

## 가정용 지능형 경비 로봇 시스템 개발

### Development of an Intelligent Security Robot System for Home Surveillance

박 정 호, 신 동 관, 우 춘 규, 김 형 철, 권 용 관, 최 병 옥\*

(Jeong-Ho Park, Dong-Gwan Shin, Chun-Kyu Woo, Hyung-Chul Kim, Yong-Kwan Kwon, and Byoung-Wook Choi)

**Abstract :** A security robot system named EGIS-SR is a mobile security robot through one of the new growth engine project in robotic industries. It allows home surveillance through an autonomous mobile platform using onboard cameras and wireless security sensors. EGIS-SR has many sensors to allow autonomous navigation, hierarchical control architecture to handle lots of situations in monitoring home surveillance and mighty networks to achieve unmanned security services. EGIS-SR is tightly coupled with a networked security environment, where the information of the robot is remotely connected with the remote cockpit and patrol man. It achieved an intelligent unmanned security service. The robot is a two-wheeled mobile robot and has casters and suspension to overcome a doorsill. The dynamic motion is verified through ADAMS<sup>TM</sup> simulation. For the main controller, PXA270 based hardware platform based on linux kernel 2.6 is developed. In the linux platform, data handling for various sensors and the localization algorithm are performed. Also, a local path planning algorithm for object avoidance with ultrasonic sensors and localization using StarGazer<sup>TM</sup> is developed. Finally, for the automatic charging, a docking algorithm with infrared ray system is implemented.

**Keywords :** security robot system, mobile robot, home surveillance, security network, EGIS-SR

#### I. 서론

제 1 세대 로봇은 “재 프로그래밍이 가능한 범용 조작 기계”로 정의 되어서 다양한 산업용 로봇으로 활용이 되면서 산업체의 생산성 향상에 많은 기여를 해 왔다. 또한, 제 2 세대 로봇은 “감지와 행위를 연결하는 지능시스템”으로 일반화 되어 주로 센서에 기반한 다양한 형태의 서비스 로봇으로 확장되었다. 이와 같은 로봇은 미래 사회 기술의 발전과 함께 성장하게 되는데, 21세기의 인간 생활의 발전을 좌우하게 될 기술로서는 IT, BT, NT 기술과 함께 인지 기술이 미래 과학 기술의 핵심이 될 것으로 예측하고 있다[1]. 이와 같은 미래 사회의 핵심 기술을 적용한 로봇 기술은 기계, 전자, 컴퓨터, 제어와 같은 과학과 뇌공학, 인지 과학, 생체 공학과 같은 최첨단 융합적 기술이 이용되어, 전통적인 산업용 로봇뿐만 아니라 지능형 홈, 지능형 통신과 연계되어 지능형 서비스 로봇으로 확장되고 있으며, 성장 동력의 하나로 개발 중에 있다[2].

일반적으로, 서비스 로봇은 주로 일상적인 인간의 활동과 관련이 있다. 서비스 로봇은 자유롭게 프로그램이 가능하고 센서 기반으로 되어 있으며, 수리, 이송, 청소, 경비 및 건강 간호 등의 인간의 활동을 유용하게 도울 수 있는 로봇이다. 서비스 로봇에는 경비로봇, 안내로봇, 재활로봇, 청소로봇, 엔터테인먼트 로봇 등이 있다. 서비스 로봇의 한 부분인 경비로봇은 지능형 서비스 로봇 중 경비 분야를 주 목적으로 제작된 로봇으로, 경비 시스템과 연동 또는 독립적으로 제한적인 지역의 감시/보안 임무를 담당하고 재산과 인명을 위협으

로부터 보호하여 인간에게 안심 서비스를 제공하는 경비 서비스 로봇이다. 경비로봇의 적용 범위는 가정용, 빌딩용, 주요 시설용으로 범위를 한정할 수 있으며, 최근 가정에서는 청소기능 다음으로 필요성이 대두되고 있으며 빌딩용으로는 경비원의 대체 수단으로서 주요 시설용은 군사범위에서 사회 전반적으로 개발 필요성과 요구가 증대되고 있다[3,4]. 경비로봇의 예로 일본의 SOCK의 GuaroRobo, SECOM의 robot X는 빌딩과 같은 대형 공간에 적합한 시스템을 갖춘 경비로봇이 있다[5].

본 논문에서는 실질적인 경비로봇의 구현을 위하여 경비업체의 경비망과 연동된 가정용 경비로봇인 EGIS-SR의 개발 과정과 주요한 기능 그리고 개발된 지능형 무인 경비 시스템(intelligent unmanned security service)의 서비스 시나리오에 대한 소개를 한다. EGIS는 그리스 신화에 나오는 제우스 신의 방패를 의미하며 SR(Security Robot)은 경비로봇을 의미한다. 기존의 경비 로봇이 카메라를 대치하는 수준의 반자동 원격 이동 로봇이었다고 한다면[4], 본 과제에서 개발된 로봇은 완전 자율형으로 양방향 정보 전달이 이루어지는 경비로봇이다. 본 논문에서는 경비 업체와 로봇이 온라인으로 연동된 EGIS-SR의 구성과, 경비 시나리오, 그리고 관련된 기술적 구성에 대하여 소개하는 것으로, 한 부분에 국한된 알고리즘의 개발이나 기술의 성능적 분석을 목적으로 하지는 않는다.

개발된 가정용 경비용 로봇인 EGIS-SR의 주요한 기능은 다음과 같다.

