

지능로봇 분야 적용 ICT 기술 수요 및 R&D 영역 탐색

ICT전략연구소 · 한양대학교 BIS Lab

본 보고서는 ETRI ICT전략연구소 기본사업인
“국가 지능화 기술정책 및 표준화 연구”를 통해 작성된 결과물입니다.



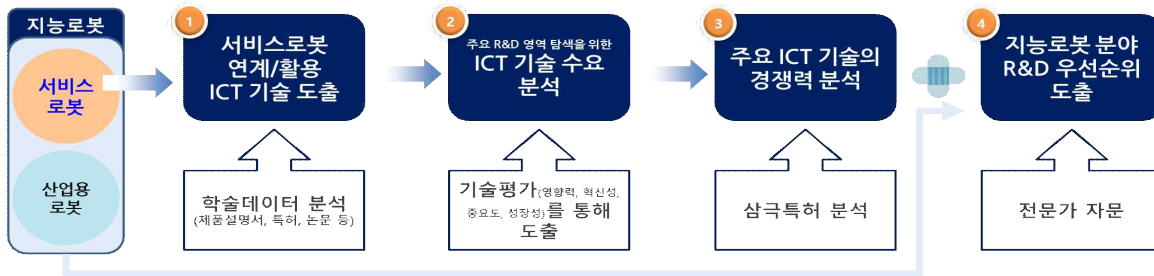
Executive summary

연구 목적과 범위

연구 목적

- 선택과 집중을 위한 첨단로봇(지능로봇) 분야 서비스로봇 연계/활용을 위한 ICT 기술 수요와 지능로봇 분야 R&D 우선순위 도출

연구 내용과 방법



서비스로봇 분야 ICT 주요 기술

- 기반 기술로 분류된 56개 기술의 “Top 10” 기술과 “공통기술”

<기반 기술 분야의 기술평가 결과 1사본면 기술과 주요 기술>

기술 혁신성 × 기술 영향력	기술 혁신성 × 기술 중요도	기술 영향력 × 기술 성장성	기술 혁신성 × 기술 영향력	기술 혁신성 × 기술 중요도	기술 영향력 × 기술 성장성
1 Cloud Computing	1 5G	1 Cloud Computing	1 Cloud Computing	1 5G	1 Cloud Computing
2 Image Recognition	2 Edge Computing	4 Model Predictive Control	2 Image Recognition	2 Edge Computing	4 Model Predictive Control
3 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)	3 Cloud Computing	5 AI Diagnostics	3 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)	3 Cloud Computing	5 AI Diagnostics
4 Edge Computing	4 AI Diagnostics	6 Augmented Reality (AR)	4 Edge Computing	4 AI Diagnostics	6 Augmented Reality (AR)
5 Augmented Reality (AR)	5 Augmented Reality (AR)	8 Object detection system (ODS)	5 Augmented Reality (AR)	5 Augmented Reality (AR)	8 Object detection system (ODS)
6 Object Recognition	6 Object Detection System (ODS)	10 Edge Computing	6 Object Recognition	6 Object Detection System (ODS)	10 Edge Computing
7 Facial Recognition	7 LIDAR SLAM	11 Pose Detection	7 Facial Recognition	7 LIDAR SLAM	11 Pose Detection
8 Inertial Measurement Unit (IMU)	8 Image Recognition	14 Visual SLAM	8 Inertial Measurement Unit (IMU)	8 Image Recognition	14 Visual SLAM
9 Real-time Locating Systems (RTLS)	9 Ultra-wideband Communication (UWB)	15 Inertial Measurement Unit (IMU)	9 Real-time Locating Systems (RTLS)	9 Ultra-wideband Communication (UWB)	15 Inertial Measurement Unit (IMU)
10 Object Detection System (ODS)	10 Medical Imaging Analysis	19 Facial Expression Recognition	10 Object Detection System (ODS)	10 Medical Imaging Analysis	19 Facial Expression Recognition
11 Model Predictive Control	11 Model Predictive Control	22 Behavior Recognition	11 Model Predictive Control	11 Model Predictive Control	22 Behavior Recognition
12 Speech Recognition	12 Inertial Measurement Unit (IMU)	23 Gesture Recognition	12 Speech Recognition	12 Inertial Measurement Unit (IMU)	23 Gesture Recognition
14 Image-guided Navigation	14 Facial Feature Detection	28 Psychological well-being	14 Image-guided Navigation	14 Facial Feature Detection	28 Psychological well-being
15 Visual SLAM	15 Speech emotion recognition		15 Visual SLAM	15 Speech emotion recognition	
16 Obstacle Detection	16 Facial Recognition		16 Obstacle Detection	16 Facial Recognition	
18 Audio Recognition	18 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)		18 Audio Recognition	18 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)	
20 AI Diagnostics	20 Visual SLAM		20 AI Diagnostics	20 Visual SLAM	
22 Facial Expression Recognition	22 Facial Expression Recognition		22 Facial Expression Recognition	22 Facial Expression Recognition	
23 Task-based Planning	23 Facial Expression Generation		23 Task-based Planning	23 Facial Expression Generation	
27 Gesture Recognition	27 Gesture Recognition		27 Gesture Recognition	27 Gesture Recognition	
28 Temporal Planning			28 Temporal Planning		

