

# 실내 환경에서의 경비로봇용 주행시스템

## A Navigation System for a Patrol Robot in Indoor Environments

최 병 옥<sup>1</sup> · 이 영 민<sup>2</sup> · 박 정 호<sup>2</sup> · 신 동 관<sup>2</sup>

Byoung Wook Choi<sup>1</sup> · Young Min Lee<sup>2</sup> · Jeong Ho Park<sup>2</sup> · Dong Kwan Shin<sup>2</sup>

**Abstract** In this paper, we develop the navigation system for patrol robots in indoor environment. The proposed system consists of PDA map modelling, a localization algorithm based on a global position sensor and an automatic charging station. For the practical use in security system, the PDA is used to build object map on the given indoor map. And the builded map is downloaded to the mobile robot and used in path planning. The global path planning is performed with a localization sensor and the downloaded map. As a main controller, we use PXA270 based hardware platform in which embedded linux 2.6 is developed. Data handling for various sensors and the localization algorithm are performed in the linux platform. Also, we implemented a local path planning algorithm for object avoidance with ultra sonar sensors. Finally, for the automatic charging, we use an infrared ray system and develop a docking algorithm. The navigation system is experimented with the two-wheeled mobile robot using North-Star localization system.

**Keywords:** Navigation system, Patrol Robot, PDA Map Modeling, Automatic Charging Station

### 1. 서론

21세기에 들어서면서 전기, 전자 및 정보 분야에서의 기술혁신에 의해 일부 산업현장 및 극한환경에서 사용되었던 로봇을 인간 생활에 이용하여 삶을 더욱더 윤택하게 하고자 하는 연구들이 최근 많은 연구실 및 산업체에서 행해지고 있다. 다양한 연구 성과는 방송매체나 전시회를 통해 간혹 접하게 된다. 그러나 아직은 몇몇 분야의 성과만으로 로봇이 인간 생활에 다가오기에는 미흡한 점이 없지 않다. 로봇연구 분야에는 많은 분야가 있지만 확실히 인간 생활에 실용화되기 위해서는 실내 환경에서 로봇의 위치추정 및 주행 시스템이 선결되어야 할 중요한 연구 중 하나이다[1-2].

위치 추정 및 주행 시스템의 연구에 있어서 지금까지 비전 시스템을 이용한 방법, 레이저 스캐너를 이용한 방법, 초음파 센서를 이용한 방법 등이 연구되어 왔지만 실생활에 이용되기에는 사생활보호, 가격 및 성능에 있어 문제점 등을 안고 있다. 최근에는 외부 장치를 활용하여 정확한 위치추정 및 주행 시스템을 개발 하고자 하는 많은 연구가 이루어지고 있다[3-6].

본 논문은 실질적인 상업적 서비스적용을 위하여 산업체에서 사용하기 쉬운 방식을 선택하여 건물 내부의 도면을 이용, 경비용 센서 및 장애물의 위치를 PDA로 모델링을 수행하여 지도를 작성하고, 이와 같이 작성된 지도 로봇에 전송되며, 로봇은 이를 이용하여 A\*알고리즘을 통해 경로 계획을 수행한다. 계획된 경로대로 이동하기 위한 위치추정 센서를 사용했으며, 또한 경비 로봇의 실용화를 위해 로봇의 배터리 잔량을 측정 자동 충전 장치로 이동하고 도킹하는 시스템 및 알고리즘을 개발 함으로 좀 더 현실적인 연구를 진행하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 우선 2장에서는 현재까지 연구되어진 외부장치를 이용한 로봇의 위치추정 방법에 대해 알아본다. 3장은 경비 로봇의 위치추정 센서 및 하드웨어 구성을 살펴보고, 4장은 PDA를 사용한 경비로봇의 실내 환경에 대한 정보 획득 모델을 제시 하고, 5장은 지도 정보를 이용한 경로계획 및 경로 추정, 맵 정보에 없는 장애물 회피 방법 소개, 6장은 주행프로그램의 구성, 7장은 위치추정 센서와 적외선 센서를 이용한 자동 충전 알고리즘 제시, 8장은 시뮬레이터를 이용한 경로 계획 및 구동실험, 마지막 9장은 본 논문의 결론을 정리한다.