- 지능형 순찰주행 기능
- 가정 보안 기능
- 화상 기반 외부 침입 감지 기능
- 원격 조작/제어/감시 기능
- 용이한 환경 모델링 기능
- 자동 충전 기능

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 3. 15., 채택확정 : 2007. 6. 15.

박정호, 신동관, 최병옥 : 서울산업대학교 전기공학과

(kmodesty@snut.ac.kr/shingun925@snut.ac.kr/bwchoi@snut.ac.kr)

우춘규, 김형철, 권용관 : (주)다사테크 연구소

(ckwoo@dasatech.co.kr/charleskim@dasatech.co.kr/okyk@dasatech.co.kr)

본 논문에서 소개되는 경비로봇은 다양한 센서를 이용하여 자율 주행을 하면서 가정의 경비를 담당하게 된다. 이러한 경비 정보는 무선 네트워크를 통하여 원격의 통제 센터로 전달되며[6], 침입 발생 시 침입여부를 판단하여 경비요원에게 네트워크를 통하여 정보를 알려주는 지능화된 무인 경비 시스템을 이루는 것이 목적이다. 이러한 경비로봇의 시나리오 오는 논문을 통하여 소개된 바가 없으며, 2장에서 자세히 기술하도록 하겠다. 본 논문에서는 기존의 한 방향 경비로봇 시스템이 아닌, 경비업체, 경비로봇 그리고 경비요원을 요소로 하는 양방향 정보전달이 가능한 경비시스템을 개발하였다. 경비로봇이 지능화된 경비 서비스를 수행하기 위하여 가정의 환경에 적합한 기구적 특성과 제어적 특성을 만족하여야 한다. 동작 환경을 고려한 기구적 설계 요소와 하드웨어적인 경비로봇의 구조에 대하여 3장에서 소개하도록 하겠다. 지능화된 서비스를 위하여 경비로봇은 감시 대상의 환경 내에서 순찰 주행을 수행하여야 한다. 이러한 목적을 수행하기 위하여 건물 내부의 도면을 이용하여 장애물, 감시 센서의 위치, 충전스테이션 위치 및 장애물 위치를 모델링하는 과정에 대한 설명은 4장에서 논의한다. 모델링된 환경을 이용한 자율 주행은 통상적인 이동 로봇의 자율 주행과 유사한 기능을 요구한다. 경비로봇의 주행은 StarGazer™를 통해 전역좌표를 인지하고 초음파 센서와 적외선 센서를 통해 장애물을 회피하며 주행한다. 일반적인 기능 이외에 경비로봇에서 사용되고 있는 자율 주행에 대한 개념을 5장에서 소개하도록 한다. 또한, 이동 로봇의 가장 큰 문제인 전원 문제를 해결하기 위하여 경비로봇은 자동충전 기능을 구현하였다. 이에 대한 구현 예와 알고리즘은 6장에 기술하였다. 마지막으로, 7장에서는 경비로봇의 개발에 대한 성과와 향후 진행 방향에 대하여 논하도록 한다.

**II. 지능형 무인 경비 시스템**

기존의 경비회사에서 운영하고 있는 경비시스템은 다양한 센서에 의해 침입을 감지하고 경보를 관제 센터에 전달하고 관제 센터에서는 순찰대원을 출동하게 하여 침입여부를 확인하고 범죄자를 검거하는 방식으로 이루어져 있다. 이러한 시스템은 센서의 오작동 여부를 확인할 수 있는 방법이 없으므로 센서의 오작동에 무관하게 순찰요원이 출동해야 하는 불가피한 단점이 있다. 또한, 순찰요원은 단지 어느 특정 위치로 범죄자가 침입을 했다는 사실만을 알 수 있으므로, 침입현장의 내부 상황을 파악하지 못한 상태에서 현장에 투입되기 때문에 상당한 위험성을 내포하게 된다. 결과적으로, 현재의 경비시스템은 센서 오작동에 기인한 인력낭비와 경제적 손실 그리고 실내 상황에 대한 인식 불가에 따른 순찰요원의 인명 피해가 있을 수밖에 없는 특성을 지닌다.

이러한 현재 경비시스템에 내재하는 단점을 해소하기 위해 본 과제에서는 그림 1과 같은 무인 순환형 구조의 경비 시스템을 구축하였다. 구현된 서비스 시나리오는 지능형 경비 시스템을 구현한 것으로 경비 회사의 중앙 관제실, 경비로봇인 EGIS-SR, 순찰요원을 유기적으로 구성한 것이다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 사용자가 외출할 때 외부 문을 잠그게 되면 EGIS-SR 및 경비 센서들은 경비를 개시하게 된다.

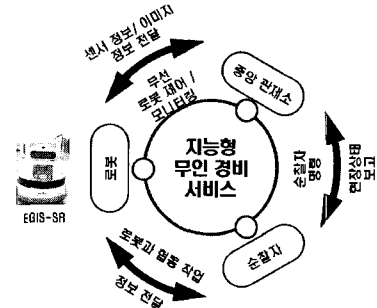


그림 1. 무인 경비 시스템 시나리오.  
Fig. 1. Scenario of an unmanned security system.

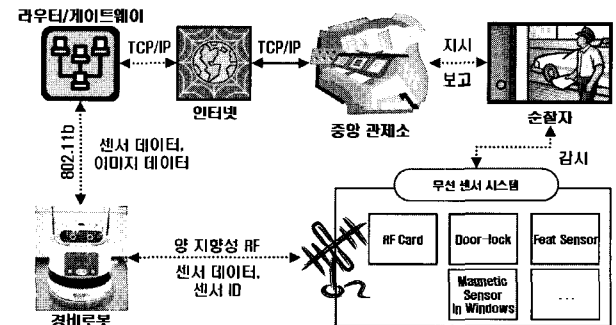


그림 2. 정보 전달 시스템 구성.  
Fig. 2. Structure of information transmission.

