

발전소 순시 점검 개선을 위한 로봇/AI 도입 검토

여상민, 장덕진, 성승제, 장우영
(주)에스에이치아이앤씨

Examination of introduction of robots/AI to improve power plant inspections

Sang-Min Yeo, Doc-Jin Chang, Seung-Je Seong, Woo-Young Chang
SHInc

Abstract - 양수발전소는 구조 특성상 순시 점검원의 피로도가 높고, 사고에 따른 과급이 크다. 따라서 사고의 예방은 물론 순시 점검원의 업무를 지원하기 위하여 로봇과 인공지능 기법이 융합된 솔루션의 도입을 위한 기본 사항들을 검토하였다. 다양한 센서 및 인공지능 기법이 많이 개발된 현재에는 새로운 기술적 개발보다는 기존의 연구 결과를 활용하여 실제 현장에 최적화된 솔루션을 제작하는 것이 필요하기 때문에 각 점검 요소 별로 필요한 센서, 요소기술 등을 확인하였다.

1. 서 론

수력/양수발전소는 건설 형태, 구조, 대량의 물을 사용한다는 특성 등에 따라 화재, 배관 파열 등의 사고가 발생하면 인명사고, 침수, 환경 오염 등 대형 사고로 확대될 가능성이 크다. 따라서 설비의 안전 운영을 위해 상시 감시 인력이 요구되며, 실제로도 2인 1조 형식으로 정해진 일정에 따라 발전소 내부를 순시하며 육안 점검 등을 시행한다. 특히 양수발전소는 발전설비들이 깊은 지하에 위치하여, 햇빛을 볼 수 없는 환경에 설비 운전 시 발생하는 상당한 소음에 생체 리듬이 깨지고, 심야 시간 등에는 순시 점검원들의 안전사고의 발생 가능성이 커지거나 피로도 상승, 집중력 저하 등으로 인한 점검 누락, 오인지 등이 발생할 가능성이 커진다.

최근에는 발전소 설비의 상시 감시를 위해 AI 기능이 탑재된 CCTV를 설치하여 활용하고 있다. 그러나 CCTV는 설치 환경에 따라 감시가 가능한 구획에 제한이 발생하기 때문에 사각지대가 발생할 수밖에 없다. 또한 특정 설비를 자세히 보기 위해서는 많은 수의 CCTV를 설치해야 하고, CCTV의 수를 제한하면 넓은 범위를 촬영하기 위한 설치 위치를 선정해야 하므로 각 설비를 자세하게 보기는 어렵다는 단점이 있다. 또한, AI 기술이 접목된 조기경보 기술의 개발로, 화력, 원자력 발전소 등에서는 상태 감시 및 조기경보 시스템을 도입, 운영하고 있으며, 양수 발전에도 적용할 계획을 수립하고 시범 운영 등을 계획하고 있다 [1-2].

그러나 이러한 시스템이 도입되더라도 이러한 시스템은 사전에 설치된 각종 센서 등으로부터 수집된 데이터를 기반으로 발전소에 대한 상태 감시 및 이상 탐지를 수행하고 있으므로 센서로부터 측정되기 전 일반적인 순시 점검원의 점검에 의해서만 확인될 수 있는 각종 상태 이상을 검출하고 진단하는 데에는 무리가 있다.

따라서, 본 논문에서는 최근 다양한 형태로 발전하고 있는 이동형 로봇을 활용하여, 기존의 순시 점검의 안전사고를 줄이고, 디지털 기반의 순시 점검을 수행하기 위한 새로운 순시 점검 방법, 즉 발전소 내의 설비들의 상태 감시를 위한 로봇과 인공지능의 도입을 위한 사항을 검토하고자 한다.

2. 본 론

2.1 양수발전소 및 순시점검

발전소에는 발전기, 터빈, 변압기와 같은 발전을 위한 기본적인 설비 외에도 냉각설비, 조상설비, 케이블, 보호장치 등 매우

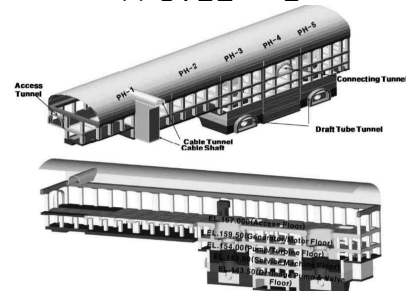
많은 설비가 존재한다. 본 논문에서는 다양한 발전 형태 중 양수 운전과 발전 운전의 2가지 형태로 운영되며, 지하 깊은 곳에 위치하여 24시간 순시 점검이 어려운 양수발전소를 대상으로 검토하고자 한다.

