

A Study on the Development of Industrial Field Technical Education Programs Integrating Robotics and Artificial Intelligence

Yong-Kwan Kwon*

*Professor, Dept. of IT Convergence, Soongsil University, Seoul, Korea

[Abstract]

The purpose of this study is to develop technical education programs that integrate robotics and artificial intelligence for employees in the robotics industry. To achieve this, the current status of robotics education programs for employees at domestic robotics institutions was investigated, and a demand survey on integrated robotics and AI education was conducted for domestic robotics companies. Based on the results of the demand survey, a robotics and AI integration education program was developed, and the contents of the designed curriculum and the survey results were presented. The developed education program was applied to the actual industry, and through evaluations of participant satisfaction and learning effectiveness, it was confirmed that the program can be effectively utilized in the industry. Suggestions for further research were also made.

▶ **Key words:** Robot, Artificial Intelligence, Integration, Education Program, Employees

[요 약]

본 연구의 목적은 로봇산업 재직자 대상의 로봇 인공지능 융합 기술 교육 프로그램을 개발하는 것이다. 이를 위하여 국내 로봇 전문기관의 재직자 대상 로봇 교육 프로그램 현황을 조사하였고, 국내 로봇 기업을 대상으로 로봇 인공지능 융합 교육에 대한 수요조사를 실시하였다. 수요조사 결과를 기반으로 로봇 인공지능 융합 교육 프로그램을 개발하였으며 설계된 교육 과정의 내용과 수요조사 결과를 소개하였다. 개발된 교육 프로그램을 실제 산업계에 적용하여 수강자 만족도, 학습 효과성 등의 평가를 통해 개발된 프로그램이 산업계에 효과적으로 활용 가능함을 확인하였으며 후속 연구에 대한 제언을 하였다.

▶ **주제어:** 로봇, 인공지능, 융합, 교육 프로그램, 재직자

I. Introduction

최근 글로벌 로봇산업의 규모가 급격히 성장하고 있다. 저출산과 고령화에 따른 생산 가능 인구의 급격한 감소와 고령 인구 증가로 인한 노동 인력 수급 불균형에 효과적으로 대응할 수 있는 핵심수단으로 로봇산업이 급부상하고 있다[1][2][3]. 맥킨지의 자동화에 따른 일자리 변화 보고서에 따르면 인공지능 및 로봇을 통한 자동화 영향으로 2030년까지 최대 8억 개의 일자리가 사라질 것으로 전망하고 있다[4]. 특히 최근 인공지능 산업의 개화기를 맞아 로봇과 인공지능이 결합하여 다양한 분야에서 혁신과 서비스의 고도화, 지능화가 전개되고 있다[5].

국제 로봇 연맹(IFR: International Federation of Robotics)의 “Top 5 Robot Trends 2024” 보고서에서는 2024년 로봇 5대 트렌드 중의 하나로 인공지능과 머신러닝(Machine Learning)의 활용을 언급하고 있다. 로봇 자동화 현장에서 인공지능(AI: Artificial Intelligence)의 사용은 계속 증가할 것으로 전망하고 있다[6].

인공지능을 활용하여 로봇기술을 혁신한 사례는 다양하다. 물류 현장에서 스스로 이동하는 이동로봇의 자율 주행(autonomous navigation) 기술, 물체 인식과 조작(object recognition and manipulation) 기술, 자연어 처리 기술, 기계의 예측 유지 보수(predictive maintenance) 기술, 인간과 함께 작업하며 환경에 유연하게 대처할 수 있는 협동로봇(cooperative robot) 기술 등에 인공지능이 활용되고 있다[7]. 이와 같이 인공지능 기술이 로봇에 접목됨으로써 다양한 산업 분야에서 로봇의 활용도를 증가시키고 있다. 하지만 이렇게 빠르게 진화하는 기술 혁신을 따라갈 수 있는 관련 전문인력의 공급은 부족한 상황이다. 기존에 운영되고 있는 로봇산업 재직자 교육 프로그램들도 인공지능과 같은 최신 기술을 활용한 실무 중심 교육은 찾아보기 힘든 실정이다. 로봇 기업들 역시 독자적으로 내부직원 교육의 어려움, 인공지능 등 최신 기술의 빠른 대응의 어려움, 로봇 인공지능을 통한 제조 경쟁력 확보 등을 주요 애로사항으로 느끼고 있는 형편이다.

국가 인공지능 전략[8]에 따르면 AI 전문인재 양성을 위하여 AI 산업현장 맞춤형 교육 과정의 개발과 로봇산업을 구성하는 대다수의 중소기업을 대상으로 하는 맞춤형 지원 교육 형태의 개발이 필요하다고 언급하고 있다[9]. 따라서 산업계 니즈(Needs)에 초점을 맞춰 산업현장 재직자를 대상으로 하는 로봇 인공지능 융합형 현장 기술인력 양성 교육 프로그램을 개발하고 교육 서비스를 제공하는 것은 관련 전문가 양성에 있어서 꼭 필요하고 중요한 연구라고

할 수 있다.

본 연구에서는 국내 로봇산업 재직자를 대상으로 로봇과 인공지능을 융합하는 산업현장 기술교육 프로그램을 개발하고자 한다. 이를 위하여 국내 대표적인 로봇 전문기관에서 추진했던 재직자 대상 로봇 교육 프로그램의 현황에 대해 조사하였다. 주요 기반 교육 설계를 위해 국내 로봇산업 재직자를 대상으로 로봇 인공지능 교육에 관한 설문 조사를 메일과 대면 방식으로 진행하였다. 주요조사 결과를 바탕으로 로봇 산업계에서 인공지능 수요가 많은 교육 분야로 협동로봇 교육, 자율주행 교육, 응용/융합 교육, 딥러닝 교육 분야의 4대 중점 교육과정을 도출하였으며 이들 분야를 중심으로 13개 교육 프로그램을 설계하였다. 현장 수요가 많은 것으로 조사된 협동로봇과 모바일로봇 플랫폼을 활용한 실습 내용을 커리큘럼에 반영하여 실무 중심의 교육 과정을 설계하였다. 개발한 교육 프로그램을 실제 산업계에 시범 적용한 결과 교육수료율 83%, 교육만족도 평균 92 점, 현업 활용도 평균 88.3 점으로 조사됨으로써 개발한 프로그램이 현업에 효과적으로 활용 가능함을 확인할 수 있었다. 향후 프로그램의 확장 발전을 위한 후속 연구 제언을 하였다. 본 연구가 로봇 인공지능 융합 전문가 양성을 위한 교육 프로그램의 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

II. Theoretical Background

1. Trends in the Integration of Artificial Intelligence and Robotics

시장조사 전문기관인 SNS Insider에 따르면, 전 세계 인공지능 로봇 시장규모는 2023년에 143억 달러로 평가됐으며 2031년까지 1,620억 3천만 달러로 성장할 것으로 전망한다. 이는 2024년부터 2031년까지의 예측기간 동안 연평균 성장률(CAGR: Compound Annual Growth Rate)이 35.6%의 급증세를 보여준다. 인공지능 로봇 시장의 성장을 주도하는 요인으로는 기계학습, 컴퓨터 비전, 자연어 처리 등 인공지능 기술의 비약적인 발전, 제조, 의료, 물류 등 다양한 산업 분야에서 자동화에 대한 지속적 수요 증가, 전 세계적으로 인건비의 증가, 근로자가 수행했던 작업을 로봇으로 대체함에 따른 비용 효율성 등에 기인한 것으로 분석된다[10].

