

산업용 다관절 로봇의 통신 프로토콜 동향 분석 및 발전 방향 고찰

김영은, 김준영

성신여자대학교

220246037@sungshin.ac.kr, jkim@sungshin.ac.kr

Technical Analysis and Direction of Communication Protocol & Industrial Multi-joint Robot

Kim Young Eun, Kim Joon Young

Sungshin Women's University

요약

본 연구는 국내외 주요 소형 협동로봇을 대상으로 통신 프로토콜 지원 사양을 비교하여 현재 기술 동향을 분석하고, 이를 바탕으로 향후 발전 방향을 제시하였다. 조사 결과 대부분의 제조사가 유사한 통신 프로토콜을 지원함으로써 시스템 통합 용이성을 확보하였고, 주로 유선 통신에 기반하였으며, SDK/API 및 ROS 패키지 지원을 통해 개방성을 높이고 있음을 확인하였다.

I. 서 론

스마트 팩토리 구현을 위한 산업용 로봇의 네트워크 통합이 가속화되면서, 로봇-컨트롤러-상위 시스템 간 통신 표준화가 핵심 과제로 부상하고 있다 [1]. 기존 연구는 주로 로봇 제어 알고리즘에 집중되어, 산업용 다관절 로봇 간 통신 프로토콜 구조의 차이를 체계적으로 비교한 사례는 부족하다. 본 연구는 국내외 주요 협동로봇의 통신 프로토콜 사양을 비교 분석하여 현재 기술 동향을 파악하고, 이를 바탕으로 미래 발전 방향을 제시하고자 한다. 본 연구의 분석 대상은 현재 상용되는 가반하중 11kg 이하의 3~6축 협동로봇으로 한정하였다.

II. 다관절 로봇 통신 프로토콜 동향 분석

본 논문에서 조사한 로봇 및 사양은 표 1과 같으며, 각 제조사 당 1개씩의 모델 혹은 시리즈를 대상으로 하였다. 분석 결과는 크게 세 가지로 나누어 제시한다. 먼저 물리 계층 기술 채택 경향의 경우 대부분의 제조사

RJ45 이더넷을 채택하였고, EtherNet/IP와 PROFINET을 표준 또는 옵션으로 지원하는 경향을 보인다. 이는 특정 벤더 종속성을 벗어나 시스템 통합 용이성을 확보하기 위함으로, 비실시간 통신에서는 TCP/IP 소켓과 Modbus TCP가 사실상의 표준으로 활용되고 있다.

무선 통신 지원 여부의 경우 모든 모델이 기본적으로 유선 통신 방식을 지원하였으며, 무선 통신(Wi-Fi)은 보조적 기능에 한정되었다. 이는 로봇-컨트롤러 간 핵심 통신의 실시간성과 신뢰성 확보를 위해 기술 사양이 유선 통신에 집중되었고, 현재 기술 수준에서 미션 크리티컬한 로봇 제어에 무선 통신을 신뢰하기 어려움을 시사한다.

개발 환경의 경우 모든 제조사가 독자 플랫폼에 기반한 SDK/API 또는 ROS 패키지 등을 제공하여 개방성을 높이고 개발자 생태계를 구축하고 있음을 확인할 수 있었으며, 이는 하드웨어 성능을 넘어 소프트웨어 플랫폼 경쟁으로 패러다임이 전환되고 있음을 보여준다.

표 1의 데이터를 기반으로 주요 통신 프로토콜 지원 빈도를 나타낸 그림 1은 그림 1을 참고한다. 그림 1에서 TCP/IP의 경우 조사 대상 13건 모두