경비가 개시되면 EGIS-SR은 침입감지 센서가 동작하지 않더라도 경로를 계획하며 주행함으로써 지능형 자율 주행을 수행하고, 경비환경(가정)을 순찰 주행하게 된다.

경비환경에 설치된 다양한 보안 센서와는 그림 2와 같이 무선으로 연결되어 있으며, 센서 각각의 위치 정보는 로봇내부에 DB화되어 저장되어 있다. 경비가 시작되면 EGIS-SR은 충전 모드에서 경비 모드로 전환하여 자동순찰 및 대기 를 반복하게 된다. 그리고 창문, 환관 등에 부착되어 있는 침입 감지 센서와 RF 통신을 통해 침입 유무를 항상 체크하게 된다. 이와 같이 보안 모드에서 어떠한 외부 침입에 의하여 특정한 센서가 동작하게 되면 EGIS-SR은 외부 침입이라 의심되는 정보를 신속히 중앙 관제소로 통보한다. 또한, EGIS-SR은 신속한 주행으로 외부 침입에 의하여 동작된 센서 위치로 이동하여 영상과 캡처 화면을 무선 LAN을 통하여 인터넷으로 연결된 경비회사 중앙 관제소로 전송하면서 센서 오작동 유무 및 경보음을 울리게 된다. 이와 같은 정보 전달 과정은 그림 2에 나타내었으며, 연구에 비하여 우수한 보안의 체계성과 상업적인 가치를 가진다[4,6].

EGIS-SR은 그림 2와 같이 로봇에 부착된 이미지 센서를 통하여 실내 상황을 실시간 지속적으로 중앙관제소로 전달한다. 중앙관제소에서는 그림 3과 같은 원격 화면을 통하여 외부 침입과 오작동 여부를 판단하게 되며, 침입감지 센서의 오작동 시에는 경비회사의 중앙관제소에서 시스템 에러를 복구하게 된다. 또한, 외부 침입의 경우 그림 1과 같이 중앙 관제소로 침입정보를 통보하여 순찰요원을 출동시키게 되며, 이 경우에도 EGIS-SR을 필요에 따라 수동 조작을 통하여 침입자의 상태를 파악한다[4]. 중앙관제소에는 실시간 정보와

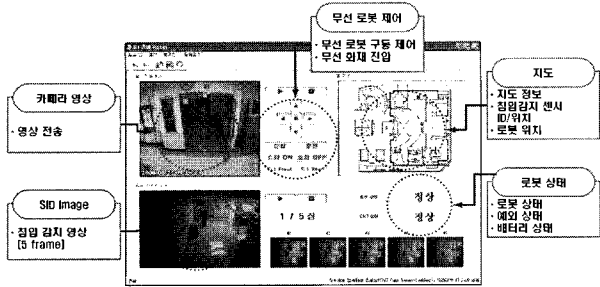


그림 3. 중앙관제소에서의 네트워크 관리자.  
Fig. 3. Network viewer at command center.

침입 탐지에 의한 정지 화상 그리고 로봇의 상태 등을 관리할 수 있다. 또한, Map 정보를 이용하여 필요시 로봇을 원격 제어할 수도 있도록 구현하였다.

순찰요원은 침입 지역에 도착했을 때 그림 3에 나타난 바와 같이 EGIS-SR에게서 지속적으로 전송 받은 실내 상황을 통해 침입자를 보다 안전하게 검거할 수 있게 된다. 모든 처리를 완료한 후에 순찰요원은 EGIS-SR의 상태를 보안 카드를 이용하여 침입 상태에서 해제를 하며, 지속적인 보안 업무를 수행하게 된다.

또한, EGIS-SR은 가정에서의 화재에 대비하여 화재 감지 센서를 부착하고 있으며, 화재발생시 중앙 관제소로 화재감지 경고 메시지 전달이 가능하며 원격지의 화면을 통하여 EGIS-SR에 부착되어 있는 소화기를 이용하여 화재가 발생한 위치로 이동하여 초기 진화를 실시할 수 있도록 구현하였다. 이와 같은 경우는 그림 3에 나타난 원격제어 기능을 이용하여 중앙관제소의 통제요원이 확인 후 화재 진압을 원격에서 실시하도록 구현되었다.

III. 경비 로봇 구조

경비 로봇 EGIS-SR의 하드웨어는 기구부와 제어부로 나누어 기술하도록 한다. 기구부의 특징은 그림 4에 나타난 바와 같이 2축 차동 구동 방식을 채택하였으며, 안정성 및 등반성을 고려하여 전후 2개의 캐스터 모듈을 가지고 있으며 동축 회전식 현가장치(Co-axis swing-type suspension mechanism)를 이용하여 최대 40mm의 문턱을 넘을 수 있다. 이와 같은 구조물은 그림 4와 같이 3D 모델링으로 설계 되었다.

그림 4와 같이 설계된 모든 기구 구조물의 동역학적 특성은 ADAMS™를 이용한 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 즉, 동역학적 시뮬레이션을 통해 40mm 높이의 문턱등반 성능을 위한 주행 메커니즘의 설계 변수를 유도하고 그 성능을 검증하였다. 뒤에 설명할 충전 스테이션 또한 동일한 설계과정을 통하여 로봇 본체와 충전대의 도킹 과정을 시뮬레이션을 통하여 검증함으로써 제작 이전에 모든 오류를 제거하면서 구현하였다. 이러한 3D 모델링과 동역학적 시뮬레이션 과정은 모든 구조물에서 동일하게 이루어졌으며, 본 논문에서는 자세한 설명은 생략하도록 한다.

