

전력산업에서의 로봇 개발 현황

정승호 | 한국원자력연구소 원자력로봇랩장(shjung2@kaeri.re.kr)

우리나라는 경제 활성화를 위한 설비투자, 공공 기반시설 투자, 주택 보급률 증대 등으로 전력 수요가 지속적으로 증대하여 2005년에는 5,185만 kW의 전력 최대 수요가 예측되며 이러한 전력 수요는 향후 10년 후에는 6,700만 kW에 이를 것으로 전망된다. 이러한 전력수요를 충당하기 위하여 2015년까지 2,137만 kW의 발전설비를 준공할 계획이다. 그러나 발전시설의 입지 확보 문제로 대용량 발전단지는 주로 동남/서남 해안에 편재되어 있는 반면, 국내 전력 수요의 42%가 경인지역에 집중되어 있고 하절기 냉방 수요가 약 1,100 만kW 수준으로 최대 수요의 약 20%를 점유하여 지역별 및 계절별 수급 불균형으로 인한 전력계통의 대전력 수송이 불가피하다. 이러한 국내 전력계통 상황에 능동적으로 대처하기 위하여 새로운 공법 및 로봇 등의 관련 기술 개발이 활발하게 추진되고 있다.

또한 현재 전기 발전량의 약 40% 담당하고 있는 원자력발전소는 그 특성상 안전성을 최우선으로 하기 때문에 많은 검사 작업들이 수행되고 있고, 이 중에는 방사선 구역에서의 검사 작업이 많다. 이러한 방사선 구역에서의 검사 작업들의 자동화 및 작업자의 안전성을 위하여 많은 로봇이 개발되어 활용되고 있다.

1. 송배전 분야에서의 로봇 활용

송배전분야 설비공사는 송배전전선로를 건설하기 위해 필요한 각종 시공기술을 의미하는 것으로서, 철탑기초공사, 가선공사, 송전선로 자재 운반 공사, 케이블 포설 및 접속 공사, 송배전선로 유지보수 공사 등을 포함하고 있다. 이러한 공사 분야 중 현재의 기술 수준을 고려할 때 로봇의 활용이 시급하게 요구되고 있는 분야는 선로 유지보수 분야이다. 송배전 활선작업은 무정전 상태에서 전력선을 유지보수하기 위한 작업방법으로서, 1990년도 초부터 국내에 활선작업차가 보급되기 시작하여 국내의 배전선로 유지보수 작업은 대부분 활선으로 작업을 수행하고 있다. 그러나 이러한 활선작업 시에 적지 않은 안전사고가 발생하고 있는 것이 현실이며, 우리나라의 사회 구조가 선진국형으로 변화되면서 위험 업종에 대한 기피 현상이 점점 심화되고 있고, 인구의 노령화로 인하여 숙련된 작업자의 확보가 점점 어려워질 전망이다. 선진 외국의 경우 이러한 작업의 위험성 탈피, 전공인력 감소에 대한 대처, 경제성 확보 등의 목적으로 활선작업을 수행하기 위한 로봇을 개발하였다.

표 1. 일본에서 개발된 활선작업용 보조암

개발된 로봇	주요 제원	적용 분야
로드밸런스암 	자유도 : 8 본체중량 : 70 kgf 절연강도 : 20kV, 취급하중 : 10 kgf 작업반경 : 1,920 mm	작업 범위가 넓고 공구 교체가 가능하여 파지, 절단, 전선압착 등 다양한 작업 가능
SuperArm2 	본체중량 : 70 kgf 절연강도 : 20kV, 취급하중 : 10 kgf 작업반경 : 1,920 mm	핫스틱의 역할을 대신할 경량형의 다목적용 보조암

일본의 전력회사들은 1980년대 초부터 위험작업을 대신할 수 있는 배전선로 활선작업용 로봇을 개발하기 시작하였다. 개발된 활선작업용 로봇은 작업자를 보조하는 보조암 형태와 양 팔을 이용하여 작업자가 원격 조작에 의하여 활선작업을 수행하는 양팔형 매니플레이터로 구분할 수 있다. 일본의 전력회사들이 개발한 미케니컬암 (mechanical arm), 홀드 암 (hold arm), 로드밸런스암 (load-balance arm), 슈퍼암2 (Super Arm2) 등의 보조암은 고압선 및 바이패스 케이블 등 장력이 걸리지 않는 곳에서 절단 및 접속 작업시에 전선을 잡는 등의 작업자를 보조하는 역할을 수행한다.