<sup>1</sup> 서울산업대학교 전기공학과 교수

<sup>2</sup> 서울산업대학원 전기공학과 석사과정

## 2. 외부 장치를 이용한 위치추정 방법 소개

로봇의 위치추정을 위한 방식은 서론에서 소개 하였듯이 로봇에 장착된 센서만을 이용 로봇의 위치를 추정하는 연구가 대부분을 이루고 있었다. 하지만 외부장치를 이용하여 로봇의 위치를 추정하거나 오차를 보정하는 연구가 최근 진행 되어, 그중에서 상업화가 진행되고 있는 3가지 방식을 소개하고자 한다.

첫 번째는 RFID를 이용한 방법으로 RFID는 각종 물품에 소형 칩(RFID 태그)을 부착해 사물의 정보와 주변 환경정보를 무선주파수로 전송 처리하는 비접촉 인식시스템으로, RFID태그를 실내 바닥이나, 벽면에 부착하여 로봇에 장착된 RFID 리더로 로봇이 위치한 지점의 RFID태그를 읽어 들여 로봇의 위치를 추정하는 방법이 연구 되었다. 그러나 아직은 이동 중 RFID태그의 인식률, RFID 태그설치의 어려움이 개선할 부분으로 남아있다[7-8].

두 번째는 초음파센서로 지금까지 맵 작성, 주행 장애물 판별과 회피에 주로 사용 되었다. 그러나 실내 천장에 설치된 초음파 발신 모듈과 로봇에 장착된 수신 모듈로 3각 측정 기법을 활용 초음파 발신 모듈과 로봇 사이의 거리를 알아내어 현재 로봇 위치를 추정하는 방법이 연구 되었다. 하지만 이방법도 설치 및 확장성에 대한 개선이 남아있다[9-10].

마지막으로 근적외선을 이용한 방법은 근적외선 발광 모듈을 천장에 설치, 로봇에 장착된 근적외선 수신모듈에 입사되는 근적외선의 입사각을 계산하여 현재 로봇의 위치를 추정하는 방법이다. 현재 설치 및 확장성을 해결을 위한 방법으로 로봇에 발광과 수신 모듈을 모두 장착하고 천정에는 근적외선 반사율이 뛰어난 물질을 사용 스티커 형식의 랜드 마크를 부착하는 방법이 개발 되어 있다. 하지만 아직도 바닥의 기울기에 따른 오차 문제가 해결할 과제로 남아 있다[11].

## 3. 위치추정 센서 및 하드웨어 구성

경비 로봇의 구성은 센서부, 제어부, 구동부로 이루어져 있다. 경비로봇에 사용되는 센서로는 근적외선 방식의 Evolution Robotics 사의 North-Star 제품명의 위치추정 센서모듈과 경비로봇에 저장된 맵 정보에 없는 장애물을 감지하는 초음파 센서, 자동 충전을 위한 적외선 센서로 이루어져 있다.

North-Star 모듈은 그림 1과 같이 수신부와 발광부로

이루어져 있으며, 발광부에서 한 쌍의 근적외선을 실내 공간의 천정으로 투영하면, 수신부에서는 이를 감지하여 경비로봇의 위치 및 회전 각도를 산출 시리얼 통신을 통해 제어기로 위치 데이터를 전송한다.

North-Star의 샘플링 주기는 100msec 이고, 측정범위는 실내 환경의 천정 높이에 차이는 있지만 권장높이 2.5m에 가로, 세로 각각 3.5m 범위로 정하고 있으며, 발광모듈을 추가하면 측정범위를 확장할 수 있다.

제어부분은 그림 2와 같이 PXA270 임베디드 프로세서를 기반으로 한 임베디드 보드에 Linux 2.6.9를 직접 포팅 사용하였으며, PXA270에서 기본적으로 제공하는 시리얼 포트로 각 장치들과 통신하기에 부족하여 확장 사용한다. 임베디드 보드는 센서로부터 얻은 환경정보를 바탕으로 경로 계획을 세우고 이를 토대로 BLDC모터의 제어명령을 시리얼 통신으로 DSP 제어 보드에 하달하는 중추적 역할을 수행한다.

구동 부분은 전 2륜 구동으로 BLDC 모터와 전압 변환 및 임베디드 보드에서 전송받은 주행 명령에 따라 BLDC 모터를 제어하기 위한 DSP 제어 보드로 구성되어 있다.

