 산업화의 가능성이 높아지고 있다

이러한 산업적 환경을 바탕으로 로봇을 위한 핵심 기술 중 자동 위치 인식 기술은 응용 서비스를 창출하기 위한 가장 기본적인 기반 기술로 여겨지고 있다 여러 해 동안 많은 시스템들은 자동 위치 인식의 문제에 역점을 두어 다뤄져 왔으며, 각 기술마다 서로 다른 문제 해결 능력을 가지고 조금씩 다른 서비스를 지원하고 있다

기존의 산업 현장에서 사용되었던 주행 로봇 들은 전형적으로 유도선이나 자기 테이프와 같은 경로 표식 선에 의해 운동을 제어해 왔다[1]. 이에 따라 현재 자신의 위치 추정은 쉬운 문제였으나, 이러한 방식은 환경에 대한 능동적인 대처가 불가능하기 때문에 작업 환경이 변화했을 때 많은 문제점을 야기 시키기도 한다

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업- 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(06국토정보C01)에 의해 수행되었습니다.

\* : 교신저자

이러한 문제를 극복하기 위해서 주요 로봇 기업을 중심으로 다양한 자동 위치 추적 시스템을 개발 또는 채용하여 적용 중에 있다.

본 논문에서는 자동 위치 추적 시스템 중에 하나인 RTLS를 이용하여 로봇 위치 제어를 구현하고 검증하는 것을 목표로 하고 있다. 2장에서는 관련 연구로 현재의 로봇 위치 인지 기술과 RTLS의 필요성에 대해 알아보겠다. 3장에서 RTLS를 적용한 위치 제어 모듈 설계를 다루도록 하겠으며, 4장에서는 RTLS를 이용한 주행 로봇에 관하여 살펴보겠다. 마지막으로 5장에서 실험 방법 및 실험 결과를 살펴 본 후 6장에서 결론에 대해 기술한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 국내·외 위치인지 기술

로봇에 있어서 주변 환경에 대한 상황 인식은 기본적으로 현재의 위치가 그 실마리를 제공한다면 로봇 분야 외에 기존의 IT 분야에서 적용되고 있는 위치 인식 기술은 로봇 시스템과 융합되어 적용될 때 기술적 가치가 부가되어 실현될 수 있다. 세계적으로 IT 분야에서 적용되는 위치 추적 기술은 우수한 프로젝트에서 개발되어 왔다.

#### □ 적외선을 이용한 시스템

■ Olivetti의 Active Badge System : 사용자에게 마이크로프로세서가 탑재되어 있는 Active Badge를 부착시키면 매 10초마다 고유한 적외선 식별 신호를 송신하고 사무실마다 고정 설치되어 있는 센서들이 이 식별 신호를 인식하여 중앙 서버로 송신하는 방식의 시스템이다

#### □ 초음파와 신호세기를 이용한 시스템

- Cricket location-support System : Active Bat 시스템을 보완하기 위하여 초음파 발생기들을 이용하여 네트워크를 구축하고 물체에 수신기를 내장하고 움직이는 물체가 자체적으로 삼각 측정 계산을 수행한다
- 영상인식을 이용한 시스템
  - MS의 EasyLiving 프로젝트 : 마이크로소프트 연구소의 EasyLiving 프로젝트는 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 물체의 위치를 알아내는 시스템을 개발하였다
- Ubisense사의 Location Based Service System
  - Ubisense사의 UWB를 이용한 이 시스템은 ubitag, ubisense sensor, ubisense control system과 ubisense 애플리케이션으로 구성되며 UWB를 이용하는 sensor와 ubitag 사이에 통신이 일어나며 ubitag를 지닌 객체의 위치를 인식한다.
- Pinpoint사의 3D-iD system indoor location positioning system
  - Pinpoint 사의 3D-iD는 RF tag를 사용하여 200 feet 이상의 거리상에서 위치를 가늠할 수 있으며 5.8GHz에서 데이터를 송신하고 2.4GHz에서 데이터를 수신한다.
- 워싱턴 대학의 SpotON 프로젝트
  - SpotON 프로젝트는 수신 RSSI의 사용을 평가하기 위하여 SpotON 태그를 개발하여 이를 소규모 사무공간과 사람들에게 설치 및 부착하여 사무공간 내에서 사람들 간의 상태 위치와 절대 위치를 파악하는 방법을 사용한다.
- MS사의 RADAR 시스템
  - RADAR는 MS Research Group이 IEEE 802.11 WLAN 무선 네트워킹 기술에 기초하여 개발된 빌딩 내부 위치 추적을 할 수 있는 시스템이다 RADAR는 미국에서 무선 디바이스가 전송한 신호의 세기와 신호 대비 노이즈 비율을 측정하고 이 데이터를 이용해 빌딩 내부의 2차원 위치를 계산한다

