HD현대로보틱스

제어기 생산방식 혁신 방향성 도출
(경쟁사 벤치마킹 기반)

2025.12.23

제어기 생산방식 혁신 – 핵심 요약

HDR 현황 및 경쟁 대비 Gap

제어기 생산 경쟁력의 핵심요소는 1) 제어기 HW/SW의 표준화, 2) 기능단위 모듈화 및 3) 생산공정 자동화로 구분됨. HDR은 각 영역에서 경쟁사[1] 대비 초기 단계이며, 표준화/모듈화 기반 계획생산 체계 및 원가 경쟁력 확보 관점에서 구조적 열위

- **[표준화]** 경쟁사는 단일 SW 플랫폼 기반 모델간 공통 운영체계 및 모델별 표준 인터페이스 HW 설계 도입 완료, HDR은 Hi6 이후 SW 표준화 진행되었으나 HW는 전원보드/CPU 외 영역의 모델별 구성 상이하고 다수의 케이블 및 부가축 옵션 운영 중
- **[모듈화]** 경쟁사는 케이블 없이 탈부착 가능하며, 세부 기능간 분리된 모듈 아키텍처 기반 구조적 확장성 확보 및 계획생산 기반 마련한 반면, HDR은 일부 기능구조간 모듈이 혼합되어 있고 고객의 옵션 선택에 따른 구성 복잡도 높아 대량 계획생산 어려움
- **[자동화]** SMT~ 포장/물류까지 80%+ 내재화/자동화한 경쟁사 대비, HDR은 국내 2개 협력사에 대다수 공정 외주(수작업)

생산방식 아키타입

경쟁사는 공통적으로 높은 수준의 표준화/모듈화 기반 계획생산 체계 구축, 세부 아키타입은 공정 자동화 수준으로 3개 유형 구분

- **Type A**(Estun): 모듈 제작/조립, 최종 조립 중심 ~40-50% 자동화, **Type B**(Kawasaki/ABB/Kuka/Yaskawa): 최종 조립, 모듈 조립, 품질 검사 중심 ~60-80% 자동화, **Type C**(Fanuc): 전 공정 ~95% 자동화 (+ 자사 로봇 활용)

HDR은 제어기 생산 혁신 위해 대다수 주요 경쟁사들이 생산물량 ~2만대 도달 ~2-3년 전부터 단계적으로 도입 추진한 Type B 도입 고려. Type A는 투입 자본 대비 절감효과 상대적으로 낮으며, C는 투자 회수 위해 연 10만대+ 물량 필요하여 부적합

Type B 추진 시 주요 리스크 영역은 1) CAPEX 회수 위한 Critical Mass 생산물량 확보, 2) 공정 내재화 전환 위한 공급망 구축, 자동화 전문인력 소싱 및 양산 품질 안정화, 3) 양산 이후 목표 절감효과 달성임. 이에 대한 리스크 완화 방안으로 초기 내재화 라인 구축 위한 전문인력 확보, 3rd Party 자동화 설계/실행 자문 활용, 물량 Forecast 기반 ROI 트랙킹 툴 구축 등 검토 필요

중장기 지향점 및 예상 기대효과
(초기적 / 현업 내부 검토 및 구체화 진행 중)

제어기 생산 아키타입별 예상 투자규모, 단위원가 절감액 및 HDR 생산대수 로드맵 등 고려 시, '30년대초 Type B 전환 타겟 가능

- 초기 3년간 ~400억원 규모의 설비투자 (~2.5만대) 기반 모듈 조립, 최종 조립, 품질 검사 3개 핵심 공정을 내재화 및 자동화 시 현재 대비 단위원가 10-15% (연 120-180억원) 절감 예상. CAPEX 회수기간 6-7년으로 다소 긴 편이나, 초기 투자 회수 이후 연 180억+ 지속적인 현금흐름 개선, 장기간 사용가능 설비 투자 및 핵심 제품의 생산 내재화 등 전략적 의의 보유
- 본격적인 자동화 라인 가동은 HDR 중장기 생산 로드맵 상 연 ~2만+대 예상되는 '30년대 초반부터 실행 가능 예상되며[2], 공정 내재화/자동화 체계 구축에 ~3년 소요 고려 시 '27년경부터 자동화 설계 및 초기 투자 검토 본격화 필요

상기 투자 검토 적정 시점 전까지는 우선적으로 대규모 투자 없이 추진 가능한 제어기 표준화/모듈화, 협력사 변경 등 단기 적용 가능한 비용절감, 공정 내재화 준비 등 단기 혁신 과제 개발 및 추진 계획 수립 필요

- **[연구개발]** 외함 및 케이블/커넥터 규격 표준화 ('27년 내), 모듈간 배선작업 최소화 및 PSM 모듈화 개발 ('28년 초 양산 적용)
- **[구매/생산]** 제어기 옵션 조립 내재화 (N60/80/30/00 '27년 내 모두 착수), '28년 표준 Assy 중국 BCC 제조협력사 전환

1 Fanuc, Yaskawa, ABB, KUKA, Kawasaki, Estun 기준
2 Type B 구축 위한 1차 2.5만대 생산용 CAPEX ~390억 고려 시, 최초 투자로부터 ~6년 이후 (= 3년 준비 + 라인 가동 후 3년) 내 초기 투자금 회수 가능한 연 생산대수 수준 (Type B 전환 기 이행한 경쟁사 전문가 Input 기반 추정치)

로봇 OEM의 제어기 생산방식의 핵심요소 중 표준화와 모듈화는 계획생산[1] 체계의 전제 조건, 자동화는 생산 Archetype 결정 요인으로 작용

계획생산 체계 전제 조건 | 생산 Archetype 결정 요인

제어기 생산방식 핵심요소	정의
표준화	제어기를 구성하는 HW 및 SW 플랫폼을 모델 간[2] 일관되게 설계하여 설계 및 생산 복잡도를 낮추는 작업
모듈화	제어기를 기능 단위 모듈로 분리해, 설계/생산/검사/수리 시 해당 단위로 관리할 수 있도록 하는 구조화 작업
자동화	IP/품질 민감도 높은 핵심 공정 중심, 표준화 된 생산 공정을 내재화 및 자동화하여 생산효율 및 품질 일관성을 극대화하고 생산비용을 절감하는 작업

경쟁사[3] 벤치마킹 결과, 로봇 OEM의 **제어기 생산 방식을 결정짓는 요인은 부품의 표준화, 모듈화, 공정 내재화의 범위, 공정 자동화의 수준**으로 도출

표준화 및 모듈화는 제어기 계획생산[1] 체계 구축의 전제 조건으로 작용하며, 경쟁사 전반에서 이미 높은 수준으로 달성된 것으로 확인

자동화 수준은 각 기업의 제어기 생산 세부 Archetype을 구분하는 주요 요인으로 작용하며, 업체별 전략적 방향성과 제어기 생산 성숙도에 따라 상이함

1. 제품 표준화와 수요 예측에 기반하여 고객 주문 이전에 생산을 미리 계획/실행하여 재고로 축적하는 생산방식이며, 생산 내재화/자동화를 통한 단위 원가 절감 및 품질 일관성 확보를 위해 반드시 전제되어야 하는 생산 체계
2. 각 SW/HW 항목별 표준화 가능한 모델 범위 의미(예. 전모델/ 소-중-대형별/전류 용량 등급별)
3. Fanuc, Yaskawa, ABB, KUKA, Estun 기준

자료: 전문가 인터뷰, 팀 분석

[표준화/모듈화] 경쟁사는 공통적으로 높은 수준의 SW/HW 표준화 및 모듈화 설계 고도화 통해 계획생산 체계를 확보, 생산 내재화의 기반을 마련함

경쟁사 추진 배경

글로벌 로봇 OEM은 '80-'90년대부터 제어기 계획생산 체계를 선제적으로 구축 시작

- 수주-출하까지 리드타임이 상대적으로 오래 소요되는 주문생산 구조로는 지속적으로 성장하는 로봇/제어기 수요를 대응할 수 없다고 판단
- 이에 따라 단계적으로 SW 및 HW 표준화, 모듈화 수준을 높이고 계획 생산 체계 구축

계획생산 체계 확보 과정

	SW 표준화 ⊕ HW 표준화		모듈화
정의 및 의의	전 모델 공통 OS 및 제어 플랫폼 도입	소/중/대형 모델별 표준 아키텍처 보유	기능 단위로 모듈화 설계
경쟁사 현황	**단일 SW 제어 플랫폼 기반, 전 모델 공통 운영체계 확보** • Fanuc R-30iB, Yaskawa Motoman Next, ABB Omnicore 플랫폼 등 **HW 또한 소/중/대형 모델별 표준 아키텍처/인터페이스 설계**		**전체 모델 80% 이상 공통 모듈 구조 설계** • 전략적으로 제어기 옵션 비중 최소화 (~5-10%)

"계획 생산을 하고 있는 모든 로봇 제조사는 SW 및 HW 표준화 및 이에 기반한 모듈 설계를 기본적으로 수행 중"
– 전 Fanuc Deputy General Manager

계획생산 (Made-to-Stock; MTS)

제품 표준화와 수요 예측에 기반하여 고객 주문 이전에 생산을 미리 계획/실행하여 재고로 축적하는 생산방식

- 생산 내재화/자동화를 통한 단위 원가 절감 및 품질 일관성 확보를 위해 반드시 전제되어야 하는 생산 체계

높은 수준의 SW/HW 표준화와 기능별 모듈 설계 기반으로 계획생산 체계를 구축

- 수요 계획 기반의 반복생산으로 품질 편차 최소화 및 원가 절감

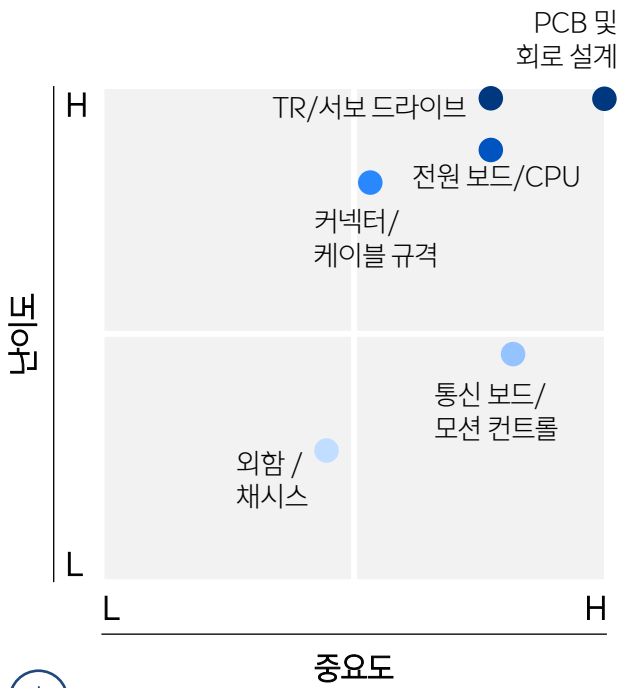
"높은 수준의 표준화와 모듈화가 전제된 MTS 없이는 생산 자동화 투자의 ROI를 확보할 수 없음"
– 전 ABB R&D Manager

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[표준화 상세] 경쟁사는 저난이도 영역부터 고난이도/중요도 영역으로 순차적으로 HW 표준화 진행하여 확장성 높은 모듈화 설계 체계 구축

HDR 현황은 Hi6 이후 제어기 세대 / 경쟁사는 ABB Omnicore 기준

HW 표준화 상대적 난이도 및 중요도[1]



난이도: 부품 간 규격 통일 시의 기술적 난이도와 아키텍처 변경 영향도

중요도: 표준화 시 원가 절감, 품질 안정성, 플랫폼 확장성, 생산 단순화에 기여하는 정도

경쟁사 및 HDR의 HW 표준화 현황

▌경쟁사 대비 Gap 존재 영역

항목	경쟁사 현황[2] ABB	HDR 현황[5]
전반적 추진 방향성	**과거 표준화 진행 시 난이도가 낮아 전 모델 적용 가능한 HW부터 순차적 표준화; 궁극적으로 전 영역 표준화 확대하여 비용 절감 극대화 추구**	**PSM 및 앰프 모듈에 집중한 표준화 진행 중이며, 이외 영역은 고객/모델별 상이한 경우 존재(이는 현대차 등 대형 고객사 맞춤형 생산에 기인)**
PCB 및 회로 설계, 전원보드	~80%+ • 소/중/대형 모델별로 공통 아키텍처 공유	~80%+ • 경쟁사와 유사 수준
CPU	~90%+ • 전 모델 표준화 CPU 활용	~90% • 경쟁사와 유사 수준
TR/서보 드라이브	~60-80% • TR, 서보 드라이브는 전류 용량 등급별 표준화[4] (예: 20A, 30A)	~60-80% • 경쟁사와 유사 수준
커넥터/케이블 규격	~90%+ • 전 모델 표준화된 커넥터 및 케이블 규격 활용	~40-50% • HK(현대/기아차)형의 고객 맞춤 외함 규격으로 케이블/커넥터 표준화 어려움
통신 보드/모션 컨트롤	~100% • 전 모델 표준화된 통신 보드/모션 컨트롤 활용	~80-90% • 경쟁사와 유사 수준
외함/채시스	~95%+ • 전 모델 표준화된 외함 레이아웃 활용[6]	~40%-50% • HK형은 고객 맞춤 외함 규격 활용