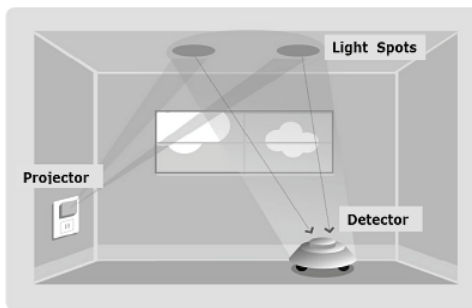


그림 1. North-Star 구성 및 원리

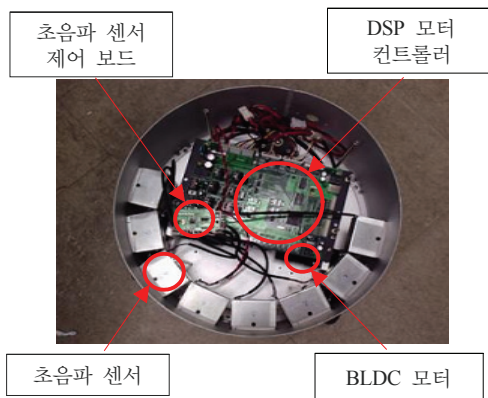


그림 2. 초음파 센서 모듈 및 구동부

#### 4. PDA를 이용한 환경 지도 모델링

일반적으로 실내 환경을 정보화해 지도를 생성하는 데에는 여러 가지 센서를 이용한 스캐닝 기법이 사용되어진다. 그러나 경비 로봇에 있어서는 경비업체와 연계되어 사용되어지기 때문에 경비업체 직원이 전문적으로 로봇을 관리할 수 있는 환경에 있다. 그러므로 스캐닝 기법을 이용하지 않고 직접적으로 현장의 환경을 실측하여 PDA와 같은 단말기를 이용하여 기본 지도에 실제 환경에서 설치된 센서의 위치와 장애물을 모델링 하고 이를 경비로봇에 전달함으로 경비로봇은 정확한 맵을 이용 위치추정 및 경로계획의 정확성을 높일 수 있다.

개발된 PDA용 지도 생성기는 그림 3과 같이 경비업체에서 수집한 해당 환경의 도면을 기본으로 하여 도면 상에 장애물의 위치 및 크기, 침입 감지 센서 위치, 자동 충전 시스템 위치 정보를 입력 하도록 구성되어 있다. 그림 4는 모델링된 데이터 정보를 나타낸다.

최종적으로 모델링을 완료하면 최종결과를 저장하고 이를 시리얼 통신을 통해 PDA에 저장된 환경 지도 정보를 경비로봇으로 전송한다.

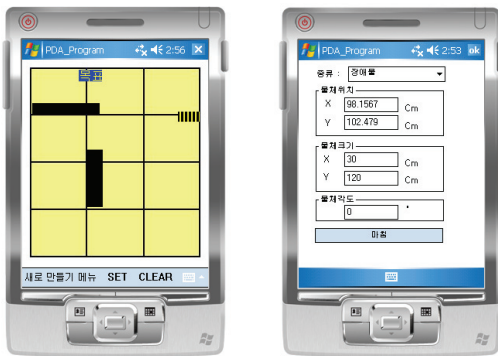


그림 3. PDA를 이용한 지도 정보 입력

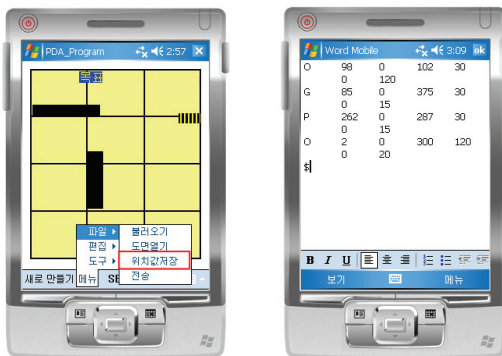


그림 4. 지도 정보 저장 및 데이터 형식

#### 5. 경로 계획 및 추종 알고리즘

경비로봇은 기술적으로 구현을 쉽게 하고, 상업적 적용을 가정하여 맵 정보를 관리자에 의해 입력받도록 되어 있으며, 입력된 지도를 기반으로 주변 환경을 기하학적으로 모델링 하고, 현 위치에서 위치 측정범위 내 임의의 지점 또는 침입 감지 센서 등의 목표지점으로 운동 공간상에서 이동할 수 있는 경로계획을 A\* 알고리즘을 사용해 계획한다.