2.2 RTLS 기술을 이용한 시스템

RTLS는 미국 표준인 ANSI/INCITS 371을 기초로 하여 국제표준이 ISO/IEC 24730에서 해당 표준을 제정 중에 있으며, API, 2.4GHz RTLS, 433MHz RTLS의 세 부분으로 나누어 정의되어 있다[2]. RTLS(Real-Time Location System) 기술은 현재까지 위치 인식 기술들 중 기술적으로 가장 최근에 개발 되었으며 제일 앞선 기술로 평가받고 있다 특히 IEEE 802.15.4a 기술을 근간으로 Impulse 통신하는 정밀 RTLS 기술은 가장 기술적 완성도가 뛰어나 로봇 위치 제어와 같은 응용에 가장 적합한 기술로 판단된다 본 논문에서는 2.4 GHz 대역에서 802.15.4a 기반에 CSS (Chirp Spread Spectrum) 방식의 RTLS기술을 적용하겠다.

3. RTLS 모듈

3.1 RTLS 거리측정 방법

RTLS 거리측정에는 다음과 같은 방법들이 있다

- Angle of Arrival (AoA)
- Time of Arrival (ToA)
- Time Difference of Arrival (TDOA)
- Received Signal Strength (RSS)

■ Time of Flight (ToF)

■ Symmetric Double Sided Two Way Ranging (SDS-TWR)

위의 방법들 중에 거리를 측정하기 위해 제작된 보드에서는 nanotron사의 nanoLOC 칩을 사용하였다. nanoLOC 칩은 위에 열거된 거리측정 방법중에 SDS-TWR방법을 사용하였다. SDS-TWR은 거리측정 방법 중에 클럭을 동기화 하지 않는 방법 중의 하나로 측정 방법은 양쪽의 노드가 각각 전송된 신호에 대한 응답신호를 이용하여 거리를 측정하며 다음 그림 1과 같이 양쪽 노드에서 얻은 값을 이용하여 오차를 줄이려는 방법이다[3].

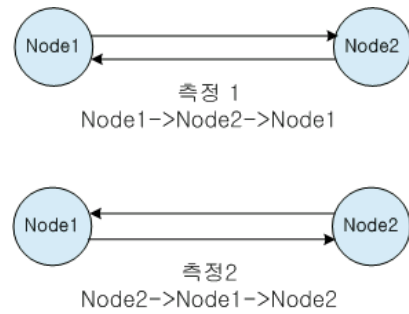


그림 1. Symmetric Double-Sided[3]

3.2 RTLS의 전체 구조

본 논문에서는 IEEE 802.15.4a 기반의 로봇 탑재 RTLS 모듈 개발에 중점을 두고 있다 CSS방식의 RTLS 하드웨어 모듈 개발과 소프트웨어 개발을 통해 로봇에 쉽게 부착할 수 있는 형태로 제작하였다 전체 시스템 구조도는 그림 2와 같다.