Table 1. Global AI robots market[10]

Year	2023	2031	CAGR(2024~2031)
Market Outlook	\$14.3 billion	\$162.03 billion	35.6%

인공지능이 로봇에 적용될 때 다양한 장점이 있을 수 있다.

첫째, 생산성의 향상과 작업 비용의 절감이다. 로봇이 반복적인 작업을 수행할 때 인공지능은 반복적이고 예측 가능한 작업들의 효율성과 생산성을 개선시킴으로써 근로자 작업량 감소를 통한 인건비를 절감할 수 있게 된다.

둘째, 정확성과 일관성의 향상이다. 인공지능으로 인해 수집된 데이터 분석과 학습을 통한 로봇의 작업 정확성을 개선하고 일관성을 향상시켜 로봇 작업을 고도화할 수 있기 때문이다.

셋째, 자율성과 유연성의 증가이다. 인공지능을 통해 로봇이 주변 환경을 인식하고 스스로 결정을 내리며 작업을 수행하도록 하여 사람의 개입을 최소화하고도 로봇이 복잡한 작업을 처리할 수 있게 된다.

넷째, 데이터 기반의 의사 결정과 학습능력이다. 로봇이 수집한 데이터를 인공지능이 분석하여 실시간 의사 결정이 가능하도록 하며 데이터 학습을 통하여 로봇이 스스로 성능을 개선할 수 있도록 한다.

또한, 최근 ChatGPT(Generative Pre-trained Transformer)와 같은 생성형 AI(Artificial Intelligence)의 출현으로 로봇은 새로운 시대를 맞고 있다. 사용자는 로봇 전용 프로그래밍 대신 자연어를 사용하여 로봇을 보다 직관적으로 프로그래밍할 수 있도록 하는 생성형 AI 기반 인터페이스가 개발되고 있다. 사용자는 더 이상 로봇의 작업 동작을 구현하고 조정하기 위한 전문적인 프로그래밍 기술을 배우지 않고도 추상적인 자연어를 사용하여 로봇에게 작업 명령을 수행시킬 수 있게 되는 것이다[6][11].

이처럼 인공지능과 로봇 기술의 융합은 기술 발전의 큰 흐름 중 하나로 다양한 영역에서 혁신을 가져오고 있다.

2. Current Status of Education Programs on the Integration of Robotics and AI

산업 현장과 연계된 국내외 대표적 로봇 교육 프로그램의 운영 사례들을 조사하였다. 국내 사례로는 대표적인 로봇 전문기관인 한국로봇산업진흥원, 한국로봇융합연구원, 한국로봇산업협회에서 재직자를 대상으로 실시했던 로봇 교육 사례들을 조사하였다. 해외 사례로는 세계적인 로봇 공학 명문 대학인 카네기멜론대학교의 로봇공학 아카데미

프로그램에 대해 조사하였다. 자료 조사는 온라인을 통해 공개된 자료를 조사하였으며 교육 프로그램의 내용, 특징 등을 조사하였다. 다음은 조사된 각 교육 프로그램의 주요 내용이다.

첫째, 한국로봇산업협회와 한국로봇융합연구원이 공동으로 커리큘럼을 개발하여 실시했던 교육 프로그램이다. 로봇 분야 취업 연계형 프로그램으로 서울시가 운영하는 로봇 전문 교육시설을 보유한 서울로봇아카데미에서 실시되었다[13]. 교육생이 기업에 입사하여 바로 로봇현장에 적용할 수 있도록 모바일 로봇, 다관절로봇 등 로봇 장비 실습환경을 제공하며, 국내 로봇 전문 강사와 로봇기업들의 강의를 들을 수 있다. 로봇기업의 대표와 인사담당자, 개발자가 참여하는 다양한 취업연계 네트워킹 행사들이 개최되며, 교육생에게는 취업 성공 시까지 취업 정보가 제공되는 프로그램이다. 다음은 해당 교육과정들을 보여준다. Table 2는 “RPA(Robot Process Automation) 개발자 양성 교육과정”으로 RPA분야 취업을 희망하는 취업준비생, 예비창업자를 대상으로 실시하는 교육으로 RPA기초, 프로그래밍 언어, RPA개발자의 이해, RPA를 사용한 자동화 로봇 개발 프로젝트 및 인턴십으로 교육이 구성된다.

Table 2. RPA developer training course[13]

Category	Key Educational Content	Dev. Environment	Duration
Basic Theory	Basics of RPA, Programming Language (Basics of Python)	UI path studio, Python	10 hours
Advanced Practice	Understanding of RPA Developers (Case Studies), UI Path Studio	UI path studio, Python	25 hours
Project	Development Projects for Robots Automation using RPA	UI path studio, Python	30 hours
Internship	Field Experience in RPA-related Robot Companies	-	96 hours

Table 3은 “모바일로봇 기반 서비스로봇 SI(System Integration) 교육과정”으로 IT(Information Technology) 등 공학계열 전공자 또는 관련 지식 또는 경험 보유자를 대상으로 실시하는 교육이며 프로그래밍 기초, 서비스로봇 운용 실습, 모바일로봇 플랫폼 프로젝트 수행 및 인턴십으로 교육이 구성된다.

Table 4는 “협동로봇SI 코디네이터 교육과정”으로 IT 등 공학계열 전공자 또는 관련 지식 또는 경험 보유자를

대상으로 실시하는 교육이며 파이썬 프로그래밍 기초, 머신러닝/딥러닝(Deep Learning) 모델링, ROS(Robot Operating System) 이해, 인공지능기반 다관절 로봇 자동화 프로젝트 수행 및 인턴십으로 교육이 구성된다.

Table 3. Mobile robot-based service robot SI training course[13]

Category	Key Educational Content	Dev. Environment	Duration
Basic Theory	Service Robot SI Cases, Basics of Programming (Python), ROS	ROS melodic, Python	56 hours
Advanced Practice	AGV, AMR Driving Practice, Service Robot Operation Practice	mobile robot, JAVA	48 hours
Project	Mobile Robot Platform Project	Practice Equipment	16 hours
Internship	Field Experience in Robot Companies	-	80 hours

Table 4. Collaborative robot SI coordinator training course[13]

Category	Key Educational Content	Dev. Environment	Duration
Basic Theory	Basics of Robot Programming (Python), Introduction to Deep Learning-based Machine Vision	Python, Anaconda	20 hours
Advanced Practice	Machine Learning/Deep Learning Modeling, Image Processing, Understanding ROS, Practical Training with Virtual Simulator	Python, Anaconda, ROS	42 hours
Project	AI-based Articulated Robot Projects	Practice Equipment	30 hours
Internship	Field Experience in Robot Companies	-	96 hours