일본 동경전력에서는 1984년부터 배전선로 활선작업용 로봇의 개발에 착수하였으며, 조작자가 붐에 부착된 버킷에 탑승하여 조이스틱에 의하여 로봇을 원격 조정 하는 타입의 로봇과 조작자의 지상조작에 의해 로봇을 조정하는 타입의 로봇을 개발하였다. 또한 일본 구주전력은 작업자가 버킷에 탑승하여 조이스틱의

조작으로 로봇을 구동시키는 Phase I과 지상조작형의 Phase II로 구분하여 로봇을 개발하여 활용 중에 있으며, 로봇이 작업 대상물을 파악하여 자동으로 작업을 수행 Phase III가 개발 중에 있다.



그림 1. 동경전력의 활선용 로봇



그림 2. 일본 구주전력의 Phase I 로봇

미국 EPRI (Electric Power Research Institute)

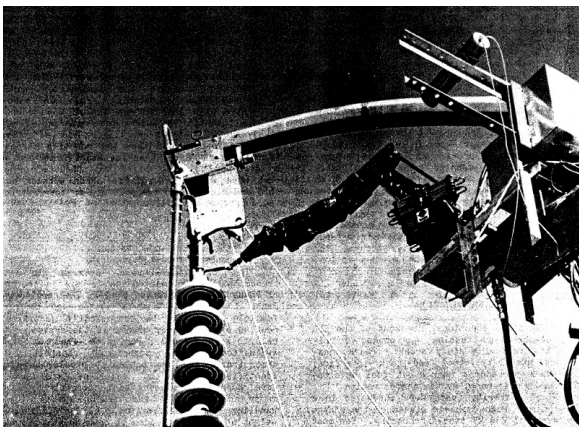


그림 3. TOMCAT

에서는 송전선로의 활선작업용 로봇을 개발하기 위하여 1983년에 기술적, 경제적 가능성에 대한 연구를 완료하고 이를 바탕으로 EPRI와 SwRI (Southwest Research Institute)와 공동으로 TOMCAT 이라 불리는 로봇을 개발하였다. 개발된 로봇은 138kV에서 765kV까지의 송전선로 활선작업이 가능하도록 개발되었으며 관절의 구동은 유압구동 방식을 채택하였고 제어부와 로봇과의 통신은 광섬유를 이용하여 전기적 절연이 가능하도록 하였다.

스페인의 Iberdro사에서는 46kV 배전선로 활선작업을 위하여 양팔 형태의 유압 구동 방식의 로봇인 ROBTET을 개발하였다. 제어부와 통신은 광섬유를 이용하였고, 조작자의 원격제어에 의한 원격작업의 효율 증대를 위하여 입체영상을 통하여 작업 광경을 관측할 수 있도록 하였다.

국내에서는 한국전기공사협회에서 다양한 차종에 설치 가능한 배전선로 활선작업용 보조암을 개발하였다. 개발된 보조암은 배전선로의 활선작업 시 전선의 절단, 전선 피박, 핀애자 교체 등의 작업 시 전선을 지지하거나 잡아주는 역할 등 보조적인 작업을 수행할



그림 4. ROBTET



그림 5. 국내에서 개발한 활선작업용 보조암

수 있으며 이를 위한 작업공구로 전선절단기와 클램프를 개발하였다.

외국의 선로 조건 및 환경이 우리나라의 경우와는 다르기 때문에 외국에서 개발된 활선작업용 로봇을 도입하여 활용하기에는 문제가 있으며, 외국 기술의 종속으로 인하여 새로운 공법의 개선이나 발전이 오히려 늦어질 수 있다. 따라서 한국원자력연구소에서는 현재 배전선로 무정전 활선작업용 로봇 및 잉와 관련된 신공법을 개발 중에 있다.

활선공법이 현재는 배전선로에 대해서만 적용되고 있으나 장기적으로는 초고압 송전선로를 포함한 모든 선로에 대하여 활선공법이 적용될 것으로 전망됨에 따라 송전선로에서의 로봇을 활용을 위한 개발을 적극적으로 모색하여야 한다.