A\* 알고리즘은 인접한 상태(node)들을 반복 조사해 나가면서 시작 위치부터 이동하고자 하는 목표 위치까지의 최소 경비(cost)가 소비되는 경로를 구한다. 특히 여러 장애물이 있는 지도 상에서 목표위치까지의 경로를 구하는데 효과적으로 사용되고 있다[12].

상위에서 주어진 경로계획을 추종하기 위한 경로 추종 제어 알고리즘의 흐름 (pseudo code)은 다음과 같다.

```

while(1)
//GLRenderScene(void *pData) in mfcglView.cpp
{
....
Robot_Environment_Draw( );
....
Kinematic( );
....
}

```

Kinematic()은 기본적으로 이동로봇 양 바퀴에 대한 선속도 명령을 생성해내는 control\_input() 함수와 이를 받아서 이동 로봇의 운동을 생성해내는 기구학 부분으로 이루어져 있다. control\_input() 함수는 인자로서 목표점의 x, y 위치 값을 받으며, 결과로서 이동로봇의 몸체 속도,  $v_{robot}$  과 방향 각속도,  $\omega_{robot}$  을 만들어 낸다. 이 몸체 속도 및 방향 각속도는 양 바퀴에 대한 선속도명령  $v_{Rwheel}$  및  $v_{Lwheel}$  로 변환할 수 있다. 단순 차동형 바퀴를 갖는 이동로봇의 몸체 및 바퀴의 속도 관계식은 다음과 같다.

$$v_{Rwheel} = v_{robot} + D/2 \cdot \omega_{robot} \quad (1)$$

$$v_{Lwheel} = v_{robot} - D/2 \cdot \omega_{robot}$$

여기서  $D$ 는 양 바퀴 사이의 거리를 의미한다. 물론 바퀴에 대한 선속도 명령은 다시 바퀴의 반지름을 고려

하여 바퀴 모터에 대한 각속도 명령으로,  $\omega_{wheel} = \frac{v_{wheel}}{r}$  로 변환할 수 있다. 여기서  $\omega_{wheel}$  는 바퀴의 각속도,  $v_{wheel}$  는 control\_input()에서 생성된 바퀴의 선속도, 그리고  $r$  은 바퀴의 반지름을 의미한다. 주어진 목표점에 이르기 위한 양 바퀴의 속도명령을 생성해내기 위한 control\_input() 함수는 다음과 같이 두 단계를 갖는다.

■ 단계 1: 방향각을 맞추는 단계

■ 단계 2: 정해진 방향각으로 목표 위치를 추종하는 단계

단계 1에서는 이동로봇이 먼저 목표점을 향하도록 방향각을 제어한다. 이를 위해 필요한 이동로봇 몸체의 방향 각속도  $\omega_{robot}$  는 다음과 같이 제어된다.

$$\omega_{robot} = K_{\theta} \cdot \theta_{error} \quad (2)$$

여기서  $K_{\theta}$  는 제어 이득이며,  $\theta_{error} = \theta_d - \theta$  이다. 물론  $\theta_d$  는 아래 그림 5와 같이  $\theta_d = \tan^{-1} \frac{y_g - y}{x_g - x}$  로 계산되며,  $x$ ,  $y$  및  $\theta$  는 이동로봇의 현재 위치 및 방향 각이다.

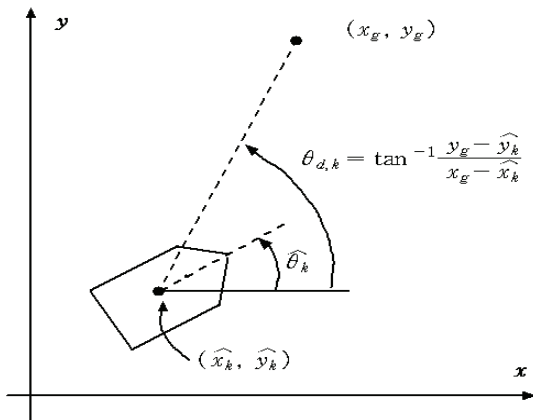


그림 5. 이동 로봇의 기구학

이 단계에서  $v_{robot} = 0$  이므로, 역 기구학식에 의하여 각 바퀴의 선속도는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} v_{Rwheel} &= D/2 \cdot \omega_{robot} \\ v_{Lwheel} &= -D/2 \cdot \omega_{robot} \end{aligned} \quad (3)$$

