



# 대한민국 로봇산업 기술로드맵



산업통상자원부



한국산업기술평가관리원  
Korea Evaluation Institute of Industrial Technology



# □ 목 차 /

I. 서 론 .....	1
1. 개요 .....	3
2. 경과 .....	3
3. 로드맵 내용 요약 .....	4
4. 맺음말 .....	12
II. 제조용 로봇 .....	15
1. 개요 .....	17
2. 국내외 시장 동향 .....	19
3. 관련 기술 동향 .....	25
4. 도전 목표 .....	41
5. 단기(5년)·중장기(10/15년) 전망 .....	49
III. 전문 서비스 로봇	
III-1. 물류·농업 로봇 .....	55
1. 개요 .....	57
2. 국내외 시장 동향 .....	59
3. 관련 기술 동향 .....	64
4. 도전 목표 .....	74
5. 단기(5년)·중장기(10/15년) 전망 .....	81
III-2. 의료·재활 로봇 .....	85
1. 개요 .....	87
2. 국내외 시장 동향 .....	90
3. 관련 기술 동향 .....	94
4. 도전 목표 .....	101
5. 단기(5년)·중장기(10/15년) 전망 .....	110

<b>Ⅲ-3. 안전 로봇</b> .....	117
1. 개요 .....	119
2. 국내외 시장 동향 .....	120
3. 관련 기술 동향 .....	122
4. 도전 목표 .....	129
5. 단기(5년)·중장기(10/15년) 전망 .....	136
<b>IV. 개인서비스 로봇</b> .....	141
1. 개요 .....	143
2. 국내외 시장 동향 .....	145
3. 관련 기술 동향 .....	150
4. 도전 목표 .....	157
5. 단기(5년)·중장기(10/15년) 전망 .....	161
<b>V. 로봇 부품</b> .....	163
1. 개요 .....	165
2. 국내외 시장 동향 .....	167
3. 관련 기술 동향 .....	170
4. 도전 목표 .....	176
5. 단기(5년)·중장기(10/15년) 전망 .....	178
<b>VI. 로봇 소프트웨어 및 지능</b> .....	181
1. 개요 .....	183
2. 국내외 시장 동향 .....	186
3. 관련 기술 동향 .....	190
4. 도전 목표 .....	195
5. 단기(5년)·중장기(10/15년) 전망 .....	212
<b>VII. 표준화</b> .....	217
1. 개요 .....	219
2. 로봇 표준화 동향 .....	219
3. 로봇표준 활용 현황 .....	225
4. 각 분야별 표준화 이슈 및 전략 .....	227
5. 단기(5년)·중장기(10/15년) 전망 .....	232

# I. 서론



## 1) 개요

지난 50년간 로봇기술은 비약적인 발전을 지속해 왔으며 최근 인공지능 및 ICT기술로 대표되는 융합기술 발전과 고령화, 삶의 질 향상을 요구하는 사회적 수요에 대응하여 제조 및 서비스 전 분야에 걸쳐 활용이 폭발적으로 확대되기 시작하고 있다. 또한, 사회적으로는 초연결(Hiper-connectivity)기술과 빅데이터(Big data)라는 새로운 변화의 인프라스트럭처(Infrastructure)를 기반으로 4차 산업혁명을 맞이하고 있다.

이에 따라서 로봇기술 태동기에 유행하였던 “인간을 모방하여 외부환경을 인식하고 상황판단을 통한 자율적인 동작을 하는 기계”라는 로봇의 정의는 더 이상 최근 로봇기술을 설명하는 데에 충분하지 않을 만큼 사회 전반에 걸쳐서 로봇은 영향력은 확대되고 있다. 실제로 인간의 곁에서 힘들고, 더럽고, 위험한 일을 대신하거나 단순하고 반복적인 동작을 수행해 왔던 로봇이 스스로 차량을 운전하고, 주식을 매수하며, 환자를 진단하는 등 인간의 일상적인 생활에 깊숙이 들어와 있다. 또한, 첨단 IT기술, 바이오, 나노, 인공지능기술들과의 융합을 통한 새로운 로봇기술의 등장은 보다 편리하고 안전한 인간의 생활을 가능하게 해 주고 있다. 이와 더불어 로봇은 경제, 제조기술, 직업, 교육, 비즈니스, 복지 등에 이르기까지 사회 전반적인 분야에 있어서 패러다임의 변화를 일으키고 있으며 이의 결과는 4차산업혁명이 종결된 미래로서 우리들 앞에 나타나게 될 것이다.

본 로봇기술 로드맵은 관련 기술에 대한 현재를 진단하고 미래에 대한 예측의 기반 하에 기술발전에 대한 향후 정책방향을 비교적 객관적인 시각에서 제시하는 과정이다. 부분적이고 편협한 시각에서 벗어나 우리나라의 로봇기술 현재를 진단하고 이를 기반으로 향후 우리의 노력이 펼쳐줄 미래를 예측해 보고자 한다. 과정중에 가급적이면 다양한 학계, 산업계, 국가연구기관에 소속된 연구자들과 기업인들의 시각을 반영하고 의견을 청취하여 지능로봇기술에 관한 현재를 진단하고 향후 산업의 변화를 예측함과 동시에 정책전개에 기여하고자 한다.

## 2) 경과

한국의 국가차원 로봇기술개발 로드맵은 2001년 한국산업기술평가원의 ‘로봇 Technology Roadmap’으로부터 시작되었으며<sup>[1,2]</sup>, PD 제도가 자리 잡은 2009년 이후부터는 한국산업기술평가관리원(KEIT)이 매년 발간하는 산업기술 R&BD 전략이 산업

부의 기술개발 로드맵으로 자리매김하였다. 2014년에는 90여명의 로봇 전문가가 참여하여 5개 중점투자 대상, 19개 분야의 로봇 기술의 동향과 향후 개발방향을 총정리하여 580페이지 분량의 로봇 R&BD 전략을 수립하기도 했다<sup>[3]</sup>.

새로운 로봇산업기술로드맵의 필요성은 2016년 10월 산업부 장관 주재의 로봇산업 발전방안 산학연 간담회를 통해 제기되었고, 이에 부응하여 2016년 11월 이를 추진할 전문가그룹이 구성되었다. 이후 8회에 걸친 핵심 전문가 모임을 통하여 로봇산업기술 로드맵이 다루어야 할 기술의 범위를 정리하였으며 10여회에 걸친 각 분과 자문그룹의 모임을 통하여 로드맵을 완성하였다.

본 로드맵에서는 대한민국의 지능로봇기술의 수준 및 경쟁력에 대한 정직한 평가와 진단을 하고자 노력하였으며 아울러 로봇 기술이 가져올 우리 사회의 변화에 대한 예측, 경쟁국들의 기술개발 현황파악을 통한 새로운 기술 개발방향 설정, 이를 위한 정부 R&D 정책방향 제언을 담았다. 응용분야를 중심으로 제조, 물류, 농업, 의료, 재활, 안전, 개인서비스로 분류하였으며 이 중 안전분야에서는 원자력, 국방로봇이 포함되어 있다. 아울러, 핵심 요소기술의 범주에 로봇부품과 로봇 소프트웨어/지능을 포함하여 검토하였으며 향후 로봇대중화에 중요한 역할을 하게 될 표준화를 포함하였다.

드론, 자율주행차, 수중로봇, 우주로봇 등은 이번 로드맵에서 제외되었는데, 이번 로드맵이 16년 발표된 로봇산업 발전방안 5대 유망품목 중심으로 작성되었기 때문이다. 이 분야 기술개발 로드맵은 별도의 기회에 다루어질 것으로 판단하여 본 로드맵에서는 제외되었다는 점을 밝히고자 한다. 실제로 수중로봇의 경우 국내에서는 KIOST와 KRISO가 주관 연구기관으로 대형연구사업을 진행에 왔으며 우주로봇의 경우 국내에서는 KIST주관으로 달탐사 로버에 관한 국책연구사업이 진행되고 있다. 본 로드맵은 향후 대한민국이 로봇기술 및 산업에서 혁신과 경쟁력을 유지하기 위하여 나아가야 할 방향을 제시하고자 하였다.

### 3) 로드맵 내용 요약

최근 2016년 IFR의 보고서에 의하면 세계 로봇 시장은 제조와 서비스 로봇시장을 중심으로 연간 27%의 성장을 하고 있으며 제조업을 주력산업으로 하고 있는 우리나라의 경우 로봇의 생산 및 응용에 있어서 세계시장에서 주요한 위치를 차지하고 있다는 점은 매우 긍정적이다<sup>[4]</sup>.

2015	Sales Value	Sales Volume	Growth in Values (vs 2014)
Industrial	\$11.1B	254k	9%
Professional Service	\$4.6B	41k	14%
Personal Service	\$2.2B	5.4M	4%
Total	\$17.9B		

※ 출처 : World Robot Market, IFR Report 2016

본 로봇산업기술로드맵은 제조로봇, 전문서비스로봇, 개인서비스로봇, 로봇 부품, 소프트웨어 및 지능, 표준화 6개의 챕터로 구성이 되어 있다. 각 챕터별로 다루고자 하는 로봇산업에 대한 설명과 현황/시장/수요 및 향후 전망에 대해서 기술하였으며 핵심도전과제와 5/10/15년을 주기로 집중해야 할 액션플랜에 대한 논의 결과도 기술하였다. 아래의 내용은 전체 로드맵의 결과에 대한 요약이다.

## ▶ 제조로봇

- 2015년 세계 산업용 로봇시장 규모는 111억불로 추산되며 연평균 14% 성장하고 있음. 대부분의 시장을 소수의 주요 제조사(Yaskawa, ABB, KUKA, Fanuc 등)가 차지하고 있음
- 2015년 중국시장이 전체시장의 27%를 차지하고 있으며, 2019년에는 38%에 이를 것으로 예상됨 (IFR 2016, 공급대수 기준). 따라서 중국시장은 현재 뿐 아니라 향후 5년간으로도 세계에서 가장 큰 시장으로 예측
- 전 세계적으로 제조로봇의 수요는 전통적으로 자동차 산업용 로봇시장의 규모가 가장 크나 전기전자 산업용 로봇시장이 매우 빠른 속도로 성장하며 추격하고 있음. 한국과 일본의 경우 전기전자 산업용 로봇시장의 규모가 자동차 산업용 로봇시장의 규모에 필적하고 있음
- 중국의 경우는 자동차 산업용 로봇 시장의 규모가 가장 크나 전기전자 산업용 제조로봇의 성장률(CAGR 53%)이 자동차 산업용 제조로봇의 성장률(CAGR 27%)을 압도하고 있음. 이는 최저임금의 급격한 상승 등에 따라 노동집약적인 공정의 자동화 필요성이 급격히 증가했기 때문이며, 이러한 경향은 전기전자 분야 뿐 만 아니라 금속, 플라스틱, 식음료 등의 분야에서도 나타나고 있음
- 노동집약적 공정의 자동화, 특히 기존의 제조로봇으로는 자동화가 불가능하였던 공정들의 자동화를 위하여 관련 필수 핵심 기술(협동로봇 기술, 로봇 조립 기술

등)에 대한 연구와 관련 제품의 출시가 주요 제조사를 중심으로 이루어지고 있으며 이와 관련한 국제 표준안(ISO/TS 15066 등)도 가시화 되고 있음

- 동종의 대량생산 공정용 로봇 기술을 급격히 키우고 있는 중국과 이미 세계제조 로봇 시장의 절대 강자이고 특히 중국 시장을 석권하고 있는 일본, 다품종 변량 생산 공정에 대응 가능한 미래지향적 로봇기술을 축적해가고 있는 유럽의 기업들과 경쟁하기에는 국내 제조로봇 기업들의 기술적/경제적 저변이 매우 약함
- 이러한 이유로, 중국 로봇 및 자동화 시장이 급격히 성장함에 따라 일본과 유럽 등 전통적 제조로봇 강국 기업들이 수혜를 입고 있으나 국내 제조로봇 기업은 상대적으로 중국시장의 성장에 큰 혜택을 보지 못하고 있으므로 이를 해결하는 것이 시급한 과제
- 따라서 “로봇 단품으로 원천적 안전 구현이 가능한 제조로봇의 안전기술”, “작업자의 조립능력에 도전하는 조립로봇 기술”, “국산 로봇 부품의 적용을 통한 저가격화 기술” 등을 집중 개발하여 기존 로봇으로는 적용이 불가능했던 노동집약적 공정의 자동화에 필요한 핵심기술을 시급히 확보해야 함.