EGIS-SR의 제어부는 앞서 설명한 기능을 구현하기 위하여 계층적으로 구현되어 있으며, 그림 5와 같이 무선 보안 모듈, 메인 제어 모듈, SID 모듈, 센서 모듈, 파워 모듈, 주행 모터 모듈로 구성되어 있다. 각각의 하드웨어는 모듈화를 통해 이

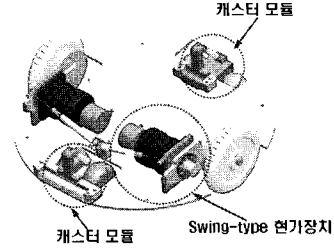


그림 4. 구동부 구조 및 설계.  
Fig. 4. Structure of driving mechanism.

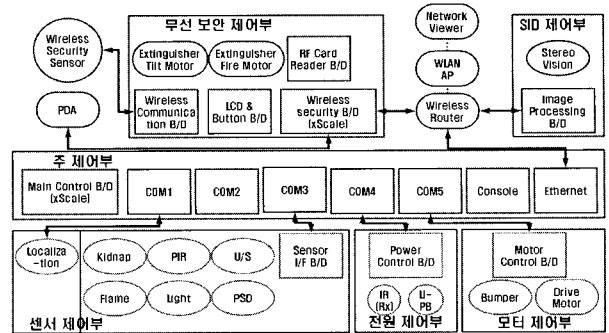


그림 5. 계층적 구조의 경비 로봇 하드웨어 블록 다이어그램.  
Fig. 5. Block diagram of the hardware based on hierarchical architecture of the security robot.

표 1. 경비로봇 시스템 구성 명세서.

Table 1. Specifications of the security robot.

성능		내용		
기계부	외형	W423	D482	H458 mm
	지중	20kg		
	동작 속도	Max. 1.0m/s		
	장애물 높이	Max. 40mm		
	동작/충전 시간	4시간/3시간		
	구동 방식	2 바퀴 차동 구동방식		
	소화기 방식	서보를 이용한 독립 구동		
	자동 충전	수동 방식에 의한 에러 보정		
전기부	센서 시스템	■ 주행 초음파 센서-3개 PSD-7개, StarGazer-1개 ■ 자동충전 IR 전송기-1개 IR 수신기-7개 ■ 화재 감지 불꽃 감지 센서-1개		
	주 제어기	Intel XScale PXA270		
	운영 체제	리눅스 커널2.6		
	네트워크	WLAN(Wi-Fi), RF		
	사용자 인터페이스	LCD, Button, PDA		

식성을 향상시켰다. 즉, 개발된 파워 모듈 및 센서 모듈 등은 다른 지능형 서비스 로봇에 동일하게 사용 된다. 이와 같은 구조를 통하여 제품의 신뢰성과 경제성을 향상시킬 수 있다. 센서 보드는 다양한 센서를 동시에 처리하게 되며, 직렬 통

신을 통하여 주 제어부와 연결된다. 또한, 무선 방법 모듈과 침입자 감지를 위한 화상 카메라인 SID 모듈은 이더넷을 통하여 연결되어 궁극적으로 무선 LAN을 통하여 원격지의 중앙관제소로 정보가 전달 된다. 또한, 그림 5에서 중요한 하드웨어 구성은 동일한 주제어 장치인 XScale을 사용하고 있다는 점이다. 그리고 임베디드 리눅스 2.6을 포팅하여 동일한 환경에서 응용 프로그램을 개발하도록 구현하였다.

표 1은 경비 로봇의 주요한 성능을 나타내었다. 경비로봇의 외형은 가정용의 가전제품과 어울릴 수 있는 규격으로 설계하여 다양한 제어부를 집적할 수 있도록 설계를 하였다. 또한, 경비로봇은 다양한 센서 모듈을 내장하고 있으며 각각의 센서모듈은 다음과 같다. 경비로봇의 위치추정을 위한 전역 좌표정보를 제공하는 StarGazer™, 장애물을 감지하는 초음파 센서 및 PSD 센서, 자동충전 시스템을 위한 적외선 센서, 화재감지 센서, 인체감지 센서로 구성된다. 그리고 충돌방지를 위한 3방향의 충돌감지 범퍼가 적용되어 있다. 경비로봇의 주 제어기는 앞서 설명한 바와 같이 최신의 을 사용하고 있으며, 개발 환경 및 응용 프로그램 개발 그리고 네트워크 지원을 위하여 임베디드 리눅스 2.6을 구현하였다. 또한, 디바이스 드라이버를 구현함으로써 개발자는 동일한 시스템 함수에 의하여 다양한 하위 제어장치를 제어할 수 있도록 구현하였다. 파워 모듈은 제어보드를 이용하여 배터리의 잔량을 체크 후 직렬 통신을 이용하여 메인 제어 모듈로 데이터를 전송한다.