단계 2에서는 이동로봇이 단계 1에서 정해진 방향으

로 목표점에 이르도록 제어한다. 이를 위한 이동로봇 몸체의 속도 제어는 다음과 같다.

$$v_{robot} = K_p \cdot l_{error} \quad (4)$$

여기서  $K_p$  는 제어 이득이며,  $l_{error}$  는 이동로봇의 현재 위치와 목표 점까지의 거리로서 다음과 같다.

$$l_{error} = \sqrt{(x_g - x)^2 + (y_g - y)^2} \quad (5)$$

이상적인 경우, 식 (4)와 같은 제어 방식으로 충분하지만 로봇 바퀴와 지면의 불균일성과 로봇의 부드러운 움직임에 의해 실제의 경우는 다음과 같이 방향각 오차 수정 및 미분 제어 방식을 반영한다.

$$\begin{aligned} v_{robot} &= K_p \cdot l_{error} + K_d \cdot \dot{l}_{error} \\ \omega_{robot} &= K_{\theta 2} \cdot \theta_{error} \end{aligned} \quad (6)$$

마찬가지로 식 (1)을 이용하여 식 (6)을 각 바퀴에 대한 선속도 식으로 변환할 수 있다. 이와 같이 주어진 공식식을 기반으로 경비로봇의 경로추종 주행이 이루어진다.

경비로봇은 또한 작업환경 변화에 의해 관리자가 매번 맵 정보를 업데이트 할 수 없으므로, 기존 맵 정보를 토대로 경비로봇이 경로계획을 수행 후 주행을 하더라도 맵 정보에 없는 장애물에 충돌하지 않고 회피할 수 있도록 전방부의 초음파 센서를 이용하여 장애물을 탐지하며, 장애물 탐지 시 경로주행을 멈추고 Wall-following을 통해 장애물을 회피한 후 다시 경로계획을 세워 목표점 까지 주행한다.

## 6. 주행 프로그램

경비로봇의 주행프로그램은 POSIX 쓰레드를 기반으로 North-Star 와 초음파 센서를 각각 쓰레드 함수로 구현 항상 경비로봇의 위치 및 주변 환경의 정보를 체크하고, 메인에서는 센서정보를 참조 경로 계획 및 주행을 하도록 설계되어 졌다.

주행 프로그램 가동 시 우선적으로 맵 파일을 로드하여 고정된 장애물, 침입감지 센서, 파킹 포인트를 각각의 인자로 분류하여 데이터 베이스화 하고, 이를 이용 경로계획을 위한 공간분할 작업을 실행한다. 공간분할은 그림 9와 같이 가시점(point of visibility) 방식으로 장애물의 볼록 정점을 경로계획을 위한 위치로 지정하는 것이다.

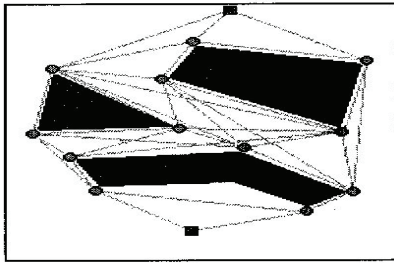


그림 9. 가시점 공간 분할 방식

전체 주행 프로그램의 구성을 그림 10에 나타내었다. 경로계획을 위한 맵 작업 후 임베디드 보드에 연결된 통신포트들을 오픈하고, North-Star에서 얻어진 좌표 값을 맵 좌표와 일치 시키는 작업을 수행하면 초기화 과정은 종료한다.

이후 각각의 목적에 맞는 쓰레드를 생성하여 센서를 항시 스캐닝 하고, 다음 작업을 수행하기 위한 명령을 대기하고, 명령에 따라 침입 감지 센서로 이동을 하거나, 자동 충전을 수행하는 작업을 수행하게 된다.

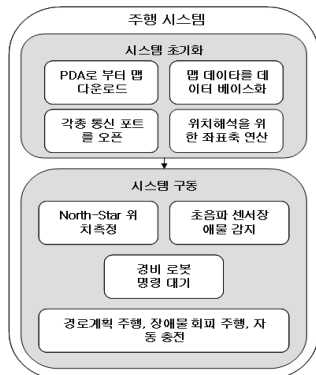


그림 10. 주행 프로그램 구성

### 7. 자동 충전 알고리즘

경비로봇은 상업화를 위해서는 기본적으로 자동충전을 기능을 요구하게 된다. 본 논문의 경비로봇에도 자동충전을 위해 North-star와 적외선 센서를 이용하여 자동충전 알고리즘을 소개 하고자 한다.