## ▶ 물류로봇

- 2015년 기준 아시아 태평양(40.5%), 유럽(32.2%), 북미(24.7%) 순으로 시장 규모를 형성하고 있으며 전세계적으로 고른 성장세가 예상되나, 물류로봇의 생산지 비중은 북미(81.1%), 아시아 태평양(10.7%), 유럽(8.1%) 순으로 북미 편중 현상이 심함
- 온라인 쇼핑의 급증으로 물류센터에서의 물류로봇 채택이 크게 증가할 것으로 예상되며, 인력부족 문제에 대한 대응 및 물류센터의 효율향상을 위해 24시간 무인작업이 가능한 물류로봇이 물류기업에 의해 요구되고 있음
- 또한, 국내외 전문로봇 업체에서는 병원, 요양원, 호텔 등의 수요에 기반하여 수 kg~수백 kg의 건물 내 물류를 이송하는 로봇을 상용화하였으며 앞으로 대형 건물에서의 물류로봇 적용시도가 늘어날 것으로 예상됨
- 미래 물류로봇 수요에 대응하기 위해서는 다양한 종류와 특성을 가지는 물품의 인식 및 파지와 관련된 기술개발이 절대적으로 필요함. 특히 물류센터에 존재하는 수천 ~ 수만 종의 물품의 종류 및 위치/자세에 대한 정밀한 인식과 이들 물품을 대상으로 피킹(Picking) 작업을 수행하기 위한 파지 장치 및 파지를 위한 학습 기술 개발에 대한 중점추진이 필요함

## ▶ 농업로봇

- 농업로봇은 크게 두가지 형태로 시장이 형성되고 있음. 시장확대 측면에서는 농업로봇 시장의 60배 이상 규모를 형성하고 있는 필드 농업용 농기계에 원격제어, 자율주행 등 로봇기술 융합을 통한 기존 농기계의 로봇화, 신규 시장 개척 측면에서는 자율주행 기술을 기반으로 로봇 비전 및 조작 기술을 융합한 제초, 방제, 이송, 수확 작업 등에 적합한 전용 농업로봇 기술개발을 진행 중임
- 기술 실현 측면에서는 스마트 팜 관련 기술이 먼저 현실화될 것으로 예상되며, 장기적 도전 목표인 노지환경에서의 자율 농업로봇 기술개발은 농업의 특성상 작업 대상의 균일화가 어렵고, 환경인지/주행/농작물에 대한 조작 기술 등이 타 로봇 분야에 비해 난이도가 높아 기술 실현에 상당한 시간이 소요될 것으로 예상됨
- 따라서 자율 농업로봇 개발을 위한 중간 과정으로 농업로봇 도입이 용이하도록 재배방식을 개조하는 연구를 병행하여 농업로봇의 실적용 제한점이 완화된 환경에서의 로봇 개발 및 상용화를 우선 추진할 필요가 있음

## ▶ 의료로봇

- 의료로봇 시장은 2020년경 114억 달러 규모가 될 것이며, 수술용 로봇 시장이 전체 로봇시장의 60%에 달할 것으로 전망되나, 현재 전세계 수술로봇 시장은 다빈치 수술로봇의 독점적으로 점유하고 있음. 인구고령화와 함께 환자 케어 로봇 시장 규모는 지속적으로 성장하고 있으며, 2024년도까지 9,500만 달러에 이를 전망
- 의료 선진국에서는 IBM 등 다국적 대기업 컨소시엄을 기반으로 대형 병원 플랫폼 개발 진행되고 있음. 따라서 ICT융합 의료를 지원하는 컨트롤 타워와 범부처 차원의 전주기적 지원(원천기술, 시스템개발, 중개임상연구, 의료기기 인허가 지원, 공적급여 제도 및 표준화 등)이 필요함
- 의료진과 협업이 가능(모터제어기 일체형, 안전기능 부가)하며 저침습의 최소 침습, 무침습화(NOTES, 마이크로 수술 등)를 위한 소형, 경량, 모듈화 기술 및 마이크로 로봇기술, 수술툴의 정교성 향상 기술이 필요함
- 또한, 인공지능과 빅데이터 기술의 융합하여 환자 맞춤형 치료방식 제시, 의료영상 분석 기술, 환자/집도의의 의도파악 및 상황 예측 등을 목표로 로드맵을 설정함

## ▶ 재활로봇

- 세계 재활로봇시장은 뇌졸중 환자의 증가, 고령인구의 증가, 외래환자 재활시장 증가로 인해 2015년 577백만 달러에서 2020년에는 1,730백만 달러 규모로 발전 예상(WinterGreen Research, 2014)
- 국내 재활로봇 로드맵은 신경·근·골격 재활로봇, 신체기능 대체로봇 및 일상생활 보조로봇 개발에 목표를 두고 개발되어 왔음. 본 로드맵에서는 객관적인 기준/데이터(관절 가동 범위, 강직/경직도 측정, 운동제어 능력 등)에 의해 환자의 회복 또는 악화 정도를 판단할 수 있는 정량화된 정보를 제공(Progressive Assessment) 하는 진단/측정/평가에 대한 내용을 추가함
- 병원에서만 수행되는 재활치료를 일상생활에서 수행하고, IoT 기술과 인공지능을 활용하여 환자 맞춤형 재활치료를 수행하는 것을 목표로 함

## ▶ 안전로봇

- 안전로봇이란 인간의 안전을 위하여 전문적이고 공공적인 성격의 서비스를 수행하는 로봇으로, 산업시설, 대형 건물 등의 진단, 경비 또는 화재나 재난 환경에서 활용할 수 있는 사회안전로봇, 병사 대체/보조, 군사시설의 보호 등 효율적인 군사 작전 임무 수행을 위한 국방 로봇, 원자력 시설의 모니터링, 유지/보수, 사고대응 등을 위한 원자력 로봇을 포함
- 안전로봇은 2015년 기준 11.2억 달러 규모로 2011년 이후 연평균 8%대 이상 성장률을 보이고 있으며, 전체의 90% 이상을 국방로봇이 차지하고 있다. 국내 시장은 2014년 기준 300억원으로 규모는 작지만 연평균 24%이상 급성장 추세이다. 특히 전 세계적인 도시화·산업화 및 기후변화에 따른 신종 재난·안전 위험과 국가 기반 시설 노후화 진전에 따른 시설물 위험 증가로 관련시장이 중장기 블루오션으로 부상 중
- 적용 분야로 AGV, UAV 등 로봇 플랫폼에 다양한 센서를 장착하여 도로, 댐, 교량, 배관 등의 검사/진단, 감시 등에 적용하고자 하는 노력이 있으며, 소방, 재난 사고 대응 분야에서도 사고 상황의 신속한 파악 및 작업 지원을 위한 로봇을 개발하고 있다. 국방 분야는 정찰, 지뢰탐사, 폭탄처리 로봇 및 기지방호, 근력증강, 이송 로봇 등 군사적 목적의 임무 수행 지원을 위한 기술을 개발 중이다. 원자력 분야는 후쿠시마 원전 사고를 계기로 원전 검사, 유지보수, 사고대응, 해체 등 분야 기술

개발에 대한 수요가 증가

- 안전로봇이 시장에 본격적으로 확산되기 위해서는 원전, 재난 등 극한 환경에서의 내환경성과 작업 목적에 특화된 전용 이동 로봇 플랫폼 및 부품 개발을 통해 기반 기술력 확보가 선행되어야 하고, 활용 현장의 특성상 로봇이 자율 판단하여 문제를 해결하는 수준까지는 단기간에 도달이 어려우므로, 완전 자율 로봇이 아닌 협업 개념(원격제어, 반자율 등)의 로봇으로 우선 접근하고 수요자(소방관, 군인 등)와 연계한 장기적 실증 실적 확보 및 정책적/제도적 지원이 필요

## ▶ 개인서비스 로봇

- 개인서비스 로봇은 2015년 기준 전체 로봇시장의 12.3% 규모, 6년 평균 성장률이 33%로 타 로봇 종류에 비해 비교적 큰 성장을 거두었으나 2015년 기준 성장률이 3.8%로 최근 성장이 둔화되고 있는 추세, 가사용 로봇의 대부분을 차지하고 있는 청소로봇의 보급 정체 및 신규 로봇제품의 시장 확장 실패 등의 원인
- 개인서비스 로봇은 소득증가에 따른 개인구매력 향상, 고령화 추세에 따른 인력 서비스의 수요 증가에 대한 대응책, 요구기능을 충족시킬 수 있는 AI 및 HRI기술의 발달 등의 요인에 따라 시장 성장 잠재력이 매우 크나 아직 가격대비 요구 기능/성능을 만족할 수 있는 역량이 부족한 상태
- 최근 글로벌 IT 기업의 로봇산업 진출과 IT 및 AI 기술의 경쟁에 돌입하면서 신규 서비스 로봇의 시장 확대 기대감이 고조되고 있음, 특히 음성기반 대화 엔진 및 감정 상호작용이 가능한 소셜로봇이 다양하게 출시되면서 새롭게 시장을 견인할 것으로 주목받고 있음
  - 국내에서도 로봇제조 기반의 중소기업 중심에서 IT 대기업 및 중견기업의 로봇 서비스 로봇 사업 진출, 콘텐츠 서비스 업체의 로봇 시장 진출 등의 변화가 일어나고 있음
- 개인서비스 로봇은 인간을 대상으로 하는 서비스 로봇인 만큼 인간과 같은 지능과 상호작용 능력이 요구되어 기술적인 장벽이 매우 높음, 따라서 단기적으로는 안내,接客, 엔터테인먼트 등 특정 영역, 전문분야에 특화된 서비스 및 콘텐츠를 강화하여 상호작용 및 지능에 대한 사용자의 기대치를 낮출 필요가 있음
- 장기적으로 인간의 행동을 이해하고 이에 대응하기 위한 클라우드 및 빅데이터 기반 로봇의 학습 기술, 실내 이동 및 조작성이 가능한 동작기술, 인간과 직접 접촉

하여 물리적인 도움을 줄 수 있는 소프트 로봇 기술 등의 개발로 현재 기술의 한계를 극복함으로써 저출산 고령화 시대에 개인을 보조하는 도우미로서 다양한 역할을 수행할 것으로 예상됨

## ▶ 로봇부품

- 로봇부품은 센서, 구동기, 제어기 등 로봇 완제품의 성능과 신뢰성을 좌우하는 핵심 요소 기술로 로봇 완제품(시스템)의 디자인, 가격, 성능을 결정하며 제품 경쟁력에 차지하는 비중이 절대적임
- 2015년 기준 전 세계 주요 로봇 부품시장은 센서 9.5억불, 액추에이터 7.4억불, 로봇근육 및 관절부품 11.8억불, 제어기 15.6억불 규모로 시장 규모를 형성하고 있으며 평균 12.4%의 성장세가 예상되나, 주요부품의 국산화율은 저가형 개인 서비스 로봇을 제외하고 30%에 미치지 못하고 있음
- 제조용 로봇은 부품 모듈화에 의한 경량/저가화가 시장에서의 제품경쟁력으로 자리매김 하고 있으며 전문 서비스 로봇의 경우 특정 외산 부품에 대한 의존도가 높고, 개인 서비스 로봇의 경우 로봇 지능기술에 외산 저가 부품을 연계하여 탑재하고 있는 상황임
- 국내 로봇 부품기술은 성능대비 가격 경쟁력 확보에 어려움을 겪고 있으며, 이로 인한 외산부품 의존도를 낮추기 위한 부품-시스템 기업간 국내 로봇 제품-부품 생태계 육성이 필요함
- 제조용 로봇부품은 가격경쟁력을 가지면서도 외산제품 이상의 성능수준을 낼 수 있는 구동기, 제어기의 국산화개발 및 고신뢰성 확보가 필요하며, 전문서비스 로봇용 부품은 물류서비스 로봇, 사회안전 로봇 등의 시장진출에 따른 관련부품의 개발이 필요하며, 개인 서비스 로봇은 소셜로봇 및 정리정돈 로봇, 빨래정리 로봇 등의 가사도우미로봇의 시장진출이 예고되고 있어 관련부품의 개발이 필요함
- 미래 제조용 로봇은 전통적인 자동차, 전자 분야에서 식품가공, 이송/준비공정, 전문 서비스 로봇은 의료·재활, 전문 간호, 국방·농업, 개인서비스 로봇은 헬스케어 로봇, 경량 머니플레이션 기반의 가사작업로봇이 도입 등 다양한 분야에서 로봇의 활용이 확대될 전망으로, 이에 따른 전용·공용 부품의 개발 및 생태계 구축을 위한 지원이 병행되어야 할 것임

## ▶ 로봇 소프트웨어 및 지능

- 로봇 소프트웨어는 로봇과 로봇 기술기반의 자동화 기계장치를 구동하거나 유지 보수 하는 것을 지원하는 소프트웨어로서, 로봇 기구를 조작하고 이동시키기 위해 제어하는 전통적 역할에서 인공지능, 클라우드, 빅데이터, IoT 등의 IT 기술들이 융합되어 지능화된 작업, 이동, HRI, 판단, 통합제어 등에 활용되는 방향으로 발전하고 있음
- 전 세계적으로 개발도구와 시뮬레이터를 포함하는 로봇 소프트웨어에 대한 중요성은 높아지고 있으나, 아직까지 로봇 소프트웨어 시장은 활성화되지 못하여 미미한 실정임. 국내에서는 로봇 소프트웨어를 독립된 제품이 아닌 상용 로봇에 의존하는 부속품으로 여기는 경향이 있고 개발 회사조차 자체 개발 노력이 미흡하여 글로벌 경쟁력을 갖춘 로봇 소프트웨어 전문 업체가 부족한 상황
- ISO와 IEC 등의 국제 표준단체는 협동 로봇을 포함한 로봇 및 자동화기계 등에 대한 안전기준을 제시하고 있으며, 이를 충족할 수 있는 소프트웨어 개발이 활발히 진행되고 있음
- 로봇 지능화 소프트웨어의 경우에는 전 세계적으로 비정형화된 작업 환경에 적용할 수 있는 이동 및 작업 지능을 위한 인공지능 융합 연구가 진행 중임. 국내에서도 서비스로봇과 제조업용 로봇이 인공지능 기반의 원천기술 확보를 위한 중장기적인 연구개발이 필요
- 로봇 자동화 소프트웨어의 도전목표로 국내 로봇산업에서 활용성이 더욱 커질 것으로 기대되는 “디지털 가상생산 기반의 로봇 OLP 소프트웨어” 분야와 로봇 제품의 신뢰성과 성능을 높여줄 수 있고 다양한 로봇 및 자동화 기계장치에 활용이 가능한 “SW 모듈화, 로봇 미들웨어 및 인공지능 프레임워크 기술”에 대한 지원이 필요
- 로봇 지능화 소프트웨어의 도전목표로 제조업용 로봇을 위한 “집단 학습과 학습 결과의 전이가 가능한 인공지능 소프트웨어 프레임워크 기술”과 동작환경의 복잡성과 불확실성이 존재하는 다양한 비정형화된 환경에서 서비스로봇이 스스로 단독의 임무수행이 가능하도록 하는 기술, 서비스 로봇이 비정형의 환경을 이해하고 객체를 인식하기 위한 전략 학습과 추론이 가능한 기술의 개발이 필요함. 또한 로봇의 시각정보를 기반으로 대화를 생성하고 지식을 스스로 구축할 수 있는 “로봇 시각대화 소프트웨어 기술 개발”이 필요할 것으로 예상