둘째, 한국로봇산업진흥원에서 2023년 실시했던 교육 과정이다[14]. 교육명은 마이스터 로봇화 전문인력 양성 기초과정(데이터 취득, 분석, 로봇화 기초과정)으로 스마트 팩토리, 빅데이터, 마이스터에 관심 있는 현장 재직자를 교육 대상으로 한다. 교육 과정은 빅데이터 활용 마이스터 로봇화 데이터 취득, 빅데이터 활용 마이스터 로봇화 데이터 분석, 빅데이터 활용 마이스터 로봇화 기초 3가지 세부 교육 과정으로 구성된다. 빅데이터 활용 마이스터 로봇화 데이터 취득 과정의 교육내용은 데이터 활용 산업의 이해, 컴퓨터 비전 기초 및 기법 활용 등으로 구성된다. 빅데이터 활용 마이스터 로봇화 데이터 분석 과정은 시계열 데이터 이해 및 ROS 활용 데이터 시각화 등의 내용으로 구성

된다. 빅데이터 활용 마이스터 로봇화 기초 과정은 IoT(Internet of Things) 기반 제조 스마트팩토리의 이해, 제조 현장 마이스터 로봇화를 위한 로봇화의 개념 및 사례 등으로 내용이 구성된다. 오프라인 교육은 이론과 실습을 함께 포함하는 형태로 되며 교육종료 후 수료증 발급도 가능하다. 전체 교육 과정을 요약하면 Table 5와 같다.

Table 5. Meister robotization professional training basic course[14]

Category	Key Educational Content	No of Participants
Big Data Utilization for Meister Robotization Data Acquisition	Understanding the Data Utilization Industry, Basics of Computer Vision and Techniques, etc.	20 Online
		10 Offline
Big Data Utilization for Meister Robotization Data Analysis	Understanding Time Series Data and Data Visualization using ROS, etc.	20 Online
		10 Offline
Big Data Utilization for Meister Robotization Basics	Understanding IoT-based Smart Manufacturing Factories, Concepts and Cases of Robotization for Manufacturing Site Meisters, etc.	40 Online

셋째, 한국로봇융합연구원의 교육 프로그램이다[15]. 교육은 한국로봇융합연구원 로봇직업혁신센터에서 진행되며 중소기업 재직자 또는 미취업자를 교육대상으로 한다. 산업현장 로봇 활용 전문인력인 로봇 오퍼레이터와 로봇 코디네이터 양성을 위한 장단기 교육과정을 운영하고 있다. 로봇 오퍼레이터는 산업 현장에서 로봇을 상시 운용하는 인력으로 로봇의 조작 및 티칭, 시스템 운영 및 주기적인 로봇 유지보수를 담당하는 인력을 말한다. 로봇 코디네이터는 제조 현장 및 수요자의 요구를 바탕으로 로봇 기반 생산라인 기획 및 설계, 로봇 선정, 설치 등을 담당하는 로봇 SI 전문 인력을 말한다. 교육과정은 단기과정인 로봇오퍼레이터/코디네이터 양성과정과 장기교육인 산업용 로봇 운영 전문인력 양성과정, 모바일 로봇 인지 및 이동을 위한 인공지능 실무인력 양성 과정이 있다. 단기과정인 로봇오퍼레이터/코디네이터 양성과정은 교육기간 2~3일 이내로, 재직자 또는 미취업자를 교육대상으로 하며 교육인원은 과정별 6명 이내로 한다. 교육 내용은 Table 6과 같다.

장기교육 중 하나인 산업용 로봇 운영 전문인력 양성과정은 교육기간 1개월(180시간), 교육대상은 미취업자, 교육인원은 60명 이내로 교육내용은 Table 7과 같다.

또 하나의 장기교육인 모바일 로봇 인지 및 이동을 위한 인공지능 실무인력 양성 과정은 미취업자를 교육대상으로 하며 교육기간은 6개월(900시간), 교육인원은 24 명 이내로 교육 내용은 Table 8과 같다.

Table 6. Robot operator/coordinator training course[15]

Category	Educational Content	Practice Equipment
Industrial Robots	Basic, Advanced, Maintenance, Application	Hyundai, Yaskawa, Robostar
Collaborative Robots	Basic, Advanced, Application	Doosan, UR
PLC	PLC-based Control Systems	LS, Mitsubishi
Software	3D CAD/CAM Utilization	Delcam Korea
Others	Customized Corporate Training	-

Table 7. Industrial robot operation specialist training course[15]

Basic Theory	Intro. to Robot Automation	Robot Operation	Robot Applications	Robot System Control	Team Project
12 hours	12 hours	36 hours	48 hours	30 hours	42 hours

Table 8. Industrial robot operation specialist training course[15]

Basics of Mobile Robots and Artificial Intelligence	Artificial Intelligence	Practical Project
200 hours	100 hours	560 hours

넷째, 해외 사례로써 카네기멜론대학교의 로봇공학 아카데미 프로그램 중 로봇산업 기술자를 대상으로 하는 SMART(Smart Manufacturing and Advanced Robotics Training) 프로그램이다. SMART 프로그램은 로봇 기술자가 필요한 지식, 기술, 태도를 다루는 5개의 마이크로 인증 과정으로 구성되어 있다[16]. 이 프로그램은 로봇 산업의 기술자들을 인터뷰하고 협업 프로젝트 수행을 통해 개발되었다. 5개의 마이크로 인증 과정이 있으며 각 과정은 기계 기초(Mechanical Foundations), 전기 기초(Electrical Foundations), 제작 기초(Fabrication Foundations), 소프트웨어 기초(Software Foundations), 로봇 통합(Robotics Integration)이다. 각 과정 별 세부 내용은 다음과 같다. 기계 기초(Mechanical Foundations) 과정은 구조 설계, 중량 분포, 구동계, 속도 및 토크와 같은

기계적 개념에 초점을 맞춰 학습한다. 세부 단원은 힘, 안정성 및 균형, 모터, 변속기, 구동계 등으로 구성된다. 전기 기초(Electrical Foundations) 과정은 전기 기본 개념, 회로 작동 방식, 계측기를 사용하여 회로 측정 방법, 마이크로컨트롤러를 사용하여 신호를 제어하는 방법을 학습한다. 또한 로봇에서 흔히 사용되는 리미트, 초음파, 거리 센서 등을 사용하는 방법을 학습한다. 세부 단원은 배선 및 회로, 병렬 및 직렬 회로, 전압 및 전류, 모터 신호 제어, 센서 등으로 구성된다. 제작 기초(Fabrication Foundations) 과정은 로봇 제작을 위하여 필요한 기본 도구 사용법, 센서 마운팅을 위한 3D 프린팅 기술, 안전, 도면 해석 등을 학습한다. 세부 단위 구성은 채시 제작, 모터 마운트 제작, 3D 프린팅으로 구성된다. 소프트웨어 기초(Software Foundations)과정은 인기 있는 로봇 플랫폼(Arduino기반 ShieldBot, VEX V5) 중 하나를 사용하여 프로그래밍 개념을 학습한다. 학생들은 다양한 종류의 센서 값을 사용하여 로봇 동작을 배우고 복잡한 프로그램을 만드는 방법을 배운다. 세부 단위 구성은 테스트베드, 오픈 루프 네비게이션, 감지, 카메라 탐색, 카메라 프로그래밍 등으로 구성된다. 로봇 통합(Robotics Integration)과정은 로봇 시스템의 여러 구성 요소를 조립, 설치 및 디버깅하는 상황에 대해 학습한다. 비전 센서 시스템, 브레드보드, 서보 모터, 임베디드 마이크로프로세서 등 다양한 하드웨어 구성 요소를 통합하는 방법을 학습한다.