우선 경비로봇은 항시 전압 및 전류를 체크하여 전원이 부족하게 되면 다른 중요 작업이 없을 시에 자동충전을 수행 하게 된다. 최초 맵 정보를 작성할 때 고정된 위치에 파킹 포인트를 입력 해주면 로봇은 맵 상의 파킹 포인트로 North-Star의 위치정보를 이용 이동 하게 되며, 파킹 포인트는 충전플랫폼 정면에서 1m 지점을 기본으

로 설정하게 된다. 이후로는 North-Star의 정보에 의존하지 않고 그림 11과 같이 경비로봇 전면부의 7개의 적외선 센서를 이용하여 충전 플랫폼 중앙에서 발광하는 적외선 신호를 탐지하여 경비로봇의 가운데 적외선 센서와 플랫폼의 적외선 발광 원을 맞추어 가면서 충전단자 앞 30cm 까지 이동을 하고, 이동이 완료되면 경비로봇의 후면에 위치한 충전단자와 도킹 할 수 있도록 180° 회전을 하게 된다. 만약 경비로봇이 충전 플랫폼으로 이동시 적외선 신호를 감지하지 못하면 다시 파킹 포인트로 돌아가 다시 앞에서 이야기한 동작을 다시 진행하게 된다.

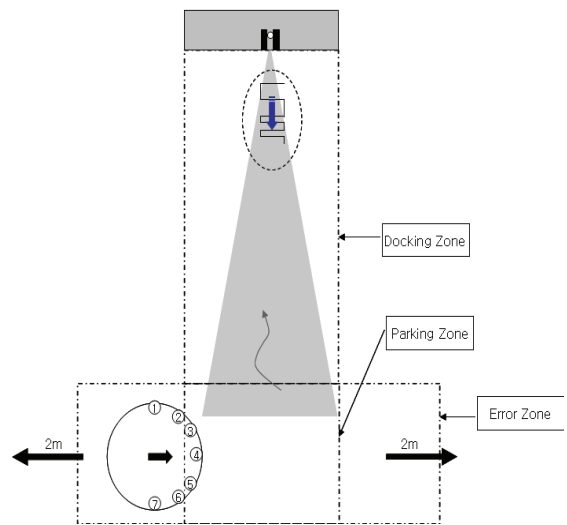


그림 11. 자동충전 구성

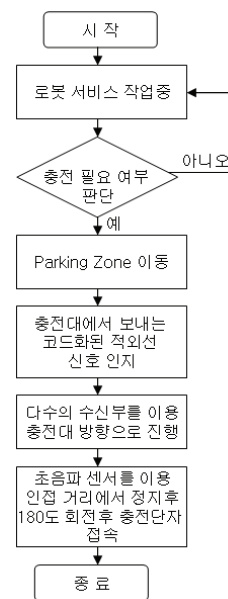


그림 12. 자동 충전 알고리즘

적외선 센서의 위치는 경비로봇의 정면의 중심을 0°로 잡고 각각 좌우로 6°, 7°, 11°, 90°에 위치하고 있으며, 적외선 센서 중에서 가운데 위치한 5개의 적외선 센서는 충전 플랫폼의 중심과 로봇의 중심을 맞추기 위한 센서로 센서가 위치한 각도는 거리에 따른 적외선 발광 소자의 빛의 퍼짐을 측정하여 결정하였으며, 양옆의 90°에 위치한 적외선 센서는 파킹 포인터 이동완료 후 정면의 적외선 센서에 충전 플랫폼에서의 적외선 감지 불능 시에 충전 플랫폼을 찾기 위한 알고리즘을 수행하기 위한 것이다.

충전 플랫폼이 원 위치에서 좌우로 이동했을 경우 경비로봇은 파킹 포인트에서 적외선을 감지 못하게 되고 이때 충전 플랫폼을 찾기 위한 동작을 수행하게 되는데, 우선 좌로 90° 회전 후 앞으로 2m를 전진하고, 이 때 좌측에 위치한 적외선 센서에 적외선이 감지되면 감지된 위치에서 정지 다시 우로 90°로 회전하여 충전 플랫폼을 찾아 전진하고, 적외선을 감지하지 못하게 되면 그림 12와 같이 우로 180° 회전을 하여 원래 파킹 포인트로 이동을 하여 다시 앞으로 2m를 전진하여 자동충전 플랫폼 찾기를 수행한다.