## ▶ 표준화

- 로봇기술에 대한 표준화는 미국, 영국, 독일, 일본 및 한국 등의 선진국을 중심으로 한 개발이 경쟁적으로 진행중임. ISO를 중심으로는 어휘, 안전성, 성능과 같은 일반적인 표준이 개발되고 있으며, IEC에서는 청소 및 잔디깎기 로봇, OMG에서는 로봇 미들웨어, ASTM에서는 구조용 로봇의 표준을 개발하고 있음
- 국내표준은 국가기술표준원을 중심으로 '13년 한국로봇산업협회가 표준개발협력 기관(COSD)으로 지정되어 43종의 로봇표준을 제정하였고, 2005년부터 지능형 로봇표준포럼(KOROS)에서 120여종의 다양한 포럼표준을 개발하였음
- 산업용로봇은 협동로봇 안전 표준(ISO TS 15066)에 대한 준비와 현재 개발 진행 중인 Loading/Unloading과 End-Effector의 안전요구 조건에 대한 대응이 필요하며 의료로봇은 수술로봇 안전과 재활로봇 안전표준에 대한 적극적인 대응과 필수성능에 관한 표준을 선점할 수 있도록 준비가 필요함.
- 개인지원로봇은 ISO 13482를 기반으로 한 CE 인증 등에 대한 국내 기업의 준비와 검증 및 확인 시험방법 관련 기술 확보가 시급하며, 모듈(HW/ SW)의 호환성은 기계·전기적 인터페이스와 SW 인터페이스 관련 표준화와 안정성에 대한 대비가 필요함
- 청소로봇의 Energy Labeling/Eco-design 규제 기준 제정 작업 대응과 가정용 이동 로봇의 성능평가 표준화에 대한 선점이 필요함

## 4) 맺음말

본 로봇산업기술로드맵은 제조로봇, 전문서비스로봇, 개인서비스로봇, 로봇 부품, S/W 및 지능 등 주요 로봇기술 분야별로 상세한 분석과 전망을 싣고 있다. 관련하여 타 산업과 연관이 있는 무인자동차나 드론과 같은 분야에 대한 논의가 깊이 진행되지 않은 점이 아쉽게 생각되며 추후 별개의 과정을 통하여 정리가 될 수 있을 것으로 믿는다. 그 밖에, 로봇과 관련된 인력개발문제, 법적, 윤리적, 경제적 이슈도 논의될 필요가 있으며 1회성이 아닌 지속적이고 반복적인 로봇의 실용화를 위한 전부처간의 협력과 통일된 정책의 전개도 요구된다. 본 로드맵은 공청회를 통하여 전문가 및 일반인을 포함한 광범위한 의견의 수집과정을 통하여 검토되었다. 이러한 과정의 결과가 향후 로봇산업의 정책수립과 기술개발에 도움이 되기를 기대한다.

끝으로 이번 로드맵 수립 제안을 해주신 여준구 KIST 로봇미디어연구소장, 이 작업의 시작을 도와주신 정창현 전 기계로봇과장, 박현섭 전 로봇PD, 이 프로젝트 진행과 완성을 위해 지원해 주신 김진 기계로봇과장께 특별한 감사를 드린다. 이 보고서 작성에 참여한 100 여명의 전문가 분과조직위원들, 공청회에 참석하여 좋은 의견을 주신 로드맵 자문위원들과 많은 로봇관계자 여러분들께 감사를 드리며 이 보고서 내용이 국가정책, R&D, 로봇산업을 포함한 한국 로봇 발전에 도움이 되기를 기대한다. 끝으로 로드맵 작업의 간사로서 큰 노력을 해 주신 한국산업기술평가관리원 박범 선임연구원의 노고에 깊은 감사를 드린다.

## 5) 참고 문헌

- [1] 2001 국가 지능로봇공학 육성 기본계획 수립방안 연구 보고서, 한국과학기술평가원, 특허청
- [2] 2001 로봇 Technology Roadmap (개인용로봇을 중심으로) 보고서, 한국산업기술평가원
- [3] 2014 산업기술 R&BD 전략 (2015~2018), 로봇분야, 한국산업기술평가원, 로봇PD실
- [4] IFR World Robot Report, 2016



## II. 제조용 로봇



# 1) 개요

## ▶ 제조로봇의 개념

- 제조로봇은 산업의 발전과 로봇 기술의 발전에 따라 개념이 일부 상이한 점은 있으나, 종합적으로 제조로봇의 정의는 다음과 같음
  - 각 산업제조현장에서 제품생산에서 출하까지 공정내 작업을 수행하기 위한 로봇으로 자동제어 되고, 재프로그래밍이 가능하고 다목적인 3축 또는 그 이상의 축을 가진 자동조정장치
  - \* [IFR, ISO 8373] 정의 : 「고정 또는 움직이는 것으로서 산업자동화 분야에 사용되며 자동 제어되고, 재프로그래밍이 가능하고 다목적인 3축 또는 그 이상의 축을 가진 자동조정장치」
  - \* [RIA(미국로봇공업협회)] 정의 : 다양한 작업을 수행하기 위하여 프로그램된 가변동작을 통해 물체, 부품, 도구 또는 특수장치 등을 이동시키도록 설계된 재프로그래밍이 가능한 다기능의 기계장치
  - \* [지능형로봇산업 비전과 발전전략]에서의 정의 : 각 산업 제조현장의 제품생산에서 출하까지 공정 내 작업을 수행하기 위한 로봇

## ▶ 제조로봇의 분류

- 제조로봇은 국가 및 통계 기관마다 다양한 방법의 분류체계를 가지고 있으며, 용도별 분류, 기계구조별 분류, 적용산업별 분류 등이 있음
  - 대표적으로 국내 제조로봇의 로봇산업특수분류를 따르면 다음과 같음

대분류	중분류	소분류
제조업용 로봇	이적재용 로봇	팔레타이징 로봇, 자동차 부품 핸들링 로봇, 전기, 전자부품 핸들링 로봇, 웨이퍼 반송 로봇, FPD 반송 로봇, 기타 이적재용 로봇
	공작물 탈착용 로봇	금속 가공부품 로딩/언로딩 로봇, 플라스틱 사출품 취출 로봇, 기타 공작물 탈착용 로봇
	용접용 로봇	아크 용접용 로봇, 스폿 용접용 로봇, 선박 용접용 로봇, 기타 용접용 로봇
	조립 및 분해용 로봇	부품 조립용 및 분해용 로봇, 접착 및 싺링재 도포용 로봇, 마킹용 및 라벨링용 로봇, SMD 마운터, 기타 조립분해용 로봇
	가공용 및 표면 처리 로봇	연마용 및 디버링 로봇, 절단용 로봇, 도장용 로봇, 기타 가공용 및 표면처리 로봇
	바이오 공정용 로봇	세포 조작용 및 신약 합성용 로봇, 바이오 분석용 로봇, 기타 바이오 공정용 로봇
	시험 검사용 로봇	성능평가용 및 수명시험용 로봇, 치수 및 외관 검사용 로봇, 기타 시험 검사용 로봇
	기타 제조업용 로봇	제조업 적용 교육 훈련용 로봇, 기타 구분되지 않은 제조업용 로봇

- 또한 제조로봇의 기계구조별로 리니어 로봇, 스카라 로봇, 다관절 로봇, 병렬형 로봇, 원통형 로봇, 기타 로봇 등으로 분류되기도 함

### ▶ 제조로봇의 적용 분야

- 세계적으로 제조로봇의 적용 분야는 자동차 및 전기전자 분야가 70%~95%로 거의 대부분을 차지
  - 미국, 독일, 중국의 경우는 자동차 분야가 압도적으로 많으며 전자기기 분야는 상대적으로 작음
  - 일본의 경우에는 자동차와 전자기기 분야 적용 대수가 비슷한 정도
  - 한국은 전자기기 분야에의 적용 대수가 압도적으로 많은 특징이 있음

〈세계 제조로봇 산업별 적용 대수〉

분야	자동차	전기/전자	플라스틱/화학	금속/기계	식품/음료 산업	기타	합계
중국	24,166	17,125	5,900	10,321	1,443	9,096	68,051
한국	14,867	18,684	2,041	1,659		1,034	38,285
미국	12,273	6,038	1,932	2,204	1,094	3,963	27,504
일본	11,310	11,659	1,285	5,019	676	4,922	34,871
독일	10,059	897	2,031	2,415	521	3,989	19,912
멕시코	4,624	32	397	165	47	201	5,466
캐나다	2,162	103	248	75	140	746	3,474
스페인	2,094	46	232	451	361	528	3,712
이탈리아	1,639	215	713	1,719	752	1,537	6,575
기타국가	14,339	9,756	5,556	5,422	1,819	9,006	45,898
<b>합계</b>	<b>97,533</b>	<b>64,555</b>	<b>20,335</b>	<b>29,450</b>	<b>6,853</b>	<b>35,022</b>	<b>253,748</b>

※ 출처 : World Robotics 2016. IFR

## 2) 국내외 시장 동향

### ▶ 세계 시장 동향

- (세계 시장 규모 및 전망) '15년 세계 로봇시장 규모는 179억불로 추산('10~'15년 연평균 13% 성장). 제조 로봇은 연평균 14% 성장

〈 세계 로봇시장 규모(매출액) 〉

(단위: 백만불)

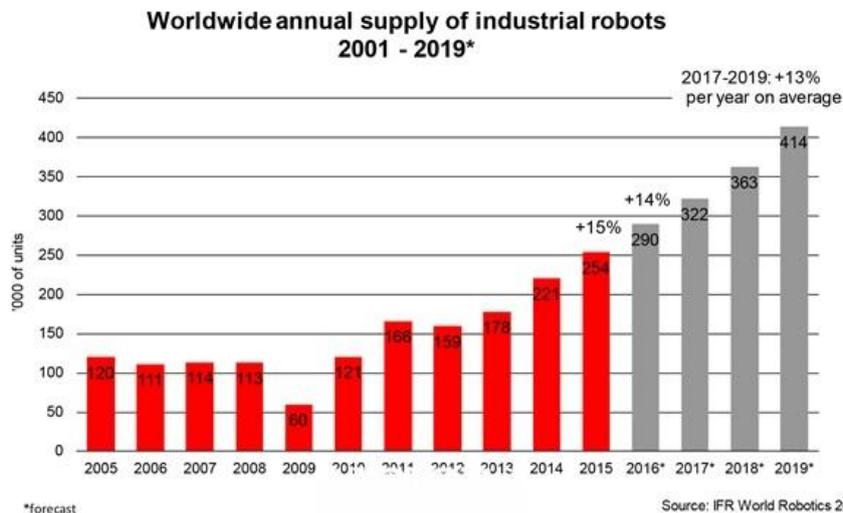
구분	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'15/'14년 비율	연평균
제조용	5,678	8,278	8,496	9,507	10,193	11,133	9.2%	14%

※ 출처 : World Robotics 2016(IFR : International Federation of Robotics)

- 2015년 : 사상 최대의 산업용 로봇 공급 (254천대) : 2014년 대비 15% 성장
- 2010~2015년 : CAGR 14% 기록
- 중국이 전체시장의 27%를 차지 (유럽전체 보다 큰 시장)
- 5개국(중국, 한국, 일본, 미국, 독일)은 전세계 75%의 시장 점유율을 차지하며, 세계 로봇시장 성장을 이끌
- 제조로봇 시장은 최근 10여 년간 급격한 성장을 해 오고 있으며 2015년 사상최대의 제조로봇 공급(254천대)이 이루어짐. 이는 자동차 부품과 전기전자 분야에서 자동화 시장의 급격한 성장과 중국시장의 성장이 주요 요인임. 주요 5국(중국, 일본, 미국, 한국, 독일)이 전체 시장의 70%를 차지

[ 2002-2014년의 세계 제조 로봇 공급 대수 추이 ] (IFR 2016)

(단위: 1000대)



〈 2014-2019년의 세계 제조 로봇 공급대수 현황 및 전망, IFR 2016 〉 (북미 : 미,캐,맥)

(단위: 대)

국가	'14	'15	'16(e)	'17(e)	'18(e)	'19(e)
한국	24,721	38,285	40,000	42,000	44,000	46,000
일본	29,297	35,023	38,000	39,000	41,000	43,000
중국	57,096	68,556	90,000	110,000	130,000	160,000
대만	6,912	7,200	9,000	9,500	12,000	13,000
북미	31,029	36,444	38,000	40,000	43,000	46,000
독일	20,051	20,105	21,000	21,500	23,500	25,000
이탈리아	6,215	6,657	7,200	7,500	8,000	9,000
스페인	2,312	3,766	4,100	4,500	4,600	5,100
프랑스	2,944	3,045	3,300	3,500	3,800	4,500
기타	39,994	34,667	39,400	44,800	52,600	62,400
합계	220,571	253,748	290,000	322,300	362,500	414,000

- 중국 제조업용 로봇판매량은 2015년 68,656대로 전세계 판매량(253,748대)의 1/4을 차지함. 세계 1위 로봇 시장인 중국은 연평균 36%로 빠르게 성장하며, 세계 시장 점유율도 확대하여 '19년 세계 로봇 시장의 약 40%를 차지하고, 유럽 로봇 시장 규모의 2배가 넘을 것으로 예상
- 2015년 기준 중국의 제조업용 로봇의 가동대수는 256,463대로 일본(286,554대)에 이어 2번째임. 하지만 로봇밀도는 세계 로봇시장 평균인 69대에 크게 못 미치는 49대에 불과함
- 따라서 중국 제조로봇 시장은 급격히 성장하고 있으며, 향후 성장 잠재력도 매우 크다고 할 수 있음

〈 중국 제조로봇 시장의 위치 〉

	세계시장		중국 시장	
	판매	판매대수 (작년대비증감)	253,748대 (15% 증가)	68,556대 (20% 증가)
	연평균 증감률(2010-2015)	16%	36%	
가동	가동대수 (전년대비증감)	1,631,650대 (11% 증가)	256,463대 (35% 증가)	세계 가동의 15.7% (세계 2위)
	연평균 증감률(2010-2015)	9%	37%	
	로봇밀도 (근로자 1만명 당 로봇대수)	69대	49대	자동차산업 392대 기타 24대

※ 출처 : World Robotics 2016. IFR

- 형태별 중국 제조업용 로봇시장은 다관절 로봇(59%) → 직교형 로봇(24%) → 스카라 로봇(12%) 순으로 형성
- 형태별 중국 제조업용 로봇의 증가율(연간공급대수 기준)을 직교형(94%) → 스카라 로봇 (71%) → 다관절로봇(42%) 순으로 형성

### 〈중국의 형태별 제조업용 로봇 시장 규모〉

(단위 : 대)