이상과 같이 국내외 주요 사례들을 살펴보았으나 로봇과 인공지능을 융합할 수 있는 전문인력을 양성할 수 있는 산업현장 기술 교육 프로그램은 운영되지 않고 있는 실정이다. 산업에서 필요하며 현장에 바로 투입 가능한 로봇과 인공지능 융합 실무 능력을 갖춘 전문 인력 양성은 국가적 과제이다. 이를 위해서는 그에 맞는 적절한 교육 커리큘럼과 교육 체계가 개발되고 공급되어야 한다.

III. The Proposed Scheme

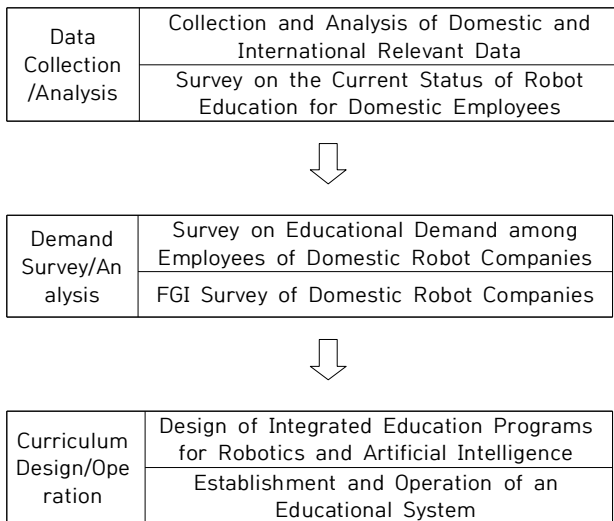
1. Research Method

1.1 Research Procedure

본 연구의 절차는 Table 9와 같다. 자료 수집 및 분석 단계와 로봇 기업의 수요 조사 및 분석 단계를 거쳐 교육 커리큘럼을 설계하고 시범 적용을 통한 평가를 실시하였다. 자료 수집 및 분석 단계에서는 국내외 로봇 인공지능 융합 기술, 교육 동향 등 관련 문헌 자료를 조사하였고 국내 재직자 대상 로봇 교육 사례들을 조사하였다. 수요조사

및 분석 단계에서는 국내 로봇기업 재직자를 대상으로 로봇 인공지능 융합 교육에 대한 니즈 조사, 희망하는 기술 교육, 교육 방법 등을 설문을 통해 조사하였다. 커리큘럼 설계 및 운영단계에서는 수요조사 결과 분석을 기반으로 로봇 기업의 수요가 많은 기술군을 분류하고, 이를 기반으로 핵심 교육과정을 도출하였으며 주요 교육 내용의 구조를 설계하였다. 개발된 교육과정의 운영을 위하여 필요한 학습관리시스템을 구축하고 산업계 시범 적용을 실시하였으며 수강자 만족도, 학습 효과성 등의 학습자 평가를 실시하여 개발된 교육 프로그램의 효과성을 검증하였다.

Table 9. Research procedure



1.2 Analysis Method

교육 과정 개발 프로세스와 분석 방법은 다음과 같다.

첫째, 로봇과 인공지능 융합 관련 국내외 기술 교육 현황 조사와 관련 문헌 조사를 통하여 1차로 16개의 기본 교육과정을 도출하였다. 도출된 16개의 교육과정은 Table 10과 같다. 다음 단계인 재직자들의 설문 조사 시에 Table 10의 교육과정표를 제시하고 그 중 희망하는 교육 및 교육 수준을 선택하여 체크하도록 조사를 진행하였다.

둘째, 로봇산업 재직자를 대상으로 설문지를 통한 수요 조사를 실시하였다. 설문 조사는 한국로봇산업협회 회원사, 한국IT비즈니스진흥협회 회원사를 중심으로 로봇 관련 기업을 대상으로 실시하였다. 설문 조사 방식은 이메일 조사와 대면 조사 2가지 방식으로 실시하였다. 이메일 설문 에 참여한 기업은 약 33개 이며, 국내 로보월드 전시 기간 동안 실시했던 대면 조사에는 약 70개 기업 재직자가 참여 하였다. 설문지의 내용은 Table 10과 Table 11로 구성된다, Table11은 전체 10문항이며 희망 교육 시기, 방법, 횟수, 방식 등의 질문을 선택지를 주고 조사하였다.

셋째, 로봇기업 대상 FGI(Focus Group Interview)를 거쳐 기업에서 필요로 하는 기술 또는 교육을 조사하였다. 로봇 기업에서 제시한 필요 기술들을 모두 취합하여 크게 9개의 세부기술 분야로 분류하고 그룹화하였으며 그 내용은 Table 13과 같다. 수요조사 결과를 기반으로 관련 전문가들의 자문과 회의를 거쳐 세부 교육 내용을 설계하였다.

Table 10. First development of training course

No	Course Titles
1	Mathematics and Python for AI
2	Understanding AI and Deep Learning
3	TensorFlow, Deep Learning
4	Deep Learning Using Python
5	AI Programming with Scikit-learn
6	Data Processing, Design and Implementation of Machine Learning
7	Image Data Processing, Implementing Computer Vision with CNN
8	Coordinate Transformation, Understanding TCP and Teaching
9	Practical Vision and Image Processing
10	OpenCV with Python
11	Robot Programming with ROS
12	ROS-based SLAM Navigation
13	Mobile Robot Programming with LIDAR Sensors and ROS
14	Education with HRI Equipment
15	Building AI Service Models with ONNX or TensorFlow Lite
16	Building and Operating AI Model Services with Fast API

2. Research Results

2.1 Survey Results on Demand

수요조사에 참여한 33개의 기업 중 로봇 사업을 영위하고 있는 기업은 전체 58%, 인공지능 소프트웨어 기업은 21%, 로봇 사업을 진행하고자 하는 기업은 21%로 조사되었다. 교육 운영시기는 2분기(4월~6월)가 42%로 가장 높았으며, 3분기 32%, 1분기 21%로 뒤를 이었다. 교육 운영 요일은 평일이 58%로 조사되었고, 평일과 주말이 26%, 주말이 16%로 조사되었다. 재직자들이 선호하는 교육기간은 3일 이하가 47%로 가장 높았으며 2일 이하, 5일 이상은 각각 21%, 4일 이하는 11%로 조사 되었다. 희망 강사는 실무자 또는 현장 전문가가 74%로 가장 선호하는 강사로 조사되었으며, 전문강사가 21%, 대학교수는 5%로 조사되었다.

Table 11. General survey

Q1. Is your company engaged in the robotics business?

1. Yes
2. No
3. Considering entry (Field:)

Q2. When would you like the training to be offered?