중강현실 (AR)	인공지능 진단 (AI Diagnostics)	클라우드 컴퓨팅 (Cloud Computing)	엣지컴퓨팅 (Edge Computing)	표정인식 (Facial Expression Recognition)
제스처인식 (Gesture Recognition)	관성측정장치 (Inertial Measurement Unit)	모델예측제어 (Model Predictive Control)	객체탐지시스템 (Object Detection System)	시각적동시추위 및 매핑 (Visual SLAM)

○ 응용 (및 고도화) 기술로 분류된 50개 기술의 “Top 10” 기술과 “공통기술”

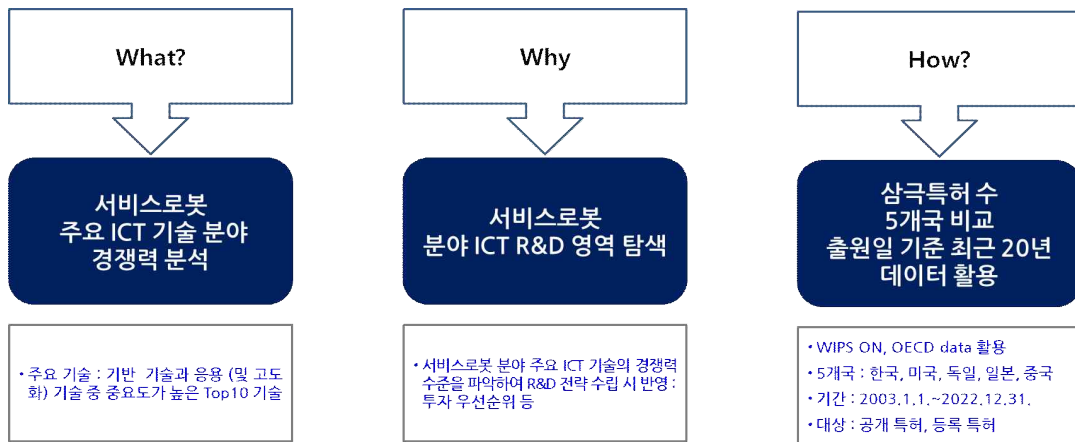
〈응용 (및 고도화) 기술 분야의 기술평가 결과 1사분면 기술과 주요 기술〉