국내의 양수발전소는 1980년에 준공되어 운영 중인 청평양수발전소를 비롯하여 총 7 지역에서 운영 중이며, 지역별로 2기 또는 4기의 발전기가 설치되어 총 16기 4,700MW의 발전 용량으로 운영되고 있다. 이외에도 추가적인 전력계통의 안정도 향상 및 전기품질 확보를 위해 5 지역에서의 건설사업이 진행 중이다[3].

양수발전소의 구조는 다음 그림 1과 같으며, 각종 발전설비가 위치하는 지하발전소는 지상에서 차량을 이용해 이동해야 할 정도의 지하 깊은 곳에 4~5층 규모로 건설된다[4-5].



(a) 양수발전소 조감도



(b) 지하발전소 3D 모식도

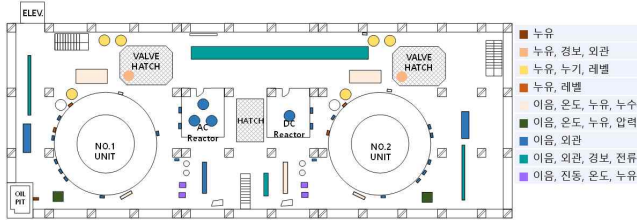
<그림 1> 양수발전소 구조

양수발전소는 발전기 외에도 펌프 등 양수를 위한 각종 밸브, 수차 등의 다양한 설비가 존재한다. 각 설비, 배관, 밸브 등은 형태, 특성에 따라 다양한 점검 요소가 존재하며, 센서를 통해 측정될 수 있는 요소는 이미 다양한 센서의 설치를 통해 상위 감시제어 시스템에 정보가 통합되어 운영되고 있어 이러한 데이터를 이용한 상태 감시는 시스템 도입을 통해 진행할 수 있다.

양수발전소는 상/하부 저수지와 연결되어 있고, 지하에 설치되어 운영되기 때문에 사고가 발생하면 짧은 시간에 지하발전소가 잠겨버리는 대형 사고로 번지기 쉬우며, 사고 인지가 빠르더라도

도 다른 발전소와는 다르게 지하발전소까지의 접근이 용이하지 않기 때문에 각종 이상에 대한 조기 감지 및 예측이 요구된다. 따라서 상술한 바와 같이 다양한 센서들의 설치 및 운영에 의한 조기 감지 시스템이 운영된다고 하더라도 누수, 누유 등의 확인, 이음(異音) 발생 여부, 각종 계기의 확인, 외관의 변형 여부 등을 위한 순시 점검은 계속되고 있다.

다음 그림 2는 양수발전소의 수차실이 존재하는 특정 층에 대한 설비 배치 및 점검 요소를 간략화하여 표현한 것이다.



〈그림 2〉 점검 항목에 따른 구획 분류

그림 2에는 30여 종의 설비가 설치되어 있으며, 설비별로 이음, 온도, 압력, 운전 전류, 진동, 누수, 누유, 누기 등의 순시 점검 항목이 존재한다. 실제 지하발전소에는 위 그림 2에는 표현되지 않은 각종 배관이나 요철 등이 존재한다. 그리고, 그림 2에서 각 점검 위치를 보면 다양한 설비가 다양한 위치에 존재함을 알 수 있으며, 그림 2는 설비 배치를 단순화하여 표현한 것이지만 실제 현장을 토대로 검토해보면, 각 설비의 위치로 이동하기 위해서는 배관 등을 피해 이동해야만 해당 설비를 확인할 수 있는 경우도 존재한다. 따라서 다양한 위치에 산재되어 있는 설비들을 감시하는 데에는 고정된 위치에 설치되는 CCTV로는 무리가 있다. 물론 다수의 카메라를 설치하여 다양한 구역을 촬영함으로써 모든 설비의 감시를 충족할 수 있으나 카메라 구입비용, 각 위치에 대한 케이블 포설 비용, 케이블 자재 비용 등을 고려할 때 비효율적이다. 보다 효율적으로 전체 설비를 감시하기 위해서는 사람이 순회하면서 점검하는 것과 유사하게 이동체를 이용하는 것이 필요하다.

2.2 로봇과 인공지능

로봇은 다양한 분야에서 다양하게 발전하고 있다. 로봇은 크게 제조용과 비제조용으로, 그리고 비제조용은 개인 서비스용과 전문 서비스용으로 분류되기도 한다. 기본 분류 형태로 따지면, 본 논문에서 검토하는 로봇은 전문 서비스용 로봇이며, 순시 점검 목적으로 활용되는 로봇이라고 할 수 있다. 로봇 중에서도 이동형 로봇은 다음 그림 3과 같이 이동 방식에 따라 바퀴형, 무한궤도형, 4족 보행형, 레일 이동형 등 목적, 적용 환경 등에 따라 다양하게 개발되고 있다[6-7].