1. Q1 (January to March)
2. Q2 (April to June)
3. Q3 (July to September)
4. Q4 (October to December)

Q3. What is your preferred day(s) for training sessions?

1. Weekdays
2. Weekends
3. Weekdays + Weekends
4. Other ()

Q4. What is your preferred duration for the training?

1. 2 days or less
2. 3 days or less
3. 4 days or less
4. 5 days or more

Q5. What type of instructors do you prefer?

1. Professional instructors
2. Field experts
3. University professors
4. Other ()

Q6. If training is outsourced to an association or professional institution, what method do you think is best?

1. Training institution visits the company for on-site education
2. Company employees visit the training institution
3. Online education
4. Hybrid (Online + Offline) education
5. Other ()

Q7. Please select the robot and AI training content your company needs, considering priority (1st, 2nd, 3rd choice):

1. Basic Robotics Education
2. Deep Learning-Based Image Processing
3. Autonomous Driving
4. System Integration(RoS, Network Programming, etc.)
5. Robot Teaching
6. Grasping
7. 3D Object Recognition
8. Utilization of 3D Scanners
9. Voice Recognition

Q8. What are the main programming languages that participants in the training are proficient in?

1. C/C++
2. Python
3. Java
4. PLC

Q9. What is the level of programming development capability in a Linux environment for the participants?

1. Possesses low-level development capabilities such as communication and threading
2. Application level of RoS, Boost, and frameworks
3. Able to modify some parts of RoS, Boost, and frameworks
4. Basic level of installation and utilization

Q10. Please freely describe any AI-related training your company needs:

위탁교육 방식에 대해서는 47%의 기업이 온·오프라인 하이브리드 시스템을 선호하였으며, 그 뒤로 교육기관 방문이 21%, 온라인 교육이 11%, 기업 방문형 교육이 5%, 기타 16%로 조사되었다. 각 기업에서 주로 사용하는 프로그래밍 언어는 C/C++이 53%, Python이 37%로 조사되었다.

리눅스 환경 내 프로그래밍 개발 능력은 53%의 인원이 설치 및 활용의 기초 수준으로 조사되었다.

1차 도출된 16개의 교육과정을 기업에 제시하고 희망하는 교육과정 및 희망 등급(초급, 중급, 고급)을 조사한 결과는 Table 12와 같다.

Table 12. Training demand survey and results

Course Titles	Beginner	Intermediate	Advanced
Mathematics and Python for AI	53%	40%	7%
Understanding AI and Deep Learning	43%	43%	14%
TensorFlow, Deep Learning	54%	23%	23%
Deep Learning Using Python	42%	33%	25%
AI Programming with Scikit-learn	50%	30%	20%
Data Processing, Design and Implementation of Machine Learning	33%	33%	33%
Image Data Processing, Implementing Computer Vision with CNN	25%	50%	25%
Coordinate Transformation, Understanding TCP and Teaching	11%	67%	22%
Practical Vision and Image Processing	25%	50%	25%
OpenCV with Python	36%	45%	18%
Robot Programming with ROS	46%	38%	15%
ROS-based SLAM Navigation	40%	40%	20%
Mobile Robot Programming with LIDAR Sensors and ROS	36%	45%	18%
Education with HRI Equipment	50%	38%	13%
Building AI Service Models with ONNX or TensorFlow Lite	55%	18%	27%
Building and Operating AI Model Services with Fast API	38%	25%	38%

로봇기업이 필요하다고 판단되는 기술 또는 교육에 대한 조사 결과는 다음과 같다. 로봇 기업의 필요 기술들은 모두 취합하여 로봇과 인공지능 융합 기술군을 중심으로 유사분야 기술들은 통합하고 단순 자동화 기술은 최소화하여 총 9개의 기술 분야로 재분류하였다. 선정된 9개의 기술 분야는 자동화 공정, 시스템 통합/운영, HMI(Human Machine Interface), 파지/조작, 로봇 경로 설계 기술, 자율주행(Navigation), 영상처리, 3차원 물체 인식, 데이터기반 인식기술이다. 조사된 로봇 기업의 수요 기술들을 선정된 9개 기술 분야 별로 분류하여 표시하면 Table 13과 같다.

Table 13. Robotics company demand analysis

Category	Technology Demand in Robotics Companies
Automation Process	Process Analysis, Process Design, Production Process Analysis and Design, Automated Design of Inspection Measurement Equipment, Conveyor Construction/Design
System Integration/ Operation	Network/PLC/SCADA Programming, IoT Integration, Network Configuration and Security Technology, Application of ROS Platform
HMI	Human Machine Interfaces, Kiosk-type Content Development, VR/AR/MR Configuration, Digital Twin Development, Automation Process Simulation
Grasping/ Manipulation	Gripper Design, Pick & Place Work Design, Sorting Process, Jig Design, Assembly Process Design
Robot Path Planning	Path Teaching, Path Optimization, VR-based Manufacturing Process Solutions, Path Planning for Industrial/Cooperative Robots
Navigation	Mobile Robot Design, Charging and Docking Technology, Drive Unit Design and Control, Obstacle Avoidance, 3D Map Building, Path Planning and Optimization
Image Processing	2D Image Recognition, Character Recognition, Deep Learning-based Image Processing, User/Object Tracking
3D Object Recognition	3D Image Processing/Recognition, Object/Worker Recognition, Use of 3D Scanners, 3D Object Position Tracking, Inspection Process Design
Data-driven Recognition Technology	Data Collection/Processing/Management, Big Data-based Analysis and Application, Utilization and Application of Deep Learning Models, Fault Diagnosis/Prediction

2.2 Introduction of Developed Educational Programs

기업의 필요 기술 설문에서는 “데이터 기반 인식 기술” 분야의 필요성 응답율이 18.2%로 가장 높게 조사되었으며 그 외 “자율주행(Navigation)”, “시스템 통합/운영”, “자동화 공정”분야가 높은 것으로 조사되었다. 교육훈련에 대한 수요 조사 결과로는 9개 분류 항목 중 “자율주행”교육의 응답 비율이 28.3%로 가장 높게 조사되었으며 그 중 ROS 자율주행 로봇 교육과 자율주행 로봇 네비게이션 실무 과정에 대한 수요도 높게 조사되었다. 개별 응답 중 높은 수요로는 “딥러닝 기반 인공지능 지능형로봇 개발”, “이미지 처리를 위한 인공지능”으로 조사되었다. 일반 사항 설문에 대한 조사 결과는 다음과 같다. 교육 시 선호하는 요일로서 평일이 64.9%로 가장 높게 조사되었으며 재직자 방문 교육 개설 시기는 3월을 가장 선호하는 것으로 나타났다. 수요조사 결과를 종합하여 최종 도출된 13개의 교육 과정 구성은 Table 14와 같다.