1 타사 전문가의 Input에 기반한 난이도 및 중요도
2 ABB Omnicore 제어기 기준이며, 표준화율은 전체 모델 중 유사한 HW 설계 플랫폼을 공용하는 모델의 비중을 의미
3 메인 전력 공급 역할 수행하여 소/중/대형 로봇별 총 전력 용량에 맞게 설계
4 축별 제어 장치인 서보 드라이브 및 전력 변환 장치인 TR은 전류 용량 등급별로 설계
5 ~12/1 제어플랫폼팀 확인 내용
6 외형 크기는 달라지더라도 설계 비율/구조적 구성은 동일하게 유지되는 것을 의미

자료: HDR, 전문가 인터뷰

[모듈화 상세] 또한, 모듈 간 물리/전기적 연결 구조를 먼저 설계한 후 개별 모듈을 설계하는 플랫폼 아키텍처를 채택하여 대규모 계획생산의 기반을 마련함

HDR 현황은 Hi6 이후 제어기 세대 / 경쟁사는 ABB Omnicore 기준

HDR vs. 경쟁사 모듈화 현황[1]

경쟁사 대비 Gap 존재 영역

HDR 모듈 항목	경쟁사[2] 현황 (ABB)
파워 모듈	당사와 모듈 범위 유사 • 예: SMPS, 버퍼, 전원 분배 보드, MC (Magnetic Contactor), CP (Circuit Protector)
메인 모듈	당사와 모듈 범위 유사 • 예: 메인 컴퓨터
앰프 모듈	Drive 모듈이 당사 서보 및 앰프 모듈과 유사 • 예: AMP 보드, IPM 소자, 방열판 등
서보 & Safety 모듈	모션 제어 모듈이 서보 모듈과 유사 • 예: 서보&안전 통합보드, 백플레인 보드 등 Safety 모듈 별도로 존재 (1)
부가축 앰프 모듈	당사는 부가축 추가 시 파워/앰프 모듈 용량 변경이 필요, 경쟁사는 부하 조건에 맞는 적정 파워 모듈만 추가하여 대응[3]
옵션 모듈	당사와 모듈 범위 유사 • 예: 통신 모듈, I/O 모듈
인터커넥션	탈부착 모듈 연결 방식으로, 케이블 사용 최소화 (2)

시사점

개별 모듈 설계 후 전체 연결 구조 설계하는 Bottom-up 방식인 HDR과 달리, 경쟁사는 모듈 간 물리/전기적 연결 구조를 먼저 설계한 후 개별 모듈을 설계하는 Top-down 방식을 채택하여 전원/신호/기구적 연결 규격을 표준화, 모듈 간 호환성 및 설계 일관성 확보

1. 표준화 및 세분화 된 모듈 단위에 기반하여 확장성 확보 및 높은 수준의 서비스 품질 관리
   - Safety 별도 모듈화
   - 부가축 추가에도 부하 조건에 맞는 모듈 (예. 파워/메인 등)을 선택하여 추가
2. 모듈 간 탈부착 방식 활용하여 케이블 사용 최소화

> "개별적 모듈 설계 방식(Bottom-up)으로는 높은 모듈화 수준 실현이 어려움… 자사는 Omnicore 제어기부터 HW/SW 아키텍처를 총괄하는 '10년+ 경력의 시스템 설계자 2명을 채용하고 3rd-party 업체[4] 활용하여 Top-down 접근 기반 모듈 플랫폼 체계를 구축함
> – 전 ABB R&D Manager

1 경쟁사 대비 모듈화 범위 및 모듈 생산/조립 용이성 관점에서 평가 2 ABB Omnicore 제어기 기준으로, Omnicore 전 세대인 IRC5는 모듈화 수준이 비교적 낮음
3 Fanuc의 경우, 고객사에 부가축 – 로봇 동시 사용을 제한하여 부가축 추가 시에도 동일 파워/앰프 용량 유지 4 Modular Management; 모듈화 컨설팅 및 솔루션 제공 기업

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[표준화/모듈화] 당사는 경쟁사 대비 표준화/모듈화 관점에서 5개 영역에 주요 Gap 존재하며, 해당 영역 개선 위한 신규 과제화 및 기존 과제의 범위 확장 필요

HDR 현황은 Hi6 이후 제어기 세대 / 경쟁사는 ABB Omnicore 기준

경쟁사와 유사 영역 | 경쟁사 대비 Gap 존재 영역

HDR 표준화/모듈화 수준 및 추진 과제 현황[1]

SW 표준화(전 모델 공통 SW 항목 공유 여부로 평가)

항목	경쟁사 대비 Gap	과제 추진 여부[6]
OS/ Kernel[2]	Hi6부터 전 모델 공통 OS 활용	해당 없음
Motion/ 제어로직	Hi6부터 전 모델 공통 로직 활용	해당 없음
Ethernet /Profinet[3]	글로벌 통신 프로토콜 통일	해당 없음
Firmware SW[4]	Hi6부터 전 모델 공통 Firmware SW 활용	해당 없음
HMI/ 툴체인[5]	Hi6부터 전 모델 공통 HMI/ 툴체인 활용	해당 없음
알고리즘 배포/ 업데이트	Hi6부터 전 모델 공통 플랫폼 활용	해당 없음

HW 표준화(경쟁사 대비 HW 표준화율[7](%)로 평가)

항목	경쟁사 대비 Gap	과제 추진 여부[6]
PCB 및 회로 설계, 전원 보드	~80%+, 경쟁사와 유사	해당 없음
CPU	~90%+, 경쟁사와 유사	해당 없음
TR/서보 드라이브	~60-80%, 경쟁사와 유사	해당 없음
커넥터/케이블 규격	~40-50%, 경쟁사(~90%+) 대비 Gap 존재	외함/채시스 표준화 선행 후 신규 과제화 필요
통신 보드/ 모션 컨트롤	~80-90%, 경쟁사와 유사	해당 없음
외함/채시스	~40-50%, 경쟁사(~95%+) 대비 Gap 존재	신규 과제화 필요

모듈화(모듈화 범위 및 생산/조립 용이성 관점 평가)

항목	경쟁사 대비 수준	과제 추진 여부[6]
파워 모듈	경쟁사와 범위 유사	경쟁사 Teardown, DtV 추진 계획 (~'26년 상반기)
메인 모듈	경쟁사와 범위 유사	해당 없음
앰프 모듈	경쟁사와 범위 유사	해당 없음
서보 & Safety 모듈	서보는 경쟁사와 범위 유사; 경쟁사는 Safety 별도 모듈화	서보: 경쟁사 제어기 Teardown, DtV; Hi8 세대 이후 자동화 생산에 최적화된 모듈 설계 신규 과제화 필요
부가축 앰프 모듈	경쟁사는 부가축 추가 시 개별 확장 모듈만 추가	
옵션[8] 모듈	경쟁사와 범위 유사	해당 없음
인터-커넥션	경쟁사는 탈부착 또는 SOP[9] 방식, 당사는 케이블링 방식 사용 중	단기적으로는 파워 중심 개선; Hi8 부터 전체 연결 방식 개선

Hi6부터 PC 기반 SW 플랫폼으로 전환하며 경쟁사와 유사한 수준 구축하였으나, HW는 커넥터/케이블 규격 과제 범위 확대 및 외함/채시스 영역 신규 과제 발굴 필요

모듈간 아키텍처 구성을 고려한 Top-down 설계 기반 모듈화 및 연결 수준 제고 필요

1 ~12/1 제어플랫폼팀 확인 내용
2 OS는 제어기 전체 소프트웨어를 관리하며, 애플리케이션 실행/자원 관리/프로세스 제어를 담당하는 시스템 소프트웨어, Kernel은 하드웨어와 소프트웨어 사이에서 메모리/CPU 등 핵심 자원을 직접 제어하는 최상위 코어 엔진
3 Ethernet은 제어기와 장비 간 데이터를 표준 네트워크 방식으로 송수신하는 통신 인터페이스, Profinet은 산업 자동화를 위해 실시간 데이터 전송을 가능하게 하는 산업용 이더넷 프로토콜
4 하드웨어 구동/초기화/드라이버 제어 등 제어기의 기본 동작을 수행하는 소프트웨어
5 HMI는 제어기 상태 모니터링/설정/운영을 사람이 직접 수행할 수 있게 해주는 사용자 인터페이스, 툴체인은 펌웨어와 소프트웨어를 빌드/디버그/배포하기 위한 개발 도구의 통합 환경
6 원가 혁신 과제 외 연구개발 WS에서 자체적으로 '26년 상반기까지의 추진 계획
7 HW 표준화율은 전체 모델 중 유사한 HW 설계 플랫폼을 공용하는 모델의 비중을 의미
8 커뮤니케이션 및 I/O 모듈
9 Standardized Operating Procedure; 케이블 미리 설치/고정 후 모듈 삽입/고정하여 연결하는 방식

자료: HDR, 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[생산 자동화] 표준화된 개발-영업-생산 프로세스를 운영하는 경쟁사와 달리, 각 고객의 개별 요구에 맞춤형으로 대응하고 있어 생산 과정의 변동성이 높음

XX 수행 조직

구분	경쟁사 Practice	HDR 현황
제품 로드맵 수립	제품 기획 영업/마케팅 조직 시장 및 고객 요청 데이터 기반 연 단위 신제품 로드맵 수립	마케팅 25년부터 신규 로봇 개발 대응 중심의 제어기 제품 로드맵 수립 시작
제품 구성 전략 수립[1]	R&D 영업으로부터 수령한 고객 요청 사양에 기반하여 옵션으로 선택 가능한 HW/SW 범위 설정하여 Catalog화	R&D 영업에서 개별적으로 전달하는 고객 요청사항 반영하는 방식으로, 선택 가능한 HW/SW 범위/유형 한정이 어려움
영업	영업 R&D 부서가 정의한 옵션 Catalog 상 명기된 내용 기반 영업활동 수행	영업 고객별 요청사항 기반 제어기 사양 커스터마이징
구매	구매 영업 예측(모델/옵션별 수요)을 기반으로 연 단위 선구매, 전체 옵션의 ~5% 수준만 긴급 구매	구매, 영업 연간 생산계획 기반으로 2~3개월 단위 구매, 수주 후 사양 변경 발생 시 긴급 구매 반복 • 옵션은 영업팀 품의 후 HDR 구매 또는 외주사(신원)가 직접 구매
수주 / 생산계획 수립	영업, 생산 수주 시점에 확정된 사양 기준으로 생산계획 즉시 수립	영업, 생산 수주 확정 사양 기반으로 생산계획 수립하나, 수주 후 사양 변경 빈도가 높아 계획 변동 빈번히 발생
생산 및 출하	영업, 생산 생산~출하까지 평균 3-4주 소요 • 영업은 Retrofit이 필요한 사양 변경 시[2], 변경 비용 수령 및 납품 일자 지연 공지하며 고객사의 생산/출하 이후 사양 변경 최소화	영업, 생산 생산~출하까지 6주 소요를 목표로 하나, 고객사[3] 사양 변경 시 지연 발생 빈번 • 일부 고객사로부터 추가 비용 수령하나, 모든 고객사에 동일하게 적용되지 않음

1 제어기에 추가 가능한 HW/SW 옵션의 범위 정의하는 단계 2 예. 부가축 추가 3 자동차 OEM 및 부품사

자료: HDR, 전문가 인터뷰, 팀 분석

생산방식 혁신 관점 고려사항

제어기 생산 프로세스 상 비효율 제거 위해 유관부서 간 협업 및 고객사 영업 가이드라인 확립 필요

[영업 – 연구개발 협업]

- 영업: 시장/고객의 옵션 요구 데이터 수집 및 공유 필요
- 연구개발: 수령한 시장/고객 데이터 기반, 선택 가능한 제어기 옵션 간소화 및 영업 가이드 제시

[고객사 영업방식]

- 수주 이후 사양 변경 최소화 위해 발생 가능 비용 및 납기 지연에 대한 고객사 사전 안내 강화

[생산 자동화] 당사는 모듈 조립, 최종 조립, 기능/품질 검사 위주로 공정 내재화 및 자동화한 경쟁사 대비 수작업 위주의 외주 업체 의존도 높음

생산 공정	경쟁사 자동화 현황 (% 공정 자동화율)		HDR 자동화 현황 ('25년 기준)
부품 수급	해당 없음	주요 부품 사급 • **기술 적합성/품질 안정성 관리**를 위해 **핵심 부품 중심 직접 소싱 및 승인 관리**	**도급 및 사급 혼용** • PSM/케이블, 외함 등 기타 자재 신원에서 도급, 메인 모듈은 HDR이 무상 사급
SMT 공정[1]	ESTUN FANUC YASKAWA	~100% • Fanuc, Yaskawa, Estun[5] **자동화**하였으며 ABB, KUKA는 Foxconn 등의 **자동화 공정 구비한 대형 외주사 활용**	~100% **(외주사 완전 자동화)** • 자동화된 SMT 공정 보유 업체(피제이전자)에 위탁해 보드 생산
모듈 제조[2]	ESTUN FANUC YASKAWA Kawasaki Robotics	~100% • Fanuc, Yaskawa, Estun[5] **자동화**하였으며, ABB, KUKA는 **주요 부품 사급 후 자동 공정 구비한 외주사[6] 활용**	~10% **(외주사 수작업)** • 피제이전자 및 그 외 모듈 제조 업체 수작업, 작업자 의존도 높음
모듈 조립[3]	ESTUN FANUC YASKAWA KUKA ABB	~60-90% (Fanuc ~90%+, 이외 경쟁사 ~60%-80%) • 모듈 간 정렬/체결 품질은 제품 신뢰성에 영향이 높아 전 경쟁사 내재화하며, **부품 다양성/복잡도로 완전 자동화 난이도 높음**	0% **(외주사 전체 수작업)** • 신원 내 작업자가 직접 조립 수행
최종 조립[4]	ESTUN FANUC YASKAWA KUKA ABB Kawasaki Robotics	~90% • 불량 발생 시 원인 추적/즉각 조치 가능하도록 전 경쟁사 내재화하며, Plug-in, Screw, Cable 연결과 같은 **반복 작업이 많아 자동화 용이**	0% **(외주사 전체 수작업)** • 신원 내 인력이 직접 조립
기능/품질 검사	ESTUN FANUC YASKAWA KUKA ABB Kawasaki Robotics	~60-80% • 전 경쟁사 자체 검증 진행하며, **검사 항목 수가 많고 완전 자동화** 위해서는 **고난이도 기술력 필요하여 자동화 난이도 높음**	0% **(외주사 및 당사 전체 수작업)** • 위임된 품질 기준에 맞춰 신원이 수작업으로 대리 품질 검사 수행(Jig 검사), 당사 또한 시운전 수작업
포장/물류	FANUC	~90%+ • SCM 및 품질 통제 엄격한 Fanuc만 내재화하며, 무인 운반차, 팔레타이징 솔루션 등 필요 **기술 난이도 높지 않아 자동화 용이**	0% **(외주사 전체 수작업)** • 인력 기반 포장/물류 처리