표 1 주요 협동로봇의 통신 프로토콜 사양

제조사 (국가)	모델	물리/링크 계층	실시간 필드버스	상위 인터페이스 및 개발 환경	무선 통신
두산로보틱스 (한국) [2]	M0609	Ethernet (RJ45)	EtherNet/IP, Modbus TCP, PROFINET	ROS, DART 플랫폼, Doosan SDK, TCP/IP Socket	해당 없음
한화로보틱스 (한국) [3]	HCR-3A	RJ45	CC-Link, EtherNet/IP, Modbus TCP, PROFINET	Modbus TCP, Rodi-X SDK, TCP/IP Socket	해당 없음
뉴로메카 (한국) [4]	Indy7	RJ45	Modbus TCP	Indy API/SDK, Modbus TCP, ROS1/2, TCP/IP, gRPC(IndyDCP3)	해당 없음
래인보우로보틱스 (한국) [5]	RB3-730	RJ45	EtherNet/IP, OPC UA, PROFINET	Modbus TCP, OPC UA, RB 소프트웨어/SDK/API, TCP/IP	해당 없음
DOBOT (중국) [6]	MG400	RJ45	해당 없음	DobotStudio Pro, Modbus TCP, TCP/IP Socket	Wi-Fi
Universal Robots (덴마크) [7]	UR3e	1000BASE-T RJ45	EtherNet/IP, Modbus TCP, PROFINET	Modbus TCP, PolyScope, ROS, RTDE, TCP/IP Socket, URCaps/SDK	해당 없음
FANUC (일본) [8][9]	CRX-5iA	RJ45	EtherNet/IP	FANUC robot software products, TCP/IP Socket	해당 없음
Techman/Omron TM (대만) [10]	TM5-700	RJ45, RS-232	EtherNet/IP, Modbus TCP/RTU, PROFINET	Modbus TCP, TCP/IP, TMflow	Wi-Fi
AUBO (중국) [11][12]	i3	RJ45, RS-485	해당 없음	AUBOPE, Modbus TCP/RTU, ROS, SDK, TCP/IP	해당 없음
KUKA (독일) [13][14]	LBR iiisy 11 R1300	RJ45	Ethernet-based fieldbuses	KUKA iiQKA.OS SDK, ROS, TCP/IP Socket, iiQKA API	해당 없음
igus GmbH (독일) [15][16]	ReBeL	RJ45	해당 없음	Modbus TCP, TCP/IP, igus Robot Control software	Wi-Fi
ROKAE (중국) [17][18][19]	xMate ER3 Pro	RJ45	해당 없음	Modbus TCP, TCP/IP, xCore SDK	해당 없음
HITBOT (중국) [20]	Z-Arm 4160	RJ45	해당 없음	HITBOT studio, TCP/IP Socket	해당 없음

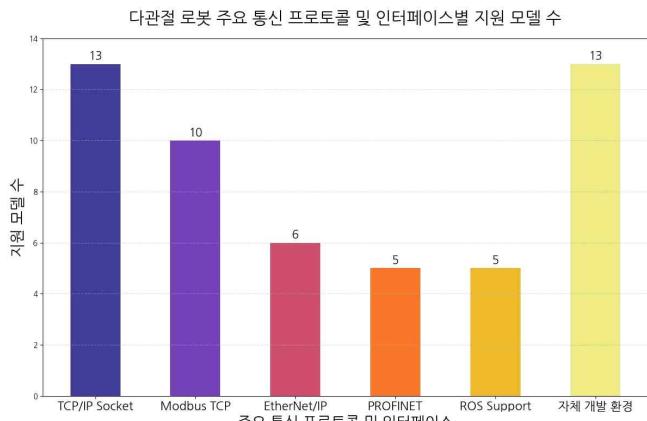


그림 1. 다관절 로봇 주요 통신 프로토콜 및 인터페이스별 지원 모델 수
해당하고, Modbus TCP가 10건으로 두 프로토콜이 상당히 우세함을 확인할 수 있었다. ROS의 경우 지원되는 모델은 5건이지만, Doosan SDK, Rodi-X SDK, Indy API, RB 소프트웨어 등 기업명이나 모델명을 딴 이름의 독자적인 소프트웨어가 포함된 ‘자체 개발 환경’ 항목을 포함해 모두 개방적인 개발 환경을 제공하고 있음을 시사한다.

III. 결론

본 논문은 상용 다관절 로봇의 통신 프로토콜이 산업용 이더넷 표준을 중심으로 안정성과 상호 운용성을 확보하며, SDK/API 제공을 통해 소프트웨어 개방성을 강화하는 방향으로 수렴하고 있음을 확인하였다. 그러나 현재의 유선 중심 통신 구조는 동적인 협업이 요구되는 차세대 지능형 공장 환경에서는 명백한 한계를 가질 것으로 전망된다. 따라서 향후에는 5G/6G의 URLLC 기술을 활용한 고신뢰성 무선 로봇 제어와 OTA(Over-the-Air) 업데이트가 가능한 SDR(Software-Defined Robot) 아키텍처의 발전을 위한 통신 프로토콜 연구가 요구된다.

