

발전 설비 감시 점검용 로봇 시스템을 위한 실내 위치 인식 시스템 설계

정창기, 이재경, 박준영, 조병학
한전전력연구원

**Indoor Localization System for Field Robot System
of Power Plant Facilities Surveillance**

*Chang-Ki Jeong, Jae-Kyung Lee, Joon-Young Park, Byung-Hak Cho,
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - As power plant facilities are being deteriorated, their safety is getting more importance, and more routine surveillance is being required. For this purpose, this paper presents an indoor localization system for field robot system which performs the surveillance of power plant facilities instead of human workers from the viewpoint of the workers' safety and work efficiency.

1. 서 론

발전설비용 로봇은 크게 인간이 작업하기가 어렵고 시간과 비용이 많이 소요되는 극한 작업용 로봇기술 분야와, 별도의 조작 없이도 스스로 주변 상황을 인지하여 대처하는 지능을 부여한 발전설비 감시점검용 지능형 로봇기술 분야로 나누어져 진행되고 있다. 극한작업용 로봇 기술을 정의하면 사람의 접근이 불가능하거나 작업이 매우 어려운 환경 하에서 사람과 같은 고도의 작업을 수행하는 로봇 기술로서, 그 적용 분야로는 발전 설비, 심해, 우주 등이 해당된다. 즉, 극한작업용 로봇은 이러한 특수 환경에서 인간을 대신하여 작업을 수행하는 로봇을 말하며, 발전설비용 극한작업 로봇 기술은 그 적용 범위를 발전소 내부의 특수한 검사나 정비 및 수리에 사용되는 로봇으로 한정하는 기술을 뜻한다. 화력발전설비 감시점검용 지능형 로봇 기술은 발전 설비의 원격 순시 및 감시 점검을 자동으로 수행하는 지능형 로봇 기술이다. 이러한 목적을 위한 초기의 원격제어용 이동로봇은 단순히 작업자가 원격지에서 조정할 수 있도록 구성 및 프로그래밍 된 로봇이었다. 하지만, 근래에 들어 로봇 기반 기술의 발전과 더불어 로봇의 지능 기능이 증진되면서 로봇은 감지와 행동이 지능 시스템으로 연결된 지능형 로봇으로 정의되고, 감지 및 인지 기술, 인간-로봇 상호작용 기술, 자율 주행 및 조작 기술 등이 요소기술로서 부각되고 있다. 이러한 배경 하에서 지능형 로봇 기술은 단순히 주어진 환경에서 인간이 할 수 있는 일을 대신할 뿐만 아니라, 별도의 조작 없이도 스스로 주변 상황을 인지하여 행동하는 능력을 가진 로봇 기술을 의미한다. 이와 같은 발전설비 감시점검용 지능형 로봇 기술은 발전설비가 노후화되어감에 따라 안정성 및 작업 효율 관점에서 그 필요성이 점차 증대되고 있다. 이에 해외에서는 발전설비 원격 감시점검용 이동로봇이 연구 개발되고 있으나, 아직까지는 주로 원자력발전소에 적용되고 있는 실정이다. [1]

전력연구원에서는 현장 적용성과 구축된 인프라의 추후 활용성을 고려하여 I&C 시스템 연구 및 시험 설비 인프라 구축을 위한 필드로봇 시스템으로 발전설비의 감시·점검용 로봇 시스템을 구축하기로 결정하였다. 그리고 이러한 발전설비의 감시·점검용 로봇 시스템은 지정된 위치에 따라서 미리 선택된 작업을 수행하는 위치 기반의 서비스를 수행한다.

이러한 위치기반 서비스의 대표적 예는 광대역 위치서비스인 GPS 서비스와 근거리 통신망인 Zigbee, RFID 등이 있다. 광대역 위치 서비스인 GPS의 경우 실외에서의 사용은 적합하나, 위치 추정을 위한 오차가 큰 편이며 위성신호의 수신이 어려운 실내에서는 사용이 어려운 문제점을 가지고 있다. [2][3]

실내에서 사용 가능한 무선위치 서비스는 먼저 적외선을 이용한 액티브 배지(Active Badge) 시스템, 무선 네트워크를 이용한 무선 네트워크를 이용한 RADAR 시스템, 초음파를 이용한 Active Bat, Cricket 시스템, RFID를 이용한 전파인식 시스템이 있다. [4]

적외선을 이용한 액티브 배지시스템은 적외선의 파장을 이용한 시스템으로 가시거리 내에서만 동작하며, 신호의 도달거리가 짧고, 빛에 대한 간섭을 많이 받는 문제점이 있어서 조명의 변화 및 적외선 파장이 많이 나오는 곳에서는 적합하지 않다. 또한 RADAR 시스템은 2.4GHz 대역의 무선통신망을 사용하는데, 우선 정확도에 있어서 신뢰도가 낮고, 로봇이 적용될 발전소의 경우 대부분 구조물이 철골로 이루어져 있어서 전파의 도달거리가 짧아 많은 수의 기지국을 설치하여야 한다는 단점이 있다. 초음파센서를 사용한 시스템의 경우에도 시스템의 정확도에 비하여 그