Table 14. Curriculum structure

Cooperative Robots	Process automation based on collaborative robots	Beginner
	Robot manipulator inspection line automation using image processing	Intermediate
	Design of inspection processes for robots based on deep learning	Advanced
Navigation	Robot navigation using ROS	Beginner
	Service development using autonomous mobile robots	Intermediate
Applied/Integrated	Navigation development practice for autonomous mobile robots	Advanced
	Digital twin and virtual environment using 3D simulation	Intermediate
	3D object processing using RGBD sensors	Intermediate
Deep Learning Basics	Smart factory using mobile manipulators	Advanced
	Fundamentals of AI for intelligent robot development	Beginner
Deep Learning Advanced	Fundamentals of AI for image processing	Intermediate
	Advanced AI for image processing	Intermediate
	AI for natural language processing	Advanced

도출된 13개 교육과정은 협동로봇 교육 3건, 자율주행 교육 3건, 응용·융합 교육 3건, 딥러닝 기초 교육 2건, 딥러닝 심화 교육 2건으로 초급, 중급, 고급 과정으로 구성된다. 교육은 크게 온라인 교육과 오프라인 교육 과정으로 운영된다. 온라인 교육과정은 사전교육과 기초교육 과정으로 구성되며 10시간 이상의 교육시간으로 구성된다. 오프라인 교육과정은 심화교육과 PBL(Project Based Learning) 과정으로 구성되며 20시간 이상의 과정으로 구성된다. 교육과정 운영방식을 요약하면 Table 15와 같다.

Table 15. Curriculum operation method

Category	Online Education		Offline Education	
	Pre-Education	Basic Education	Advanced Education	PJT-based Education
Main Content	the robotics industry and AI	theory-focused basic education	advanced education, practical training	education applicable to real-world industry
Teaching Methods	Online, Mobile	Online	Practical Training	PJT-based
Duration of Education	More than 10 hours		More than 20 hours	

2.3 Educational Content and Features of Major Programs

설계된 13개의 커리큘럼 중 대표적인 교육 과정의 특징 및 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, “협동로봇 기반 자동화 공정” 교육은 실습 교육을 통해 협동로봇을 조작하고 프로그래밍할 수 있도록 로봇 운용방법에 대해 학습하며 로봇을 활용한 자동화 공정을 이해하고 설계하는 능력을 배양함이 교육 목적이다. 로봇과 주변장치 간의 연계를 위한 프로그래밍 경험이 부족한 재직자를 교육 대상으로 한다. 사전교육, 기초교육, 심화교육 및 PBL교육의 4개 파트로 총 45시간으로 구성된다.

사전교육 및 기초교육은 온라인 과정으로 총 15시간으로 진행되며 다관절 로봇의 이동과 회전 사이의 관계를 통해 로봇의 움직임을 이해하고 시뮬레이터를 이용하여 로봇의 이송, 집기, 적재 과정에 대한 미션을 수행하는 것이 주요 교육내용이다. 심화과정은 오프라인 과정의 20시간으로 구성되며, 로봇, 그리퍼(gripper), 주변 장치간의 연동을 통해 로봇 주변 환경 및 제품 간의 공정환경에 대한 이해를 목표로 협동로봇의 집기, 이송, 정지 등의 동작 프로그래밍 실습을 수행한다. PBL과정은 오프라인 10시간 과정으로 구성되며, 제품의 이송, 인케이싱 공정, 그리퍼 유형별 경로 교시 최적화, 컨베이어 라인의 집기, 이송 공정의 택타임 최적화 등 공정 설계를 위한 미션형 실습으로 구성된다. Table 16은 협동로봇기반 자동화 공정 교육의 세부 커리큘럼 구성을 나타낸다.

둘째, “영상처리를 이용한 로봇팔 검수라인 자동화” 교육은 영상 처리 기술을 이용하여 로봇과 연동이 가능한 자동화 공정 설계 능력 배양이 교육 목적이다. 영상 처리를 이용한 로봇의 검수, 이송, 정렬 공정에 관한 기본 지식이 부족한 재직자를 교육 대상으로 한다. 사전교육, 기초교육, 심화교육 및 PBL교육의 4개 파트로 구성되며 총 45시간으로 진행된다. 사전교육 및 기초교육은 온라인 과정으로 총 15시간으로 진행되며 영상처리 및 비전센서에 대한 종합적인 이해를 통해 물체 인식의 원리와 실제 응용 사례를 학습하고 영상처리를 위한 파이썬 프로그래밍, 딥러닝 툴 키트에 대해 학습한다. 심화과정은 오프라인 19시간 과정으로 실제 로봇팔에 부착된 2.5D 머신비전을 활용한 프로그래밍을 학습한다. PBL과정은 오프라인 10시간 과정으로 주어진 미션에 맞춰 2D, 2.5D 영상처리를 이용한 로봇 자동화 공정의 문제를 해결하도록 구성된다. Table 17은 영상처리를 이용한 로봇팔 검수라인 자동화 교육의 세부 구성 및 내용을 나타낸다.

셋째, “자율주행 로봇의 네비게이션 개발 실무” 교육은 이동로봇의 자율주행 개발에 필요한 기술을 학습하는 고급 과정으로 장애물 회피를 위한 로컬 플래너 기술에 대한 이해와 실습, RGBD(Red Green Blue Depth)센서를 이용한 네비게이션 기능의 확장 기술, 충전부 도킹, 로컬 경로

생성 등 자율주행 로봇의 주요 성능향상 기술 교육이 학습 목표이다. 자율주행 기능 구현을 위한 네비게이션 개발 능력이 필요한 재직자를 교육 대상으로 한다. 총 45시간으로 구성되며 사전교육, 기초교육, 심화교육 및 PBL교육의 4개 파트로 이루어진다.

Table 16. Process automation based on collaborative robots

Course Overview	Through education on cobot operations, cultivate the ability to understand and design automated processes
Target Participants	Employees who lack programming experience for integrating robots with peripheral devices
Learning Objectives	<ul style="list-style-type: none"> • Basic knowledge of robot manipulator movements and path teaching • Understanding of sensors around conveyor lines and cases of device integration • Acquire the specific characteristics of robot process automation and develop robot process design skills
Category	Educational Content (hours)
Pre-Education (Online, 5 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Understanding robots and peripheral devices(2h) • Movement and rotation functions of robot manipulator(1h) • Simulation-based robot programming(2h)
Basic Education (Online, 10 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Case studies on robot gripper design(2h) • Understanding process design through robot process layout configuration(4h) • Simulation-based robot process design programming(4h)
Advanced Education (Offline, Practical Training, 20 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Robot system configuration and setup practice(2h) • Training on using teaching pendant(2h) • Robot operation practice through teaching(2h)
	<ul style="list-style-type: none"> • Practice of stop, start, and repeat functions through peripheral sensor integration(2h) • Practice of gripping and transportation processes using gripper(2h) • Virtual peripheral device integration based on digital twin(2h)
	<ul style="list-style-type: none"> • Case study practice of alignment process using sensors and virtual techniques(4h) • Teaching design for robot positioning and path, simulation integration(4h)
PBL (Offline, Practical Training, 10 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Product transfer and encasing process(3h) • Optimization of gripper path teaching for different gripper types(3h) • Pick and place process optimization for conveyor line(4h)