구분	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'15/'14 증가율(%)	CAGR '10-'15
다관절 로봇	11,775	18,197	18,229	25,375	35,899	40,414	13	28%
직교형 로봇	1,528	2,256	1,848	6,027	11,695	16,323	40	61%
병렬형 로봇	35	259	251	493	605	934	54	93%
스카라 로봇	1,184	1,708	2,545	4,263	7,277	8,467	16	48%
기타	456	157	114	421	1,620	2,418	49	40%

※ 출처 : World Robotics 2016. IFR

- 중국의 자동차의 생산규모와 세계에서의 생산의 비중이 2013년에 크게 증가했는데, 이는 중국이 2013년에 세계 최대의 제조용 로봇수요 시장이 된 것과 맥락임
- 한편으로 중국의 제조업용 로봇의 적용산업별 비중의 추이를 살펴보면, 자동차 분야의 연평균 증가율이 27%로 감소한 가운데 전기전자 분야의 연평균 증가율이 53%로 크게 증가하고 있는 추세
- 특히 전기·전자 산업분야에서의 로봇판매의 대수와 비중이 크게 높아진 것은, 이 분야에서 중국이 세계 1위의 생산규모를 가지고 있지만 산업의 특성상 노동 집약적인 공정이 많아 최근 몇 년간 지속되어 온 중국 노동자의 최저임금의 급격한 상승 등에 따라 해당 업종의 영위기업이 다른 업종보다 활발하게 로봇 도입을 진행했기 때문인 것으로 분석

## 〈중국 제조업용 로봇의 적용 산업별 비중 변화 추이〉

(단위 : 대)

구분	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'15/'14 증가율(%)	CAGR '10-'15
자동차	7,431	11,204	11,429	14,207	21,106	24,166	14	27%
전기/전자	2,027	3,206	3,289	6,725	16,726	17,125	2	53%
금속	1,578	2,509	2,198	3,712	6,878	10,321	50	46%
플라스틱/ 화학	1,452	1,236	1,347	2,736	3,511	5,900	68	32%
식음료/ 담배	158	321	482	965	1,371	1,443	5	56%

※ 출처 : World Robotics 2016. IFR

- 중국의 제조업용 로봇기업별 시장점유율(출하대수)을 보면, FANUC, 야스카와(이상 일본), 쿠카(독일), ABB(스위스) 등 외국계 메이저의 4개사가 약 50%를 차지하는 등 외국계 기업의 점유율이 약 75%를 차지함. (BTMU 중국월보 제114호(미쓰비시 은행, 2015.7월), Mizuho Industry Focus(2015. 3월, Vol 169)에서는 일본계 51.6%, 유럽계 32.1%, 기타 외국계 13.0% 등 외국계 업체의 점유율이 96.7%에 달하고, 중국계는 3.3%에 불과하다고 분석하고 있음)
- 적용산업별 외국계 로봇기업의 점유율을 살펴보면, 자동차(96%), 금속·기계(76%), 식음료(65%), 수지·화학(58%), 전기·전자(55%)의 순
- 특히 자동차산업용의 경우 축적된 기술력과 노하우를 바탕으로 한 완성차 업계와의 거래 고착화되어 있어 중국내 자동차 제조용 로봇 시장에 자국(중국) 기업이 끼어들 여지가 거의 없음 완성차 업체의 모국시장에서의 납품실적이 있는 외국계 로봇기업이 중국에서도 납품하는 등 완성차 업체와 제조업용 로봇기업 간의 거래 관계는 고정적이라고 볼 수 있음. 이는 완성차 업체가 조달로봇기업 등을 변경할 경우 생산라인에서의 품질검사 등에 많은 기간과 노력이 요구되기 때문임. 또한 외국계 기업은 완성차 업계로의 공급을 통해 축적된 기술력과 노하우를 바탕으로 중국계의 완성차 업계에 대한 판매확대에도 성공하고 있음)

## 〈중국 로봇 적용 산업별 외국계/중국계 산업용로봇 기업의 시장 점유율〉

(단위 : 대)

적용 산업	2013년 출하 대수		국전, 산업별 시장 점유율	
	(대)	(점유율)	외국계	중국계
자동차	14,207	39%	96%	4%
전기, 전자	6,725	18%	55%	45%
금속, 기계	3,712	10%	76%	24%
수지, 화학	2,736	8%	58%	42%
식품, 음료	965	3%	65%	35%
기타	8,215	22%	59%	41%
합계	36,560	100%	74%	26%

※ 출처 : BRMU 중국월보 제114호 (미쓰비시은행, 2015.7월), IFR, CRIA자료를 토대로 작성

- FANUC, 야스카와(이상 일본), 쿠카(독일), ABB(스위스) 등의 외국계 메이저의 4개사가 ‘뛰어난 기술과 경쟁력’을 갖춘 1등급 브랜드라고 한다면, 한국의 현대중공업, 일본의 Nachi, 가와사키 등이 ‘우수한 기술과 R&D’를 확보한 2등급 브랜드로 분류된다. SIASUN, EFORT 등인 대부분의 중국 로봇기업은 ‘R&D 능력은 갖추고 있으나 혁신부족’(3등급), ‘기술력과 경쟁력 부족’(4등급)인 로봇기업으로 평가 받고 있음 (K&C Consulting (knc-group.com))
- 상장사 50여 개를 포함해 약 400여개의 로봇 제조기업이 있다고 하나, 실제로 양산·판매가 이루어지는 업체는 중국의 4대 로봇제조사로 불리는 신송(SIASUN), Effort, Estun, GSK 등을 포함해 몇 개사로 한정돼 있다. 그나마도 제품의 성능, 내구성 및 수명 등의 품질 외에도 AS대응력 등이 일본, 유럽 등의 외국계 로봇제조사에 비해 크게 뒤쳐져 있으며, 이점이 중국계 로봇제조사의 시장점유율이 낮은 요인으로 작용 (Mizuho Industry Focus Vol 169 (Mizuho은행 산업조사부, 2015. 3월))
- 특히 제조업용 로봇완제품 생산비용의 60% 정도를 차지하고 있는 서보모터, 감속기, 제어부품 등인 핵심부품은 한국과 마찬가지로 전량 수입에 의존하고 있음 (로봇완제품 생산비용의 약 60%를 차지하는 서보모터·드라이브, 감속기, 제어부품(콘트롤러) 등을 대부분 수입에 의존)

▶ 국내 현황 및 경쟁력

- (국내 시장 규모) 국제 금융위기 등 경기침체 영향에도 불구하고, '09년 1조원 돌파 이후 '15년 2.5조원 규모로 성장

〈 국내 로봇시장 규모(매출액) 〉

(단위: 억원)

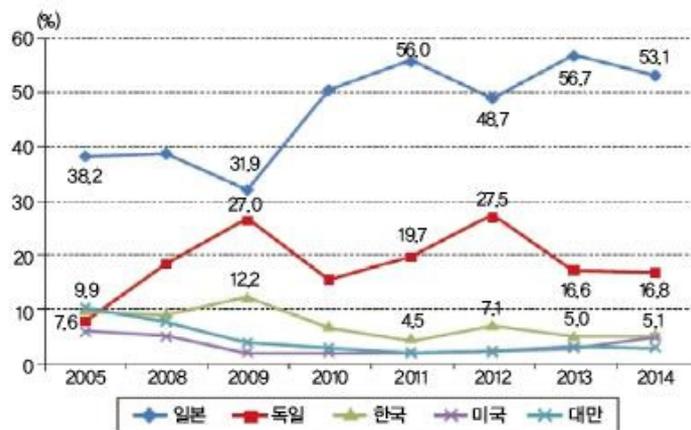
구분	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'15/'14년 비율	연평균
제조용	21,667	19,908	20,910	24,671	25,831	4.7%	4.5%

※ 출처 : 2015 로봇산업실태조사 보고서 ('16.9월)

▶ 중국 제조로봇 시장의 한국기업의 경쟁력

- 중국의 제조업용 로봇 수입은 2013년에 일본이 1위로서, 3억 9,540만 달러, 56.7%의 점유율을 기록, 우리나라로부터의 수입액은 2013년에 3,464만 달러로 일본, 독일, 스웨덴에 이어 4위를 기록, 이는 일본 수출액의 1/10 수준

[ 중국 제조로봇의 주요국별 수입 의존도 추이 (금액기준) ]



※ 출처 : e-KIET 산업경제정보 제600호, 산업연구원(2014, 10월), 한국무역협회 무역 통계 DB를 활용해 작성 (H.S 847950 기준)

- 일본은 전통적인 제조로봇 강국으로 군림해 오고 있으나 2009년의 이후로 자국의 국내 로봇시장은 지속적으로 감소하고 있음. 이는 일본의 경제성장률 저하와 제조기업의 해외 유출과 밀접한 관련이 있음
- 그러나 자국의 로봇시장 규모 축소와는 무관하게 2001년 이후로는 2009년의 리먼 쇼크 직전까지 일본의 로봇 생산액은 지속적으로 성장하였으며, 리먼 쇼크로 2009년 생산액이 급감하였으나 이후 빠르게 로봇 생산을 회복하고 있음

- 이는 일본의 로봇 산업이 자국 내의 로봇 시장에 의지하지 않고 해외 시장을 크게 확보하고 있기 때문임. 특히 중국시장의 급격한 성장이 일본 로봇산업의 성장을 크게 견인하고 있음.
- 이와 같이 일본, 유럽의 주요 제조로봇 기업들은 자국 로봇 시장의 축소에도 불구하고 중국 제조로봇 시장의 급격한 성장에 크게 힘입어 빠른 속도로 성장하고 있음. 이에 비해 한국의 제조로봇 공급 기업은 중국시장의 급격한 성장의 혜택을 보지 못하고 있음

### 3) 관련 기술 동향

기존에는 거의 수작업에 의존하던 IT 등의 전자산업의 제조라인이 인건비의 급격한 상승으로 로봇에 의한 자동화가 요구되고 있음. 또한 이러한 IT 제품의 생산라인 자동화는 필연적으로 매우 복잡한 조립작업의 자동화와 유형화 되어 있지 않는 공정에서의 적용의 필요성을 동반함. 차세대 제조로봇이란 이러한 미래 제조 산업의 요구에 대응할 수 있는 로봇이라 할 수 있음. 차세대 제조로봇에서 필요로 하는 기술 사항을 요약하면 아래와 같이 요약

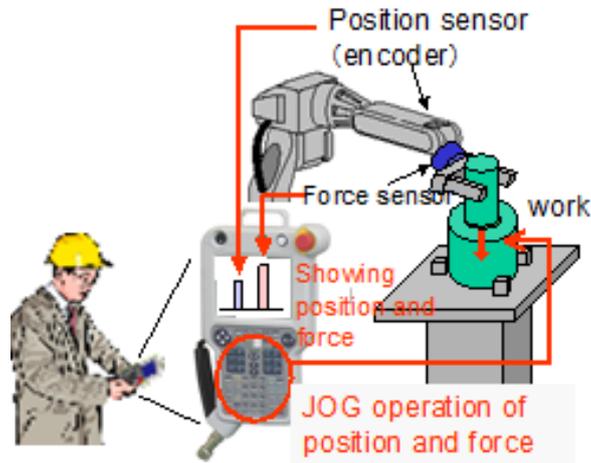
1. 현재의 로봇으로는 자동화 매우 어려운 공정의 자동화 요구에 대응
  - 조립공정 자동화를 위한 로봇기술 개발
2. 유형화, 체계화 되지 않은 공정의 자동화 요구에 대응
  - 인간-로봇이 작업공간을 공유하는 환경에서 사용가능한 로봇기술 개발
3. 고속화에 의한 생산성 향상
  - 인간-로봇이 작업공간을 공유하는 환경에서 사용가능한 로봇기술 개발

## ▶ 현재의 로봇으로는 자동화가 매우 어려운 공정의 자동화 요구에 대응 : 조립 공정 적용 로봇 기술

- 로봇 적용 시장이 변화되고 있음
  - 현재 가장 시장규모가 큰 로봇시장은 자동차 제조용 로봇 분야이며 그 다음으로 전자부품 제조분야의 시장이 그 뒤를 따르고 있음
  - 솔라셀 및 메디칼 분야 등 신흥 응용 분야는 그 시장 규모가 상대적으로 작음. 그러나 시장의 성장속도 면에서는 신흥 분야인 솔라셀 및 메디컬 분야가 압도적이고 전자분야가 그 뒤를 잇고 있음. 자동차 제조용 로봇 시장 분야는 현재에는 그 시장 규모가 가장 크지만 성장 속도는 크지 않음
  - 시장의 특성은 나라별로도 많은 차이를 보이고 있음. 자동차 시장의 성장에 따라서 중국, 인도 등에서 Welding, painting 로봇 수요는 지속적으로 증가하고 있으며, 전 세계적으로도 지속적인 성장이 이루어지고 있음. 그러나 일본의 로봇 수요는 점차 파트 핸들링 및 어셈블리 분야로 옮겨가고 있으며, Yaskawa를 비롯한 선진사들은 이러한 변화가 점진적으로는 전 세계적으로 옮겨갈 것으로 생각
- 로봇 응용 분야 중 조립관련 분야의 비중이 커지고 있음
  - 여러 로봇 응용 관련 특허 중 조립관련 분야의 특허가 지속적으로 증가하고 있음. 1993~1997년에는 거의 대부분 용접용 특허가 집중되었으나 점차 그 비중이 낮아지고 2008~2012년에는 약 10%내외 정도임. 반면 조립 및 분해용 관련 특허는 1993~1997년에는 그 비중이 매우 낮았으나 2008~2012년에는 30% 내외의 비중을 차지하고 있음
- 로봇에 요구되는 기능이 달라지고 있음
  - 기존의 시장인 용접 및 도장 공정의 경우에 있어서는 위치 정밀도가 매우 중요하였음. 그러나 파트 핸들링과 어셈블리 시장에서는 위치정밀도 만으로는 충분하지 않음
  - 이러한 이유로 선진사들은 제조로봇에 힘/모멘트 제어 기능을 탑재하기 위해 노력하고 있음. 산업용 로봇의 티칭은 대부분 티칭 팬던트에 의해서 이루어지는 현실을 감안하여 삽입과 탈거 작업 등 작업물과 로봇의 접촉상황에서 능숙한 작업자의 스킬이 로봇의 운전이 적극적으로 사용될 수 있도록 관련 파라미터를 개발하고 쉽게 튜닝 될 수 있도록 연구를 진행하고 있음
  - 또한 로봇의 구조를 인간형으로 하여 기존에 인간이 수행하던 작업들을 로봇이 수행할 수 있도록 하고 그리핑 파트와 세팅 상태의 변화에 대응할 수 있는 센싱