기술 혁신성 × 기술 영향력	기술 혁신성 × 기술 중요도	기술 영향력 × 기술 성장성	기술 혁신성 × 기술 영향력	기술 혁신성 × 기술 중요도	기술 영향력 × 기술 성장성
1 AI Computing	1 AI Computing	1 Knowledge Graph	1 AI Computing	1 AI Computing	1 Knowledge Graph
2 Path Planning	3 Multi-access Edge Computing (MEC)	2 AI Computing	2 Path Planning	3 Multi-access Edge Computing	2 AI Computing
3 Obstacle Avoidance	4 Particle Swarm Optimization (PSO)	9 Tactile Perception System	3 Obstacle Avoidance	4 Particle Swarm Optimization (PSO)	9 Tactile Perception System
4 Global Navigation Satellite System (GNSS)	5 Path Planning	14 Vision-Language Model	4 Global Navigation Satellite System	5 Path Planning	14 Vision-Language Model
5 Real-time Path Planning	6 Real-time Path Planning	16 Particle Swarm Optimization (PSO)	5 Real-time Path Planning	6 Real-time Path Planning	16 Particle Swarm Optimization (PSO)
6 Motion Planning	10 Pose Estimation	18 Image Feature Extraction	6 Motion Planning	10 Pose Estimation	18 Image Feature Extraction
7 Particle Swarm Optimization (PSO)	11 Collision Detection	19 Intelligent Systems	7 Particle Swarm Optimization (PSO)	11 Collision Detection	19 Intelligent Systems
8 Pose Estimation	14 Battery Management Systems	22 Collision Detection	8 Pose Estimation	14 Battery Management Systems	22 Collision Detection
9 Inertial Navigation System (INS)	18 Sensor Fusion		9 Inertial Navigation System (INS)	18 Sensor Fusion	
10 Trajectory Planning			10 Trajectory Planning		
11 Sensor Fusion					
14 Battery Management Systems					
15 Collision Detection					

인공지능 컴퓨팅 (AI computing)	충돌 감지 (Collision Detection)	입자 군집 최적화 (Particle Swarm Optimization)
-------------------------	-----------------------------	---

📊 주요 기술의 국가별 경쟁력 분석

○ 연구 목적과 방법



○ 기반 기술 Top 10 기술의 삼극특허 수

- 전체 삼극특허 수 기준 한국은 미국, 중국에 이어 3위
 - 미국이 3,294개로 5개국 전체 삼극특허의 49.7% 차지, 한국은 11.9%
- 한국의 삼극특허 수 중에서 가장 많은 삼극특허를 보유한 기술은 5G와 AR
- 5개국 중 한국이 3위 이하의 삼극특허 수를 보유한 기술은 객체탐지시스템, 모델 예측 제어
- 삼극특허가 없는 기술 : AI Diagnostics, LiDAR-SLAM, Medical Imaging Analysis 등으로 주로 의료 분야에 해당. 이는 윤리 이슈와 국가별 의료분야 규제와 연계된 것으로 판단됨

<기반 기술 Top 10의 삼극특허 수>

주요 기술	한국	미국	독일	일본	중국
5G *	351	635	5	142	705
Cloud Computing	32	400	2	17	263
Edge Computing	21	86	5	1	59
AI Diagnostics	-	-	-	-	-
Augmented Reality(AR)	312	1,483	6	3	805
Object Detection System	11	89	7	25	49
LiDAR-SLAM	-	-	-	-	-
Image Recognition	54	521	14	2	379
Model Predictive Control	7	70	1	10	41
Medical Imaging Analysis	-	10	-	-	3
합계	788	3,294	40	200	2,304

○ 응용 (및 고도화) 기술 Top 10 기술의 삼극특허 수

- 전체 삼극특허 수 기준 한국은 미국, 중국에 이어 3위
 - 미국이 485개로 5개국 전체 삼극특허의 56.1% 차지, 한국은 6.4%
- 한국의 삼극특허 수 중에서 많은 삼극특허를 보유한 기술은 위성항법시스템과 자세추정
- 5개국 중 한국이 3위 이하의 삼극특허 수를 보유한 기술은 Knowledge Graph
- 삼극특허가 없는 기술 : AI Computing, Multi-access Edge Computing, Real-time Path Planning, Particle Swarm Optimization 등으로 최신 기술, 기업 전략 등과 연계된 것으로 판단