메인 제어 모듈을 자세히 설명하면, PXA270 SoC 칩을 기반으로 임베디드 리눅스 2.6.9를 포팅하였다. 본 과제를 진행하는 동안에 PXA270 XScale에는 리눅스 2.6이 포팅되어 있지 않았기 때문에 많은 연구를 통하여 리눅스 포팅이 이루어졌다. 상용화된 버전은 주로 리눅스 2.4.20을 기반으로 하고 있으며, 리눅스 커널 2.6의 장점을 활용할 수가 없다. 일반적으로, 리눅스 커널 2.6은 기존의 버전에 비하여 많은 발전을 가져왔으며 특히, 다음과 같은 특징을 가지고 있다. uClinux 프로젝트를 메인 커널에 포함, non uniform memory access, 선점형 기능 추가(커널 옵션에서 선택 가능), 하이퍼 스레드 지원, ALSA(Advanced Linux Sound Architecture), x86계열에서 64GB 까지 램의 용량 지원(페이지 모드), fast user-space mutexes 기능을 통해서 사용자 공간(user space)에서 동기화 기능 수행, 서브 아키텍처 지원, 디바이스 노드개수 증가(주번호 : 4096, 부번호 : 100만), futex(fast user-space mutex)지원, 쓰레드 구조의 변경을 통해 POSIX 쓰레드 라이브러리 사용가능의 특징을 갖고 있다. 이러한 포팅 과정은 참고 문헌을 참조하기 바란다[7].

EGIS-SR의 외형적 모습과 센서 위치를 그림 6에 나타내었다. 그림 5에서 설명한 바와 같이 제어 구조적으로 다양한 제어 모듈이 존재하며, 이러한 각 제어 모듈의 센서는 그림 6과 같이 다양한 위치에 존재한다. 장애물 회피 및 자동 충전을 위한 위치 센서가 전면에 위치하고 있으며, RF 센서와 통신을 위한 안테나가 존재한다. 그리고, 외부 침입자 감지를 위한 화상 기반 센서와 화재 감지를 위한 센서와 소화기가 위치하고 있다. 또한, 자율 주행을 위한 자기위치 인식 방법은 여러 가지가 있으나[8,9], 본 연구에서는 자기위치 인식을

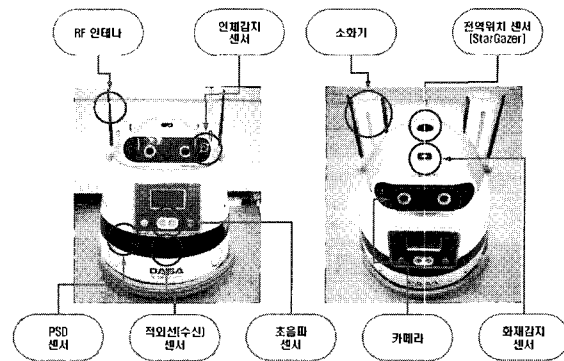


그림 6. 경비로봇의 센서.

Fig. 6. Sensors of the security robot.

위하여 상용화된 StarGazer™를 이용하고 있으며 천장에 위치한 표식기를 확인하기 위하여 로봇의 정수리 부분에 위치하고 있다. 이와 같은 다양한 센서들은 제어 모듈과 함께 무인 경비 시스템을 구현하고 있다. PDA로 구현된 지도 정보는 무선LAN을 이용하여 무선 보안 모듈을 통해 주 제어 장치로 전송되며, 경비 로봇은 주행 경로를 계획하고 센서의 값을 직렬 통신을 이용해 전송 받아 주행을 제어한다. 또한, 자기위치 인식은 외부 센서를 이용하고 있으며, 주행 모터 모듈은 DSP 제어 보드로 구성되어있으며 계획된 경로에 따른 주행 명령은 그림 5에 나타난 바와 같이 직렬 통신을 통해 명령을 전달받고 모터를 제어한다. SID 모듈은 이미지를 처리하여 실시간 영상과 취득된 정지 화면을 경비회사의 경비망을 통해 중앙관제소로 전송한다.

IV. PDA 환경 맵 모델링

일반적으로, 환경 모델링을 통하여 작성되는 맵은 여러 가지 센서를 이용한 방법이 이용되고 있으며, 최근에는 환경 모델링과 위치 인식을 동시에 수행하는 방식도 이용되고 있다[10,11]. 이와 같은 환경 모델은 동작 환경을 모르는 경우에 자율적 주행을 위하여 선행되어야하는 작업이다. 그러나, 가정 내의 경비를 위하여 사용되는 경비로봇의 경우는 이와 같은 센서를 이용한 환경 모델링 방법은 상업적인 의미가 없다. 일반적으로, 경비 업체는 경비를 하고자 하는 가정의 환경에 대한 지도를 가지고 있으며, 특히 경비를 위하여서는 경비 센서의 위치가 모델링 되어야 한다. 따라서 상용화가 가능하고 현실적인 필요를 만족시키는 방법이 필요하게 된다[12].

본 연구에서는 경비 업체에서 일상적으로 사용하고 있는 PDA를 이용하여 환경 모델링을 수행하였다. 즉, 경비를 수행하는 가정의 지도 위에 그림 7과 같은 GUI를 이용하여 원하는 위치에 장애물을 2차원적으로 모델링하여 맵 정보를 구현하도록 하였다. 개발된 PDA용 맵 빌더는 경비업체에서 수집한 실내의 도면을 이용하여 맵의 외곽선을 인지해 기본적인 맵 빌딩의 환경을 구축한다. 도면을 바탕으로 하여 실측한 장애물의 위치 및 크기, 침입 감지 센서의 위치 및 종류, 충전스테이션의 위치를 아이콘을 이용해 위치를 지정하여 맵을 작성하게 된다. 또한, 가구 등의 장애물의 이동시 환경 맵을 수정할 수 있다.