기술, 그리고 파트핸들링과 어셈블리 분야에서 로봇을 쉽게 적용할 수 있도록 해주는 쉬운 티칭 기술의 개발에 몰두하고 있음

[ 산업용 로봇을 조립작업에 적용하기 위한 지능화 (Yaskawa) ]

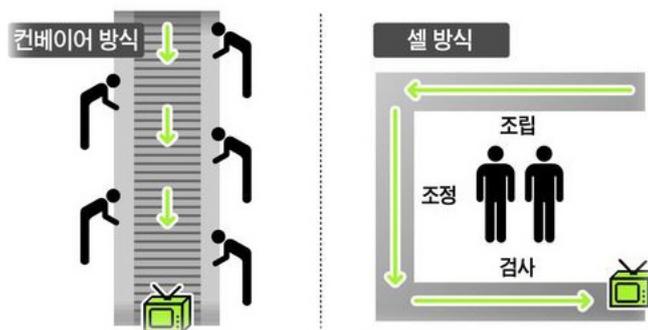


● 셀공정에 적용 될 수 있는 로봇에 대한 요구

- 현재의 생산라인은 대량생산을 위한 컨베이어 벨트로 대표됨. 그러나 세계적으로 셀공정에 대한 관심이 높아지고 있으며, 특히 전자 시장에서는 이러한 면이 더욱 큼

[ 컨베이어 방식과 셀 생산 방식의 비교 ]

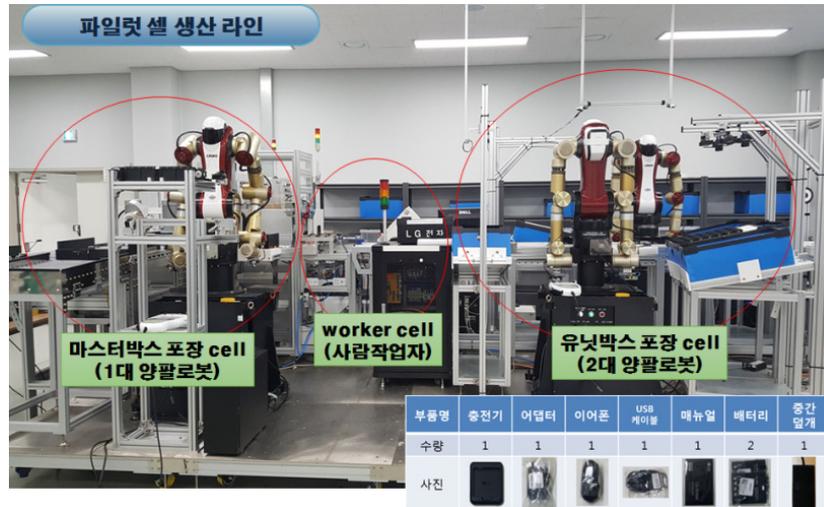
컨베이어·셀방식 TV생산 비교



- 선진 제조사들은 다양한 제조로봇에 일정 수준이상의 작업지능을 추가하여 기존에는 로봇이 수행하지 못했던 공정에서 상기의 로봇을 적용하는 방법에 관한 연구를 진행하고 있으며, 이를 통해서 생산성 높은 공정제안을 통하여 시장가치를 높여가기 위해 노력하고 있음

- 이 때문에 반복적으로 빠르게 작업하여 생산성을 높이는 것에 더하여 힘 토크 센서와 비전 센서 등의 정보를 읽고 처리하여 더 정교한 작업이 가능하도록 함으로써 생산성을 올리고자 하는 노력이 이루어지고 있음
  - FANUC, ABB, KUKA 등의 선진사들은 지능화의 기본 요소인 힘센서, 내장 비전 기능 및 고성능 로봇 컨트롤러를 자체 개발하여 지능화를 추구하고 있음
  - 이들 선진사에서 개발 중이거나 제품화된 대표적인 로봇 지능화 기술은 3D 센서를 활용한 빈피킹 기술, 힘센서를 활용한 정밀 조립 기술, 고감도 충돌 감지 기술, 외력감지를 통한 능동 대응 기술, 다중 로봇 동기 및 협조 작업을 위한 네트워크 등이 포함
  - 3D 센서를 활용한 빈 피킹(Bin-picking) 기술은 전용 부품 공급기 없이도 정렬되어 있지 않은 부품을 정렬하거나 후속 작업을 진행할 수 있도록 하여 자동화 라인의 단순화 및 유연화를 가능하게 하므로 셀공정 적용을 위해서는 필수적으로 개발되어야 하는 기술
  - 또한 말단부의 힘센서를 활용하여 기계 부품의 정밀 조립 작업을 수행하도록 하여, 고도의 숙련이 필요한 작업까지 로봇 활용을 증가시켜 가고 있음
- 국내 연구동향
- 국내에서도 2010년부터 2016년까지 산업부 연구사업(양팔작업을 위한 센서융합 인지 기반 제어기술 개발 및 다중로봇 협업 생산공정 적용기술 개발)을 통해서 조립/포장 작업을 위한 양팔로봇의 여러 요소 기술이 학교, 출연연을 중심으로 개발되었으며 시스템 측면에서는 한국기계연구원에서 통합 개발되었음. 본 연구에서는 아래와 같이 셀 생산 환경에서 휴대폰 또는 TV와 같은 IT제품의 포장/조립 작업을 수행할 수 있는 양팔로봇기술 개발을 목표로 “인지 핵심기술”, “플랫폼 핵심기술”, “양팔작업 핵심기술”, “공정 핵심 기술”, “공정적용 기술”이 개발되고 있음

[ 한국기계연구원을 중심으로 개발되고 있는 양팔로봇을 이용한  
핸드폰 포장공정(실험용 플랜트 전경) ]



- \* [인지 핵심 기술] 시각센서를 이용한 빈피킹 대상 부품 인식 및 자세추정 기술, 조립공정 작업 대상 부품 위치 검출/자세 추정 기술, 양팔작업을 위한 하이브리드 방식 간접 교시 기술이 개발
- \* [플랫폼 핵심 기술] 포장/조립 작업용 양팔로봇 H/W 플랫폼설계 및 구축, 양팔로봇 S/W 프레임 워크 개발, 시스템 통합 기술, 양팔로봇 신뢰성 평가 기술이 개발
- \* [양팔작업 핵심 기술] 제어기 S/W 구현 작업, 능동강성 기반 복잡물체/유연물 조립기술 및 커넥팅 /볼팅 조립 공정 적용, 양팔 로봇을 이용한 박스 포장 및 테이핑 제어기술, 양팔 로봇의 온/오프 라인 경로생성 기술, 상반신 양팔로봇의 전신 밸런스 제어기술이 개발
- \* [공정 적용 기술] 휴대폰 포장 공정 적용 기술, Car Audio 조립 공정 적용 기술, Car Audio 조립 공정 파일럿 라인 설계/구축 기술이 개발

## ▶ 유형화/체계화 되지 않은 공정의 자동화 수요에 대응 : 인간-로봇이 작업공간을 공유하는 환경에서 적용 가능한 로봇

### ● 전기/전자 제조라인의 자동화 수요와 기술적 어려움

- 자동차 제조라인은 생산라인의 수명이 비교적 길어서 자동화 투자가 상대적으로 용이함. 또한 공정의 규격화가 비교적 잘 되어있어 로봇에 의한 자동화에 적합함. 또한 자동차 자체가 매우 크고 무거울 뿐만 아니라 적용되는 부품들 또한 크고 무거우며, 용접 등의 공정이 작업자가 진행하기에는 매우 부담되는 작업들이어서 로봇에 의한 자동화가 매우 적합
- 이에 비해 전기/전자 제품 제조라인은 상대적으로 생산라인의 수명이 매우 짧아서 자동화를 위한 투자가 용이하지 않음. 또한 제품의 종류가 매우 다양하고 공정 또한 다양하여 생산라인의 규격화가 쉽지 않고 이는 로봇에 의한 자동화에 큰 걸림돌이 되고 있음. 또한 소형 IT 제품의 경우 대부분 매우 복잡한 조립 과정을 필요로 하고 있어 기존의 로봇으로 전체 공정을 자동화하기는 현실적으로 불가능함. 이러한 이유로 전기전자 제조라인의 자동화는 쉽지 않은 과제임
- 이를 위해서는 아래와 같이 요약되는 전자제품의 생산라인에 대응될 수 있는 기능이 탑재된 로봇의 개발이 필요

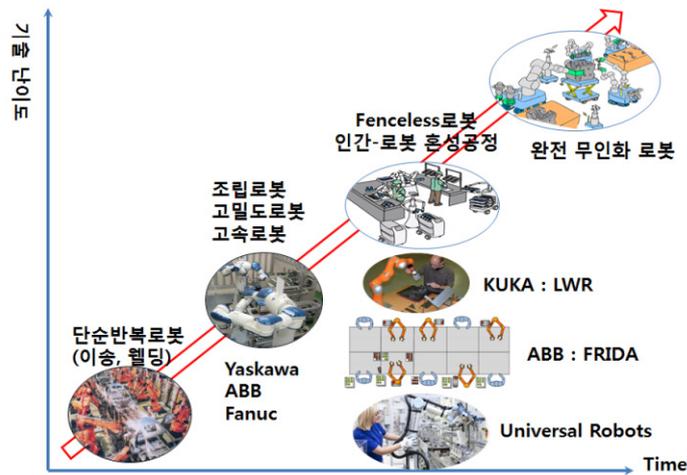
전자 제품 생산라인의 특징	요구되는 로봇의 특징
짧은 생산라인 수명	신속한 생산라인의 재구성이 가능해야 함
수작업 라인에 로봇 투입의 필요성	생산라인의 변동성에 대응이 가능해야 함.
고 난이도 조립작업 필요	조립 공정에 대한 솔루션이 필요함.

### ● 인간-로봇 협력 생산을 통한 공정 유연성의 극대화

- 이러한 전자 제품 생산라인의 수요를 로봇만의 기능을 통해서 구현하기 위해서는 정교한 작업이 가능한 로봇 메커니즘 기술 및 센서기술 뿐만 아니라 학습되지 않은 작업환경에 적용할 수 있는 작업지능기술 등 매우 난이도 높은 기술의 개발이 선행되어야함. 따라서 매우 장기적인 관점에서의 투자가 필요
- 이러한 이유로 가까운 미래에 전자제품, 특히 소형 IT제품의 생산라인 자동화의 수요에 대응하기 위해서는 인간과 함께 배치되어 작업할 수 있는 로봇의 개발이 훌륭한 대안이 될 수 있음. 이러한 인간-로봇 팀에 의한 생산에서는 인간이 작업하는 것이 효율적인 공정 (주로 창의적 판단이 필요하거나, 현재의 로봇 기술로는 달성이 불가능한 자동화 공정 등)은 인간 작업자가 수행하고, 나머지

- 공정은 로봇이 수행하는 효율적인 분업화가 가능함. 또한 경우에 따라서는 작업자의 지능을 적극 활용함으로써 부족한 로봇의 지능을 극복할 수도 있음
- 따라서 인간-로봇 협력생산은 최종목적지인 완전무인화에 도달하기 위해서 필수적으로 거쳐야 할 기술개발 단계임과 동시에 현실적인 솔루션이 될 수 있음. 이러한 이유로 외팔로봇에서 양팔로봇으로, 한 대의 로봇에서 여러 대의 협력으로 로봇의 형상적 측면에서의 발전이 현 시점까지 이루어 졌다면, 이후에는 로봇의 단독생산에서 인간-로봇의 혼성 생산 공정으로의 발전이 이루어 질 것으로 생각됨. 물론 최종단계는 로봇에 의한 완전무인화 생산이 될 것이나 시기적으로 매우 먼 미래의 일이 될 것임

[로봇 기술의 발전 단계 [한국기계연구원 BIG사업 기획 보고서]]



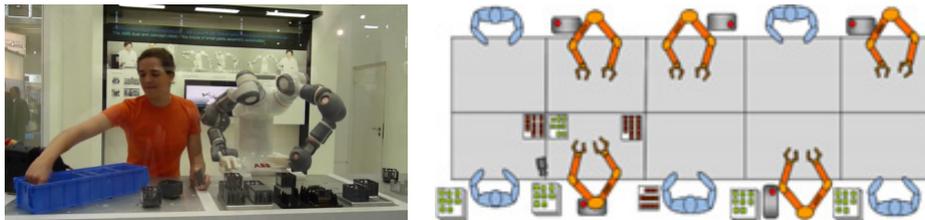
- 해외의 주요 메이커에서도 이러한 인간-로봇의 협력 생산, 소극적으로는 인간과 작업공간을 공유할 수 있는 안전한 로봇, 직관적 교시가 가능한 로봇 기술, 중소 규모 사업장에서 사용 가능한 로봇 기술(SME) 등에 대한 기술개발이 큰 관심을 끌고 있으며, 이들 중 일부는 상품과 하여 시장에 출시되고 있음
- 이 가운데 가장 대표적인 제품이 KUKA의 iiWA가 대표적인 제품임. iiWA는 자중대비 가반하중이 1:2에 이르고, 모든 조인트에 장착된 조인트 토크센서로 인해서 외부에서 들어오는 힘을 온몸으로 느낄 수 있기 때문에 예기치 못한 상황에서 로봇 운전자 혹은 주위의 작업자를 안전하게 보호할 수 있음. 이러한 이유로 기존의 독립공간에서 운전되면 산업용 로봇과는 달리 인간작업자와의 협력 작업이 가능

[ KUKA에서 개발된 iWA ]



- ABB에서는 Concept로봇 FRIDA를 아래 그림과 같이 수작업 공정에 인간작업자와 같이 배치되어 작업하는 것을 목적으로 하여 제안하였으며, 이를 실제로 상용화하여 Yumi를 출시함. 아직은 활발한 시장 형성이 되지 않고 있으나 장기적으로는 이러한 인간-로봇 협력 생산을 통한 공정 유연성의 극대화한 시도가 현실화 될 것으로 판단

[ 인간-로봇이 작업공간을 공유하는 혼성공정 개념도 (ABB) ]