<응용 (및 고도화) 기술 Top 10의 삼극특허 수>

주요 기술	한국	미국	독일	일본	중국
AI Computing	-	3	1	-	4
Knowledge Graph	7	83	1	10	43
Path Planning	6	76	2	1	65
Multi-access Edge Computing	-	1	-	-	2
Real-time Path Planning	-	1	-	-	-
Obstacle Avoidance	7	54	4	3	34
Particle Swarm Optimization	-	-	-	-	-
Global Navigation Satellite System(GNSS)	18	183	4	1	98
Spiking Neural Networks(SNNs)	4	7	2	-	6
Pose Estimation	14	77	7	3	39
합계	56	485	21	18	291

지능로봇 기술 분야 R&D 우선순위

분석 방법

- 문헌조사를 통해 계층을 설계한 후, 지능로봇 분야 산학연 전문가를 대상으로 AHP 설문조사 진행

분석 결과 : R&D 우선순위

- 1계층 : 기반기술 개발 > 용도별 로봇 개발 > 부품 개발 > 관리시스템 및 UX 고도화
- 2계층 : 기반기술 개발 분야 중 : 판단기술 > 인식기술 > 표현 및 제어 기술
 - 판단기술 중에서는 모션 플래닝(Motion Planning) 기술이 우선순위가 높음
- 3계층 : 판단기술 중 : 모션 플래닝(Motion Planning) > 엣지 AI > 클라우드 로봇 > 지식 모델링 > 로봇 시뮬레이션 > 지능형 일정 제어



📄 결론 및 시사점

🕒 학술 데이터 분석 결과와 전문가 조사 결과의 비교·분석

🕒 공통점

- (기반기술 R&D 우선) 서비스로봇의 발전을 위해서는 기반이 되는 기술 R&D에 우선적으로 투자해야 함
- (사용자 친화적 상호작용의 중요성) 서비스로봇 기술의 발전은 사용자의 요구 사항을 충족하고, 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 하는데 중점을 두어야 함
- (주변 환경 인식 기술의 중요성) 서비스로봇이 주변 환경을 정확히 이해하여 작업을 수행할 수 있는 능력 강화 필요
- (자율성 향상) 로봇이 환경을 인식하고 자율적으로 판단하여 작업을 수행하는 기술의 고도화 필요

🕒 차이점

- (로봇 관리시스템) 전문가는 로봇의 안정적 작업 수행 역량에 초점을 맞췄으나, 데이터 분석은 로봇의 성능 향상에 초점을 맞춤
 - (전문가 자문) 서비스로봇의 작업 수행 능력을 위해 전반적인 로봇 수명 관리 및 작업 효율성 향상을 보장하는 로봇 플랫폼 발전을 먼저 고려해야 함
 - (데이터 분석) 데이터 처리와 AI 기반 의사 결정 능력 강화, 작업 성능 향상을 위한 컴퓨팅 인프라의 발전이 중요함
- (로봇의 용도) 전문가는 로봇의 용도를 노동력으로 본 반면, 데이터 분석에서는 로봇과 사람이 공존하는 사회를 지향하는 관점에서 보다 넓은 의미로 로봇을 보고 있음
 - (전문가 자문) 로봇이 사람과 자연스럽게 상호작용하기 위한 표현 능력은 로봇이 다른 작업 수행 능력을 발전시킨 후에 고려해야 함
 - (데이터 분석) 로봇이 사람과 자연스럽게 상호작용하기 위한 로봇의 표현 능력, 제스처, 표정 생성 등의 기술이 중요