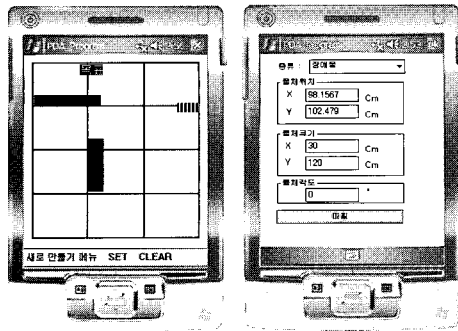


그림 7. PDA를 이용한 환경 맵 정보 입력.

Fig. 7. Map information Input map that with a PDA.

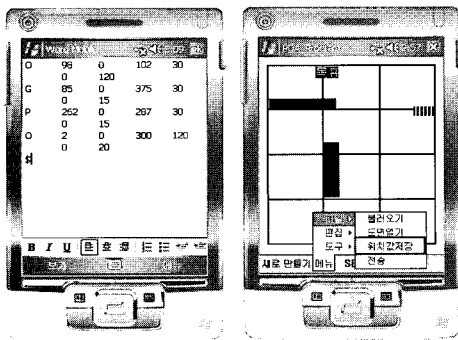


그림 8. 환경맵 정보 저장 및 데이터 형식.

Fig. 8. Map information save and data form.

최종적으로 모델링을 완료하면 그림 8과 같은 데이터 구조에 의하여 맵을 저장하고 직렬 통신을 이용하여 PDA에 저장된 환경 맵 정보를 경비로봇의 경비 모듈로 전송하게 된다. PDA를 이용한 환경 맵 모델링은 사용이 용이하도록 구성하였으며, 특히 센서의 위치 등에 대한 정보는 경비로봇의 목적지로 이용되는 것이다. 이와 같이 모델링된 환경 이외의 장애물에 대하여서는 초음파를 이용하여 인식 및 회피 알고리즘이 이루어지며 자세한 설명은 생략하도록 한다[8].

**V. 경비 로봇의 주행 프로그램**

경비로봇의 주행 프로그램은 POSIX 쓰레드를 이용하여 프로그램 하였으며, StarGazer™, 초음파 센서 그리고 적외선 센서 등 센서 데이터는 직렬 통신을 이용하여 전달받고 이 데이터들을 쓰레드 함수를 이용하여 처리함으로써 항상 경비로봇의 위치 및 주변 환경의 정보를 공유하게 된다.

그림 9에 경비로봇의 전체적인 주행 알고리즘을 나타내었다. Motion scheduler 함수에서는 응급상황 시 처리, 장애물의 유무에 따른 모션 선택 그리고 목표 지점 도착 여부를 판단하게 된다. 장애물의 유무에 따른 모션 선택은 로봇과 장애물 사이의 거리가 escape dist(30cm)보다 작을 경우 escape obstacle 모드로 전환하게 된다. Follow point method 함수에서는 현재 위치에서 목표 지점까지의 경로를 생성하게 된다.

$$RobotForce = StraightForce + RotationForce \quad (1)$$

Straight force는 목표 점 근접 시 거리에 반비례(현재 1m부터 감속 시작)하며 주행 방향 에러에 반비례(15° 이상시 0)하

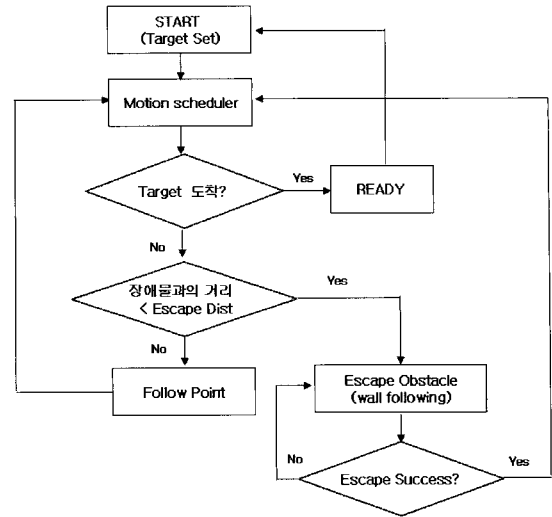


그림 9. 주행 알고리즘.

Fig. 9. Flowchart of navigation algorithm.

고 장애물과의 거리에 반비례(전면 장애물과의 거리가 80cm 미만인 경우 감속 시작)한다. 충돌 회피(escape obstacle) 알고리즘은 모델링 되지 아니한 장애물을 발견시 센서를 이용하여 장애물을 회피하는 알고리즘을 나타낸다[12]. 장애물 회피 방식은 장애물 감지 센서(IR+초음파)를 이용해 장애물 위치 인식을 통해 회피해야 할 각도 및 회전 반경 생성하고 회전 각도 및 회전 반경은 장애물과 로봇의 위치가 옆 라인으로 평행이 되도록 제어된다. 즉, 벽면을 따라서 최단 거리의 목표점을 따라 가는 방식이다. 목표 위치(follow point)로 복귀 시도는 로봇의 주행 각도와 로봇의 현재 위치에서 목표 위치를 바라본 각도를 비교하고, 충돌 회피(escape obstacle) 모드로 전환되기 전 로봇 위치와 목표 위치를 잇는 라인 상으로 로봇이 복귀한 경우 시도하게 된다.

**VI. 자동충전 시스템**

가정용 경비로봇은 거주자가 없는 경우에 경비를 하는 로봇이므로 자동충전 시스템은 가장 중요한 기능 중 하나이다. 본 논문의 가정용 경비로봇에서 사용된 자동충전 시스템을 소개하고자 한다.