시사점

주요 경쟁사들은 반복 작업 비중이 높고, 자동화 시 품질 비용 절감 가능하여 **투입 CAPEX 대비 효과가 큰 모듈 조립, 최종 조립, 검사 공정**을 우선적으로 자동화/부분 자동화

SMT 및 모듈 제조 공정의 자동화는 부품 사업으로 시작한 Estun 및 세부 부품 단위까지 높은 품질 기준 적용하여 자체 생산 추구하는 일본계(Fanuc, Yaskawa) 중심 진행

- 해당 공정 외주 중인 경쟁사는 **자동화 역량 높은 Foxconn, MEAN WELL, TDK-Lambda 등 전문 업체 활용**

1. 전자 부품을 PCB 위에 실장하여 보드를 생산하는 공정으로 전자회로 기반 부품 제조
2. 제작된 보드를 하우징/커넥터 등과 결합, 기능 단위 모듈로 완성하는 공정
3. 개별 모듈을 결합하여 제어기 단위로 조립하는 공정
4. 제어기 전체를 외함과 결합하고 배선 및 부품 통합 완료하는 공정
5. Estun은 제어기 부품 사업으로 시작하여 SMT, 모듈 제조 내재화/자동화
6. TDK-Lambda, Kontron AG, WAGO 등

자료: HDR, 전문가 인터뷰, 팀 분석

[생산 Archetype] 제어기 생산방식은 자동화 수준에 따라 구분되며, 당사 적용 적합도 높은 B 타입은 투자 효율 확보 위해 연 ~2.5만 대 수준의 생산 물량 필요

생산 Archetype은 공정 자동화 수준에 기반하여 구분 (조사 대상 경쟁사들은 공통적으로 표준화 및 모듈화 ~80% 이상 구축)
Type A는 투입 자본 대비 원가절감 효과 상대적으로 낮으며, C는 투자회수 위해 연 ~10만 이상 물량 필요한 Case로, B 대비 상대적으로 HDR 적용 부적합

HDR 생산 로드맵 고려한 중장기 검토 가능 지향점

Archetype	자동화 수준	예상 원가절감률[2]	CAPEX[3]	투자비 회수 위한 생산물량, 대/연간	필요 기술
A 낮은 자동화형 ESTUN[1]	<50% • 모듈 제작/조립, 최종 조립 약 40%-50% 수준 자동화; 검사 공정 수작업 • '90년대 제어기 부품 제조 사업으로 시작해 낮은 자동화 수준에도 내재화 기반 유지	~3-5%	~$20-25M 예상 회수기간[4] ~5-6년	~2만	조립 용이한 DfMA[5] 설계 및 기본적인 자동화 기술 필요 • 셀 단위 반자동 지그 및 픽스처 등
B 중간 자동화형 Kawasaki Robotics, ABB, YASKAWA, KUKA	~60-80% • 최종 조립 공정 자동화, 모듈 조립 및 품질 검사 공정은 부분 자동화	~10-15%	~$30-35M 예상 회수기간[4] ~4-5년	~2.5만	A 타입 필요 기술 + 자동화 기술 및 데이터 수집 필요 • 완전 무인 물류(AGV), 자율 이동 로봇 부분 적용 • 라인 자동 데이터 수집
C 완전 자동화형 FANUC	~95%+ • 기능/품질 검사 공정 외 전체 공정 내재화 및 완전 자동화 • 현재 부분 자동화된 검사 공정은 비전 솔루션 개발 기반 완전 자동화 추진	~25-30%	~$50-80M 예상 회수기간[4] ~3-4년	~10만	A, B 타입 필요기술 + 공정 정밀 제어, 로봇 기반 자가 조립, AI + MES 통합 품질/물류 제어 등

1 Estun은 초기 사업(제어기 부품 제조) 구조상 SMT, 모듈 제조 중심의 Archetype A로 시작했으나, 품질 경쟁력 강화 위해 자동화를 확대하며 B, C 단계로 전환 중임 2 HDR의 '25년 기준 제어기 생산 방식 대비; 제어기 대당 단위원가 기준 비교 시 추정치 3. 중위 비용 국가(폴란드, 멕시코, 대만, 말레이시아) 기준, 각 공정별 전문가 추정 필요 투자 비용을 우선 산정 후 각 타입별 자동화 대상 공정에 필요 Capex를 합산하여 산정 4 회수기간 = 추정 Capex / 연간 예상 원가절감액으로 정의 (외부 전문가 Input 기반) 5. Design for Manufacturing & Assembly, 제조 및 조립 용이성 고려한 설계

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[생산 Archetype] FANUC/ABB는 생산 Archetype 전환 시마다 이전 방식 대비 제어기 대당 단위원가의 ~10-20% 절감

Fanuc은 전체 제어기 생산공장(日 츠쿠바, 日 미부) 기준 과거 대비 절감 수준, ABB는 스웨덴 공장 대비 상해 공장의 절감 수준

경쟁사	생산 Archetype 전환 단계: Type A	Type B	Type C	단위원가 절감 수준: A→B	B→C	
FANUC[1]	**로봇 사업 초기** ('70-'90년대) • 최종 조립/검사 중심의 **낮은 자동화** • 원가 절감 및 소구점 확보를 목표로, 사업 초기부터 **전 공정 자동화 (Type C)를 지향**	**사업 성장기** ('00-'10년대) • 난이도가 높은 공정[2]까지 **점진적 내재화 및 자동화 추진** • 기존 사업[3]에서 창출된 현금흐름 기반 **과감한 Capex 투자 지속**	**As-Is** ('10년대~) • **전 공정 ~95% 자동화** • 연간 생산물량 10만대 이상 예측 시점에 회수 기간 3-4년 고려하여 **대규모 투자 감행**	~15-20%	추가 ~10-15% **총 ~25-35%**	FANUC은 원가 절감 및 자동화 모델 구축 통한 소구점 확보를 목표로 **'70년대부터 높은 내재화 및 자동화를 추진** – 전 Fanuc Deputy General Manager
ABB	**로봇 사업 구축: 스웨덴** 베르테로스 공장 ('80-'00년대) • 공정의 **~60-70% 수준의 자동화** (~50% 내재화 기준) 역량 보유 *ABB는 '14년부터 Omnicore 출시('19년) 전까지 ~3-4년 동안 본격 Archetype B 구축을 위한 표준화 및 모듈화 본격 추진*	**As-Is: 상해 공장 신설** ('10-'20년대) • 공정의 **~80%의 자동화 수준**(~50% 내재화 기준) **달성** • 생산물량 최소 2.5만[4], **Capex (~$30-35M) 고려**, ~4년 회수기간 예상하며 추진	**To-Be** ('20년대 후반~) • **전 공정 완전 자동화 목표** • 10만 이상의 생산 물량 도달 시 3년 안에 회수 가능하다고 판단, 추진 고려	~25%	구축 이전 **자동화 효과 ~15%** **중국으로의 생산 거점 이전 효과 ~10%**	원가 절감 위해 **중국 상해에 자동화 수준을 약 20% 가량 높인 제어기 공장 신설, 지속 자동화 추진 계획** – 전 ABB R&D Manager

1. Fanuc의 경우, 기술 유출 리스크로 중국 내 제어기 생산공장 신설 미추 2. SMT/모듈 제조 3. 공작기계용 제어장치 및 기술 사업 4. 현재 연간 생산량 약 4-5만 수준으로, ABB는 연간 생산량 4만대를 기준으로 초기 투자 진행 5. 자동화로 인한 효과 제외하고 내재화로 인한 생산 비효율 및 외주 마진 제거만 포함

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[생산 Archetype] 중국 로봇OEM 사례 분석 시, 연간 제어기 생산량 ~2.5만대 도달 2-3년 전부터 본격적으로 Type B 수준의 자동화 투자를 선제적으로 검토함

생산량 수치는 중국 로봇 OEM들의 실제 사례 분석으로 확인된 자동화 검토 및 적용 시점에 대한 참고 범위이며, 자동화 투자에 대한 필수 조건이나 손익분기 기준을 의미하지 않음

HDR 유사 체급 경쟁사 자동화 추진 현황

자동화 구축 공정 순서

	SMT 공정	모듈 제조	모듈 조립	최종 조립	품질 검사	포장/물류
공정 자동화 우선순위	Capex 회수 효율을 고려해 **생산 물량 확보 이후** 공정 내재화/자동화 **단계적 추진** • 사업 모태가 제어기 모듈 제조 또는 EMS인 경우에 한하여 일부 자동화 추진		3	2	1	내재/외주화 선택 사항
			투자 시점에는 차이가 있으나, **자동화 시 3개 공정을 동시 추진하는 것이 일반적**			
자동화 본격 적용 생산 규모 대/연간	~70,000-100,000+		~25,000+			내재/외주화 선택 사항
자동화 투자검토 시작 생산 규모 대/연간	~50,000+		~10,000+ • ~2-3년의 자동화 구축 리드타임 감안, 기술/조직 역량 선제적 확보 • 제어기 제품별 품질 안정화 관점에서 일본/유럽 경쟁사를 추격하기 위해 자동화 프로세스 조기 구축			내재/외주화 선택 사항

중국 로봇 OEM 사례

SIASUN

자사는 **최근 제어기 제조 과정의 자동화를 위해 투자를 시도…, 생산물량 10,000대 시점부터 선제적으로 진행하고자 함**
– 전 SIASUN R&D Engineer

STEP

현재 **연간 ~10,000대를 생산 중이며 자동 조립-검사 라인 구축… 자동화 수준 지속적으로 높일 계획**
– 관련 보도 자료

시사점

타사 사례 분석 시, 연간 생산물량 ~2-2.5만대 도달 2-3년 전부터 자동화 투자 검토 시작, 품질 검사 – 최종 조립 – 모듈 조립순으로 복수 공정 동시 자동화를 추진

"최근 로봇 제조사는 **생산물량이 1만대 수준일 때부터 자동화 투자 적극 검토…** 다만, 최근 **사업 초기부터 자동화에 투자하는 일부 제조사는 투자금액 회수 실패… 현실적인 물량 예측에 기반한 자동화 추진 계획 수립 필요**
– 전 ABB R&D Manager

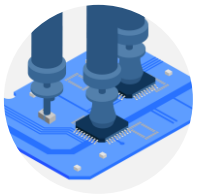
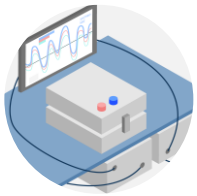
"일부 중소 로봇 제조사는 **연간 생산 물량이 2만대에 도달하기도 전에 자동화에 큰 규모의 투자를 진행… 단, 이 경우 지나치게 낙관적인 생산물량 전망은 지양해야 함**
– 전 FANUC Deputy General Manager

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[Type B 상세] SMT 및 모듈 제조 공정은 대형 외주사 활용하며, 이외 수입 검사 공정부터 자동화 기반 내재화

ABB 中 상해 공장 제어기 생산 라인 기준('22년 준공)

자동화 | 부분 자동화 | 수작업 | 품질/수율 관점 안정화 필수 공정

	SMT 공정	모듈 제조	수입 검사			
						
	PCB에 전자부품을 자동으로 실장/납땜하는 고속 표면실장 공정	전원/드라이브/I/O 등 기능별 전장 모듈을 조립하는 공정	기구물 외관 검사 (외함/브라켓/패널 등 검사)	전기적 특성 검사 (노이즈 필터 및 회생방전저항 검사)	PCB/보드 검사	모듈 사전 기능 검사 (수입 검사 최종확인 포함)
경쟁사 자동화 현황	**외주사 자동화** • 상해 공장 기준, 생산물량 3-4만대 수준인 ABB는 자동화 공정 구축한 외주사 활용	**외주사 자동화** • 상해 공장 기준, 생산물량 3-4만대 수준인 ABB는 자동화 공정 구축한 외주사 활용	**수작업** • 부품 간 기하학적 편차 존재하여 시각적 판단 필요	**부분 자동화** • 임피던스/절연 측정[3]은 장비로 자동화 • 단자 상태/불량 모드 판정은 작업자 수행	**자동화** • ICT[5]/AOI[6]로 자동화하나, **잠재 불량 적발이 어려워 JTAG[7], CSA[8] 등 기술 확대 적용 필요**	**부분 자동화** • 통신·엔코더 등 기본 기능 점검은 자동화 • Fail 원인 분석과 최종 승인은 수동 판단
핵심 장비/ 기술/인력	N/A	N/A	**[장비]** 버니어/ 마이크로미터[1], 고정 게이지[2] **[기술]** 치수 공차 판독, 형상 불량 판정 기술 **[인력]** 기구 QC	**[장비]** LCR 미터[4], 절연저항 테스터 **[기술]** 임피던스 해석, 절연 파괴 모드 분석 **[인력]** 전장 QC	**[장비]** ICT[5], AOI[6], JTAG[7], CSA[8], 열 이미징 장비 **[기술]** 솔더링 패턴 해석, ICT Fail 분석 **[인력]** PCB QC, PCB Failure 분석 엔지니어	**[장비/툴]** 통신/엔코더 테스터, MES **[기술]** 시험데이터 정합성 판단 **[인력]** 전기시험자, QC Supervisor
HD현대로보틱스	**외주사**(피제이전자) **자동화**	**외주사 ~10% 자동화**	**외주사**(신원) **수작업**			