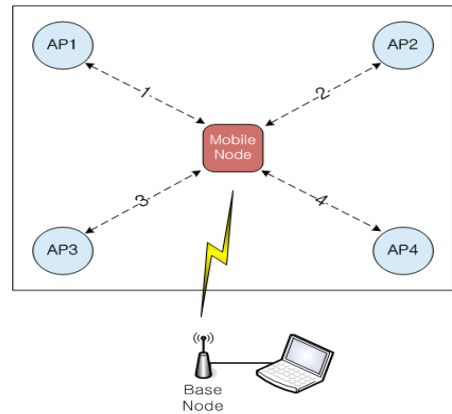


그림 2. RTLS 시스템 전체 구조도

동작원리는 먼저 모바일 노드에서 AP1에게 거리를 측정하기 위한 메시지를 전송함으로써 거리 측정이 시작된다. 위에 설명한 SDS-TWR방식을 이용하여 측정된 값을 저장하고, 모바일 노드가 AP1과 통신한 방법과 동일하게 AP2, AP3, AP4로부터 거리 값을 측정한다 모바일 노드는 AP1, AP2, AP3, AP4로부터 측정된 최종 데이터를 Base Station으로 전송하며, Base Station에서는

수신한 노드간의 거리 정보를 이용하여 삼변 측량을 통해 Mobile Node의 위치를 추정한다

### 3.3 RTLS 모듈의 제작

제작된 RTLS 모듈은 모발일 로봇 주행 시스템의 위치 제어가 최종 목표이다. 그림 3의 RTLS 프로토타입 모듈은 Nanotron 사의 RF통신 모듈을 기반으로 설계되었으며, CSS (Chirp Spread Spectrum) RF 매칭 설계를 통해 구현되었고 저전력 MCU인 ATmega128L을 적용하였다. 그림 3의 모듈을 AP (Access Point) 모드, Mobile 노드 모드, 그리고 Base Node 모드 중 하나의 모드를 선택하여 사용할 수 있도록 제작되었다 따라서 모듈의 id와 mode를 설정해 줌에 따라 다른 기능을 하는 노드가 된다.

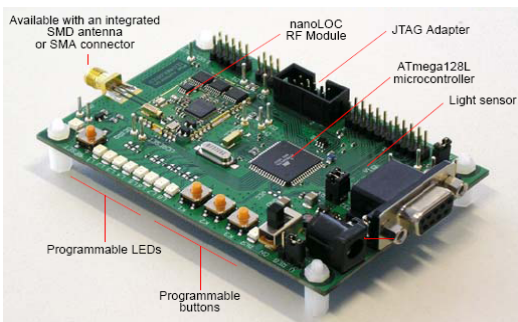


그림 3. RTLS 프로토타입 모듈 (예시)

## 4. RTLS를 이용한 주행로봇

주행 기능과 충돌 감지는 iRobot Create가 제공하는 기능을 이용하였다. iRobot Create는 iRobot사에서 제작한 프로그래밍 가능한 로봇으로 Open Interface라는 미리 정의된 방식으로 제어가 가능하다. 모터 속도 제어 방법은 다음과 같다[4].

■ Drive : [137][Velocity high byte][Velocity low byte][Radius high byte][Radius low byte]

■ Drive Direct : [145][Right velocity high byte][Right velocity low byte][Left velocity high byte][Left velocity low byte]

iRobot Create에 내장된 센서는 15ms마다 센싱된 값으로 갱신된다. 총 43가지의 센서 데이터 패킷이 있으며 데이터를 받아들이는 방법 또한 Open Interface를 이용한다. 한 종류의 패킷을 수신하거나 리스트를 만들어서 한번에 여러 종류의 패킷을 받아들이고 싶을 때는 각각 아래와 같은 방법으로 수신할 수 있다[4].

■ Sensor : [142][Packet ID]

■ Sensor Query List : [149]Number of Packets[Packet ID 1][Packet ID 2]...[Packet ID N]

### 4.1 로봇의 전체 구조

본 논문에서 구현하고자 하는 로봇은 그림 4와 같은 구조를 가진다. 사용되는 장비로는 iRobot Create, RTLS Mobile Module, LN2440SBC (ARM Board) 이다. 각각의 역할을 살펴보자.

