Physical AI 시대, 건설 자동화의 도전과 기회

함영집
서울대학교 건설환경공학부 교수

전통적인 건설자동화는 반복적이고 예측 가능한 작업에 초점을 맞추었지만, 급변하는 건설 현장의 불규칙성과 복잡성에 대응하기에는 한계가 있습니다. 이에 따라 자동화를 넘어, 스스로 환경을 인식하고 판단하며 의사결정을 수행하는 자율건설로의 전환이 필요합니다. 건설현장은 일정하지 않은 지형, 장비·인력의 혼재 등 고도의 판단력을 요구하는 작업환경입니다. 숙련인력이 급감하는 현실에서, 고자율성 건설로봇은 생산성과 안전성을 동시에 확보하기 위한 필수 기술로 부상하고 있습니다. Physical AI는 인공지능이 단순한 데이터 분석을 넘어, 실제 물리적 세계에서 감지·판단·제어·행동까지 수행할 수 있도록 하는 기술 개념입니다. 이는 다양한 현장 시나리오에 적응 가능한 로봇 의사결정 구조를 구축하는 것을 목표로 합니다. 이를 위해 AI 기반 건설로봇 프레임워크를 개발하였으며, 환경 인식-작업 계획-의사결정-제어로 이어지는 통합 구조를 구현했습니다. 특히 전략 학습 기반의 의사결정 구조를 도입하여, 건설현장 내 불규칙한 상황에서도 스스로 최적의 행동을 선택할 수 있도록 했습니다. 이 프레임워크는 다양한 에피소드 학습을 통해 객체 위치, 경로, 방향 등 조건이 매번 달라지는 환경에서도 강건한 성능을 유지합니다. 또한 학습된 정책이 실제 장비 제어에 안정적으로 적용될 수 있도록 했습니다. 자율주행 무인운반차를 활용한 실험에서는 비정형 지형, 연약지반, 경사면 등 다양한 조건에서 전략적 운행 정책이 효과적으로 작동함을 확인했습니다. 한편, 고자율성 건설로봇 실현을 위해서는 기술적 문제뿐 아니라 법·제도, 데이터 인프라, 경제성, 사회적 수용성 등 복합적인 문제들을 함께 해결해야 합니다. 앞으로의 건설자동화는 인공지능, 센서, 로보틱스, 제어기술이 융합된 지능형 물리시스템으로 진화해야 하며, 이를 통해 인간과 로봇이 협력하는 안전하고 지속가능한 자율건설의 미래를 열어갈 수 있을 것입니다.