다만 본 논문은 일부 소형 협동로봇의 공개 자료에 한정되어 분석의 일 반화에 한계가 있으며, 정량적 성능 지표를 다루지 않았다. 향후 연구에서는 분석 대상을 산업용 로봇 전반으로 확대하고, 특정 어플리케이션이 요구하는 통신 성능 수준을 정의한 후, 다양한 프로토콜 구현 방식에 대한 성능 측정 정도를 포함한 심층적인 유형별 분석이 필요하다. 이는 산업계 전반에 적용될 수 있는 통신 성능 벤치마킹 방법론을 수립하는 데 기여할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2025년도 산업통상자원부 및 한국산업기술진흥원의 산업혁신 인재성장지원사업 (RS-2024-00415520)과 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 ICT혁신인재4.0 사업의 연구결과로 수행되었음 (No. IITP-2022-RS-2022-00156310)

참 고 문 헌

- [1] Qin, Q., Liu, Z., Zhong, R., Wang, X. V., Wang, L., Wiktorsson, M., & Wang, W. (2026). Robot digital twin systems in manufacturing: Technologies, applications, trends and challenges. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 97, 103103.
- [2] 두산로보틱스. (n.d.). M0609. 두산로보틱스 사용자 매뉴얼. <https://manual.doosanrobotics.com/ko/user/2.12.2/1.-M-H-Series/m0609>
- [3] Hanwha. (n.d.). Appendix F system specifications - Hanwha HCR-3 user manual (p. 197). Manualslib. <https://www.manualslib.com/manual/2276587/Hanwha-Hcr-3.html?page=197>
- [4] Neuromeka. (n.d.). ModbusTCP 통신 설명서. <http://docs.neuromeka.com/3.4.0/kr/ModbusTCP/modbus/>
- [5] Rainbow Robotics. (2024). Rainbow Robotics RB Series Catalog (English Release, 240822) [PDF]. https://www.immts.cz/wp-content/uploads/2025/03/Rainbow-Robotics-Cobot-Catalog_EN_release_240822.pdf
- [6] Shenzhen Yuejiang Technology Co., Ltd. (2023). Dobot MG400 User Guide (Version 1.7, November 16, 2023) [PDF]. https://dobotpolyska.pl/wp-content/uploads/2024/08/Dobot-MG400-User-Guide-V1.7_20231116_eng.pdf
- [7] Universal Robots. (2024). UR3e User Manual: PolyScope 5 (SW5.20) [PDF]. https://www.universal-robots.com/manuals/EN/PDF/SW5_20/user-manual-UR3e-PDF_online/710-943-00_UR3e_User_Manual_en_Global.pdf
- [8] FANUC America. (2025). FANUC CRX-5iA Cobot | FANUC CRX Series. <https://crx.fanucamerica.com/crx-5ia>
- [9] FANUC America. (2025). Industrial Robot Software: 250+ Software Functions. <https://www.fanucamerica.com/products/robots/software>
- [10] Techman Robot Inc. (2021). TM5 Series Installation Manual (I623-E-11) [PDF]. https://files.omron.eu/downloads/latest/manual/en/i623_tm5_series_installation_manual_en.pdf?v=2
- [11] AUBO Robotics. (2019). AUBO-i3 collaborative robot user manual (Version 4.5.0). <https://www.aubo.cz/download/45cdd2dc75df626e6307ea841f0660ce/aubo-i3-cb4-user-manual-v4-5-0-20190425.pdf>
- [12] AUBO Robotics. (n.d.). 29 ARCS Modbus User Guide. AUBO Developer. https://developer.aubo-robotics.cn/en/application_notes/29-arcs-modbus/
- [13] KUKA AG. (2025). KUKA KR C5 micro. my.KUKA. <https://my.kuka.com/s/product/kr-c5-micro/01t1i000000ANfHAAW?language=ko&tab=Overview>
- [14] KUKA SE & Co. KGaA. (n.d.). The LBR iiy cobot robot – set it up, switch it on, get started. KUKA. <https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/industrial-robots/lbr-iiy-cobot>
- [15] Commonplace Robotics GmbH. (2023). User guide: ReBeL iRC. https://a.storyblok.com/f/298593/x/766282b892/userguide_rebel_irc-eng.pdf
- [16] igus GmbH. (2025). Robot control system with the igus® Robot Control. <https://www.igus.eu/automation/robot-control-system>
- [17] ROKAE. (2023). xCore User Manual (Version 3.1B) [PDF]. https://static.rokae.com/Downloads/Manual/xCore_UserManual_V3.1_B_EN.pdf
- [18] ManualsLib. (2025). Rokae xMate ER3 Pro Collaborative Robot Manuals. <https://www.manualslib.com/products/Rokae-Xmate-Er3-Pro-13614579.html>
- [19] Mech-Mind Robotics Technologies Co., Ltd. (2025). Set up Standard Interface Communication with ROKAE. <https://docs.mech-mind.net/en/robot-integration/latest/standard-interface-robot/rokae-setup-instructions.html>
- [20] Huiling-tech Robotic Co., Ltd. (2023). Z-Arm 4160 Product Brochure [PDF]. <https://www.hitbotrobot.com/wp-content/uploads/2025/06/Z-Arm-4160-Product-Brochure.pdf>