- Universal Robots에서는 인간과 안전하게 협력할 수 개념의 로봇을 출시하였으며, 폭스바겐 등 일부 생산라인에 실제 투입됨. 해당 제품은 산업용 로봇으로는 양산로봇으로는 최초의 인간-로봇 협동로봇이라 할 수 있음. 해당 로봇에 장착된 기술들은 이미 널리 알려진 기술이나, 상업 제조로봇에 장착되었다는 점에서 의미가 큼

[ 폭스바겐공장에 투입된 Universal Robotics의 인간협조로봇 ]



[ BMW라인에 투입된 Universal Robotics의 인간협조로봇 ]



- Rethink사는 인간과 같이 양팔을 가진 협동로봇 Baxter와 한팔형 협동로봇 Sawyer를 출시하였음. 이 두 로봇은 출시 직후 협동로봇이라는 관점에서도 주목을 받았지만 파격적인 가격 또한 크게 주목을 끌었음. Rethink는 Baxter 출시 당시 SEA 구동기를 기반으로 제작하여 제작 단가를 크게 낮출 수 있었음. 그러나 작업 정밀도 면에서의 단점이 문제가 되어 이것이 보완된 한팔형 협동로봇인 Sawyer가 출시됨

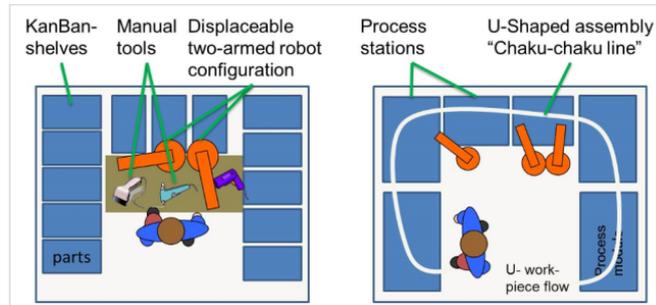
[ Rethink사에서 개발된 Baxter와 Sawyer ]



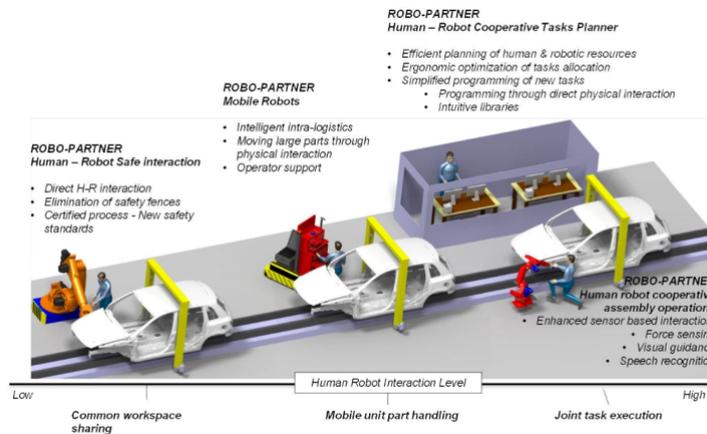
- 아직 협동로봇 시장이 형성되어 있지 않으나 ABB, Rethink, Universal Robots, KUKA 등 다수의 해외 기업에서 협동로봇시장의 미래를 보고 해당 제품들을 출시하고 있음
- 또한 유럽에서는 EU FP6, FP7 등의 대형 프로젝트(SMErobot, SMErobotics, Rosetta project 등)를 통해 미래 유연생산 환경의 산업용 로봇 시스템 적용을 목적으로 연구를 진행하고 있음
- 이러한 목적으로 EU에서는 매우 많은 연구들이 진행되고 있으며, 가장 대표적으로 진행중인 연구들을 요약하면 아래와 같음

- \* Rosetta Project(09.03~13.04) : 인간 중심의 산업용 로봇
- \* SMErobot Project(05.03~09.05) : 중소기업형 로봇
- \* SMErobotics Project(01/2012~12/2016) : 지능형 중소기업형 로봇
- \* ReApp Project (01/2014 - 12/2016) : 재사용 가능한 제조로봇 SW
- \* Robo-Mate Project ( 09/2013 - 08/2016 ) : 착용형 제조 보조 로봇
- \* RoboPartner Project (11/2013 - 04/2017) : 미래제조공정의 인간-로봇협조기술
- \* X-Act Project (10/2012 - 9/2015) : 인간-로봇 협조를 통한 조립 공정구현

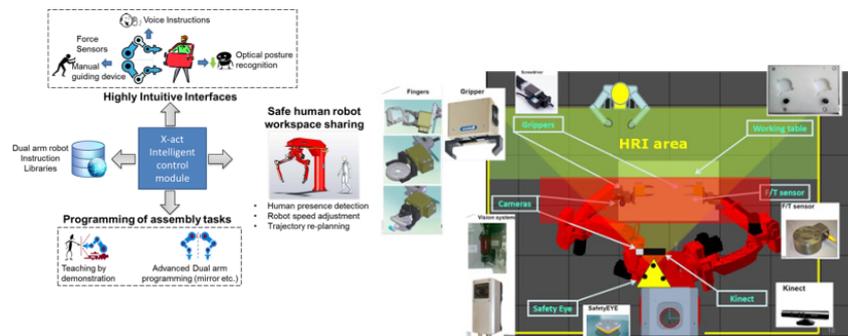
[ EU에서 연구중인 LIAA 프로젝트 개념도 : 인간과 로봇의 조립작업에서의 협조를 이룩함으로써 조립작업공정을 해외가 아닌 EU내에 유지시키고자 함 ]



[ EU에서 연구중인 RoboPartner 프로젝트 개념도 : 제조로봇과 인간이 안전하게 협조함으로써 사용성과 생산성을 극대화하는 제조로봇 핵심기술에 관한 연구를 진행 중 ]



[ EU의 X-Act Project : 인간작업자와 로봇이 안전하게 협조하면서 조립 / 분해 / 재조립의 공정을 효과적으로 수행하게 하고자 함. ]



- 2008-2010년에는 인간로봇 협력을 위한 안전기술 및 직접교시기술이 개발된 바 있음 (주관기관: 한국기계연구원, 참여기관: 전자부품연구원, 고려대학교, 한양대학교). 해당 연구과제에서는 아래의 기술이 개발

- \* (협동로봇 기구 설계기술) 로봇과 작업자의 충돌시 능동 제어에 의해 충돌력을 감소시켜 작업자를 보호할 뿐 만 아니라, 제어 로직이 작업자 안전을 확보하는데 실패한 경우에도 충격력이 설계치를 벗어나면 로봇 기구가 기계적 강성을 잃으면서 작업자를 보호하는 기술이 포함된 협동로봇 기구 설계 기술이 개발됨
- \* (직접교시 알고리즘) 작업자가 로봇의 말단을 잡고 직접 밀거나 당겨서 교시하는 직접교시는 매우 편리함. 그러나 인간의 정밀도가 세밀한 작업을 수행할 만큼 충분히 높지 않으므로 직접교시는 그 정밀도에 한계를 가짐. 본 연구에서는 이를 극복하기 위한 기술이 개발됨
- \* (충돌감지 및 대응기술) 작업자와 로봇 간에 충돌이 발생했을 때 이를 감지하고 대응하기 위한 제어기술이 개발됨

[ 충돌안전기술과 직접교시 기술이 적용되어 개발된 협동로봇 ]



[ 기구적 수단에 의해 충돌력을 줄이는 협동로봇용 안전조인트 ]



- 협동로봇은 아직 시장이 형성되지 않아 수요 기업들의 입장에서는 생소할 수 있는 로봇이나, 일부 국내 기업들이 상용모델을 출시하고 있음. 한화테크윈에서 복잡한 프로그래밍 없이 사용 가능한 유저인터페이스(UI), 터치식 작업지시화면 그리고 로봇을 손으로 직접 움직여 작업을 지시하는 직접교시 기능이 포함된 협동로봇 HCR-5 모델을 출시하였음. 협동로봇의 필수 기능이라 할 수 있는 충돌 감지 및 대응 기능도 포함되어 있음. 오토파워도 전류기반 충돌감지 및 대응, 직접교시, 직관적 교시 인터페이스 등 UR등 타사 협동로봇과 유사한 기능을 갖는 가반하중 5kg급의 협동로봇을 출시하였음. 모터 구동 드라이버를 각각의 관절에 내장하여 유지보수성이 높은 것이 특징임. 뉴로메카에서도 6축 협동로봇을 출시하였으며, UR처럼 전류기반 충돌감지 및 직접교시 기능을 갖추고 있을 뿐만 아니라 말단에 저가의 힘토크센서를 장착하고 이를 통해서 정교한 임피던스기능을 구현하고 있는 점이 장점

[ 한화테크윈 협동로봇 ]



[ 오토파워 협동로봇 ]



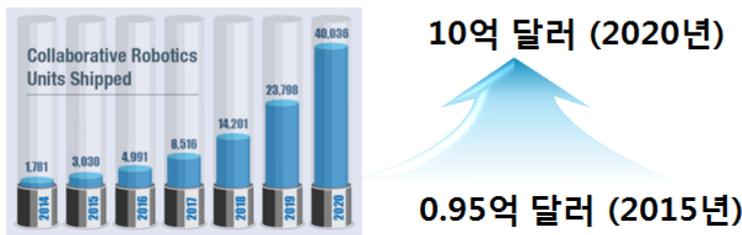
[ 뉴로메카 협동로봇 ]



▶ 로봇 수요기업의 협동로봇 수요

- 인간과 작업공간을 공유하고 더 나아가 인간의 작업을 도와줄 수 있는 협동로봇의 시장은 가파르게 증가할 것으로 예상됨. 5년 0.95억 달러에서 2020년 10억 달러 예상

[ 협동로봇 시장 전망, ABI Research 2015 ]



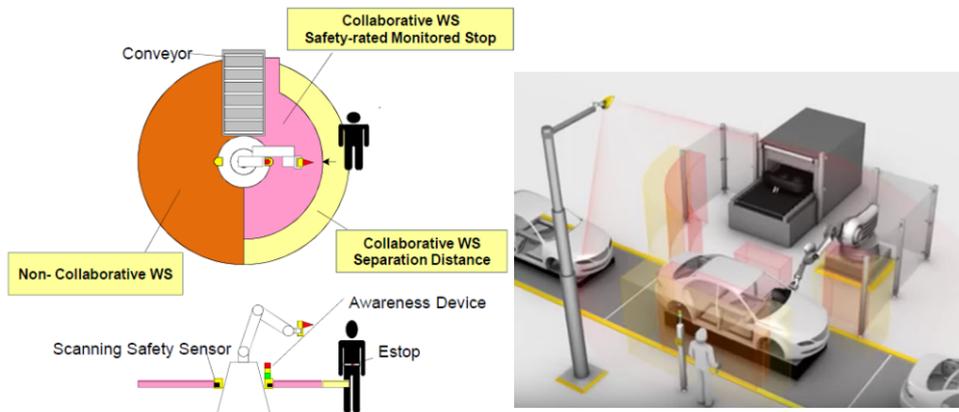
- 협업 로봇은 그 용도에 따라 4개의 협업작업 (Safety-rated monitored stop, Hand guiding, Speed and separation monitoring, Power and force limiting by inherent design or control)에 사용될 수 있음. (ISO 10218-1)

[Types of Collaborative operation, ISO 10218-1, 2011]

Clause	Types of collaborative operation	Main means of risk reduction	Pictogram
5.10.2	<b>Safety-rated monitored stop</b>	No robot motion when operator is in collaborative work space	v=0
5.10.3	<b>Hand guiding</b>	Robot motion only through direct input of operator	v < v <sub>max</sub> d > d <sub>min</sub>
5.10.4	<b>Speed and separation monitoring</b>	Robot motion only when separation distance above minimum separation distance	F < F <sub>max</sub> p < p <sub>max</sub>
5.10.5	<b>Power and force limiting by inherent design or control</b>	In contact events, robot can only impart limited static and dynamics forces	F < F <sub>max</sub> p < p <sub>max</sub>

- 로봇의 단독 작업 공간, 작업자 작업 공간, 협조 작업 공간이 분리된 경우에 대한 수요가 존재하며, 이는 자동차 생산, 기계부품 핸들링 및 조립, 가공(공작기계), 검사 공정 등에서 실제 광범위하게 적용되고 있음. 그러나 이러한 공정에서의 협업은 로봇이 아니라 로봇 주변에 설치된 보조적인 안전 수단 (안전 발판, 의도적 협업 필요성을 알리는 스위치, 레이저 커튼, 안전 레이저 스캐너, SafeyEye 등)에 의해서 구현됨. 현재 국내외 자동차 생산라인 등에서 이미 다양하게 적용이 시도되고 있음. ISO 10218-1의 분류로는 “Safety-rated monitored stop, Hand guiding, Speed and separation monitoring”에 해당

[로봇의 단독 작업 공간, 작업자 작업 공간, 협조 작업 공간이 분리된 경우 (Pilz)]



- 또 다른 수요로는 로봇이 하는 일은 기존의 로봇과 거의 동일 (무거운 것을 들고 있거나 타이어를 장착 하거나) 하지만 Fence없이 로봇을 설치하고자 하는 수요임. 즉 로봇은 여전히 이송, 핸들링, 볼팅, 조립, 검사 등을 수행하지만 로봇이 설치되는 장소가 작업자가 존재하는 공정임. 이러한 수요에서는 로봇의 설치를 위해서 별도의 공간과 비용을 투자할 필요가 없을 만큼 로봇 자체가 스스로 충분히 안전할 필요가 있음. 현재 국내외 자동차 생산라인의 의장공정, 즉 자동차 문짝 조립공정, 트렁크 조립공정, 대쉬보드 조립공정, 휠얼라인먼트 조절공정 등에 적용되고 있음. 이러한 수요에 대응하기 위해서는 ISO 10218-1,2에서 규정하는 안전기능이 모두 만족되어야 할 뿐만 아니라 특히 ISO/TS 15066의 안전규정이 모두 만족될 것이 요구됨. ISO 10218-1의 분류기준으로는 “Power and force limiting by inherent design or control”에 해당함. 현재 이러한 수요에 사용 가능한 상업용 협동로봇은 아래와 같음

[ 로봇과 작업자의 작업공간이 겹치는 작업의 예 ]