### 8. 주행 시스템 실험

본 논문은 알고리즘의 심화보다는 전체적인 경비로봇용 주행 시스템의 프로세스를 제안하고 구현한 것이다. 따라서 주행 시스템 실험 결과도 알고리즘의 성능 분석보다는 구현과 실험 사진 위주로 기술하도록 한다.

경비로봇용 주행시스템을 위한 환경 모델링 부분은 기존의 센서를 이용한 방식과는 상이하게 현장에서 적용가능한 방식의 프로세스로서 그림 13과 같은 과정을 통하여 환경이 모델링되고 저장된 환경 정보는 로봇에게 전송되어 이용되어 진다.

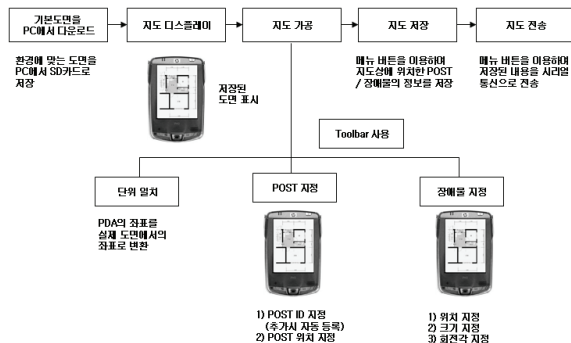


그림 13. PDA를 이용한 환경 모델링 프로세스

그림 13에 의하여 저장된 정보는 로봇의 환경으로 이용되며, 자기 위치 인식을 위한 센서 정보와 함께 주행 시스템을 구성하게 된다. 주행 알고리즘은 그림 10에 나타낸 바와 같이 저장된 환경과 목표점에 대하여 장애물을 회피하는 가시점을 이용하여 경로점을 생성하며, 중간에 환경 정보에 저장되지 아니한 장애물을 인식하는 경우에는 초음파 센서를 이용하여 국부적 장애물을 회피한다.

이러한 방식에 의하여 최초 위치를 그림 14에 나타내었으며, 장애물에 따른 가시점 중간 경로의 진행 결과를 그림 15에 나타내었다. 또한 미리 지정된 경비 센서로의 최종 위치에 다다른 모습을 그림 16에 나타내었다. 이외에 국부적 장애물 회피 등의 결과가 있으나 사진을 도시하지 않도록 하겠다. 국부적 장애물 회피는 잘 알려진 wall-following 알고리즘을 이용하였다.

자동 충전 시스템은 실험 로봇이 아닌 실제 경비 주행 로봇에 구현을 하였으며 간단한 결과를 그림 17과 18에 나타내었다. 그림 17은 앞서 그림 11에서 설명한 Parking Zone까지 자기 위치 인식 센서를 이용하여 주행



그림 14. 최초의 위치에서 자기 위치 인식과 주행경로 설정



그림 15. 장애물 회피를 위한 중간 경로점 주행

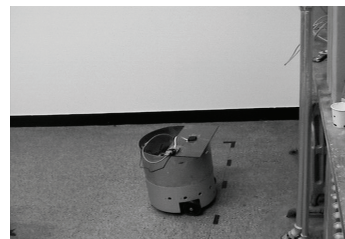


그림 16. 경비 센서가 위치한 최종 목적지 도착

한 결과이다. 여기서 부터는 그림 11에서 설명한 바와 같이 미세한 주행 위치를 위하여 적외선 센서에 의하여 충전 시스템과 도킹이 이루어진다. 그림 18과 같이 적외선 센서만을 이용하여 Docking Zone에서 충전 스테이션으로의 진입 각을 맞춘 후 경비로봇의 전원 충전 단자가 뒤에 위치함으로 회전하고 후진하여 충전 스테이션과 도킹을 하여 자동 충전을 수행한다.