2. 원자력시설에서의 로봇 활용

원자력은 그 안전성과 오염에 대한 끝없는 논란에도 불구하고 석유를 대체할 미래의 에너지로 꾸준히

성장을 해왔으며 근래에는 미래의 에너지가 아닌 현재의 에너지로서 이미 전체 에너지 생산량의 상당부분을 담당하고 있다. 국내에서도 원자력발전소의 지속적인 건설에 의해 석유에너지의 대체효과와 함께 안정적인 전력 공급을 위해 지대한 공헌을 하고 있다. 그러나 이와 같은 긍정적인 효과들에도 불구하고 안정성을 우려하는 회의적인 시선이 끊이지 않고 있으며 최근에는 3D 현상의 여파로 방사선 구역 내에서의 작업 회피 경향까지 발생하고 있다.

이와 같은 추세를 배경으로 하여 원자력 선진국에서는 원자력 발전소내의 작업종사자를 방사선 노출로부터 보호하여 안전성을 향상시키고 각종 자동화 장치를 적용하여 신속한 작업을 수행함으로써 경제성을 진작시키려는 노력이 활발히 추진되고 있으며, 이에 따라 난이도와 복잡성이 요구되는 검사 및 보수 작업에 로봇이 많이 활용되고 있다.

미국의 원자력 시설용 로봇기술 개발은 1940년대에 원자력 개발이 개시됨과 동시에 아르곤 국립연구소를 중심으로 활발히 추진되어 1950년대 말까지 눈부시게 진보되었다. 한편 1960년대 초에는 당시 미국원자력 위원회의 이해부족으로 국가예산의 투입을 중단되기도 하였으나, TMI 사고 이후 원격로봇기술의 고도화가 필요하다는데 인식하여 1980년대 들어 새로운 연구개발단계로 전환되었고, 원격로봇기술 개발에 국가 자금이 재투입되어 현재는 오크리지 국립연구소를 중심으로 추진되고 있다.

프랑스에서는 1960년대까지 원자력용 로봇을 미국의 기술에 의존하였으나 미국에서의 로봇 개발이 정체된 시기에 독자적인 기술 개발을 추진하여 많은 기술적인 발전을 이루었다. 따라서 현재는 첨단로봇기술의 연구개발이 국가 프로젝트로 수행되고 있으며, 그밖에 원

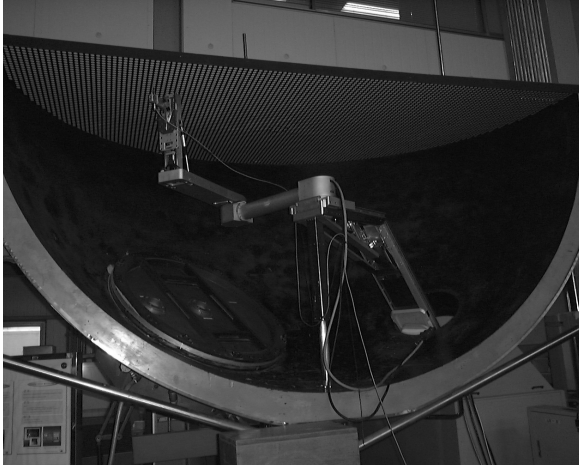


그림6. 증기발생기 전열관 검사/보수 로봇

자력용 로봇기술개발에 관해서는 프랑스 원자력청이 중심이 되어 각종 원자력 시설을 대상으로 하는 기본적인 연구부터 시스템 개발까지 광범위한 연구개발을 추진하고 있다. 한편 프랑스 전력청도 프라마툼과 공동출자하여 경수로형 원자력발전소용 원격로봇 기술개발 센터를 설립하여 신기술의 개발에 주력하고 있다.

일본은 원자력 발전소 내에 로봇 시스템을 적용시키려는 가장 포괄적이고도 야심적인 계획을 수립하였다. 그들이 로봇을 적용시키려는 목적은 방사선 피폭 저감뿐 만 아니라 인력과 운전정지 회수를 줄이고 일차 계통내의 핵연료 장전, 캐스크 제염도 부수적으로 수행하기 위함이다.