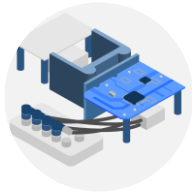
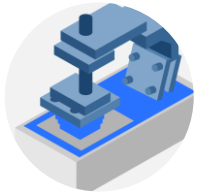
1 기구물 치수/공차 측정용 정밀 계측기
2 기구 치수·홀 위치의 합격/불합격을 즉시 판단하는 전용 치수 검사 지그
3 전압·전류 관계 기반으로 부품/회로의 전기적 건전성을 평가하는 시험
4 커패시턴스/저항 등 전기적 특성을 측정하는 장비
5. In-Circuit Test; PCB 구성요소의 단락/개방/RLC 값 등을 자동 검사하는 회로 단위 검사
6. Automated Optical Inspection; 솔더/부품 불량을 영상 처리로 자동 판정하는 광학 검사
7. 통신/센서/액추에이터 등 시스템 간 신호 교환을 검증하는 기능 시험
8. Chip Scale Assembly; 칩 실장 품질(솔더링/정렬 등)을 검사하는 PCB 품질관리 공정

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[Type B 상세] 모듈 조립 및 최종 조립 영역은 자동화 공정의 핵심이며, 특히 접착 및 용착 유형의 공정 라인 구축 수준이 품질과 직결

ABB 中 상해 공장 제어기 생산 라인 기준('22년 준공)

▌자동화 ▌부분 자동화 ▌수작업 ▌품질/수율 관점 안정화 필수 공정

	모듈 조립				최종 조립	
						
	하우스 인서트 성형 (하우징/브라켓/터치팬던트 조립)	**Press-fit 삽입** (노이즈 필터 조립), **스크류 체결**	**접착/고정 경화** (미니 PC 부착, 드라이브 모듈 부착)	**모듈별 조립** (파워/Safety/I/O/냉각), **조립 완료 검사**	**Cover 용착/체결** (Box Wiring 준비, 전체 Wiring, 케이블 절단, 백커버 조립)	**시리얼 라벨 부착, 최종 조립 완료 검사**
경쟁사 자동화 현황	**자동화** • 단순 반복 체결 공정은 로봇으로 자동화 • 토크/각도 모니터링 기반 체결 품질 확보	**자동화** • Force-Stroke 제어[1] 기반 자동화 • 자동 체결 로봇으로 토크/각도 모니터링	**수작업** • 정밀 정렬/ESD[3]/열 인터페이스 특성으로 인해 수작업 • **품질 편차 발생 시 수율 저하의 주요 원인이 되며, 숙련공 필수**	**부분 자동화** • 반복 체결만 부분 자동화(20~60%) • 절연/접지/정렬/동작 검증 등은 수작업 유지	**부분 자동화** • 배선 준비공정은 자동화; **체결은 부분 자동화이며 간헐 불량이 자주 발생해 표준화 및 기술 도입으로 품질 확보 필수** • 배선 다양성/절단 길이 편차로 케이블 절단은 수작업	**자동화** • 라벨 부착/OCR[8] 스캔 자동화 • 전기값 검사는 자동, 외관/배선/커넥터 판정만 수동 OK 필요
핵심 장비/기술/인력	**[장비]** 토크 드라이버/체결 지그 **[기술]** 체결 토크/각도 제어 기술 **[인력]** 기구 조립자	**[장비]** Press-fit 머신, 삽입력 센서, EoAT[2] **[기술]** Force-Stroke Curve 판독 기술, 토크/각도 자동화 파라미터 튜닝 **[인력]** 전기 조립자, 자동화 엔지니어	**[장비]** 정밀 토크 드라이버/지그, ESD[3] 매트, 열 패드 **[기술]** 정밀 정렬/간섭 판단, ESD 핸들링, Thermal 인터페이스 관리 기술 **[인력]** 제어/드라이브 모듈 조립자	**[장비]** 절연/접지 테스터, 토크 드라이버/체결 지그 **[기술]** 중량 모듈 정렬/체결, 접점/동작 검사[4] 기술, 팬 풍량/소음 판단[5] 등 **[인력]** 모듈 조립자, QC 검사관	**[장비]** 압착기/연속성 테스터, 자동 스트리퍼[6], 토크 드라이버[7] **[기술]** 하네스 품질관리, 전기 연속성 검사, 토크 관리 기술 **[인력]** 배선 기술자, 기계 조립자	**[장비]** 라벨 프린터, 스캐너, 산업용 로봇/코봇[9], OCR[8], 전원공급기 **[기술]** OCR 판독, Vision Alignment, 전기동작 종합 판정 **[인력]** 라벨링 작업 관리자, QC 검사관
HD현대로보틱스	**외주사**(신원) **수작업**					

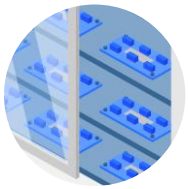
1 삽입력(Force)과 변위(Stroke) 곡선을 기반으로 체결 품질을 자동 판정하는 제어 방식
2 End of Arm Tool; 로봇 팔 끝에 장착하는 작업용 툴(스크류 드라이버, 그리퍼 등) 구성품
3 Electro Static Discharge; 정전기 유발로 인한 전자부품 손상을 방지하기 위한 작업 환경/취급 규칙
4 스위치/단자 등의 접점 저항 및 정상 동작 여부를 확인하는 기능 시험
5 팬 회전수/풍량/이상 소음을 측정해 냉각 성능을 평가하는 검사
6. 케이블 절단/피복 제거를 자동으로 수행하는 배선 가공 장비
7. 설정된 토크값으로 나사를 정밀하게 체결하는 전동 체결 공구
8. Optical Character Recognition, 라벨/시리얼 번호를 자동 인식해 검증하는 비전 기반 문자 판독 기술
9. Collaborate Robot; 작업자와 함께 안전하게 작업할 수 있도록 설계된 협동 로봇

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[Type B 상세] 검사 공정은 조립 대비 자동화 위한 초기 구축비용 높으나, 연 2만대 이상의 생산물량 확보 시 규모의 경제 창출 가능

ABB 中 상해 공장 제어기 생산 라인 기준('22년 준공)

자동화 | 부분 자동화 | 수작업 | 품질/수율 관점 안정화 필수 공정

	기능/품질 검사				포장/물류		
							
	전기적 안전 및 환경 신뢰성 테스트 (번인/절연/내압/안전/충격/진동/습도 검사)	**기능 및 시퀀스 검증 테스트** (FCT[3], EOL[4], 기능 Run-in 테스트)	**시각/외관 테스트** (Visual Inspection)	**품질 승인 및 최종 완료 테스트** (ICT, QA 최종 승인, Testing 완료 검사)	**포장** (완충재 삽입, 박스 포장, 외관 보호)	**박스 라벨링**	**내부 이송 및 포장/물류 완료 검사**
경쟁사 자동화 현황	**자동화**(충격/진동/습도 검사는 외주사 활용) • 표준 챔버[1]/전기 안전 장비 기반으로 80-100% 자동화, 로딩/언로딩 일부 수동	**자동화** • 스크립트 기반, 자동 검증 중 • **실제 Fail 발생 시 원인 분석이 어려워, Fail Signature[5] DB 구축 필요**	**자동화** • AI 비전 기술 기반 검사 자동화 • **초기 구축 비용 존재, 경제성 창출 위해 대량생산 필요**	**수작업** • 측정 자체는 MES로 수행하나, Fail 분석/경계 판정은 엔지니어 수동 판단 필수	**부분 자동화** • 박스 성형은 완전 자동화되나 완충재 삽입/보호 포장은 수동 유지	**자동화** • 바코드 스캔/MES 연동까지 완전 자동화 가능	**포장 검사 외 자동화** • 공정 간 자동 이송, 팔레트 로딩/언로딩 ~80%+ 자동화 • 포장 상태 최종 승인만 수동 판단
핵심 장비/기술/인력	**[장비]** 챔버[1], HI-POT[2], Safety Simulator, 진동/낙하 시험기 **[기술]** 스트레스/절연/Safety 해석 기술 **[인력]** 신뢰성/QA 엔지니어	**[장비]** FCT 스테이션 / EOL 자동 스테이션 **[기술]** 자동 시험 스크립트 운영, 시퀀스 제어, Fault/Warning 패턴 분석 기술 **[인력]** 테스트 엔지니어	**[장비]** 비전 카메라, 조명 셋업 **[기술]** 외관 결함 딥러닝 모델 (스크래치/눌림/누락) 적용 및 튜닝 **[인력]** QA 검사관	**[장비]** ICT Fixture / Pin Tester[6] **[기술]** 회로 단락/오픈 분석, 시험 로그 정합성 검증 **[인력]** ICT/QA 엔지니어	**[장비]** 박스 포머(Box Former), 완충재 세팅 지그 **[기술]** 충격 보호 설계(패킹 패턴/적층 방식) **[인력]** 포장 작업자	**[장비]** 바코드 스캐너, 산업용 프린터 **[기술]** Serial/MAC[7] Traceability 운영 **[인력]** 물류 관리자	**[장비]** AGV[8]/AMR[9], 리더기, WMS[10] 시스템 **[기술]** WMS/AGV Routing 운영, 팔레타이저/디팔레타이저 제어 **[인력]** 물류 관리자, 물류 QC
	HD현대로보틱스 **외주사**(신원) **수작업, 당사 시운전 수작업**				**외주사 수작업**		

1 온도/습도/진동 등 환경 조건을 자동으로 재현하는 시험 장비
2 High Potential Test; 절연 성능을 검증하기 위해 고전압을 인가해 누설전류를 측정하는 안전 검사
3 Functional Test; 전원/통신/I/O 등 제어기의 실제 기능을 자동 시나리오 기반으로 검증하는 시험
4 End of Line Test; 최종 출하 전 SW 부팅/통신/모션/Safety 등 전체 기능을 통합 검증하는 최종 검사
5 시험 과정에서 기록된 전압/전류/토크 등 신호 패턴을 분석하여 불량 원인을 규명하는 기법
6. 각 단자(Pin)의 전기적 연결 상태(연속성, 단락, 개방)를 자동으로 점검하는 장비
7. 제품 고유 식별번호(Serial, MAC)를 스캔/등록하여 제조/출하 이력을 추적하는 과정
8. Automated Guided Vehicle; 경로를 따라 자율 이동하며 자재/완제품을 운반하는 자동 물류 차량
9. Autonomous Mobile Robot; 지도를 기반으로 스스로 경로를 판단해 이동하는 자율주행 물류 로봇
10. Warehouse Management System; 입출고/적재/재고/로케이션 등을 실시간으로 관리하는 창고 운영 시스템

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[생산방식 전환] Archetype B로 전환 시, 현재의 수작업 외주업체 의존형 생산모델 대비 ~10-15% 수준의 제어기 원가절감 가능 추정

원가 절감률 추정치 적용 기반 초기적 분석이며, HDR 현황 기준으로 예상 절감률 및 필요 Capex 규모 상세 검증 필요

타입별 As-Is 대비 총 단위원가 절감률 분석 시 BCC 협력사 발굴 통한 절감 포텐셜은 미반영 (추가 임팩트 창출 가능)

■ 자동화 ■ 부분 자동화

공정 (원가 비중)	HDR As-Is[1] ('25년 기준 현황) 자동화 현황	Archetype B (연 생산 2.5만~) 자동화	Archetype B 잠재 원가절감	Archetype C (연 생산 10만~) 자동화	Archetype C 잠재 원가절감
부품 수급	해당 없음				
SMT 공정 (~25%)	~100% 외주사(피제이전자) 자동화율		~5-10% 중국 BCC 소싱 활용		~15-20%
모듈 제조 (~20%)	~0% 외주사(신원) 자동화율		~15-20% 공정 자동화 완료된 외부 협력사 외주 (중국 BCC 시, 추가 ~5-10%)		~15-20%
모듈 조립 (~20%)			~20-30%		~10-20%
최종 조립 (~15%)			~20-30%		
기능/품질 검사 (~15%)			~15-25%		
포장/물류 (~5%)	~0% 외주사 기준 자동화율		~10-15% 자동화 수준 높은 외부 협력사 외주		~5-8%
단위원가 기준 절감률 및 금액	HDR 제어기 단위원가 400만원 후반-500만원 초반 ('24년 실적 기준)		As-Is 대비 ~10-15%[2] 1만 기준 45-70억 절감 예상[3] 2.5만 기준 120-180억 절감 예상		Type B 대비 추가 ~10-15% (As-Is 대비 ~20-25%) 10만 기준 900-1,300억 예상[3]

시사점

Type B 전환[4] 시 인건비 절감과 생산 효율 향상으로 제어기 대당 단위원가 ~10-15% 절감 가능 예상

향후 로봇 구조 복잡성 및 기능적 요구사항 확대에 따라 제어기 또한 제조 복잡도 높아질 것으로 예상[5]되며, 이 경우 품질 변동성 최소화 및 IP 오너십 확보 차원에서 생산 공정 내재화 및 자동화의 중요도는 더욱 증가할 것으로 전망