< 로봇과 작업자의 작업공간이 겹치는 경우에 적용 가능한 상용 제조로봇 >

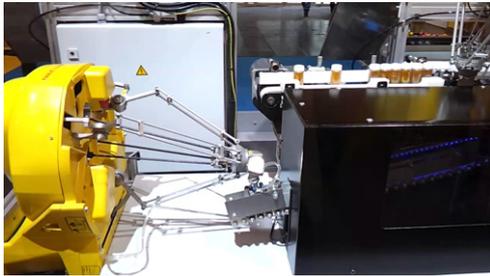
Robot	Pay-load [kg]	Reach [mm]	No. of joints	Safety functions, monitoring			Safety performance (ISO 13849-1)	Special features
				Joint Position/Speed	TCP Position/Orientation/Speed	Other		
KUVA LBR iiwa	7/14	800/820	7	Y/Y	Y/Y/Y	Y	PL d, cat. 3	Torque sensors
FANUC CR-35iA	35	1800	6	Y/Y	Y/Y/Y	Y	PL d, cat. 3	Dual force-torque sensors in base
Bosch APAS	4	911	6	Y/Y	Y/Y/Y	Y	PL d, cat. 3	Uses Fanuc LR-Mate 200iD
Universal Robots	3/5/10	500/850/1300	6	Y/Y	Y/Y/Y	Y	PL d, no cat.	
ABB IRB 14000 "Yumi" (Figure 1)	0.5	559	7 per arm	N/N	N/N/Y	N	PL b, cat. B	Inherently safe dual-arm

- 고정된 로봇 매니플레이터가 아니라 이송용 로봇(AGV)위에 로봇팔이 장착된 형태의 로봇에 대한 수요는 주로 부품의 자동 피킹 및 적입 공정에 요구됨. 이는 물류 공장 뿐 아니라 자동차 의장 공정의 부품 준비 (한대 분의 자동차의 부품이 로봇에 의해 자동으로 피킹 및 적입되어 작업자 앞에 공급된다), 전자제품 조립 공정의 부품 준비 등에서 발생 가능한 수요임. 이러한 로봇이 제조현장에 적용되면 작업자들의 이동 거리가 매우 짧아진다. (콰이어트 로지스틱스의 경우 작업자들의 이동 거리가 종전 22.53km에서 8.04km미만으로 짧아 졌다). 국내외 일부 자동차 생산 기업들 에서는 이와 관련하여 자동화를 진행하고 있음. 이러한 수요에서는 모바일 베이스와 그 위에 장착된 로봇팔의 동작 중의 안전기능 확보가 필수임. SO 10218-1의 분류기준으로는 “Power and force limiting by inherent design or control“에 해당함. 현재 이러한 수요에 대응하는 상업용 제조로봇 시스템은 거의 없음

## ▶ 고속화에 의한 생산성 향상 : 고속 병렬로봇 기술

- 솔라셀 등 태양광을 필두로 하는 신홍시장 뿐 아니라 식품 산업 등 거의 대부분의 생산자동화 시장에서 고속이송은 생산성 최적화의 개념에서 매우 중요함. 이러한 이유로 고속 병렬형로봇 시장의 규모는 현재는 기존의 자동차 관련 시장에 비해서 현저히 작은 규모이지만 성장속도는 엄청나게 가파름 (중국의 경우 2010~2015 CAGR 93%)
  - 고속병렬로봇 시장에서는 Delta형의 병렬로봇이 주류를 이루고 있으며 주로 5kg 이하 급의 4축 로봇이 생산되고 있음. 병렬 구조 메커니즘의 특성상 로봇 말단의 오차가 평균화되는 경향이 있어 기존의 직렬구조 로봇에 비해 정밀도가 월등히 높음
  - 기존의 직렬형 제조로봇이 주로 공산품의 대량생산에 적용되던 것과 달리, 고속 병렬로봇은 소형 부품이나 전자제품의 고속 이송 혹은 식음료 생산 공정의 자동화에 주로 사용되는 경향이 있음. 이는 이러한 공정들이 기존의 공정과 달리 가반하중보다는 신속한 이송 능력을 필요하고 병렬로봇이 컨베이어 벨트의 상부에 설치하기 용이한 측면이 강조되기 때문임. 따라서 기존의 직렬형 로봇이 핸들링을 위해 6자유도 구조를 가진 것에 비해, 고속 병렬로봇은 4자유도 (x,y,z, 회전)을 가지는 구조로 판매되고 있음
  - 근래에는 더욱 작은 가반하중 (500g 이하)을 가지고 6자유도를 가지는 고속 병렬 이송로봇도 개발되어 시판되고 있음. 이러한 소형 저가반하중 병렬로봇은 이론상 고속화, 정밀화를 동시에 달성할 수 있을 뿐만 아니라 기존의 시리얼 로봇이 수행하던 핸들링 작업을 함께 진행할 수 있음. 기존의 직렬로봇에 비해 이론적인 정밀도 또한 뛰어나기 때문에 향후 IT부품의 조립작업에도 적극적으로 채용될 것으로 전망
  - 고속 병렬로봇은 ABB와 ADEPT 그리고 Fanuc등의 주요 메이커에서 제품을 출시하고 있으나, ABB, Fanuc에서 채용하고 있는 Delta형 구조의 병렬로봇은 그 특히 시한이 소멸되어 수많은 기업들에서 제품을 출시하고 있음
  - 국내에서도 로보스타, 오토파워 등의 중소기업들을 중심으로 소형 고속병렬로봇이 시판되고 있으며, 향후 식음료, IT부품 등 소형 부품 이송 등을 중심으로 그 시장이 더욱 강화될 것으로 판단

[ Fanuc의 소형 6축 병렬로봇(500g급) ]



[ ABB의 4축 병렬로봇(5kg급) ]



[ Adept의 4축 병렬로봇 (5kg급) ]



[ 국산병렬로봇 : 오토파워의 4축 및 2축 병렬로봇 ]



[ 국산병렬로봇 : 로보스타의 4축 병렬로봇 (좌)5kg급, (우)500g급 ]



## 4) 도전 목표

### ▶ 국내 로봇 산업의 문제점 진단

- 국내 제조로봇 기업의 기술적, 경제적 경쟁력이 매우 취약함
  - 이미 시장을 석권하고 있는 일본, 유럽은 높은 성능에도 불구하고 대량의 물량을 기반으로 비교적 낮은 가격에 제품을 공급한 능력을 보유하고 있음. 중국은 과거와 달리 기술 수준이 상당히 높아졌으며, 동시에 자국의 시장을 바탕으로 대규모 투자를 통해 한국 기업들을 위협
  - 국내 로봇 기업들은 기술후발주자로서 낮은 시장 점유율을 가지고 있어 일본, 유럽, 중국의 제조로봇 기업에 비해 부품 수급 단가가 현저히 높고, 제작단가 또한 높아 가격경쟁력을 확보하기가 매우 어려운 상황임. 또한 기술적으로는 일본, 유럽의 메이저 업체와 현격한 차이를 보이고 있고, 중국 업체와의 기술 격차도 줄어들고 있음. 또한 현대중공업, 로보스타 등 일부 기업을 제외하고는 국내 대부분의 제조로봇 기업이 규모의 경제를 실현하기 어려운 중소기업임
  - 이와 같이 동종의 대량생산 공정용 로봇 기술을 급격히 키우고 있는 중국과 이미 세계제조로봇 시장의 절대 강자이고 특히 중국 시장을 석권하고 있는 일본, 다품종 변량생산 공정에 대응 가능한 미래지향적 로봇기술 축적하고 있는 유럽의 기업들과 경쟁하기에는 국내 로봇 기업들의 기술적 저변이 매우 약함
  - 이러한 이유로, 중국 로봇 및 자동화 시장의 급격히 성장 하고 있으나 대부분을 일본, 유럽 등 전통적 제조로봇 강국 기업들이 수혜를 입고 있으며, 국내 기업은 상대적으로 중국시장의 성장에 큰 혜택을 보지 못하고 있으므로 이를 해결하는 것이 시급한 과제임
- 현재 잠식된 전통적 제조로봇 시장에서 시장 주도권을 확보하는 것은 매우 어려움
  - “재래식 수직다관절 로봇 시장”은 이미 KUKA, ABB, FANUC, YASKAWA 등의 전통적 강자들이 독점하고 있을 뿐만 아니라 이들은 핵심파트인 모션 솔루션과 비전 솔루션에 있어서도 독보적인 위치를 점하고 있으므로 이들의 시장경쟁력을 극복하는 것은 매우 어려움. 또한 이러한 강자들은 “높은 시장 점유율을 바탕으로 하는 저가화”라는 강점을 가지고 있어 국내기업이 이들 기업과 현 시점에서 경쟁하는 것은 매우 어려움
  - “저가형의 단축로봇, 직교로봇, 스카라로봇 시장”은 근래에 들어 중국기업도 큰 내수 시장을 바탕으로 상당한 수의 기업이 대규모 투자를 진행 중이어서

새로이 성장하는 중국 제조로봇 메이커를 극복하기도 쉽지 않을 전망이다

- “고속화를 통한 생산성 향상을 목적으로 하는 로봇 시장”은 일반적인 수직로봇 등에 비해 비교적 ABB, ADEPT, FANUC 등의 시장 독점도가 낮으나, 중국 기업들이 낮은 제품 가격을 바탕으로 시장에 진출해 있어 경쟁이 치열한 상황임
- 이와 같이 기술외 적인 면 때문에 “저가격 로봇 시장”에서는 중국과 경쟁하기가 쉽지 않고, “수직로봇 시장”에서는 KUKA, ABB, FANUC, YASKAWA 등의 전통적 강자와 경쟁하기 어려움

### ▶ 도전 목표의 설정

- 따라서 전통적 제조로봇 산업이 아니라, 향후 크게 성장할 것으로 예상되는 “조립 로봇 시장과 협동로봇 시장”에서 주도권을 확보할 수 있도록 하는 전략이 필요함
  - 인건비의 급격한 상승으로 수요자의 자동화 욕구는 매우 크지만 유형화, 체계화 되어 있지 않는 공정의 특성상 로봇기업이 제공할 수 있는 기술의 한계 때문에 현재 시점에서는 상용 솔루션이 출시되지 못하고 있으나, 미래에는 반드시 “조립로봇 시장과 협동로봇 시장”이 시장이 빠른 속도로 형성될 것으로 예상됨 (KUKA, ABB 등의 유럽 기업들은 이러한 시장에 대응 가능한 로봇 기술개발을 통하여 해당 시장에서도 선도적 위치를 점하고자 노력하고 있음)
  - 따라서 현재 잠식된 기존 로봇 시장에서 시장 주도권을 확보하고자 노력하기 보다는 “IT제품을 필두로 하는 전자산업의 자동화분야”, “자동차 생산공장의 의장공정 자동화 분야”를 중심으로 향후 수요가 증가할 것으로 예상되는 “조립 로봇 시장과 협동로봇 시장”에서 주도권을 확보할 수 있도록 하는 전략이 필요함. 이를 위해 해당 시장에서 필수적인 기술들을 선점하기 위한 연구개발 투자를 진행하고 이를 통해 원천적 기술력을 강화하기 위한 도전목표를 설정함

#### \* 도전목표 1

로봇 단품으로 원천적 안전 구현이 가능한 제조로봇의 안전기술 확보

- 기존의 로봇과 동일한 기능을 수행할 수 있으면서, 동시에 작업자가 있는 환경에 간단히 투입될 수 있는 (보조적인 안전 장치나 펜스 등의 수단이 필요치 않는) 안전한 로봇 기술 확보
- ISO/TS 15066의 Power & Force limitation 수준의 안전을 로봇 단품 수준에서

달성할 수 있는 로봇의 설계/제어/센서 기술을 개발함으로써 선진 개발사의 제품보다 안전의 측면에서 압도적 원천기술 확보

- 가반하중 1 ~ 30kg급의 안전로봇기술을 달성하여 전자제품 및 자동차 의장라인 자동화까지의 수요를 모두 충족할 수 있는 안전 기술 확보를 통해 시장의 필요를 충족

#### \* 도전목표 2

작업자의 조립능력에 도전하는 조립로봇 기술 확보

- 케이블 등과 같이 형상이 정해져 있지 않거나 계속 변할 수 있는 물체에도 적용 가능한 조립 기술
- 조립 대상물체의 정보(CAD, 비전 등)가 주어지면 효과적으로 로봇이 조립을 수행할 수 있도록 해주는 조립 전략이 자동으로 생성되는 기술 (작업자의 개입 최소화)
- 조립 시 감각으로 조립의 상태를 이해하고 예기치 못한 조립상태의 변화를 알아채서 대응할 수 있는 그리퍼 및 조립제어 기술
- 인간작업자 작업하는 작업대에서 작업가능 하도록 임의의 작업부품 박스에 임의 방식으로 쌓여있는 부품을 인식할 수 있는 강인한 3차원 빈피킹 기술 개발
- 작업자의 조립 노하우 및 조립 기술을 간단히 로봇으로 전송할 수 있는 직관적 강력한 조립교시 기술(인공지능 기술 및 학습기술의 접목)
- 조립과정에서의 학습을 통해 점차 조립성능이 인간 작업자의 조립능력으로 접근하는 인공지능 기반 학습기술(평생 학습기능의 탑재)

#### \* 도전목표 3

국산 로봇 부품의 적용을 통한 저가격화 기술 확보

- “저가격화”는 부품의 국산화와 밀접한 연관을 가지고 있음. 저가격의 국산부품의 채용에 의한 최종생산로봇의 저가격화 뿐만 아니라, 국내 부품기업과 로봇 제조기업의 협업을 통하여 개발로봇에 최적화된 부품생산 및 공급으로 성능의 향상과 저가격화를 동시에 실현하는 것이 가능함
- 그런 핵심부품을 일본 등 해외에 의존하는 상황에서는 국내 로봇 제조 기업들의

가격경쟁력 확보는 매우 어려우므로 국산 로봇 부품 기업들 (모터&드라이브, 감속기, 엔코더, 제어기)의 제품이 “활용→성능 및 문제점 피드백→성능향상→시장점유율상승”의 선순환에 들어갈 수 있도록 국가적 차원의 전략을 준비할 필요가 있음