본 논문의 자동충전 시스템은 StarGazer™, 초음파 센서, PSD 센서, IR 센서와 충전 스테이션으로 구성된다. 가정용 경비로봇은 항상 전원 상태를 체크하여 전원이 부족하게 되면 자동충전을 수행한다. 충전 스테이션의 위치는 사용자가 PDA를 이용해 맵을 모델링 할 때 지정하여 저장한다. 로봇은 먼저 현재 위치에서 모델링된 충전 스테이션의 근방으로 이동하여야 하는데 이때 StarGazer™의 전역좌표를 이용하여 그림 10과 같이 parking zone까지 이동한다. Parking zone은 충전 스테이션을 중심으로 반경 1m 내의 영역이다. StarGazer™의 오차는 10cm 정도이며 충전 스테이션에 위치한 IR 발신부에서 생성하는 신호의 범위가 60cm 정도의 영역에 걸쳐 생성된다. 전역 좌표계의 오차에 대하여 강인함을 갖고자 센서의 가시 영역을 그림 10과 같이 구성하였다.

이 후로는 그림 11과 같이 StarGazer™의 정보에 의존적이지 않고 충전 스테이션에서 나오는 코드화된 IR 신호에 의존

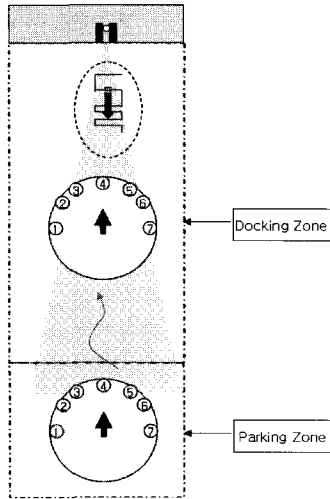


그림 10. 자동 충전 센서 구성.  
Fig. 10. Automatic recharging station.

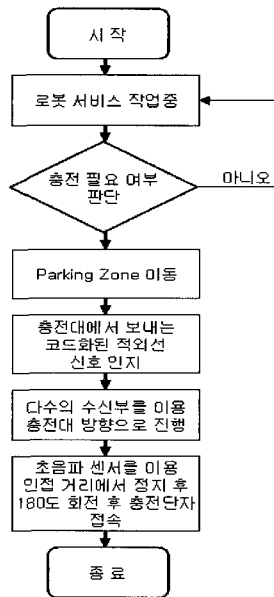


그림 11. 자동 충전 알고리즘.  
Fig. 11. Automatic recharging algorithm.

하여 작업을 수행한다. 가정용 경비로봇의 전면부에 부착된 IR 수신부 7개는 코드화된 IR신호를 인지한다. Parking zone에서 코드화된 IR신호를 로봇의 정면에 부착된 5개의 IR수신부중 하나라도 인지하게 되면 로봇은 parking zone에 진입하였음을 판단한다. 그 후 로봇은 정면의 IR 수신부 센서 5개(②~⑥)가 모두 신호를 인지하도록 조정하며 이동한다. 로봇이 충전스테이션으로 도킹을 위해 이동하는 상태에서 로봇에 장착된 초음파 센서와 PSD모듈의 거리 검출결과 전방 30cm에 충전스테이션이 있다고 판단되면 정지 후 180° 회전을 하게 된다. 그리고, 충전스테이션으로 도킹하게 된다. 만약, parking zone에서 코드화된 IR신호를 인지하지 못하는 경우에 로봇은 90° 회전을 하여 전·후 2m씩 주행하면서 충전대로부터의 신호를 탐색하도록 한다. 로봇의 중심에서 90° 위치에 있는 IR 수신부 센서(①,⑦)에 신호가 검출되면 정상적인 도킹작업을 수

행하고, IR 수신부에 신호가 검출되지 않는 경우에는 parking zone으로 재 이동을 하게 된다.

IR 발신부 센서는 신호를 코드화하여 외란에 강인함을 주고 신호의 거리를 제한하여 다른 로봇이나 가전제품에 대한 영향을 최소화 하였다. IR 수신부 센서는 빔각을 조절하기 위하여 가이드를 부착하였다. IR 수신부 센서는 로봇의 외관을 따라 좌우로 0°, 6°, 11°, 90°에 위치하게 된다. 0°, 6°, 11°에 위치한 센서는 docking 작업을 위한 용도이며, 90°에 위치한 센서는 parking zone 진입 에러시 탐색을 위한 것이다. IR 수신부 센서의 위치는 충전스테이션에 이르렀을 때 거리오차와 각도오차를 최소화시키기 위함이다.

**VII. 결론**

경비업체에서는 경비로봇을 이용한 경비 시스템이 고객의 요구사항 충족은 물론 센서의 오작동 확인 및 이로 인한 순찰요원의 출동횟수를 감소시킴으로서 경비의 절감, 침입자 발생 시 실내상황을 빠르고 정확하게 인지함으로써 인적, 물적 비용의 절감이 예상되리라 보고 경비로봇의 개발 및 경비 시스템 구축에 많은 관심을 가지고 있다.