"생산 자동화는 단순 원가 절감뿐만 아니라 품질 이슈 방지 목적도 존재… 복잡한 제어기 조립은 작은 조립 실수 하나가 시스템 전체 결함으로 이어짐 – 전 FANUC Deputy General Manager

1. 11/17-18 통합구매팀, 로봇생산팀 확인 내용 기반 2. 자동화로 인한 단위 원가 절감률만 포함하였으며 SMT 공정, 모듈 제조, 포장/물류 외주사 소싱 최적화로 인한 원가 절감률은 제외 3 HDR 제어기 단위원가 500만원 가정
4. Estun은 초기 사업(제어기 부품 제조) 구조상 SMT, 모듈 제조 중심의 Archetype A로 시작했으나, 품질 경쟁력 강화 위해 자동화를 확대하며 B, C 단계로 전환 중임 5 자축화, 고출력화 및 지능형 기능(Vision, AI) 통합 요구 증가로 제어기 내 전원/연산/통신 모듈의 세분화가 불가피해지며 제어기 아키텍처는 단일 보드 기반에서 모듈 확장형 구조로 진화 전망

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[생산방식 전환] 주요 경쟁사는 투자 효율이 높은 공정을 우선 내재화/자동화 하였으며, 예상 CAPEX 대비 상대적 기대효과 낮은 공정은 후순위화

모듈 및 최종 조립, 기능/품질 검사 공정은 Type B, SMT 공정, 모듈 제조, 포장/물류 공정은 Type C 수준 가정

XX: 공정 자동화 시 우선순위 확보 필요 인력

공정 (원가 비중)	필요 조건: Capex[1] 및 원가 절감률	필요 조건: 주요 기술	필요 조건: 핵심 기술인력(필요 인력 수)	Challenges / 고려사항
SMT 공정 ~25%	350-450억 15-20%	• 프린팅 및 고속 실장 (Pick & Place), Reflow[2]	• SMT 엔지니어(2), 프로그램 개발자(2), QA/데이터 통합 엔지니어(3-4)	기술 확보에 높은 Capex 필요, 외주 업체의 기술력 수준 높음
모듈 제조 ~20%	130-170억 15-20%	• Thermal Imaging, AI 결합 검출 • BGA[3]	• 전력전자(2)/공정(2)/열시험 엔지니어(1-2)	기술력(특히 BGA) 확보 위한 높은 Capex 요구됨
모듈 조립 ~20%	100-140억 20-30%	• Vision 정렬[4], 토크 모니터링, 로봇 조립	• 로봇 프로그래머(3-4), Fixture 설계(2), 공정 엔지니어(1-2)	커넥터 정렬/소형 부품 정밀 조립 자동화 난도 매우 높으며 인력 확보가 핵심, 안정화까지 12-18개월 소요
최종 조립 ~15%	100-140억 20-30%	• 하네스 조립 스테이션[5] • 자동 토크 체결 시스템	• 전장 조립자(2-3), 하네스 작업자(3-4), QA 오퍼레이터(2)	반복 공정이 많아 자동화 용이하며 표준작업 정착까지 ~6개월 소요
기능/품질 검사 ~15%	130-170억 15-25%	• ICT, Flying-probe[6], HIL[7], AOI[8] 기술	• SW 엔지니어(2), 신뢰성 엔지니어(1-2), Fixture 설계자(2)	자동화 난이도가 가장 높으며 기술력 확보 필수, 시스템/Fixture tuning에 ~18개월 소요
포장/물류 ~5%	90-110억 5-8%	• RFID, Smart Palletizing[9], AGV[10] • WMS/MES 연동	• AGV/ WMS 엔지니어(2-3) • 물류 운영 인력은 최소화 (2-3)	내재화는 선택 사항 자동화 기술 난이도 높지 않아 내재화 시 자동화 도입 필요

경쟁사 Lessons Learned

투자 Capex 대비 원가 절감 효과가 높은 모듈 및 최종 조립, 기능/품질 검사를 우선 자동화

- 원가 구조상 노무비 비중이 높고 반복 작업이 많아 자동화에 따른 직접적인 절감 효과가 큼
- 범용 자동화 설비 활용이 가능해 초기 Capex 부담이 상대적으로 낮음

외주 업체와 원가 차이가 상대적으로 작고 필요 Capex 대비 기대효과 높지 않은 SMT, 모듈 제조, 포장/물류는 우선순위 낮음

- 높은 생산량으로 투자 대비 효율이 확보되는 Fanuc만 내재화, 자동화

1. 한국, 폴란드, 대만과 같은 중위 비용 국가 내 현재 기준 추정치
2. SMT에서 솔더 페이스트를 녹여 부품을 PCB에 접합하는 열처리 공정
3. 하단에 솔더볼 배열을 가진 IC 패키지로, 고밀도/고성능 보드에서 사용됨
4. 카메라 기반 영상 인식을 통해 부품 나사 체결 등 조립 공정에서 체결 토크를 실시간 측정/기록해 품질 편차를 방지하는 기술
5. 전선 커넥터 삽입, 압착, 배선 정리를 자동화하는 공정 모듈
6. 접촉식 ICT 대비 Fixture 없이 움직이는 프로브로 회로를 검사하는 방식
7. Hardware-in-the-Loop, 실제 하드웨어와 시뮬레이션 환경을 연결해 제어기 기능을 자동으로 테스트하는 고난도 검사 방식
8. Automated Optical Inspection, 카메라/조명 기반으로 SMT/조립 품질을 자동 검사하는 공정
9. 레트 적재를 자동화한 시스템으로, 규칙 기반 또는 Vision 기반으로 물류 효율/안정성을 개선
10. Automated Guided Vehicle, 지정된 경로를 따라 부품/자재를 자동 운반하는 자율 물류 장비

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[생산방식 전환] Type B 생산방식 내재화 추진 시, Critical Mass 생산물량 확보, 공급망 구축, 양산/품질 안정화, 기술 인력 및 협력업체 사전 확보 필요

주요 공정별 품질 안정화 방안 상세 후술

시점	구분	잠재 리스크	대응 방안 예시
투자 검토	생산물량 확보	**자동화는 고정비 투자 중심이므로, 충분한 생산물량이 전제되지 않으면 대당 생산 단가가 상승하여 투자 회수 어려움** • 수요 변동 시 생산 라인 가동률 저하로 투자효율 악화 가능	**생산 물량/Mix 기반 ROI 산정 후 단계적 자동화 투자** • 범용 장비는 3rd-party 장비 렌탈/성능기반 계약(PBL) 활용하여 초기 Capex 최소화 추진
	모듈화 기반 계획생산 준비	**표준화된 모듈 아키텍처 설계가 미흡할 경우 대량 계획생산 체계 구현이 어려워 자동화의 효과 저하 가능**	**제어기 아키텍처 최적화 TF 조직 신설 및 10년+ 경력의 모듈화 아키텍처 경력자 조직 리드 역할로 영입**
생산라인 구축	공급망 구축	**제어기 내재화 추진 과정에서 품질/원가/물량을 동시에 만족하는 공급망을 초기에 구축하지 못할 리스크 존재** • 기존에 외주 업체가 관리하던 핵심 부품 (예. 모듈에 탑재되는 PCB) 수급 조정 및 품질 리스크 관리 필요	**핵심 부품은 표준품 설계 필요하며, 최소 Dual sourcing 기반 단일 벤더 리스크 예방** • [ABB] 사급 중인 각 부품별로 최소 3개 이상의 벤더와 공급 계약하여 공급망 리스크 최소화
	전문인력 소싱	**자동화 생산체계 설계/구축/운영 전문가 부재 시, 실행 시행착오, 최적 조직 구축 지연 및 운영 비효율 리스크 높음** • 자동화 설계 오류로 인한 설비구축 지연 및 수율/품질 리스크, HW/SW, QA, 생산기술 등 조직 체제 구축 지연 등	**생산/자동화 아키텍처 총괄 인력, 영역별 전문 인력 Fast-track 채용 하여 프로젝트 전반 리드, 3rd-party 자동화 공정 설계 컨설팅 업체[1] 협업 통해 컨셉 설계 진행** • 자동화 생산공장 신규 구축 경험 보유한 전문인력 채용
	품질 안정화	**외주 기반 품질 체계에서 내재 생산 품질 체계로의 전환 지연 또는 실패 리스크 존재** • PCB/보드 수입검사, 모듈 조립 시 접착, 최종 조립 시 Wiring 및 일부 검사 공정은 자동화 난이도가 높으며 라인 구축 후 오류 발생률 높음	**양산 초기 중점관리 공정 대상 외부 ATE[2] 업체 활용하여 데이터 기반 품질 관리 체계 구축** • 예: 맞춤형 자동 품질 검사 체계를 구축하고, 모든 테스트 데이터를 MES와 연동함으로써 데이터 기반 사전 품질 관리 체계로 전환
양산	라인 유지보수	**자동화 설비 유지보수 체계 미흡할 경우, 다운타임 증가로 계획 대비 생산성 및 비용절감 효과 저하** • 설비 고장 시 긴급대응 부족 및 예방정비 프로세스 미흡 등	**설비 도입 단계부터 예방정비 기반의 유지보수 표준 절차 구축 및 외부 업체 상주 지원 고용** **주요 자동화 장비 Spare parts 리스트화 및 재고 확보**
	원가 절감 모니터링	**자동화 라인 구축 과정에서 완제품 수율 저하 또는 공정 자동화 생산원가 절감 효과 초기 계획/목표 대비 미달 리스크**	**라인 구축 초기부터 원가절감 효과 모니터링 및 관리 조직 운영** • 공정 및 라인 단위 KPI 설정, 전담 조직(생산기술 /QA/원가 관리) 배치하여 원가 절감 효과를 지속 점검

1 Schnaithmann Maschinenbau, FFT Production Systems, Comau Engineering Services, Dürr Consulting 등; 경쟁사 전문가가 선별한 자동화 공정 설계 컨설팅 업체 후보 2 Automatic Test Equipment; 자동 테스트 장비 업체로, Keysight, Chroma, Dspace, Cognex 등의 주요 업체 존재

자료: 전문가 인터뷰

[생산방식 전환 – 참고] 품질 리스크 발생 가능성 높은 주요 공정별 자동화 라인 구축 방향성

경쟁사(ABB) 자동화 공정 | 경쟁사(ABB) 수작업 공정

공정별 자동화 구축 시 잠재 리스크 (리스크 높은 세부 공정 중심 기재)	대응 방안 예시 (경쟁사 Lessons Learned 인터뷰 기반)
[수입 검사 – PCB/보드 검사] 자동 검사 구축에도 불구하고 보드 내부 불량(예. 미세 납땜 문제) **발견 일부 누락될 수 있음** • 전기적으로는 정상처럼 보이나, 실제 사용 중 불량 발생 가능	**점진적으로 심층 검사 장비/기술 확보 및 도입하며 보드 내부 불량까지 탐지** • JTAG[1], 전류 패턴 분석
[모듈 조립 – 접착/고정 경화] 자동화가 어려운 공정이며, 작업자 숙련도에 따라 품질 변동성 존재할 수 있음 • 모듈 간 정렬/접착 두께가 미세하게 달라도 성능 저하/고장 발생	**작업자 보조 장비/기술 도입 및 숙련공(~5년+ 경력) 확보 필요** • 정렬 보정용 지그 도입, 접착제 도포 기준(양/압력) 표준화 및 자동 센서 적용
[최종 조립 – 전체 Wiring] ~80%+ 자동화 된 공정에도 불구하고 단품 검사로는 검출되지 않는 숨은 접촉 불량 발생 가능 • 케이블이 외관상 정상이어도 미세 접촉불량으로 제품 오작동 가능	**케이블 길이/형상 표준화로 작업 편차 최소화한 후, 고도의 자동화 기술 점진적 도입** • Vision 기술 기반 케이블 배선 검사, 체결/검사 데이터를 자동 로깅하여 품질 편차 요인 추적
[기능/품질 검사 – FCT[2], EOL[3] 테스트] 단일 기능 검증으로 실제 사용 환경(예. 복합 부하/상호작용)**에서 발생할 수 있는 오류 발견 어려움** • 복합 기능이 동시에 동작할 때 발생하는 오류 다수	**외부 ATE[4] 업체 활용, 데이터 기반 품질 관리 체계 구축** • 다양한 부하/온도 등 조건 시뮬레이션 가능한 자동 테스트 장비 플랫폼 도입, 오류 패턴 DB 기반 자동 탐지 모델 적용
[기능/품질 검사 –Visual Inspection] 육안으로 검사 시 미세 결함 검출 한계 존재 • 자동화 난이도 및 자체 구축 비용 높아 연간 3-4만 생산 물량 필요	**물량 3-4만대 시점부터 자동화 기술 도입을 목표로, 3rd-party 전문 업체와 협업하여 기술 튜닝/모델 개발** • 딥러닝 기반 Vision 모델로 미세 결함 검출 강화

1 Joint Test Action Group; PCB 내부 회로의 전기적 연결 상태를 핀 단위로 점검하는 테스트 방식으로, 외관상 보이지 않는 내부 결함 검출 가능 2 Functional Circuit Test; 개별 기능 단위(전원 인가, 신호 출력 등)가 정상 동작하는지 확인하는 기능 시험 3 End-of-Line Test; 최종 조립 완료 후 실제 사용 환경과 유사한 조건에서 제품 전체를 검증하는 최종 시험 4 Automatic Test Equipment; 자동 테스트 장비 업체

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[생산방식 전환] HDR의 연간 생산물량 계획 고려 시, '30년대 초반을 타겟으로 Archetype B으로의 전환 검토 가능함

Type B 기준 경쟁사 CAPEX 및 원가 절감률 벤치마크 기반 추정치이며(전문가 인터뷰), HDR 현황 기준으로 예상 절감률 및 필요 CAPEX 규모 상세 검증 필요