🕒 서비스로봇 ICT R&D에의 시사점

- 학술 데이터에 의한 기술평가 결과, 다음과 같은 분야의 R&D 필요
 - 향상된 인지 능력 및 자율적 의사결정 능력, 사람-로봇 상호작용 능력, 로봇의 성능 향상을 위한 컴퓨팅 자원 확보, 실시간 대용량 데이터 전송 및 처리 능력, 대규모 로봇의 협동 작업

조정, 로봇의 안정성과 효율성 향상을 위한 관리 기술

- 전문가 자문 결과, 다음과 같은 분야의 R&D 필요
 - 환경 인식 기술 등 맥락을 고려한 인지 및 판단 능력, 로봇의 정확하고 안정적인 움직임 제어 및 계획 능력, 로봇의 소프트웨어 및 하드웨어에 대한 종합적인 관리 기술, 사람이 로봇과 원활하게 상호작용하기 위한 기술
- 데이터 분석 결과 전문가 자문 결과를 종합해 보면, 다음과 같은 분야의 R&D 중요성 제언 가능
 - 인지 및 판단 능력, 사람-로봇 상호작용 능력, 로봇 관리(HW, SW, 안정성, 효율성) 능력, 로봇 성능 향상을 위한 통신 인프라 능력, 로봇 제어 및 계획 능력

목 차

C O N T E N T S

Executive Summary

I. 연구 목적과 방법	1
1. 연구 목적	1
2. 연구 내용과 방법	2
II. 서비스로봇 분야 ICT 기술 수요	3
1. ICT 기술의 도출과 분류	3
2. 평가 기반 ICT 기술 수요	8
III. 서비스로봇 분야 ICT 기술의 경쟁력 분석	21
1. 경쟁력 분석 방법과 범위	21
2. 서비스로봇 분야별 경쟁력	24
3. 서비스로봇 주요 ICT 기술의 경쟁력	29
IV. 지능로봇 기술 분야 R&D 우선순위	35
1. 분석 방법과 조사 설계	35
2. ICT R&D 우선순위	38
3. 주요 기술 분야 국내 기술 수준	41
V. 결론 및 시사점	43
부록	47
참고문헌	53



참고문헌

○ 국내자료

- IITP (2017). The Next Big Thing, 서비스 로봇 동향과 시사점.
- KEIT (2017). 물류로봇 기술동향 및 향후전망.
- KETI (2023). 국내 서비스 로봇 산업 육성을 위한 정책 제언.
- KIET (2022). 제조용 로봇산업의 가치사슬 단계별 경쟁력 진단과 정책 방향.
- KIET (2023). 미래전략산업 브리프.
- KIRIA (2022). 2021년 로봇산업 실태조사.
- KIRIA (2023). 로봇산업 정책동향_세계 로보틱스 R&D 프로그램 -중국·일본·미국·독일·EU를 중심으로-.
- KISTEP (2019). 비즈니스 창출형 서비스 로봇시스템 개발 사업.
- KISTEP (2019). 의료서비스 로봇.
- KISTEP (2021). 2020 과학기술 통계백서.
- KISTEP (2022). 2021년 국가 과학기술혁신역량평가 보고서.
- 연구개발특구재단 (2021). 글로벌 시장동향보고서: 의료용 로봇시장.
- 정재관·김병근 (2017). “특허의 질적 가치가 기업의 시장가치에 미치는 영향에 관한 연구”. 「기술혁신연구」, 25(3), 265-297
- 중소벤처기업부 (2023). 중소기업 전략기술 로드맵 2023-2025 지능형로봇.
- 특허청 (2022). Robotip 물류로봇 특집편.
- 한국전자통신연구원 (2019). 제4차 산업혁명 시대의 물류/배송로봇의 동향 및 시사점.
- 한국특허전략개발원 (2022). 2021년도 정부 R&D 특허성과 조사·분석 보고서.
- 한국IR협의회 (2019). 서비스용 로봇: 인공지능 기술의 발달 등으로 큰 폭의 성장 기대.
- 한국IR협의회 (2018). 기술분석보고서: 유진로봇.
- 한국수출입은행 (2022). 로봇산업 동향 및 성장전략.
- 홍석수·서재현 (2013). 텔파이 기법을 활용한 절충교역 기술가치평가 분석지표 개발. 「한국기술혁신학회지」, 16(1), 252-278.