비용이 높아 발전소에서 사용하기에는 적합하지 않다. 또한 발전소 내부에서 위치 인식을 하기에는 초음파 센서를 사용하기 어려운 점이 많다. RFID는 라디오 주파수를 이용하여 움직이는 물체와 인식기 사이의 데이터 통신을 하는 ADC(Automatic data Collection) technology로써 빠르고, 신뢰성 있고, 노출되어 있지 않아 이동 중에 있어도 통신이 가능하다. 또한 인식을 위해 직접 조준할 필요가 없으며, Tag의 데이터 변경 및 추가가 자유롭고 일시에 다량의 Tag 관독이 가능하며, 냉온, 습기, 먼지, 열 등의 열악한 관독 환경에서도 관독율이 높다[5].

본 논문의 목적은 발전설비내에서 발전설비 감시·점검용 로봇이 일정한 작업을 꼭 필요한 위치에서 수행하기위한 시스템을 구축하는 것이다. 이러한 시스템을 구축하기 위하여 로봇은 실시간으로 발전설비내에서 RFID의 정보를 수집하여 위치정보를 획득하고 그에 상응하는 작업을 수행하도록 하는 시스템을 구성하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본문에서는 현재 개발중인 로봇에 대하여 설명하고 발전설비내에 설치된 RFID 시스템에 대하여 설명한다. 결론에서는 본 시스템의 성능에 대하여 논하고 결론을 맺는다.

2. 본 론

2.1 발전설비 감시·점검용 로봇 시스템 작업환경 분석

림 18은 발전설비 내에서 로봇이 작업을 수행할 작업환경의 예로 보령화력발전소 내의 터빈제어실을 보여준다.



<그림 1> 화력발전소 터빈제어실

발전설비 감시·점검 로봇의 이동환경은 그림 1과 같이 낮은 바닥에서도 이동이 가능하여야 슬릿 형태의 바닥에서도 이동이 가능하여야 한다. 각 이동 통로에는 계단과 같은 많은 장애물이 존재하고 있다. 로봇이 운용되는 환경은 고압 증기, 재열증기관, 냉온수관과 같이 철골 파이프로 인하여 전파의 가시 거리가 짧고, 많은 온수 파이프 및 열원으로 인하여 적외선 센서의 사용이 어렵다. 또한 터빈 발전실 내부에는 소음이 항상 존재한다.

2.2 발전설비 감시·점검용 로봇 시스템

이러한 환경에서 작업하기위한 로봇은 일본 동경전력의 이동로봇[7]과 같이 정해진 레일을 따라 이동하는 Fixed Track형, 작업 환경 내에서 자유롭게 이동 가능한 Free Motion형으로 구분할 수 있다. 이 중에서 Fixed Track형은 로봇의 운용이 매우 용이하다는 장점이 있지만 주어진 작업 영역 이외의 영역은 감시 대상에서 제외되기 때문에, 발전설비의 안전성을 확보하고자 하는 감시·점검 로봇의 적용 목적에는 부합하지 않는다. 따라서 발전설비의 감시·점검용 로봇으로 Free Motion형 이동로봇인 ROBHAZ[6]를 사용하였다. 또한 발전설비내의 각종 정보를 측정하기위한 제어 및 센서시스템이 장착되어 있다.

〈표 1〉 RFID 주파수 대역별 특징

Frequency	Capabilities	Applications
125kHz	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인식 거리 - 50 Cm 정도 ○ 물, 금속이 있는 환경에 강함 ○ 데이터 전송 속도 낮음 ○ 비교적 가격 비쌈 	출입 통제 맥주 Keg 가축 관리 차량 원격 시동
13.56MHz	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인식 거리 - 최장 1 m ○ 물이 있는 환경에 강함, 금속 환경에 약함. ○ 데이터 전송 속도 양호 	리사이클 용기 스마트(교통)카드 도서관, FA
860-960MHz	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인식 거리 - 3 ~ 8 m ○ 빠른 데이터 전송 속도 ○ 금속 환경에 적합, 물이 있는 환경에서 반사 	유통 물류 분야
2.45GHz	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인식 거리 - 90 Cm 정도 ○ 태그 사이즈가 작아서 유리 ○ 금속 환경에 적합, 물이 있는 환경에서는 반사 ○ 빠른 데이터 전송 속도 	상품 관리 차량 통제



〈그림 3〉 발전 설비 Mock-up 적용 모습

필드 로봇 시스템은 그림 2와 같이 이동로봇(Mobile Base Unit), 이동로봇에 장착되어 주변 환경 정보를 감지하는 카메라와 센서들, 이동로봇을 직접 제어하는 Local Control Station, Man-Machine Interface를 통해 사용자에게 센서로부터의 정보를 제공하고 사용자의 명령을 Local Control Station에 전달하는 Host Control Station과 RF-ID System으로 구성된다. 여기서, RF-ID System은 로봇이 자신의 위치 정보 파악에 카메라만을 사용할 경우에 발생할 수 있는 전체 작업공간에 대한 현재 위치 인식의 어려움을 보완해주기 위해 적용된다. 표 1은 각 RFID 주파수대역별 특징[7]을 보여준다. 본 로봇 시스템에서는 약 900MHz 대역의 RFID 시스템을 사용함으로써 금속환경에서 넓은 인식거리를 가지도록 설계되었다. 로봇에 장착될 카메라와 센서로는 주변 환경의 영상, 열, 소음, 온·습도, 가스 검출 및 전방의 장애물 감지를 위하여 각각 적외선 카메라, 열화상 카메라, 소음 측정 모듈, 온·습도 측정 모듈, 복합 가스 측정 모듈 및 초음파 센서 모듈을 사용한다.