생산물량/CAPEX Base 시나리오 기반 투자/회수 시뮬레이션[1]

('31년 이후 생산물량/매출은 HDR의 확정적인 판매/생산계획이 아닌 회수기간 Simulation을 위한 가정치임)

	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년	'31년	'32년	'33년	'34년	'35년
생산물량, 대	8,000	10,000	12,000	14,000	20,000	23,700	25,500	27,500	29,700	32,000
예상 매출, 억 원	3,300	4,000	5,300	7,150	10,000	10,800	11,800	12,800	13,800	15,000
추진 내용	**[단기] Archetype 전환 전 단기 원가 절감 추진**		**[중기] 생산 자동화 위한 단계적 Capex 투자 검토/집행 및 라인 구축**			**[장기] 자동화 생산라인 안정화 및 생산 혁신 적용 범위 확대**				
표준화/모듈화 (연구개발)	• 외함 표준화, PSM 모듈화 개발 • 메인컴퓨터 모듈화		• 신규 PSM 양산 적용 • 제어 유닛, IO, 통신 모듈화 • 모듈간 인터커넥션 표준화			• 신규 세대 개발 초기 단계부터 추가 공정 자동화 및 계획생산 확대 감안한 표준화 및 모듈화 추진 (Design for Manufacturing)				
자동화 (구매/제조)	• 제어기 옵션 조립 공정 내재화 준비 • 표준 제어기 BCC		• 공정 자동화 투자 계획 수립 • N00, N30, N60, N80 제어기 조립 내재화 수행			• 자동화 핵심 공정 수율 안정화 및 해당 공정 내 자동화 범위 확대 적용 • 추가 자동화 대상 후보 공정 검토				
연도별 Capex[2]	해당 없음		~100	~200	~90		~70		~80	
누적 Capex (A)			~100	~300	~390		~460		~540	
연도별 절감액[3] (B)						~150	~190	~220	~250	~280
연도별 재무 효과 (B-A), 억 원			~-100	~-300	~-390	~-240	~-120	~100	~270	~550

'28년-'30년 초기 투자(누적 ~390억)에 대한 예상 회수기간은 ~6년[4]이며,
이후 '31년, '33년 각각 생산물량 0.5만대 확대 위한 증설 투자 ~80억씩 진행
중국 건설 시 국내 대비 CAPEX ~20-30% 낮아 회수기간 ~1년 단축 예상

WS별 추진계획 상세 후술

추진 시 고려사항

자동화 라인 투자 본격 검토 및 설계 전 우선적으로 구매 원가 절감 및 계획생산 체계 확보를 위한 HW 표준화 및 모듈화 수행 필요

안정적 투자 회수를 위해 연 생산물량 ~2만대+ 예상 도달 시점 2-3년 전인 '28년 부터 Type B 수준의 자동화 생산라인 구축 투자 검토

1 '35년 HDR 매출이 ~Top 7 수준 (Estun/Nachi의 평균 '35년 예상 매출)에 도달한다고 가정하고 이에 상응하는 생산물량 적용 2 공정별 Capex 규모는 Base값 가정하였으며, 현재 기준으로 분석된 수치에 '22-'25년 한국 평균 인플레이션율 적용 3 HDR 제어기 단위원가 500만원 가정, 단위원가 절감률은 Archetype B 절감률의 중간값 가정하였으며,'33년부터 자동화 공정 안정화 완료 및 목표 절감률 100% 적용 가정 4 경쟁사 전문가의 의견에 의하면 자동화 투자의 회수기간은 이상적으로 ~5년으로 고려하고 투자를 계획해야 과도한 적자 발생 리스크를 낮출 수 있음

자료: 전문가 인터뷰, 팀 분석

[생산혁신 로드맵 – 연구개발]

상세 후술

	’26년	’27년	’28년	’29년	’30년	’31년	’32년	’33년	’34년	’35년
생산물량, 대	8,000	10,000	12,000	14,000	20,000	23,700	25,500	27,500	29,700	32,000
예상 매출, 억 원	3,300	4,000	5,300	7,150	10,000	10,800	11,800	12,800	13,800	15,000

추진 계획	**[단기] Archetype 전환 전 단기 원가 절감 추진**	**[중기] 생산 자동화 위한 단계적 Capex 투자 집행 및 라인 구축**	**[장기] 자동화 생산라인 안정화 및 생산혁신 범위 확대**
Hi7	• 외함 표준화 개발 • PSM 모듈화 개발 • 메인컴퓨터 모듈화 개발 (Hi6 호환성 비고려 시)	• 신규 PSM 양산 적용 • 제어 유닛 모듈화 및 최적화 • IO, 통신 모듈화 개발	• 핵심 자동화 공정 수율 향상을 위한 설계 개선 사안 반영 (Design For Manufacturing, ~’32) • 자동화 생산라인에서 도출되는 최적화 방안 신규 제어기에 지속 반영
Hi8 이후	• 경쟁사 제어기 Teardown 벤치마킹 • 제어기 시스템 최적화 방안 수립	• 외함 및 채시스 설계 표준안 수립 • 모듈 별 인터-커넥션 표준 수립 • 모듈 별 모듈화 방안 수립 • 파워 내재화 개발	• 자동화 관점에서 최적화된 신규 제어기 설계 착수 (’31년) • 신규 제어기 출시 및 자동화 생산 라인 조기 안정화 (’35년)
필요 투자 및 리소스	• 제어함 설계 인력 확보 • PSM 개발 용역 • 메인컴퓨터 개발 용역	• 모듈 간 인터- 커넥션 설계 인력 확보 • 파워 설계 기술 인력 확보 • IO, 통신 모듈화 개발 인력 확보	

[생산혁신 로드맵 – 연구개발 단기 계획]

구분	HDR As-Is ('25년 기준)	단기 To-Be (~'28년)
표준화	고객 맞춤 대응으로 외함 공용화 어려움 → Hi7 기준 4종의 외함으로 고객 요구 대응 중	1 외함 규격화 방안 수립 및 실행 - 모든 제어기의 내부 구조 및 외함 표준화 - 내부 모듈화 개발 및 수평 전개
모듈화	PSM 모듈이 상용품의 조합으로 구성되어 모듈 간 연결 케이블 다량 사용되고 크기가 커짐	2 PSM 내재화 개발을 통한 모듈화 및 조립성 개선

타입	크기 (mm, WxDxH)
N (소/중/대)	680x520x710
N-HK (8축: 소/중/대)	680x630x890
N92 (12축: 소/중/대)	680 x630x1100
NX 1/2	680x630x890

※ 상품기획 충족을 위해서는 내부 구조 변경 필요 (깊이 제한으로 모듈 배치 불가)

상세 추진 계획

1 HK 제어기 및 고가반 제어기 동일 외함 적용

(외함/구조 표준화 → 내부 모듈화 → 외함 소형화)

- N, HK/NX, N92 3가지 외함으로 표준화
- N, HK, NX, N92 내부 구조 동일 컨셉 유지(PSM, 제어, 앰프)
- Hi7 빠른 전환을 위한 요구 출시 일정 준수 가능
- 구성품 모듈화 최적화 후 제어함 축소 일괄 추진 (PSM, 신규 메인컴퓨터 적용 시점 이후)

타입	크기 (mm, WxDxH)	비고
N (소/중/대)	680 x 520 x 500	WH 커넥터리스
N-HK(소/중/대), NX	680 x 790 x 890	WH 커넥터
N92 (12축: 소/중/대)	680 x 680 x 1100	

※ Hi5a-S HK(12축): 750x750x1340
Hi6-N HK(12축): 750x640x1100

2 PSM 모듈화 개발

- 개발 업체 선정 (~'25.12)
- Power 개발 사양 수립 (~'26.1)
- Power 용역 개발 (~'26.12)
- 검증 및 보완 (~'27.12)
- 양산 적용 ('28.1)

[생산혁신 로드맵 – 구매/제조]

단기적으로는 **제어기 옵션 조립 내재화**를 우선 추진하여 계획생산 체계를 구축하고, **표준제어기 BCC 소싱**을 통해 원가절감 추진.
장기적으로는 **제어기조립 업체의 부분 자동화**를 통해 생산성 향상 및 자동화 포인트를 발굴하여 **사내 조립 자동화 라인을 구축**하고자 함.

	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년	'31년	'32년	'33년	'34년	'35년
생산물량, 대	8,000	10,000	12,000	14,000	20,000	23,700	25,500	27,500	29,700	32,000
예상 매출, 억 원	3,300	4,000	5,300	7,150	10,000	10,800	11,800	12,800	13,800	15,000

26~28년 추진 계획 및 필요 리소스

'26년 · 5/29 · 7/31 · 11/30 · 12/1 · '27년 · 3/1 · 7/1 · 12/1 · '28년

[제어기옵션] 조립 내재화 준비 TF 신설 및 인력 구성(~1/16)

- 생산/영업/엔지니어링 /연구개발 논의하여 TF 추진 보고 예정

[제어기옵션] 조립 내재화 준비 최종 결과 보고 (~7/31)

- **내용** : 26.5월까지 추가 개발한 옵션의 분해조립 통한 내재화 준비, 경쟁사 옵션 비교 검토
- **최종 보고 결과물**
  : 제어기 옵션 조립 내재화 시행 계획(최종)
  : 추가 개발 옵션 조립 공수 & 조립 시방서/작업도
  : 검사 장비 / 지그 설계
  : 생산성 개선 설계 필요 Point 발굴

[제어기 옵션] N60, NX 조립 내재화(12/1~)

[제어기옵션] N80 내재화(3/1~)

[제어기옵션] N30 조립 내재화(7/1~)

[제어기옵션] N00 내재화(12/1~)

[제어기옵션] 조립 내재화 준비 중간 결과 보고(~5/29)

- **내용** : Hi7 표준 제어기 및 현재까지 개발된 옵션의 분해조립 통한 내재화 방향성 검토 및 내재화 준비
- **유관부문 협조 필요 사항** : Hi7 추가 개발 필요 옵션 5/29까지 개발 완료 (연구개발, 엔지니어링 협조 필요)
- **중간 보고 결과물**
  : 제어기 옵션 조립 내재화 방향성 (중간)
  : 표준 제어기/ 옵션 조립 공수 & 조립 시방서/작업도
  : 생산성 개선 설계 필요 Point 발굴

[제어기옵션] 조립 공정 내재화 Set-up(~11/30)

- **내용**
  : 조립 및 관리 인력 충원,
  필요 장비 투자,
  작업 공간 확보

[제어기 표준]

(단기) 표준 제어기 BCC 소싱으로 원가절감
- '27.12 계약 종료 시기에 맞추어 추진 (#8284, '27.11월, 19억)

- 옵션 조립 내재화를 통해 도출한 표준 제어기 생산성 개선 설계 변경 선행 필요 (연구개발 협조 필요)

(장기) Hi7 제어기 조립 부분 자동화 검토 (w/ 3rd Party) ('28.1월 ~)

- BCC 선정 업체에 Hi7 조립 부분 자동화하여 Hi8의 사내 조립 자동화(내재화) 체계 구축

HD현대로보틱스

Appendix

[참고] 경쟁사 생산 Archetype과 비교 시 당사는 복수의 생산방식 결정 요인에서 상대적으로 초기적인 수준에 위치

High Mid Low 각 항목별 상세 기준 후술

	계획생산 체계 구축		
	SW/HW 표준화	모듈화 체계 구축	자동화 체계 구축
HD현대로보틱스	• Hi6/Hi7 공통 제어 SW 플랫폼 공유, Hi5는 별도 플랫폼 사용 • HW 제품 표준화 수준 낮음	• 모델별 상이한 모듈 설계, 대다수 주문생산 방식	**0% 자동화** • 보드류 제작하는 SMT 공정은 자동화(피제이전자) • 조립 및 검사[2](신원) ~ 포장/물류(당사) 공정 100% 수작업
ESTUN	• 수출 모델 제외 TROY SW 플랫폼 기반 작동 • 소/중/대형별 HW 표준화	• 수출/국내 모델별 80% 수준으로 모듈화 달성	**~40%-50% 자동화** (A) • 모듈 제작 자동화, 모듈-최종 조립 부분 자동화 • 검사 공정 수작업
Kawasaki Robotics	• '06년 이후(F 및 E 시리즈) 제어기 세대 공통 제어 SW 플랫폼 공유 • HW는 약 ~65-75% 표준화	• ~80% 수준으로 모듈화 달성	**~60-65% 자동화** (B) • 모듈-최종 조립, 검사 공정 부분 자동화
YASKAWA	• Motoman Next 플랫폼 기반 전 모델 제어 • 소/중/대형 모델별 ~80% HW 표준화 완료	• 모듈형 확장 구조 보유, 소/중/대형 모델별 모듈화	**~80% 자동화** • SMT, 모듈 제작 완전 자동화 • 모듈 조립, 검사 공정 부분 자동화 • 나머지 공정은 외주사 위탁
ABB[1]	• IRC5('04년) 이후 전 모델 공통 Omnicore 플랫폼 공유 • 소/중/대형 모델별 ~80% HW 표준화 완료	• Omnicore 플랫폼 및 HW 표준화 기반, 모듈화 달성	**~80% 자동화** • 모듈-최종 조립 공정 약 80-90% 자동화 • 검사 공정은 부분 자동화 • 나머지 공정은 외주사 위탁
KUKA[1]	• KRC4 이후 모델('10년) 공통 iiQKA.OS2 플랫폼 기반 작동 • 소/중/대형 모델별 ~80% HW 표준화 완료	• 표준화된 SW/HW 기반, 모듈화 설계	• **~70% 자동화** • 최종 조립 자동화 • 모듈 조립/테스트 공정은 부분 자동화 • 나머지 공정은 외주사 위탁
FANUC	• 전 모델 제어 가능한 R-30iB SW 플랫폼 활용 • 소/중/대형 모델별 HW 표준화	• 모듈식 시스템으로 설계되어 제품군별 공통 적용 용이	• **~95%+ 자동화** (C) • 부분 자동인 검사 공정은 비전 솔루션 개발 통해 자동화 추진