서독에서는 원자력시설용의 로봇기술의 연구개발을 칼스루헤 원자력연구소가 중추적 역할을 담당하고 있고 폐기물 처리시설 및 그 밖의 각종 원격조작시스템의 기술개발도 추진하고 있다. 이미 1970년대에 원자력시설 내와 방사성물질의 수송 중에 방사능 사고가 발생하는 경우를 상상하여 사고처리와 구조작업을 전문으로 하고 기관을 설립해 놓고 있다. 여기에서는 방사능 오염사고의 처리작업용으로서 실내작업용 및 야

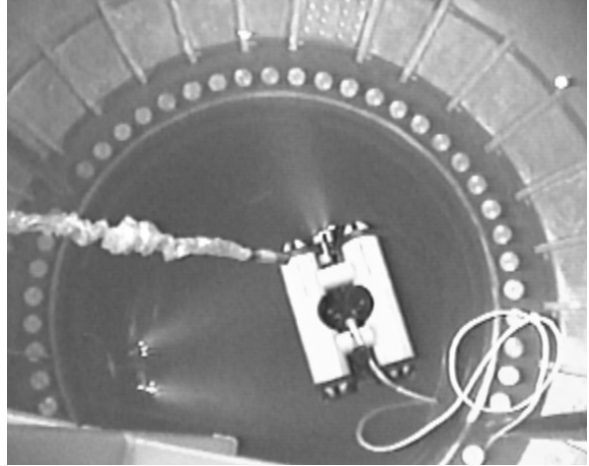


그림7. 원자로에 투입되는 수중 로봇

외작업용의 조작기 등을 탑재한 궤도식 이동차를 개발하였다.

국내에서는 한국원자력연구소가 주축이 되어 작업자의 접근이 어려운 고방사선 구역 내의 효율적 감시, 점검을 위한 여러 종류의 로봇을 개발하고 있다. 원자력 안전성 관련기기 중에 하나인 증기발생기는 10m 높이의 거대한 수직형 열교환기로서 내부에는 3천~8천개의 전열관이 설치되어 있으며, 만일에 전열관에 부식, 균열 등의 이상상태가 발생할 경우 원전의 안전성이 저하되게 된다. 이를 위해 한국원자력연구소에서는 원자력발전소의 증기발생기 전열관의 부식, 균열 등에 대한 자동 검사 및 원격 보수 작업용 로봇을 개발하였다. 개발된 로봇은 기존에 원자력 선진국에서 수입하여 활용하고 있는 와전류 탐상 검사용 로봇 및 전열관 보수 로봇을 일체형으로 개량하고 국내 원전에 최적화시켰다.

또한 고방사선으로 인하여 사람의 접근이 불가능한 원자로 내부 육안검사를 수행할 수 있는 원자로 검사용 수중로봇을 개발하였다. 개발된 로봇은 전후좌우/

상하 이동 및 회전이 가능하며 검사 대상물의 크기 및 거리 파악을 위한 영상처리 기술 및 로봇 위치 인식 시스템 등의 핵심기술을 적용하여 원자로 내부의 배관 이상 유무를 등의 안전성 평가자료를 획득할 수 있다.

방사선 구역에서의 작업을 위한 로봇의 활용은 원자력발전소에만 국한 되는 것이 아니다. 현재 외국에서는 방사선 폐기물장 관리 및 원자력발전소 폐로용 로봇을 개발하여 활용하고 있다. 우리나라에서도 향후 건설될 고준위 방사선 폐기물장에서의 고방사선 폐기물의 감시 및 취급을 위하여, 그리고 수명이 다한 원자력발전소를 폐쇄시키기 위한 폐로작업을 위하여 로봇은 중요한 역할을 담당할 수 있을 것이다. 또한 향후 에너지원으로 기대되는 고속증식로, 핵융합 발전의 안전성 실현을 위해서도 인공 지능형 로봇의 개발 및 활용이 절실히 요망된다.

현재 정부에서는 우리나라 산업을 이끌고 나갈 차세대 10대 성장 동력산업의 한 분야로 로봇산업을 선정하여 지원을 하고 있으며, 이에 따라 로봇 관련 국내 기술의 커다란 발전이 기대되고 있다. 이러한 발전된 로봇 관련 국내 기술의 원자력산업 및 전력산업 분야에의 활용은 원자력의 안전성 향상에 기여를 할 뿐만 아니라 원활한 전력 공급 및 전력 수송에 큰 일조를 할 것으로 예상된다.



- 1992.2 연세대 공과대학 기계공학과 공학 박사학위 취득
- 1992.11 한국원자력연구소 입소
- 현재 한국원자력연구소 원자력 로봇랩 랩장