Table 17. Robot manipulator inspection line automation using image processing

Course Overview	Learning positioning and alignment processes required for robotic automation using image processing
Target Participants	Lack of basic knowledge in robot inspection, transfer, and alignment processes using image processing
Learning Objectives	<ul style="list-style-type: none"> • Designing automation processes that can be integrated with robots using image processing technology • Object recognition technology for automated lines using imaging • Developing the ability to design system configurations using robots and image processing
Category	Educational Content (hours)
Pre-Education (Online, 5 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Overview of image processing(2h) • Introduction to vision sensors(1h) • Application cases of object recognition(2h)
Basic Education (Online, 10 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Pattern recognition and machine learning(2h) • Basics of image processing programming(4h) • Advanced image processing programming(2h) • Vision machine tending(2h)
Advanced Education (Offline, Practical Training, 19 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • 3D vision image recognition(6h) • Programming of inspection and measurement vision using 3D vision(6h) • Programming of machine tending robots using 2.5D vision for non-aligned setups(7h)
PBL (Offline, Practical Training, 11 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Setting up machine vision inspection and measurement lines(3h) • Configuring unaligned material measurement and machine tending(3h) • Optimizing robot programming based on image processing(5h)

사전교육 및 기초교육은 온라인 15시간으로 진행되며 심화교육과 PBL교육은 30시간의 오프라인으로 진행된다. 사전교육과 기초교육에서는 장애물 회피를 위한 로컬 플래너의 이론 교육, RGBD 센서를 이용한 3차원 지도작성 기술, 로컬 및 글로벌 맵을 이용한 경로 생성 방식, 초음파 센서를 이용한 로컬 플래너 설계에 대해 학습한다. 심화교육은 20시간 구성으로 이동로봇의 실습을 통하여 이전 교육에서 학습한 기초이론을 통해 자율주행 로봇의 환경 인식 실습, 다양한 방식의 도킹, 오류 발생 분석과 대응에 대한 실습 과정으로 구성된다. PBL교육은 10시간 구성으로 자율주행 로봇 구성을 위한 프로그램 방법론과 사용 데이터에 대한 분석 등 주어진 미션에 맞춰 자율 주행 서비스를 구현하는 과정을 학습한다. Table 18은 자율주행 로봇의 네비게이션 개발 실무 교육의 세부 구성 및 내용을 나타낸다.

Table 18. Navigation development practice for autonomous mobile robots

Course Overview	Advanced course in developing technologies for autonomous navigation
Target Participants	Employees needing development skills in navigation
Learning Objectives	<ul style="list-style-type: none"> • Understanding and practicing local planner for obstacle avoidance • Expanding navigation functions using deep learning and RGBD sensors • Training on key performance enhancement technologies for autonomous mobile robots, including local path planning
Category	Educational Content (hours)
Pre-Education (Online, 5 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Theoretical training on local planners for obstacle avoidance(2h) • 3D map building technology using RGBD sensors(3h)
Basic Education (Online, 10 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Path planning methods using local and global maps(4h) • Design and testing of a local planner using ultrasonic sensors(6h)
Advanced Education (Offline, Practical Training, 20 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Practical training on 3D map creation using RGBD sensors(3h) • Obstacle avoidance training based on local planners(3h)
	<ul style="list-style-type: none"> • Practice on docking methods using QR code recognition(3h) • Practice on docking methods based on 3D object recognition(3h)
	<ul style="list-style-type: none"> • Simulation-based map creation and localization practice using Python simulators(3h) • Development of administrative programs and practice on synchronization between ROS modules and driving(3h) • Practice on error analysis and response in navigation(2h)
PBL (Offline, Practical Training, 10 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • Improving navigation performance in various scenarios such as crowded pedestrian areas, railings, stainless steel/glass walls, narrow passages, and wide spaces(5h) • Comparative analysis of navigation characteristics indoors and outdoors(5h)

넷째, “ROS 활용을 통한 자율주행 로봇”교육은 ROS(Robot Operating System)를 기반으로 개발된 자율주행 로봇 프로그램을 개발 및 응용이 가능할 수 있을 정도의 ROS 활용 능력을 배양하고 학습용 장비인 자율주행 로봇의 주요 기능을 학습하고 응용 어플리케이션 개발 등을 학습 목표로 한다. 교육 대상은 ROS를 기반으로 자율주행 로봇의 기능 및 운용 방법을 학습하고 싶은 초급 재직자이다. 총 40시간 구성으로 온라인 15시간, 오프라인 30시간으로 이루어진다. 온라인 교육과정은 ROS 기초 프로그래밍, Gazebo 활용 로봇 시뮬레이션을 이용한 ROS 기초 프로그래밍으로 구성된다. 오프라인 교육과정은 실물

이동로봇 장비를 활용하여 자율주행 실습과 프로젝트를 수행하며 ROS 프로그래밍 역량 함양을 목적으로 한다. Table 19는 ROS 활용을 통한 자율주행 로봇 교육의 세부 커리큘럼 구성을 나타낸다.

Table 19. Robot navigation using ROS

Course Overview	<ul style="list-style-type: none"> Development of programs based on Ubuntu 20.04 / ROS2 Galactic Acquiring skills in autonomous mobile robot functionality and SLAM technology using Turtlebot4
Target Participants	<ul style="list-style-type: none"> Employees who want to learn about the functionality and operation of autonomous mobile robots based on ROS
Learning Objectives	<ul style="list-style-type: none"> Cultivate ROS proficiency to the extent of being able to develop and apply programs for autonomous mobile robots developed based on ROS. Learn the key features of the autonomous mobile robot Turtlebot4 and develop applications
Category	Educational Content (hours)
Basic Education (Online, 10 hours)	<ul style="list-style-type: none"> Definition of basics and essential functions of autonomous mobile robots(1h) Setup for learning(1h) Basics and application of python, data analysis(1h) ROS file system, ROS computation graph(1h) ROS packages, topics, nodes, launch(2h) URDF, Rviz visualization, Xacro, 7-DOF robot manipulator(2h) Control of multi-DOF robots based on physics engine(2h)
Advanced, PBL Education (Offline, Practical Training, 30 hours)	<ul style="list-style-type: none"> Introduction to Turtlebot4 features and specifications, operation practice(3h) Turtlebot4 network, joystick, keyboard control(3h) Turtlebot4 common, robot, simulator, desktop(6h) Driving, node creation (C++, python), navigation(6h) Execution of various missions using autonomous mobile robots(1)(6h) Execution of various missions using autonomous mobile robots(1)(6h)

2.4 Operational Results of Programs

개발된 교육 프로그램들은 산업계 재직자로부터 교육 신청을 받아 시범 적용 하였으며 교육 운영 결과를 평가하기 위해 교육 수료생들에게 교육 만족도와 현업 활용도를 정량적 지표로 조사하였다. 조사는 교육과정 차수 별로 100점 만점 지표의 설문 조사 방식으로 실시 되었으며 이를 통해 산업계 재직자들의 교육 만족도 및 실무 역량 향상에 교육 프로그램이 영향을 미쳤는지를 평가하였다. 2023년도 1년간 총 421명의 재직자가 교육을 신청하였으며 이들 중 총

352명이 교육을 수료하였다. 교육 수료 인원 352명 전체에 대한 교육 만족도 평균은 92 점, 현업 활용도 평균은 88.3 점으로 조사되었다. Table 20은 주요 교육 과정에 대한 교육 만족도와 현업 활용도에 대한 조사 결과이다.