생산 Archetype

(A) 낮은 자동화형 (Estun): 전체 공정 **자동화 수준 ~40%-50%**

(B) 중간 자동화형 (Yaskawa, ABB, KUKA, Kawasaki): 반복 공정을 중심으로 **~60-80% 자동화된** 모델

- 다만, 생산물량 10만대 예상 시점에 자동화 수준을 추가 고도화 할 것으로 예상됨 ('30년~)

(C) 완전 자동화형 (Fanuc): 전 공정 **~95%+ 자동화 운영**

당사는 HW 표준화 및 모듈화 수준이 낮고 생산은 0% 자동화 형태로, 표준화/모듈화 체계 확립 및 핵심 공정 자동화 추진 필요

1. ABB는 스웨덴의 Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, 스위스의 Brown, Boveri & Cie가 합병한 기업이며, KUKA는 중국 메이디 그룹의 독일 자회사 2. 일부 품질/기능 검사는 당사 위임 하에 신원 자체 검사 진행

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[참고] 생산방식 결정 요인별 상세 평가기준

	표준화			
	SW 표준화	**HW 표준화**	**모듈화 체계 구축**	**자동화 체계 구축**
High **선도사 수준을 의미** • 표준화, 모듈화: 전체 경쟁사[1] 수준 • 자동화: Fanuc	**전 모델 또는 최근 20년 간 출시된 모델의 공통 SW 플랫폼** (OS/Kernel) **및 제어 알고리즘 통합** • 통일된 인터페이스, 유지 관리 시스템 구축 • 글로벌 통신 Protocol 통일	**전 제품군 간 PCB 및 하드웨어 스펙 80% 이상 통일** • 보드, 커넥터/케이블, 외함/채시스 표준화 • 전원 보드는 소/중/대형별, 서보 드라이브는 전류 용량 등급별 표준화	**전 모델 80% 이상 공통 모듈 구조 설계, MTS(계획생산) 체계 구축** • Safety/I/O/커뮤니케이션 모듈 공용화, Plug-in 확장 가능 • 파워/드라이브 모듈은 소/중/대형별 또는 암페어 등급별 표준화	**전체 공정 90% 이상 자동화** • SMT, 모듈 제조 및 조립, 최종 조립 및 공장 내 운반 전체 자동화 • 기능/품질 검사는 부분 자동화이나, 비전 검사 시스템 도입 통해 완전 자동화 추진
Mid **업계 차상위 제조사 수준 의미** • 표준화, 모듈화: 산업 차상위 수준 • 자동화: ABB, KUKA 수준	**제품군**(시리즈) **단위로 SW 플랫폼 통합** • 주요 제어 로직만 공통화 • 라인별 SW 버전 관리 • 지역별 통신 Protocol 상이	**제품군**(시리즈) **단위로만 약 60~80% 표준화** • 일부 보드 공용, 그 외 중형 모델 중심 표준화 • 전원 보드는 소/중/대형, 서보 드라이브는 모델별 표준화	**제품군**(시리즈) **단위로만 약 60~80% 모듈화** • 제품군 단위로 표준화 된 HW 설계 기반, 모듈 설계	**전체 공정 ~70-90% 자동화** • SMT, 최종 조립 및 공장 내 운반 전체 자동화 • 모듈 조립은 80% 이상 자동화이나, 고객사 옵션 조립 위해 일부 수작업 • 검사 공정은 부분 자동화
Low **업계 차상위 제조사 수준 의미** • 표준화, 모듈화: 산업 하위 수준 • 자동화: Estun 수준	**모델별 독립 SW 아키텍처 운영** • 모델별 독립적 개발 환경 보유 • 개별적 SW 버전 관리 및 유지 보수 • 시장별 통신 Protocol 상이	**모델별 HW 설계 상이하며 고객 맞춤형 운영** • 고객 맞춤형 사양(예. 외함/보드/케이블 등) 기반, HW 설계 및 제조	**모델별 맞춤형 모듈 설계, 재사용 불가** • 모델별 HW 설계 표준화되지 않아 모듈화 불가	**공정 70% 미만 자동화** • 자동화 난이도 낮은 사내 운반 중심 자동화 • 고객 맞춤 주문 생산의 비중이 높아 조립/검사 공정 수작업으로 수행

1. Fanuc, Yaskawa, ABB, KUKA, Estun
2. IP, 품질, 고객 대응을 위해 내재화 필수적인 공정

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[참고] SW 및 HW 표준화 세부 평가 기준

분류	정의 및 의의	항목	평가 기준
SW 표준화	**최근 20년간 출시된 전 모델이 공통 SW 플랫폼 기반으로 운영**되어 유지보수/옵션 확장/기능 업그레이드가 용이해지는 것	OS/Kernel	최근 20년간 출시된 전체 모델에 동일 OS/Kernel 활용, 신규 모델 또한 동일 플랫폼 기반 버전만 업데이트 여부
		Motion/제어로직	최근 20년간 출시된 전체 모델에 동일 Motion/제어로직 활용(동일 알고리즘 사용) 여부
		Ethernet/Profinet	최근 20년간 출시된 전체 모델에 동일 Ethernet/Profinet 활용, 산업 표준에 맞춘 공통 통신 Layer 채택 여부
		Firmware SW	공통 Firmware Framework에 기반하되 HW별 Driver Layer는 분리하며 모델별 옵션, 신규 모델, 유지 보수 등에 유연하게 대응 여부
		HMI/툴체인	최근 20년간 출시된 전체 모델에 동일 HMI/툴체인 적용, 단일 개발 환경 제공 여부
		알고리즘 배포/업데이트	최근 20년간 출시된 전체 모델에 동일 알고리즘 배포/업데이트 적용
HW 표준화	**전체(일부는 소/중/대형 별 또는 전류 용량 등급별) 모델이 동일 HW 설계 플랫폼을 공유**하여 제조 공정의 공통화를 확보하는 것	PCB 및 회로 설계, 전원보드	소/중/대형 모델 각각에 대해 공통 PCB/회로 설계/전원보드 플랫폼 적용 비중을 산출한 후, 소/중/대형 모델군의 평균 적용률 산정
		CPU	전체 모델 중 공통 CPU 설계 플랫폼 활용하는 모델의 비중
		TR/서보 드라이브	전류 용량 등급별 각각 공통 TR/서보 드라이브 설계 아키텍처 공유하는 모델 비중을 산출한 후, 전류 용량 등급별 평균 적용률 산정
		커넥터/케이블 규격	전체 모델 중 공통 커넥터/케이블 규격 활용하는 모델의 비중
		통신 보드/ 모션 컨트롤	전체 모델 중 공통 통신 보드/ 모션 컨트롤 설계 플랫폼 활용하는 모델의 비중
		외함/채시스	전체 모델 중 공통 외함/채시스 설계 플랫폼 활용하는 모델의 비중[1]

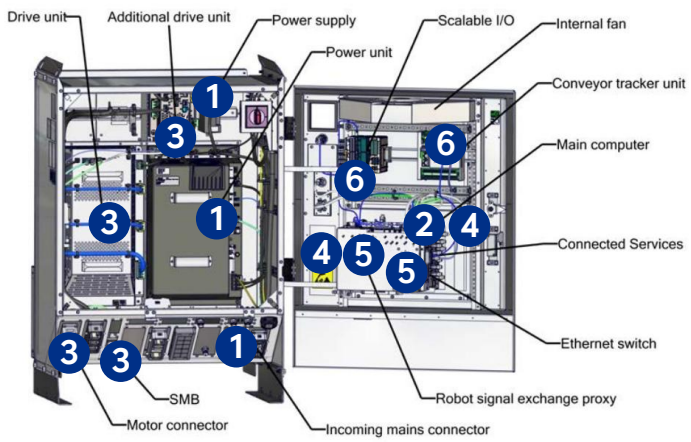
1 외형 크기가 달라지더라도, 사이즈 변화와 무관하게 설계 비율/구조적 레이아웃이 동일하게 유지되는 것을 의미

자료: HDR, 전문가 인터뷰, 문헌 조사

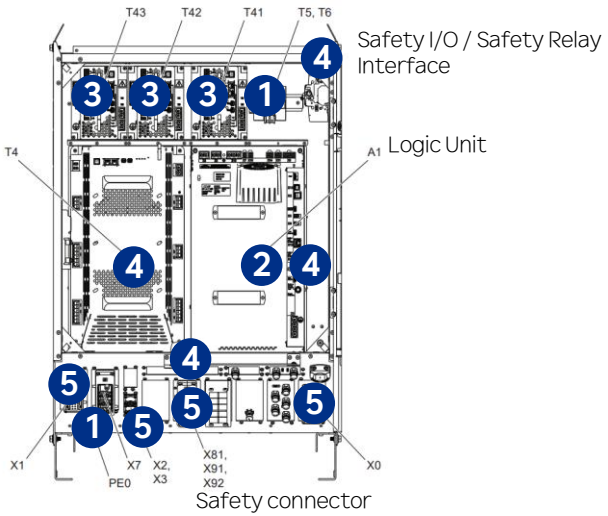
[참고] 기능 단위별 경쟁사 제어기 모듈 구성 예시

ABB Omnicore V 시리즈 기준

V250XT A type



V250XT B type



모듈	상세 기능
① **파워 모듈**	전원 변환 및 공급 체계: Drive 모듈 및 CPU에 전원 공급, Safety chain 전원 관리 등
② **메인 모듈**	제어기 핵심 연산 및 제어 처리: 로봇 모션 계산, 실시간 제어 스케줄링 및 Task 관리, Drive/I/O/Safety모듈과 통신 등
③ **드라이브 모듈**	모터 구동 제어: 전류/속도/위치 제어, Encoder/Hall/Resolver 피드백 처리, 과전류/과전압 보호 기능 수행 등
④ **Safety 모듈**	안전 제어: 기능 안전 인터페이스 제공, 이중화 회로 기반의 Fail-safe 동작 보장 등
⑤ **통신 모듈**	상위 시스템과 통신: Ethernet/IP, Profinet, Modbus 등 산업용 프로토콜 지원, HMI/Teach Pendant 연결 및 진단 정보 전달
⑥ **I/O 모듈**	신호 입출력 관리: 센서 입력/액추에이터 출력 제어, Digital/Analog 신호 변환 및 안정화, 외부 장치 동작 상태 모니터링

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[생산방식 전환 – 참고] 생산물량 및 CAPEX 시나리오별 투자 회수기간 비교

초기 투자 예상 회수 기간

	Base-생산물량(3.2만) 시나리오 '35년 HDR 매출이 ~Top 7 수준 (Estun의 '35년 예상 매출[1])에 도달한다고 가정하고 이에 상응하는 생산 물량 적용[2]	High-생산물량(4만) 시나리오 '35년 HDR 생산물량이 ~Top 5 수준 (Kawasaki의 '35년 예상 생산물량[3])에 도달한다고 가정하고 적용
Base-CAPEX 시나리오 초기에는 연간 2.5만대 수준의 설비를 구축하고('28년-'30년), 이후 생산 물량 증가에 대응하여 단계적 증설 투자 진행	**~6년**	**~6년** '35년까지 Base 대비 생산물량 증가폭이 0.1~0.4만대 수준이며, 물량 증가에 따른 추가 설비투자 필요하여 회수기간 차이 제한적
High-CAPEX 시나리오 초기에는 연간 2.5만대 수준의 설비를 구축하고('28년-'30년), 이후 생산 물량 증가에 대응하여 단계적 증설 투자 진행 + 제품 다품종/다옵션에 따른 공정 복잡도 증가 또는 글로벌 Tier-1 장비 및 SI 적용을 가정하여, Base-CAPEX 대비 ~20-25% 높은 투자 수준을 가정	**~7년**	**~7년** '35년까지 Base 대비 생산물량 증가폭이 0.1~0.4만대 수준이며, 물량 증가에 따른 추가 설비투자 필요하여 회수기간 차이 제한적

1 '24년 매출 실적(약 0.58조원)에 ~'35년까지의 예상 시장 CAGR(10%) 적용하여 산정 2 전체 HDR 매출 중 솔루션 매출 비중 30%(주요 경쟁사-Yaskawa, Kawasaki, Nachi 등 - 평균 솔루션 매출 비중), 단품 매출 비중 70% 가정하고 대당 판매단가 0.35억 적용하여 판매 대수 산정, 생산물량은 판매 대수에서 약 2천대의 Buffer 적용 3 Kawasaki의 과거 성장률이 향후 지속되는 것을 가정하고, 과거 5개년 CAGR ~7%를 '25년 생산물량(~2만)에 적용하여 산정

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[생산방식 전환 – 참고] 공정별 CAPEX Breakdown

Type B 자동화 수준 및 연간 생산물량 2.5만대 가정 시의 투자 금액이며 중위 비용 국가(한국/폴란드/대만 등) 기준 추정치
(경쟁사 전문가 인터뷰 기반)

