

□ 미션 2.

주 제	공구 및 공정 제약조건을 반영한 표면가공 최적 경로 생성 요약 : 대상물의 3D 형상과 도장·샌딩 등 표면가공 공구의 작업 폭, 접근각도, 작업거리와 같은 제약조건을 분석하여 가공 영역을 자동으로 분할하고, 대상 표면을 균일하게 커버할 수 있는 로봇 자세 및 작업경로를 생성하는 기술을 개발함
기 업 명	HD현대로보틱스
카테고리	로봇 자동화·데이터 최적화·Physical AI
키 워 드	#SurfaceProcessing #CoveragePathPlanning #RoboticSanding #RoboticPainting #MotionPlanning #DigitalTwin #PhysicalAI
기업 설명	HD현대로보틱스는 HD현대의 로봇 전문기업으로, 산업용 로봇의 개발·생산부터 공장자동화 시스템의 설계, 설치, 시운전 및 유지보수까지 종합적인 로봇 자동화 솔루션을 제공합니다. 자동차·건설기계·배터리·전기전자 등 다양한 산업의 용접, 핸들링 및 물류 자동화 사업을 수행해 왔으며, 최근에는 조선산업의 고위험·고난도 공정을 대상으로 로봇 자동화 솔루션을 확대하고 있습니다. 또한 자체 로봇 제어기와 소프트웨어 기술을 기반으로 AI 로봇 및 스마트 제조 솔루션을 개발하고 있습니다
문제 배경	도장, 샌딩, 연마 등 표면가공 공정은 대상물의 형상이 복잡하고 작업 품질이 공구의 자세, 이동속도, 작업거리 및 중첩률에 큰 영향을 받음. 이에 따라 로봇을 투입하더라도 대상물별로 숙련 작업자가 작업 영역과 경로를 직접 설정해야 하며, 티칭 및 프로그램 작성에 많은 시간이 소요됨. 특히 하나의 로봇 자세로 전체 표면을 가공하기 어려운 경우가 많아, 로봇의 도달성과 공구 제약조건을 기준으로 표면을 적절한 작업 영역으로 분할해야 함. 이후 각 영역을 누락이나 과도한 중첩 없이 가공하면서 로봇의 불필요한 이동을 최소화하는 경로 생성이 필요함. 본 과제는 대상물의 3D 형상과 공구 조건을 입력하면 작업 가능한 영역을 자동으로 분할하고, 각 영역에 대한 로봇 자세와 표면 커버리지 경로를 생성하는 기술 개발을 목표로 함.
참고자료	■ 예시 사진 : ■ 영상 : ■ 참고자료 링크 :
개발 목표	다음 기능을 포함하는 표면가공 경로 생성 알고리즘 및 시뮬레이션 프로토타입을 제안함. ① 대상 표면 및 공구 조건 입력 ② 표면 특성 분석 및 영역 분할 ③ 표면 커버리지 경로 생성 ④ 로봇 작업 가능성 검증 ⑤ 작업 결과 시각화 및 평가
기술 요구사항	① 대상 표면 및 공구 조건 입력 - CAD, 포인트클라우드 또는 Mesh 기반 대상 형상 입력 - 공구 작업 폭, 작업거리, 접근각도, 이동속도 등 제약조건 입력

	- 가공 금지 영역 또는 우선 작업 영역 설정 ② 표면 특성 분석 및 영역 분할 - 곡률, 법선 방향 및 형상 연속성 분석 - 로봇 도달성과 공구 접근 가능성에 따른 작업 영역 분할 - 영역별 기준 작업 자세 및 공구 방향 생성 ③ 표면 커버리지 경로 생성 - 작업 폭과 중첩률을 고려한 경로 간격 설정 - 미가공 영역을 최소화하는 경로 생성 - 과도한 중복 작업과 공구의 불필요한 이동 최소화 - 영역 간 이동 및 작업 순서 최적화 ④ 로봇 작업 가능성 검증 - 로봇 관절한계 및 특이점 고려 - 대상물·공구·로봇 간 충돌 여부 확인 - 접근 불가능 영역 식별 및 대체 자세 또는 경로 제안 ⑤ 작업 결과 시각화 및 평가 - 표면 커버리지와 미가공 영역 시각화 - 예상 작업시간 및 로봇 이동거리 산출 - 공구 자세, 작업거리 및 중첩률 편차 분석
필수 고려사항	· 공구의 작업 폭과 표면 간 중첩률 반영 · 표면 법선 대비 공구 접근각도 및 작업거리 유지 · 로봇의 도달 범위와 관절 구성을 고려한 영역 분할 · 복잡 형상 또는 접근 불가 영역에 대한 식별 및 표시 · 결과 확인이 가능한 3D 시뮬레이션 또는 디지털 트윈 제공
제안 한마디	단순한 최단경로 생성보다, 공구 조건에 따른 작업 품질과 로봇의 실제 수행 가능성을 함께 만족하는 경로를 제안해야 함. 우수 결과물은 도장, 샌딩 등 구체적인 표면가공 공정을 대상으로 후속 PoC를 검토할 수 있음