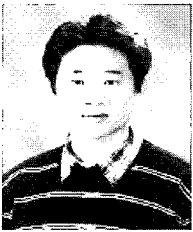
본 논문은 이와 같은 요구사항을 만족시키기 위하여, 기존의 경비로봇 시스템의 단순 경비에서 경비회사와의 연동과 경비 센서로의 주행등을 보완하고 경비 시스템을 구축하는 연구를 수행하였다. 지능형 무인 경비 시스템을 제안함으로써 경비로봇, 중앙 관제소 그리고 순찰요원의 유기적인 경비 시스템 모델을 제시함으로써 보다 능동적인 시스템을 통한 실용화에 접근하였다. 또한, 임베디드 시스템을 통한 경비로봇 플랫폼을 제안하여 경비 로봇의 경량화 방안을 모색하였고, PDA를 이용한 환경맵 모델링 및 주행 알고리즘을 통합한 주행시스템을 개발하고 이를 한 가지 모델로 제안하고 개발함으로써 실용화 방안을 모색하였다.

본 연구에 있어서 전역좌표정보를 제공하는 센서의 공간 제약 및 가격의 문제를 해결할 방법을 모색할 필요성을 느꼈다. 이 문제를 해결한다면 경비로봇의 실용화에 더욱 다가갈 수 있다고 본다. 그리고 자동 충전시스템을 제안함으로써 경비로봇의 전원관리의 효율적 방안을 모색하였다.

**참고문헌**

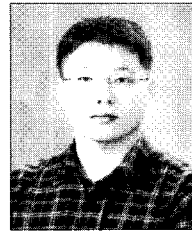
[1] 김문상 외 35인, 차세대 지능로봇 핵심 기술, Jinhan M&B, 2006.  
 [2] 김진오, “지능형 로봇과 차세대 성장동력” 무선관리단 전파지, 5. 2004.  
 [3] 이상무, 백문홍, 이호길, “사회안전을 위한 경비로봇 기술 동향,” 전자공학회지 제 33 권 제 7 호, pp. 761-770, July, 2006.  
 [4] A. Birk and H. Kenn, “RoboGuard, a teleoperated mobile security robot,” *Control Engineering Practice*, vol. 10, pp. 1259-1264, 2002.  
 [5] Shimosasa Y, Kanemoto J, Hakamada K, Hori H, Arika T, Sugawara Y, Koijo F, Kimura A, and Yuta S, “Some results of the test operation of a security service system with autonomous guard robot,” *26th Annual Conference of the IEEE on Industrial Electronics Society*, 2000(IECON 2000), vol. 1, pp. 405-409.  
 [6] A. T. P. So and W. L. Chan, “LAN-based building maintenance

- and surveillance robot," *Automation in construction*, vol. 11, pp. 619-627, 2002.
- [7] 신은철, 최병욱, "실시간 임베디드 리눅스를 이용한 이동 로봇 플랫폼 구현," 제어 · 자동화 · 시스템 공학회, 제 12 권 제 2 호, pp. 194-200, 2. 2006.
- [8] S. Y. Yi and B. W. Choi, "Autonomous navigation of indoor mobile robots using a global ultrasonic system," *Robotica, Cambridge University Press*, vol. 22, pp. 369-374, 8. 2004.
- [9] H. Tamini, H. Andreasson, A. Treptow, T. Duckett, and A. Zell, "Localization of mobile robots with omnidirectional vision using Particle File and iterative SIFT," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 54, pp. 758-765, 9. 2006.
- [10] R. Siegwart, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, A Brdford Book, pp. 258-290, 2004.
- [11] M. Adams, "SLAM-algorithmic advances, loop closing, measurement classification and outdoor implementations," *Robotics and Autonomous Systems*, vol.55, pp. 1-2, 2007.
- [12] 최병욱, 이영민, 박정호, 신동관 "실내 환경에서의 경비 로봇용 주행 시스템," 대한로봇공학회 논문지, 제 1 권 제 2 호, pp. 117-124, 12. 2006.



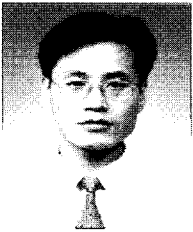
### 박정호

2006년 선문대학교 기계 및 제어공학부 졸업. 2006년~현재 서울산업대학교 전기공학과 대학원 석사과정. 관심분야는 임베디드 시스템, RTOS, 제어구조.



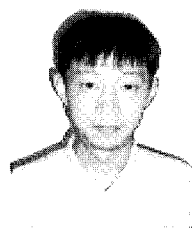
### 신동관

2006년 선문대학교 기계 및 제어공학부 졸업. 2006년~현재 서울산업대학교 전기공학과 대학원 석사과정. 관심분야는 임베디드 시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅, 지능형 서비스 로봇.



### 우춘규

1995년 부산대학교 기계설계공학과 졸업. 1997년 한국과학기술원 기계공학과 대학원 석사. 현재 동대학원 박사과정. 2002년~2006년 LG전자(주) DA연구소 로봇청소기팀 선임연구원. 2006년~현재 (주)다사테크 연구소 지능로봇사업부 책임연구원. 관심분야는 이동메커니즘 설계, 동역학 해석, 임베디드 시스템, 자율주행, 지능형 서비스 로봇.



### 김형철

1990년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1993년~1998년 LG산전(주) 중앙연구소 주임연구원. 1998년~현재 (주)다사테크 연구소 수석연구원. 관심분야는 모션 제어, 임베디드 시스템, 지능형 서비스 로봇.



### 권용관

1985년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1987년 성균관대학교 제어공학과 대학원 석사. 1987년~1989년 (주)LG전자 중앙연구소 주임연구원. 1989년~2004년 LG산전(주) 중앙연구소 책임연구원. 2004년~현재 (주)다사테크 연구소장. 관심분야 모션제어, 실시간 시스템, 지능형 서비스 로봇.

### 최병욱

제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지 제 12 권 제 2 호 참조.