공정별 CAPEX 항목 Breakdown

공정	CAPEX 금액	= 부지/건축 비용	+ 제조 설비 구축 비용	+ 기타(인프라/공정 안정화[1] 등)
모듈 조립	**100-140억**	**40-55억** • 모듈별 병렬 조립 위한 라인 구성 및 공정 간 버퍼 공간 고려 • 향후 물량 증설 고려한 확장형 레이아웃 설계비 포함	**20-30억** • 토크 드라이버[2], Press-fit 장비[3], 정렬 지그 등 반자동 설비 중심 투자	**40-55억** • 초기 공정 안정화를 위한 치공구[4] 개발, MES 연동/공정 데이터 수집 등 기초 IT 인프라 구축, 작업자 숙련 비용 등 반영
최종 조립	**100-140억**	**40-55억** • 시스템 단위 조립 및 배선 작업을 위한 넓은 작업 공간 필요 • 제품 Mix 대응을 위한 유연 레이아웃 구성	**15-20억** • 반복성이 매우 높은 공정으로 로봇/코봇 기반 자동 체결/배선 설비 활용 • 범용 자동화 장비 적용이 가능하여 모듈 조립 대비 설비 단가 낮음	**45-60억** • 품질 이력 관리, Serial tracking 등 시스템 구축 비용, 초기 반복 작업 학습 곡선에 따른 안정화 비용 등 고려
기능/품질 검사	**130-170억**	**40-50억** • FCT[5]/EOL[6]/Safety 시험 등 테스트별 셀 분리 운영 필요 • 안전 설비, 전력/열 관리 등 시험 전용 공간 필요	**65-85억** • FCT[5], EOL[6], HIL[7], Vision 검사[8] 등 고가 테스트 장비 집중 투자 • 제품 세대/사양 변경 시에도 재활용 가능한 플랫폼형 ATE[9] 구축	**25-35억** • 테스트 데이터 저장/분석을 위한 IT/Traceability 시스템, 초기 테스트 시나리오 튜닝, Fail pattern 분석 비용 등 반영

1 IT/시스템 및 품질/검사 인프라, 공정 안정화 및 초기 튜닝 비용, 생산 인프라 및 유틸리티 등 부지/건축 및 설비 구축 비용 외 자동화 공정 구축에 필요한 항목 포함
2 체결 토크를 정밀하게 제어하여 나사 체결 품질을 확보하는 전동 체결 장비
3 볼트나 핀 등을 가압 삽입 방식으로 체결하여 용접 없이 안정적인 기계적 결합을 구현하는 장비
4 조립 및 검사 시 부품의 위치와 자세를 고정하여 작업 정확도와 반복성을 확보하는 보조 장치
5 Functional Circuit Test; 개별 기능 단위(전원 인가, 신호 출력 등)가 정상 동작하는지 확인하는 기능 시험
6 End-of-Line Test; 최종 조립 완료 후 실제 사용 환경과 유사한 조건에서 제품 전체를 검증하는 최종 시험
7 Hardware-in-the-Loop; 실제 하드웨어에 가상 운전 환경을 연동하여 제어 로직 및 동작 안정성을 검증
8 카메라 기반 자동 검사로 외관 결함, 조립 상태 및 위치 정합성을 확인하는 비전 검사 공정
9 Automatic Test Equipment; 자동 테스트 장비 업체

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

[참고 – 단기 추진 과제] 경쟁사는 IP 중요도 높은 부품 중심으로 사급 진행 중이며 HDR은 PCB, 커넥터, 센서 영역으로 사급 확대 검토 가능

사급/도급	부품명	사급/도급 사유	당사 현황[5]	검토 가능 방향성
사급	PCB (Bare PCB)	IP와 품질 리스크 매우 높아(PCB 두께/층수/재질/임피던스[1] 등은 제어기 성능 및 EMC[2]와 직결) OEM이 직접 구매·관리하는 것이 일반적	도급	사급 검토
	CPU / MCU / DSP / FPGA / ASIC	핵심 연산 부품으로 SW/제어 알고리즘과 직결되며 EOL[3]/위변조/성능 편차 위험 때문에 OEM 직접 구매 필수	CPU, MCU 사급 중	
	Power IC / Driver IC / MOSFET / TR	Safety, 전력 안정성, 과전류/과온 보호 회로와 직결되며 Fail-safe[4] 요구로 OEM 스펙 통제 필요	IC 소자 중심 사급 중	
	커넥터 / Terminal / 단자류	연결 인터페이스는 모델별 통합 규격이라 OEM 표준화 핵심이며 사급하여 규격 통일 유지하는 경우가 많음	도급	사급 검토
	고정밀 센서 / 클럭(오실레이터)	타이밍/노이즈 민감도가 품질에 큰 영향을 미쳐 경쟁사는 대부분 사급 중	도급	사급 검토
혼합	Thermal Pad / 방열시트 / 방열패드	열 설계가 제품 신뢰성에 영향 큰 고출력 제어기는 사급 권장하나, 보급형 모델은 Turnkey 가능	도급	
도급	Paste / Solder / Stencil 등 SMT 공정 재료	SMT 공정에서 EMS가 최적 조건으로 운영하여 OEM의 직접 관리 필요성 낮음	도급	
	수동소자 (저항/커패시터/인덕터)	대체재 많고 표준화된 범용 품목 → Turnkey가 가격·공정 측면에서 가장 효율적	도급	
	범용 IC (Logic IC, Buffer, Level Shifter 등)	IP·기능 민감도 낮고 단가 절감 위해 Turnkey가 일반적	도급	
	보호소자 (ESD, TVS 등)	표준 보호 부품으로 EMS가 조달하는 것이 일반적	도급	
	기계 부품(브래킷, 기구물 등)	SMT 공정과 직접 관련 없고 조립 시점 조달이 효율적	도급	

1 전기·전자 회로에서 교류(AC) 신호가 흐를 때 그 흐름을 방해하는 정도를 의미하는 물리량
2 Electromagnetic Compatibility, 전자파 적합성; 전자제품이 외부 전자파에 영향을 받지 않고, 또 다른 장치에 간섭을 일으키지 않는 정도를 의미
3 End of Line Test; SMT, 조립 후 최종 제품 단계에서 수행하는 완성품 테스트
4 시스템이 고장나더라도 안전한 상태로 자동 전환되는 메커니즘
5 11/26 제어플랫폼 개발팀 확인 현황

자료: HDR, 전문가 인터뷰

[참고 – 단기 추진 과제] 주요 경쟁사의 제어기 모듈별 협력사 List

모듈	국가	업체명	설립 연도	연 매출 '24년, $B[1]	영업 이익 '24년, $B[1]	생산 공장 위치
SMT (EMS)	일본	Siix Corp	1992	1.95	0.06	중국(동관, 상해), 태국, 필리핀, 인도네시아
	대만	Pegatron	2008	34.94	0.05	중국(상해, 소주), 베트남, 인도, 대만
	대만	Quanta Computer	1988	43.82	0.002	중국(상해, 중경), 태국, 대만, 멕시코
	싱가포르	Venture Corp	1989	2.74	0.22	말레이시아(조호르, 페낭), 싱가포르, 중국
	캐나다	Celestica	1994	9.64	0.6	태국, 말레이시아, 중국(동관, 소주), 멕시코
	중국	BYD Electronics	2007	24.6	0.65	중국(선전, 후이저우, 시안, 충칭), 베트남 하이퐁
	중국	Wintech Technology	2006	16.48	0.77	중국(쑤저우, 쿤산, 상해), 인도 노이다
	중국	USI(Universal Scientific Industrial)	2003	5.69	0.23	중국(상해, 쿤산)
Motion / Drive	독일	Bosch Rexroth	1795	7.02	n/a	독일(Lohr, Erbach), 중국(시안, 베이징), 미국, 터키
	대만	Delta Electronics	1971	13.08	1.49	중국(우장, 동관), 태국, 대만, 인도
	일본	Nidec Corp	1973	17.47	1.59	중국(절강, 대련), 베트남(호치민, 하노이), 태국, 멕시코
	중국	Estun Automation	1993	0.94	0.05	중국(난징, 창저우)
	중국	Inovance Technology	2003	2.31	0.42	중국(선전, 쑤저우, 창저우)
	한국	LS Electric (China)	2019	n/a	0.17	중국(우시, 상해)
Power Supply	대만	MEAN WELL	1982	1.02	n/a	중국(광저우, 소주), 대만, 인도, 미국(캘리포니아; 소량 조립)
	일본	TDK-Lambda (TDK자회사)	2008	14.09	1.16	말레이시아(Senai), 중국(무석), 일본(나가오카)
	오스트리아	RECOM Power	1974		n/a	대만, 중국(샤먼), 태국
CPU (PLC/IPC)	독일	Siemens (Digital Ind.)	2007	21.3	0.856	독일(Amberg – PLC, Erlangen – IPC/Automation), 중국(청두 – PLC), 중국(난징 – IPC), 인도, 미국
	독일	Beckhoff	1980	1.35	n/a	독일 - 전 제품군 자체 생산 원칙
	대만	Advantech	1983	1.87	0.288	대만(타이베이, 린커우), 중국(쿤산), 미국(Irvine – 조립)
	일본	Toyo Electric	1947	0.06	0.02	일본(요코하마, 시가)
	중국	Hollysys Automation Technologies	1993	0.79	0.15	중국(베이징, 항저우, 시안)
	중국	Supcon Technology	1993	1.06	0.27	중국(항저우, 저우산)
	중국	Xinhua Control (NARI Sciyon)	1992	0.7	0.08	중국(난징, 안후이)
	대만	Neousys Technology	2010	n/a	n/a	대만(신베이), 중국(선전 – 외주 OEM)
Safety Modules	미국	SICK(US)	1976	2.48	n/a	독일(Waldkirch), 헝가리, 체코, 미국
	일본	Omron	1933	5.12	0.34	일본(쿠사츠), 중국(상해), 네덜란드, 인도네시아
	일본	KEYENCE	1974	6.17	3.16	팹리스(Fabless) 생산은 주로 일본 내 위탁생산
	독일	Pilz	1948	0.39	n/a	독일, 프랑스, 중국 ,아일랜드
	독일	Xinhua Control	1992	0.7	0.08	중국 (난징)
	독일	Nanjing Sciyon Safety Technology	2017	n/a	n/a	중국 (난징)
Comm. / IO	독일	Phoenix Contact	1923	3.92	n/a	독일, 폴란드, 중국, 인도, 폴란드
	독일	Weidmüller	1850	1.13	n/a	독일, 루마니아, 중국, 체코, 스위스, 미국
	독일	Hilscher	1986	n/a	n/a	독일, 중국(쑤저우)
	독일	Beckhoff	1980	1.35	n/a	독일 - 전 제품군 자체 생산 원칙
	대만	Delta Electronics	1971	113.16	n/a	중국(둥관, 우장)

1 각 회사별 Annual Report 기준 공시 환율 적용

자료: 전문가 인터뷰,문헌 조사

[참고 – 단기 추진 과제] 유사 체급 중국 로봇 OEM의 모듈 조립 및 최종 조립 협력사 List

연간 생산물량 약 1만대 수준인 중국 로봇 제조사(예. SIASUN) 기준, 모듈 – 최종 조립 외주 중인 주요 업체

공정	국가 (본사 기준)	업체명	설립	연 매출[1,2] 2024, USD B	영업이익[1] 2024, USD B	주요 조립 공장 위치
모듈 제조 / 조립	중국	Zhongkong Drive Technology	2012	n/a	n/a	중국 (저장성 원저우)
	중국	Great Wall Development(长城开发)	1987	n/a	n/a	중국 (선전)
	중국	Shanghai ZKDrive(上海致控驱动技术)	2014	n/a	n/a	중국 (상하이)
	중국	럭션(Luxshare Precision)	2004	37.33	n/a	중국 (동관, 쿤산 등)
	미국	Jabil	1966	34.7	1.02	중국 (우시, 청두)
	미국/싱가포르	Flex 중국사업부	1969	26.4	1.15	중국 (선전, 주하이)
	중국	Wingtech (闻泰科技)	2006	7.9	0.25	중국 (자싱, 쿤밍)
	미국	Sanmina (구 Newmeil)	1980	7.57	0.34	중국 쿤산
	중국	USI (立讯精密 산하)	2003	5.69	0.23	중국 (상하이, 쿤산)
	중국	Shenzhen Kaifa(深科技)	1985	2.12	n/a	중국 (선전, 허위안)
	중국	Zowee(卓翼科技)	2006	1.93	n/a	중국 (선전, 후이저우)
	중국	DBG Technology	1995	0.96	0.04	중국 (후이저우, 자싱, 상하이)
모듈 조립 중심	중국	Nodka Automation	2003	n/a	n/a	중국 (항저우)
최종 조립	중국	Gonggao Technology(国高科)	2003	n/a	n/a	중국 (상하이)
	중국	Zhejiang ZhiKong(浙江至控科技)	2015	n/a	n/a	중국 (저장성)
	중국	Hangzhou Xinouda Electronics(杭州信奥达)	2013	n/a	n/a	중국 (항저우)
	중국	Googol Tech(固高科技)	1999	n/a	n/a	중국 (선전)
	중국	Topband(拓邦股份)	1996	n/a	n/a	중국 (선전, 후이저우)
	중국	BYD Electronics(比亚迪电子)	2002	n/a	n/a	중국 (선전, 후이저우, 시안)
	중국	Lyric Robot(利元亨)	1995	n/a	n/a	중국 (후이저우)
	중국	Wingtech(闻泰科技)	1993	16.48	0.77	중국 (자싱, 우시, 쿤밍)
	중국	SUPCON (浙江中控技术)	1993	1.06	0.27	중국 (항저우·저우산)
	중국	INVT(英威腾)	2002	0.84	0.08	중국 (선전, 둥관)
	중국	HOLLYSYS (北京和利时系统)	1993	0.79	0.15	중국 (베이징·항저우)

1 각 회사별 Annual Report 기준 공시 환율 적용
2 법인별 매출은 비공시하여 연결 매출 기준

자료: 전문가 인터뷰, 문헌 조사

HD현대로보틱스

End of Document