■ RTLS Mobile Node : 앞서 소개한 RTLS Mobile

Node는 미리 설치된 AP Node들과 통신하여 그 거리 값을 ARM Board에 시리얼 통신을 이용하여 전송하는 역할을 한다.

■ LN2440SBC (ARM Board) : 지도 작성, 경로 생성, 로봇 제어, 센서 데이터 수신을 주된 기능으로 하는 소프트웨어가 탑재된다. 우선 RTLS Mobile Node로부터 수신된 로봇의 좌표 값을 이용하여 지도를 작성한다. 생성된 지도를 바탕으로 경로를 계획하기도 하고 계획된 경로를 따라 이동하도록 iRobot Create에 Open Interface를 이용하여 명령을 내리게 된다. 이 때 충돌센서 값과 엔코더 값을 수신하여 로봇의 상황을 인식하게 된다.

■ iRobot Create : iRobot사에서 제작한 로봇으로 개발 가능하도록 설계되어 있다. Open Interface를 통해 명령 받은 작업을 수행한다.

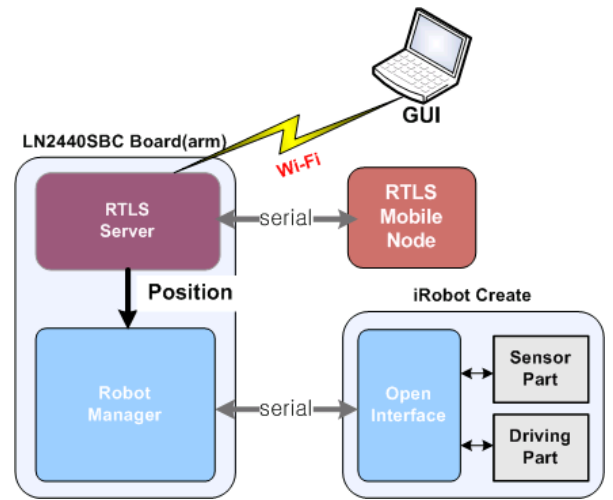


그림 4. RTLS를 이용한 주행로봇 시스템

### 4.2 제어 알고리즘

로봇은 두 가지 방식의 제어방법을 갖는다. 첫째는 탐색모드로 주변 센서를 이용하여 주변 상황을 감지하여 지도를 작성하는데 사용한다. 둘째는 사용자가 원하는 좌표로 빠르게 이동하는 모드로 탐색모드를 통해 작성된 지도를 이용하여 장애물을 회피할 수 있으며 주행 중에 새로 발견한 장애물에 대해 지도를 갱신하게 된다. 비교적 쉽게 지도 작성 및 위치 제어를 구현할 수 있는 이유는 RTLS를 이용하여 현재 좌표를 얻기 때문이다. 이와 대조적으로 현재 계속 연구 중인 비전 초음파, 적외선, 레이저 센서 등은 이전에 작성한 맵 정보와 현재 상황을 비교함으로써 현재 위치를 찾게 되는데[5], 이러한 방법들은 비교적 부하가 크고 비용이 많이 든다.

## 5. 실험 결과

실험은 크게 두 가지로 나누어 실내에서 진행하였다. 첫째 RTLS 모듈의 위치추정 정확도에 대한 측정이고 둘째 RTLS를 적용한 로봇이 이동하면서 위치를 표시하는 실험을 해 보았다. AP1에서 AP4까지의 위치는 표 1과 배치한 후 실험 하였다.