○ 국외자료

- Corredoira, R. A., & Banerjee, P. M. (2015). Measuring patent's influence on technological evolution: A study of knowledge spanning and subsequent inventive activity. *Research Policy*, 44(2), 508-521.

- De Bellis, N. (2009). *Bibliometrics and citation analysis: from the science citation index to cybermetrics*. scarecrow press.
- Ena, O., Mikova, N., Saritas, O., & Sokolova, A. (2016). A methodology for technology trend monitoring: the case of semantic technologies. *Scientometrics*, 108, 1013–1041.
- Gao, L., Porter, A. L., Wang, J., Fang, S., Zhang, X., Ma, T., ... & Huang, L. (2013). Technology life cycle analysis method based on patent documents. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(3), 398–407.
- Griliches, Z. (Ed.). (1987). *R&D, patents and productivity*. University of Chicago Press.
- Jun, S., Park, S. S., & Jang, D. S. (2012). Technology forecasting using matrix map and patent clustering. *Industrial Management & Data Systems*, 112(5), 786–807.
- Hall, B. H., Jaffe, A., & Trajtenberg, M. (2005). Market value and patent citations. *RAND Journal of economics*, 16–38.
- Hammarfelt, B. (2014). Using altmetrics for assessing research impact in the humanities. *Scientometrics*, 101(2), 1419–1430.
- Haupt, R., Kloyer, M., & Lange, M. (2007). Patent indicators for the technology life cycle development. *Research policy*, 36(3), 387–398.
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National academy of Sciences*, 102(46), 16569–16572.
- Hunt, D., Nguyen, L., & Rodgers, M. (Eds.) (2012). *Patent searching: Tools & techniques*. John Wiley & Sons.
- Liu, L., Zhang, T., Avrin, A. P., & Wang, X. (2020). Is China's industrial policy effective? An empirical study of the new energy vehicles industry. *Technology in Society*, 63, 101356. 재인용
- Numprasertchai, S., & Igel, B. (2004). Indicators for measuring university research performance in Thailand. In *Proceeding of the International Symposium on Management of Technology (ISMOT'04)*, 479–483.
- Wang, X., Daim, T., Huang, L., Li, Z., Shaikh, R., & Kassi, D. F. (2022). Monitoring the development trend and competition status of high technologies using patent analysis and bibliographic coupling: The case of electronic design automation technology. *Technology in Society*, 71, 102076.
- Zhou, X., Zhang, Y., Porter, A. L., Guo, Y., & Zhu, D. (2014). A patent analysis method to trace technology evolutionary pathways. *Scientometrics*, 100, 705–721. 재인용
- Waltman, L., & van Eck, N. J. (2013). A systematic empirical comparison of different approaches for normalizing citation impact indicators. *Journal of Informetrics*, 7(4), 833–849.