Table 20. Main curriculum operation results

no	Course Name	Satisfaction with the course	Practical application in the workplace
1	Cooperative Robot-based Automation Process Training(1)	100	92
2	Cooperative Robot-based Automation Process Training(2)	98	82
3	Cooperative Robot-based Automation Process Training(3)	98	95
4	Automation of Inspection Line using Image Processing(1)	96	98
5	Automation of Inspection Line using Image Processing(2)	88	100
6	Practical Development of Navigation for Autonomous Mobile Robots(1)	80	72
7	Practical Development of Navigation for Autonomous Mobile Robots(2)	94	84
8	Autonomous Mobile Robot Development using ROS(1)	96	88
9	Autonomous Mobile Robot Development using ROS(2)	96	86
10	Autonomous Mobile Robot Development using ROS(3)	96	88
11	Autonomous Mobile Robot Development using ROS(4)	92	80
12	Autonomous Mobile Robot Development using ROS(5)	94	96

Table 20의 조사 결과에서 볼 수 있듯이 12회의 교육 과정에 대한 교육 만족도와 현업 활용도 평가는 대부분 80 점 이상으로 교육의 효과성은 확인되었다고 볼 수 있다.

IV. Conclusions

본 연구에서는 산업현장기술인력 역량 강화를 목표로 로봇과 인공지능을 융합하는 실무 교육 과정을 개발하였

다. 수요조사 결과에 따르면 로봇 산업계에서 인공지능 수요가 많은 교육 분야는 협동로봇 교육, 자율주행 교육, 응용/융합 교육, 딥러닝 교육 분야로 조사되었으며 이들 분야를 중심으로 13개의 하부 교육 프로그램을 설계하였다. 현장 수요가 많은 협동로봇과 모바일로봇 플랫폼을 활용한 실습 내용을 커리큘럼에 반영함으로써 실무 중심의 교육 과정을 설계하였다. 개발한 교육 프로그램을 실제 산업계에 시범 적용한 결과 교육수료율 83%, 교육만족도 평균 92 점, 현업 활용도 평균 88.3 점으로 조사됨으로써 개발한 프로그램이 현업에 효과적으로 활용 가능함을 확인할 수 있었다. 이와 더불어 로봇과 인공지능 융합 인력 양성에 기여하였으며 관련 교육 인프라 구축 등의 추진 성과가 있었다. 본 연구 결과를 기반으로 후속 연구에 대한 제언은 다음과 같다.

첫째, 교육 과정 수료와 함께 공인인증자격을 발행할 수 있는 인증자격체계의 구축이 필요하다. 인증체계를 통해서 기업은 인증된 인력을 신뢰하고 채용할 수 있으며 교육생들은 자신의 실무 능력을 객관적으로 인정받을 수 있다.

둘째, 기업의 실제 문제를 해결하는 방식의 프로젝트 기반 교육방식이 될 수 있도록 기업들과 긴밀한 협력체계가 필요하다. 교육생이 소속된 기업 현장의 문제를 해결하는데 필요한 지식, 기술 및 능력을 습득할 수 있도록 주문식 교육 프로그램 구성과 산업 현장에서의 경험이 풍부한 전문가를 멘토로 구성할 수 있는 체계가 필요하다.

셋째, 로봇과 인공지능 융합 전문 인력의 수요분석을 통한 중장기 로드맵이 필요하며 이를 기반으로 산업계의 인력 수요에 맞춘 교육 프로그램 개발이 필요하다.

로봇과 인공지능 융합 인력 양성은 국가의 전략적 관심사로 부상하고 있다. 관련 교육 프로그램은 산업 현장의 요구를 충족시키며 미래 산업 발전에 기여할 수 있는 전략적 도구로서 이에 대한 지속적인 연구와 개발이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work is the result of the AI Integration Industrial Field Technology Manpower Innovation Capacity Enhancement Project, carried out by the Korea Association of Robot Industry supported by the Ministry of Trade, Industry and Energy.

REFERENCES

- [1] Joint Ministries, "4th Basic Plan for Intelligent Robots", Ministry of Trade, Industry and Energy, January 2024.
- [2] Joint Ministries, "2023 Action Plan for Intelligent Robots", Ministry of Trade, Industry and Energy, May 2023.
- [3] Korea Eximbank, "Trends and Growth Strategies in the Robotics Industry", Overseas Economic Research Institute of the Export-Import Bank of Korea, September 2022.
- [4] McKinsey & Company, "Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation", McKinsey Global Institute, December 2017.
- [5] Pedro Palandrani, "Drivers of Four Key Segments in Robotics and AI", Jul 2, 2019. <https://www.globalxetfs.com/drivers-of-four-key-segments-in-robotics-and-ai/>
- [6] International Federation of Robotics(IFR), "Top 5 robot trends 2024", IFR Press Room, Feb 15, 2024. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/top-5-robot-trends-2024>
- [7] Mohsen Soori, Behrooz Arezoo, Roza Dastres, "Artificial intelligence, machine learning and deep learning in advanced robotics, a review", Cognitive Robotics Volume 3, pp 58-59, April 2023.
- [8] Joint Ministries, "National Strategy for Artificial Intelligence", Ministry of Science and ICT, December 2019.
- [9] Korea Electronics Association, "Current Status of the Robotics Industry and Workforce Development Plans", Human Resources Development Office of the Korea Electronics Association, October 2023.
- [10] SNS Insider, "Artificial Intelligence Robots Market", June 2022. <https://www.snsinsider.com/reports/artificial-intelligence-robots-market-1752>
- [11] Korea Institute of Machinery & Materials, "Analysis of Trends and Implications for Intelligent Robots and Generative AI", Technology Policy for Mechanical Engineering of the Korea Institute of Machinery and Materials, January 2024.
- [12] Electronics and Telecommunications Research Institute, "Technical Trends in Artificial Intelligence for Robotics Based on Large Language Models", Energy Intelligence Research Laboratory of the Electronics and Telecommunications Research Institute, 2024.02.
- [13] Seoul Robot Academy, Seoul Robot Academy Curriculum, https://www.robotcampus.or.kr/page/?M2_IDX=26679
- [14] Korea Institute for Robot Industry Advancement, Robot Education Information, <https://www.kiria.org/portal/info/portalInfoEduList.do?jsessionid=A532F906>
- [15] Korea Institute of Robotics & Technology Convergence, Specialized Robotics Education Program, <https://www.kiro.re.kr/cul/edu.asp>
- [16] Carnegie Mellon University, Carnegie Mellon Robotics Academy, <https://www.cmu.edu/roboticsacademy/Research/SMART/index.html>

Authors



Yong-Kwan Kwon received the B.S., M.S. degrees in Electrical Engineering from Sungkyunkwan University, Korea, in 1985, 1987, and the Ph.D. degree in Electronic Information Convergence from Seoul National

University of Science and Technology, Korea, in 2016. He is currently a Professor in the Department of IT Convergence, Soongsil University. He is interested in robotic systems, motion control systems, and embedded systems.