3. 실험 및 결론

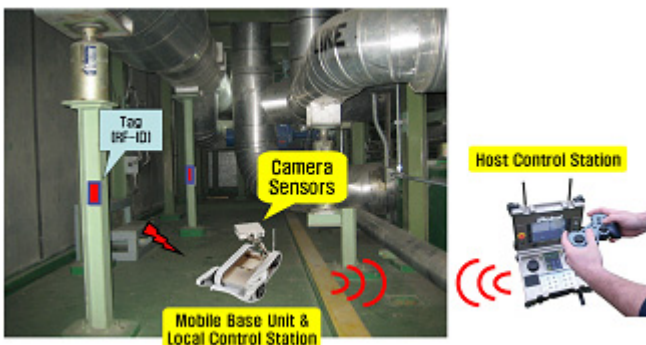
극한작업용 로봇을 포함한 지능형 로봇 분야는 국가 10대 차세대 성장 동력 산업의 하나로 선정됨으로써 추후 발전 설비용 지능형 감시·점검 로봇의 개발이 활성화되고 그 수요도 증가할 것으로 전망된다. 따라서, 본 연구를 통해 구축된 실내 위치인식시스템은 향후 발전 설비 안정성 제고를 위한 원격 순시용 지능형 로봇시스템 개발에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

4. 후 기

이 논문은 산업자문부에서 시행한 전력산업인프라구축지원사업에 의해 진행중인 "I&C 시스템 연구 및 시험설비 인프라 구축" 과제의 결과물입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김승호, "위험작업용 로봇," 기계저널, 42권 제3호, pp.46~51
- [2] K. Pahlavan, X. Li and J. P. Makela, " Indoor Geolocation Science and Technology," IEEE Communications Magazine, Feb., 2002, pp.112-118
- [3] D. Hahnel, W.Burgard, et al, "Mapping and Localization with RFID Technology," in proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.1015-1020, 2004
- [4] Sung-Tsun Shih, et al, " An Improvement Approach of Indoor Location Sensing Using Active RFID," Proceedings of the First International Conference on Innovative Computing, Information and Control, ICICIC '06. pp.453-456
- [5] 한영환, "선과 식별을 이용한 실내 위치인식 시스템," 한국정보기술학회 논문집 5권2호, pp.82~88
- [6] www.robhaz.com
- [7] Keizo Watanabe, "유비쿼터스 RFID," 성안당, 2005



〈그림 2〉 필드 로봇 시스템의 전체 구성

2.3 RFID를 이용한 위치인식 시스템

RFID를 이용한 위치 인식 시스템은 같이 RFID 태그, RFID 수신유틸, 발전설비 감시, 점검용 로봇 시스템, 원격제어 시스템으로 구성된다. RFID Tags는 발전설비 주위에 장착되어 발전설비 감시 점검용 로봇이 특정 발전설비의 위치를 쉽게 발견할 수 있도록 RFID 태그 ID를 전송한다. 즉, 작업 공간을 격자로 나눈 후 각각의 격자 별로 RF-ID Tag을 설치함으로써, 로봇이 RF-ID System을 통해 현재 위치한 공간격자의 정보와 그 격자에서 수행해야 할 작업 정보를 인지할 수 있도록 한다.

RFID Reader의 경우 이동시 이동로봇의 모터구동부에서 나오는 노이즈의 영향을 많이 받기 때문에 RFID 시스템은 이동로봇의 이동부에서 가급적이면 멀리 떨어지도록 설계하였다. 실제 시스템 제작 완료후 로봇 시스템의 RFID 인식거리는 약 220Cm였다.

태그의 배치는 로봇의 이동 경로를 따라서 작업설비를 일정한 거리를 두고 분리 한 후 그 사이사이에 RFID를 설치하여 로봇이 이동 중 각 RFID의 신호를 수신하게 되면 그에 상응하는 작업을 작업자에게 알려 줄 수 있도록 구성하였다.

이동형 RFID Reader는 , RF-ID Antenna와 RF-ID Tag으로 구성된다. 즉, 작업 공간을 격자로 나눈 후 각각의 격자 별로 RF-ID Tag을 설치함으로써, 로봇이 RF-ID System을 통해 현재 위치한 공간격자의 정보와 그 격자에서 수행해야 할 작업 정보를 인지할 수 있도록 한다.