	AP1	AP2	AP3	AP4
X좌표	9.1 m	1 m	1 m	9.1 m
Y좌표	1 m	1 m	4.6 m	4.6 m

표 1. AP의 위치

5.1 RTLS 모듈의 위치 측정

임의의 위치에서 RTLS 모듈의 위치 측정 정확도를 검증하기 위해 실험이다 그림 5와 같이 임의의 위치인 X, Y좌표가 각각 280cm, 280cm지점에 위치하도록 하였다. 이 때 RTLS 모듈을 통해 얻은 위치 정보를 점으로 나타내어 다음과 같은 결과를 얻었으며 로봇의 현재 위치와 RTLS를 통해 얻은 위치 정보에서 50개의 오차 값을 그래프로 그렸을 때 그림 6과 같은 결과를 얻었다.

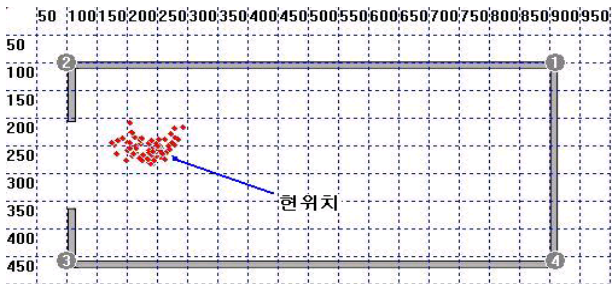


그림 5. 위치 인식 GUI

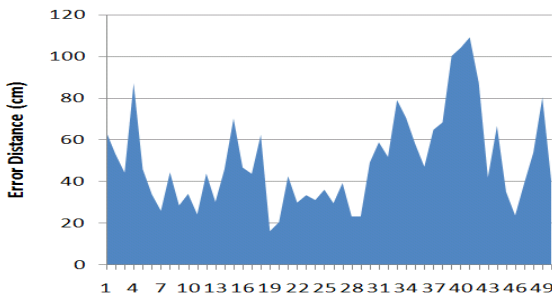


그림 6. 임의의 한 지점에서 위치 측정 오차 값

그림 6에서 알 수 있듯이 대부분 1m 이내의 오차 값을 가짐에 따라 필터링을 통한다면 충분한 개선의 여지가 보인다. 위와 같은 방법으로 3개의 임의의 지점에서 50번 위치 추정해 본 결과 표 2와 같은 결과를 얻었다.

	X좌표	Y좌표	Avg
실험1	280 cm	280 cm	51.8 cm
실험2	505 cm	280 cm	41.1 cm
실험3	810 cm	200 cm	25.1 cm

표 2. 임의의 지점에서 오차의 평균

6. 결론

RTLS는 로봇뿐 아니라 자기의 위치를 얻고자 하는 많은 곳에 응용될 수 있는 기술이다 낮은 가격에 로봇의 현재 위치를 비교적 정확하게 얻을 수 있는 방법으로 수시로 일어나는 환경변화에도 능동적으로 대처할 수 있다는 장점이 있다. 또 여러 로봇이 동시에 로봇의 위치를 찾을 수 있다는 면에서 향후 여러 개의 로봇이 동시에 현재 위치를 찾아야 하는 환경에 적합하다 본 연구에서는 따라서 RTLS를 로봇에 적용하여 구현하였다 아직 위치 추적의 오차 범위가 1~2m 내외라는 점에서 향후 기술적인 개선이 필요할 것으로 보인다 또 소프트웨어적인 필터를 적용함으로 오차 범위를 줄여 나갈 것이라고 예상된다.

7. 참고문헌

[1] 김원, "RFID 환경 기반 이동로봇 시스템" 한국정보기술학회논문지, 제5권, 제4호, 2007.  
 [2] 정동호, 김정효, 지동환, 백윤주, "능동형 RFID를 이용한 RTLS의 설계 및 구현" 한국통신학회논문지, Vol.31, No. 12A, 2006.  
 [3] Nanotron Technologies GmbH, "Real Time Location Systems (RTLS)," White Paper NA-06-0148-0391-1.02, 2007.  
 [4] iRobot Inc., "iRobot Create Open Interface Specification," Application Programming Interface Manual.  
 [5] 이주창, 김현진, 이민철, 강정원, 권인소, 송재복, "자율주행기술," 기계저널, 제47권, 11호, 2007.