그림 17. 자기 위치 센서에 의하여 Parking Zone 도착 모습



그림 18. Docking Zone에서 회전 후 자동 충전으로 진입

## 9. 결론

경비 업체에서는 경비로봇을 이용 경비서비스 이용하는 고객의 만족도도 충족시키면서 침입감지기의 오작동으로 인한 출동시의 인건비 절감, 현장의 사고발생시 출동하기까지 현장 대처에 활용함으로 경비서비스의 질을 높여나가면서 지출되는 비용을 줄여줄 수 있을 것이라 보고 경비로봇 개발에 많은 관심을 가지고 있다.

본 논문은 이와 같은 요구를 만족하기 위하여, 기존에 사용되어지는 시스템의 완성도를 높이는 실용적 연구를 수행하였다. 경비로봇에 대한 전체적인 주행시스템을 개발하고 이를 한 가지 모델로 제안을 하고 개발함으로써 실용화 방안을 모색하였고, 앞으로는 전역 위치 센서의 위치감지 공간 제약 및 가격이 해결 되거나, 위의 문제점을 해결할 만한 위치 인식 시스템에 대한 연구 개발의 필요성을 느낄 수 있었다. 이를 해결한다면 경비로봇의 실용화에 더욱더 다가갈 수 있다고 본다. 또한 자동 충전시스템의 기구학적 설계와 다양한 실증적 실험을 통하여 실내에서 경비 업체의 감시 센서 주변의 이벤트에

대한 감시와 자율 주행 그리고 자동 충전의 시스템 구성을 통하여 실용화된 제품이 개발될 것이다.

## 참고문헌

- [1] “지능형 로봇의 기술현황(1)” 월간기계기술 2003년 6월호, pp.108~119.
- [2] 김문상 외 34인, “차세대 지능로봇 핵심 기술”, 2006년 인간기능 생활지원 지능로봇 기술개발사업단, 진한 M&B, 2006.3.
- [3] 김명호, “다중센서를 이용한 이동로봇의 장애물 회피 및 자기 위치 인식에 관한 연구”, 2000년 서강대학교.
- [4] 박수민, “실내 환경에서 이동로봇의 주행을 위한 절대위치 추정”, 2003년 부산대학교.
- [5] 이만희, 조황, “초음파 센서를 이용한 실내 환경 실시간 계측 모델”, 한국통신학회 논문지, 제30권 6A호, 2005. 6, pp.481~487.
- [6] 구자일, 홍준표, 이원석, “동기 구동형 이동로봇의 자율주행을 위한 위치추정과 경로계획에 관한 연구” 전자공학회논문지-TE, 제43권 1호, 2006.3, pp. 59-66.
- [7] 나상익, 채희성, 유원필, “RFID 시스템을 이용한 이동로봇의 자율주행” 제1회 한국지능로봇 하계종합 학술대회 논문집.
- [8] 최정욱, 오동익, 김승우, “RFID 기술을 이용한 CPR 위치 측정” 2006 제어자동화 시스템 심포지엄 논문집, pp.103-109.
- [9] S.S Ghidary, T. Tani, T. Takamori, M. Hattori, “A new Home Robot Positioning System (HRPS) using IR switched multi ultrasonic sensors”, IEEE.
- [10] I.O LEE, D.I CHO, "Localization Method with 2 Beacons for Intelligent Robot", URAI 2006.
- [11] B.K.. Sohn, J.Y. Lee, H.S. Chae, W.P. Yu, “An Embedded Localization Sensor Based on IR Landmark for Iandoor Mobile Robot”, URAI 2006.
- [12] P.E HART, N.J NILSSON, "A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths", IEEE SSC-4, NO 2, July, 1968, pp.100-107.



**최 병 옥**

1986 한국항공대학교,  
항공전자공학과 (학사)  
1988 한국과학기술원, 전기 및  
전자공학과 (석사)  
1992 한국과학기술원, 전기  
및 전자공학과 (박사)

1988~2000 LG산전주식회사, 엘리베이터 연구실장  
및 임베디드 시스템 연구팀장

2000~2005 선문대학교, 제어계측공학과 부교수

2005~현재 서울산업대학교, 전기공학과 부교수



**박 정 호**

2006 선문대학교  
제어계측공학과 (학사)  
현재 서울산업대학교  
전기공학과 (석사과정)



**이 영 민**

2005 선문대학교  
제어계측공학과 (학사)  
현재 서울산업대학교  
전기공학과 (석사과정)



**신 동 관**

2006 선문대학교  
제어계측공학과 (학사)  
현재 서울산업대학교  
전기공학과 (석사과정)