○ 웹사이트

Builton, <https://builton.com>
 Bundesgesetzblatt, <https://www.bgbl.de>
 Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF, <https://www.bmbf.de>
 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, <https://www.bmwk.de>
 Council of the District of Columbia, <https://code.dccouncil.gov>
 Counterpoint, <https://korea.counterpointresearch.com>
 Digital Switzerland Strategy, <https://digital.swiss>
 DJI, <https://www.dji.com>
 euROBOTICS, <https://eu-robotics.net>
 European Cockpit Association, <https://www.eurocockpit.be>
 European Commission, <https://research-and-innovation.ec.europa.eu>
 European Parliament, <https://www.europarl.europa.eu>
 Executive Services Directorate, <https://www.esd.whs.mil>
 e-Gov法令検索, <https://elaws.e-gov.go.jp>
 Google Developers, <https://developers.google.com>
 Horizon 2020, <https://wayback.archive-it.org>
 IEEE Spectrum, <https://spectrum.ieee.org>
 IFR, <https://ifr.org>
 Industrie 2025, <https://www.industrie2025.ch>
 iRobot, <https://www.irobot.com>
 National Science Foundation, <https://www.nsf.gov>
 NEDO, <https://www.nedo.go.jp>
 NITRD, <https://www.nitrd.gov>
 OECD, <https://data.oecd.org>
 SWI swissinfo, <https://www.swissinfo.ch>
 Swiss Robotics Day, <https://swissroboticsday.ch>
 SYNZEN, <https://synzen.com>
 The KPI Institute, <https://www.performancemagazine.org>
 The Robot Report, <https://www.therobotreport.com>
 The U.S House of Representatives, <https://republicans-science.house.gov>
 WIPS ON, <https://www.wipson.com>



国立研究開発法人 科学技術振興機構, <https://www.jst.go.jp>
工信部, <https://www.miit.gov.cn>
内閣府, <https://www8.cao.go.jp>
首相官邸, <https://www.kantei.go.jp>
日本ロボット工業会, <https://www.jara.jp>
中国检验认证集团, <https://ccickorea.com>
中华人民共和国中央人民政府, <https://www.gov.cn>
ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会, <https://www.jmfrii.gr.jp>
과학기술정보통신부, <https://www.msit.go.kr>
대한민국 대통령실, <https://www.president.go.kr>
법제처, <https://www.law.go.kr>
산업연구원, <https://www.kiet.re.kr>
산업통상자원부, <https://www.motie.go.kr>
중소벤처기업부, <https://mss.go.kr>
통계청, <https://kostat.go.kr>
특허청, <https://www.kipo.go.kr>
한국로봇산업협회, <https://www.k-robot.co.kr>

저자 소개

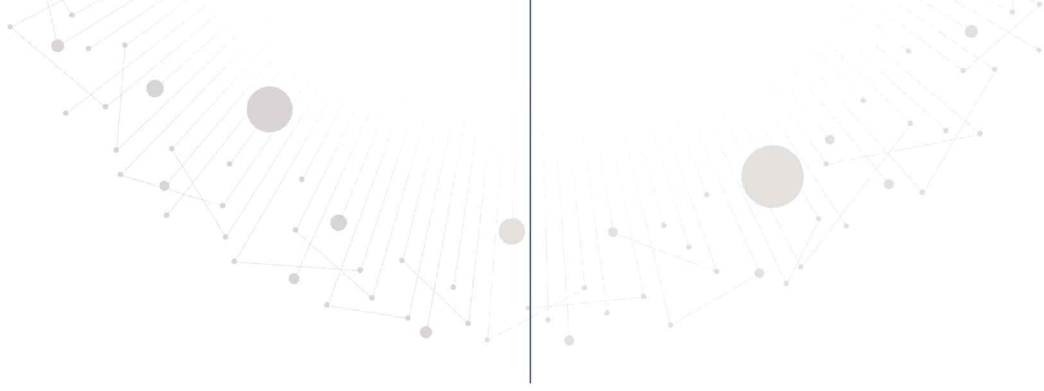
고순주 ETRI ICT전략연구소 기술정책연구본부 산업분석연구실 전문위원
e-mail: kohsj@etri.re.kr Tel. 042-860-3874

신민수 한양대학교 경영학과 교수 외
한양대학교 BIS(Business Informatics School) Lab

지능로봇 분야 적용 ICT 기술 수요 및 R&D 영역 탐색

발행인 한 성 수
발행처 한국전자통신연구원 ICT전략연구소
발행일 2023년 12월 31일





www.etri.re.kr

본 저작물은 공공누리 제4유형:

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



ETRI Electronics and Telecommunications
Research Institute

34129 대전광역시 유성구 가정로 218
TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504