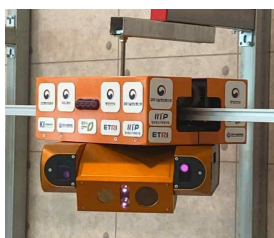
(a) GE의 바퀴형 로봇



(b) EX Robotics의 무한궤도 로봇



(c) Boston Dynamics의 4족보행 로봇



(d) ETRI에서 개발한 레일 로봇

〈그림 3〉 이동 방식에 따른 로봇의 예

로봇은 순시 점검을 위한 매개체로 각 설비의 위치를 주행하며 각종 정보를 취득하기 위한 설비이다. 로봇의 이동 방식을 선정하는 것은 순시 점검하고자 하는 발전소 현장의 이동 경로, 환경, 바닥의 재질, 요철, 복잡도, 비용 등 다양한 요소를 고려하여 결정할 필요가 있다. 또한 기본적으로는 로봇의 주행을 위해 카메라가(필요시 LiDAR와 같은 센서가) 설치되어 있으나 영상 정보만으로는 설비의 상태를 판단하기 어렵다. 따라서 추가적인 센서의 활용은 물론 이를 종합적으로 판단하기 위한 다양한 인공지능 기법이 요구된다[8].

본 논문에서는 각 점검 항목을 위하여 다음의 기술을 고려하였다.

〈표 1〉 점검항목별 데이터 취득 기기 및 요구 기술

	데이터 취득	요구 기술
계기점검	카메라	객체 탐지 AI 이미지 분석, OCR
이음	마이크	주파수 해석/AI 분석
누수/누유/누기/온도	열화상 카메라	객체 탐지 AI 응용
설비 인식	카메라	객체 탐지 AI
전기적 아크	UHF 장치	아크 특성 분석 AI

순시 점검 항목을 충족하기 위해서는 한 가지의 센서, 한 가지의 기술로 해결할 수 있는 것이 아니라 여러 종류의 센서는 물론 하나의 센서라고 하더라도 다양한 기술을 접목하여 원하는 결과를 얻어내야 한다. 상술한 요구 기술들은 이미 다양한 분야에서 많이 개발되고 있다. 따라서 새로운 인공지능을 만든다기 보다는 기존에 개발된 시스템을 ‘얼마나 현장 설비 및 환경에 적절하게 적용할 수 있을까’의 문제라고 할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 양수발전소의 순시 점검을 로봇과 인공지능을 이용한 형태로 변경하기 위한 사전 검토를 위해 현장 및 설비 현황, 각 점검 요소 등을 확인하고, 적용이 가능한 로봇의 형태 및 종류와 필요한 요구 기술 등을 확인하였다. 사실상 로봇은 같은 양수발전소라고 하더라도 현장의 상황에 따라 다양한 형태의 로봇을 적용할 수 있으며, 점검 요소별로 요구되는 센서, 기술 등도 이미 상용화되어 있는 것들을 활용할 필요가 있다. 또한 현장의 실제 설비를 기반으로 한 강화학습을 통해 인공지능의 성능을 높일 필요가 있다. 향후에는 본 논문의 결과를 토대로 순시 점검 시스템을 개발하고, 실제 양수발전소에 적용하여 성능을 검증할 계획이다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 전이슬, “AI기술이 적용된 양수발전 온라인 운전상태 감시 시스템 구축”, 전기저널, Special Issue, 2024, 02.
- [2] 정세영, “원자력발전소 고장장후, 미리 찾아낸다“... 한수원 ‘AIMD 센터’ 가보니”, 전기신문 에너지BIZ-원자력, 4220호, 11면, 2024. 01.
- [3] 한국수력원자력 홈페이지, www.khnp.co.kr
- [4] 박학원, “예천양수발전소 사업현황”, 전원과 자원, 제53권 제2호, pp. 40-47, 2011.
- [5] 고경렬, 임한석, “양양 양수발전소 설계·시공 사례 - 수로터널 및 지하공동”, 자연과 사람 그리고 터널, Vol. 9, No. 2, pp. 28-34, 2007.
- [6] “유망시장 Issue Report : 지능형 로봇”, INNOPOLIS 연구개발특구진흥재단, 2021. 07.
- [7] 엄위섭, 김연규, 이주희, 최기혁, 심은섭, “지능형 로봇의 발전 동향”, 항공우주산업기술동향, 11권, 1호, pp. 150-160, 2013.
- [8] 장지호, 나기인, 신호철, “멀티모달 센서 기반 실외 경비로봇 기술 개발 현황”, ETRI 전자통신동향분석, 제37권, 제1호, pp. 1-9, 2022. 02.