- 국내 로봇기업들이 아직 성능이 부족하거나 검증되지 않은 국산 부품을 자발적으로 채용하기는 어려우므로, 국산 부품이 적용된 로봇을 개발하거나, 해당 로봇을 구매하는 기업에 어떤 형태로든 인센티브를 제공하여, 국산 부품의 사용 사례가 늘어나도록 유도할 필요가 있음

▶ 도전 과제 (기술수준의 과제)

	개발되는 원천 기술의 설명
실시간 조립상태 판단에 의한 조립	(1단계) 지그리스 조립 (다중로봇/양팔로봇에 의한 조립) - 컨베이어상의 지그가 없는 부품의 조립 - 다중암의 협조에 의한 조립 제어 - 케이블 연결 부품의 조립 적용 - 도면으로 부터 부품의 조립전략 자동 생성에 적용
	(2단계) 비주얼 서보기반 조립(조립상태의 판단기반 제어) - 조립체와 피조립체의 실시간 감시를 통한 조립상태 판단 - 조립상태 피드백을 통한 조립 제어 - 케이블을 포함하는 일반화된 조립공정 적용 - 시각정보로 부터 부품의 조립전략 자동 생성 적용 - 보드상의 부품 조립에 적용
	(3단계) 조립작업의 학습 --> 조립성능 진화 - 조립 과정에서의 빅데이터 생성 --> 학습 --> 성능 진화 - 지그리스 조립과 비주얼 서보기반 조립의 통합 - 학습을 통한 조립전략 생성 능력 향상 - 자동생성 조립전략과 인간작업자 조립전략 비교 - 조립전략 빅데이터 생성 및 이를 통한 조립전략 학습
조립 작업을 위한 특화 그리핑/그리퍼 기술	(1단계) 임의형상 파지 & 압력/슬립감지 조립 그리퍼 - 임의형상 물체의 파지능력 (단순구조의 그리퍼) - 임의형상 물체 파지시의 파지상태인식(압력/슬립 감지) - 파지 후 조작 (In-hand)이 가능한 그리퍼
	(2단계) 조립과정 변화에 강인한 그리퍼 - 파지 후 조립과정에서의 파지 상태 변화 인식 기능 (위치, 방향, 슬립 등) - 조립 과정에서의 변화에 능동적으로 대응 가능한 그리퍼 (파지력 변경, 파지위치 변경 등) - 조립과정 중에 발생하는 변화에 강인한 그리퍼
	(3단계) 다지형 그리퍼 --> 인간의 조립 능력 도전 - 인간과 유사한 다지형 그리퍼 기반의 조립작업 구현 - 인공지능 기반의 조립 작업 학습기술 - 인간의 조립능력에 도전
3차원으로 불규칙하게 배치된 부품을 임의형상/유연케이블 포함 부품의 빈피킹기술	(1단계) 소형 임의적재 부품의 빈 피킹을 위한 부품 인식 - 소형의 임의 형상 부품 인식을 위한 빠른 학습 및 적용 - 소형 부품 인식 및 자세 정밀 추정 - 조립을 위한 최적 파지 정보 자동 생성 - 인식 기반 조립 상태 피드백을 통한 조립 정밀도 개선
	(2단계) 비정형 유연 빈 피킹 부품 인식 - 인공지능기반 최적 파지점 생성을 위한 빠른 학습 및 적용 - 비정형 형상 유연 조립 부품 인식 및 자세 추정 (커넥터, 케이블 등의 연결 부품 또는 유연 재질 부품)

	개발되는 원천 기술의 설명
	<p>(빈 상태 인식을 통한 능동 작업 지시)                      (빈 상태 변경, 빈 교체, 부품 변경에 따른 파지점 자동 생성 등)                      - 비주얼 서보 기반 피조립체 상태 인식</p> <p><b>(3단계) 비정형 임의 빈 피킹 부품 인식</b>                      - 임의 형상의 비정형 부품 분류 인식 및 최적 피킹                      - 빅데이터 학습 기반 비등록 대상체 대응 인식                      - 조립 그리퍼 특성 및 조립 상태에 최적화된 피킹 정보 리턴                      - 임의 비정형 빈피킹 부품 조립에 유연한 그리퍼 자동 선택</p>
<p>근접배치가 가능한                      로봇 안전기술개발</p>	<p><b>(1단계) 국제표준에 부합하는 협동로봇</b>                      - 5~kg급 협동로봇 (전자산업)                      - 20~kg급 협동로봇 (자동차산업)                      - ISO/TS 15066준수 로봇/로봇제어기/제어SW개발                      - 직관적 로봇 사용을 위한 인터페이스 제공 모듈                      - ISO/TS 15066 관련 협동로봇 안전성능 평가 기술                      - ISO/TS 15066준수를 위한 안전 장치 및 부품 개발 및 적용                      (라이트 커튼, 안전 발판, .... )</p> <p><b>(2단계) 근원적 안전을 확보하는 협동로봇</b>                      - 기구적/제어적 원천적 안전 기술 확보                      (저동력, 저중량, 충돌력 감쇄, 구동기 혹은 로봇구조의 유연성 등)                      - 비전에 의한 시각적 충돌 감시 및 회피 기술                      (로봇, 작업자의 동시 감시)                      - 안전과 생산성의 동시달성                      (사용자 동작 인식 및 충돌예측/회피, 고속/저속 자동 변경)</p> <p><b>(3단계) 인간 친화적 협동로봇</b>                      - 인공근육기반 유연구동 장치가 적용된 안전로봇 기술                      - 무소음/초경량/초저동력 안전로봇 기술                      - 인간과 유사한 형상과 인공피부(감각구현)기반의 협동로봇 기술</p>
<p>신속한 설치 및                      재배치가 가능한                      인간로봇 협업 기술                      -협업기술</p>	<p><b>(1단계) 3<sup>rd</sup> Hand 구현을 위한 협업 기술</b>                      - 작업보조관련 지시를 위한 직관적 인터페이스 제공 모듈                      - 힘의 지지 / 모션의 지원 등의 자발적 판단에 의한 협업 기술                      - 공정/로봇모션/작업자동작의 효과적연계를 위한 협업공정기술</p> <p><b>(2단계) Side by Side 배치를 위한 협동로봇</b>                      - 작업장 환경의 인식 기술 (수작업 환경과 작업자인식)                      - 인간-로봇 팀으로서의 협업 기술                      ( 근접 작업자 모션 인식 및 동작 예측 )                      ( 공정 진행 상태의 이해 및 상호 협조 )                      ( 음성, 제스처에 의한 간단한 의사 전달 )                      - 작업장 환경 변화 대응</p> <p><b>(3단계) 즉시 셋업/설치/운전을 위한 협업기술</b>                      - 복잡한 조립작업의 Teaching by Demonstration                      - 작업자 의도의 직관적 전달 기술                      - 작업자 모션의 로봇으로의 Mapping                      - 로봇 조립작업 프로그램 자동 생성기술</p>

▶ 도전 과제 (단기적 관점의 제품수준의 도전과제)

	특징	해외 유사 사례
<p>고사용성 UI 기술 기반 비전 일체형 단팔 협동로봇 시스템</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇분류 : 협동로봇 (Power &amp; Force limiting)</li> <li>- 충돌안전 능력 : ISO 10218-1, ISO/TS 15066</li> <li>- 특징 : 로봇의 말단 및 고정부에 장착되고 해당로봇 시스템에 최적화된 카메라 (고정 + Hand eye) 및 비전 SW가 일체화된 로봇 시스템. 비전관련 기능을 포함하는 로봇언어 및 UI를 통한 로봇 사용성 및 적용효율 극대화 ( 2D 비전/마커 등을 활용한 물체 등록, 물체 위치 인식, (비전/로봇간) 좌표계 변환, 컨베이어 트래킹 기능 등을 포함, 향상된 작업성 및 사용 용이성을 가지는 협업 로봇)</li> <li>- 로봇의 형태 : 6축 수직 다관절</li> <li>- 카메라 위치 : 베이스, 핸드</li> <li>- 티칭 디바이스 위치 : 로봇팔</li> <li>- 제어기 :               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 카메라 및 인식 알고리즘 사용을 위한 티칭패던트 기능 및 로봇 언어 개발</li> <li>(2) 로봇/비전 통합 제어기로 물체 등록, 물체 위치 인식, 물체 pick/place 등이 일관된 process로 작업이 가능한 로봇 제어 SW 개발</li> <li>(3) 동적 물체 등록, 물체 위치/자세 인식 등의 인식 알고리즘의 로봇 맞춤형 최적화 개발</li> </ol> </li> </ul>	<p>UR + Sawyer</p>
<p>고사용성 UI 기술 기반 힘제어 기능 일체형 6축 협동로봇 시스템</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇 분류 : 협동로봇 (Power &amp; Force limiting)</li> <li>- 충돌안전 능력 : ISO 10218-1, ISO/TS 15066</li> <li>- 특징 : 로봇 말단 고정부에 일체형으로 삽입된 F/T센서를 기반으로 로봇에 최적화된 힘제어 SW가 포함된 로봇 시스템. 로봇언어 및 TP등을 통해서 힘제어 관련 사용자 친화적 UI 제공</li> <li>- 로봇의 형태 : 6축 수직 다관절</li> <li>- 힘센서 위치 : 말단</li> <li>- 힘센싱 자유도 : 6DOF</li> <li>- 제어기 :               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 상업성이 고려된 안전한 힘제어 루틴</li> <li>(2) 힘제어 사용 작업을 위한 새로운 형태의 티칭패던트 및 로봇 언어체계 개발</li> <li>(3) 조립상태 검사가 가능한 힘정밀도 확보</li> <li>(4) 힘/위치 제어 전환을 통하여 힘제어 작업을 포함하는 조립 작업의 일체를 일관된 process로 작업이 가능한 로봇 제어 SW 개발</li> <li>(5) 힘제어 시 로봇의 제어 안전성 확보, 힘제어 파라미터의 자동 설정 등 사용자편의성과 안전성의 동시 확보</li> </ol> </li> </ul>	<p>UR + iiWA</p>

	특징	해외 유사 사례
<p>협소공간 및 다양한 작업 조건에 유연한 대응이 가능한 작업용 7축 여유자유도 협동로봇 시스템</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇분류 : 협동로봇 (Power &amp; Force limiting)</li> <li>- 충돌안전 능력 : ISO 10218-1, ISO/TS 15066</li> <li>- 특징 : 협소공간에서의 작업이 필요한 경우에 적용 가능한 여유자유도 협동로봇 (여유자유도의 티칭/ 플레이백/협소공간 운용에 특화된 SW 탑재)</li> <li>- 로봇의 형태 : 7축 수직 다관절 (iiWA형)</li> <li>- 티칭 디바이스 위치 : 로봇팔</li> <li>- 제어기 :               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 여유자유도 로봇의 실용적/직관적 티칭을 위한 새로운 티칭 팬던트 기술</li> <li>(2) 여유자유도의 적극적 활용을 통한 고밀도 작업 적용성 극대화를 위한 제어SW</li> <li>(3) 여유자유도를 활용한 충돌회피, 효율적 경로 생성 등의 고수준 알고리즘의 사용성 극대화를 위한 직관적 통합운영 SW</li> </ol> </li> </ul>	<p>UR + iiWA</p>
<p>가벼움중 1kg급 탁상형/이동형 고자유도 경량 소형 양팔로봇</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇 분류 : 협동로봇 (Power &amp; Force limiting)</li> <li>- 안전 능력 : ISO 10218-1, ISO/TS 15066</li> <li>- 특징 :               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 현장에서 쉽게 이동 설치가 가능한 소형/경량형 양팔로봇</li> <li>(2) 양팔을 이용한 지그리스 조립작업(커넥터 체결 등)가능</li> <li>(3) 허리관절과 양팔의 여유자유도를 이용하여 기존 대비 넓은 작업 공간 확보 및 좁은 공간에 적용 가능</li> <li>(4) 향상된 정밀도로 소형 전자 부품 대상 작업 가능</li> <li>(5) 로봇에 임베딩된 카메라 및 내장된 비전 솔루션으로 작업 정확도 향상 및 시스템 통합 비용 감소</li> <li>(6) 로봇 재설치 시 설치 시간 감소를 통한 작업효율 향상</li> </ol> </li> <li>- 자유도 : 7 + 7 + 3(허리)</li> <li>- 최대리치 : 500mm, 로봇전체무게 : &lt; 30kg</li> <li>- 제어기 :               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 양팔을 이용한 지그리스 작업이 가능한 양팔 협조 제어 알고리즘 개발</li> <li>(2) 양팔을 이용한 조립 작업이 가능한 소형부품의 힘제어 알고리즘(라이브러리) 개발</li> <li>(3) 내장된 비전을 활용하여 물체 인식 및 작업이 가능한 양팔 로봇에 최적화된 인식/제어 알고리즘 최적화(라이브러리화) 개발</li> <li>(4) 인식/힘제어 융합을 통한 효과적인 양팔조립 기능의 구현을 위한 티칭팬던트 기술 및 로봇언어 개발</li> </ol> </li> </ul>	<p>ABB (Yumi) + Baxter</p>

## 5) 단기(5년), 중장기(10/15년) 전망

### ▶ 단기(5년), 중장기 (10/15년) 전망 : 제품수준의 전망

	5년 전망	10년 전망	15년 전망
자동차 생산에 적용되는 로봇	- 자동차 생산라인의 수작업 공정 즉, 조립공정(의장 공정) 및 검사공정에 인간과 작업공간을 공유할 수 있는 제조로봇이 Fence 없는 환경에 투입되기 시작함.	- 조립공정(의장공정) 및 검사공정에서 인간과 작업공간을 공유할 수 있는 로봇이 Fence없는 환경에 본격적으로 투입되기 시작함	- 자동차 생산라인의 의장공정, 검사공정 이외의 공정도 Fence없이 로봇을 설치하고 인간과 로봇이 혼재된 생산 환경으로 변경됨. - 로봇과 인간의 혼성 배치를 통하여 생산효율이 극적으로 증가됨.
	- 의장라인의 자동화를 위하여 기존의 위치제어로봇을 탈피한 힘제어 기능의 로봇들이 투입되기 시작함	- 자동차 생산라인에 힘제어 로봇이 본격적으로 투입되기 시작함. 타이어조립, 내부 시트 조립, 엔진조립 등을 위해 힘제어기능이 제조로봇의 기본 기능으로 요구됨.	- 인간로봇 협업기술, 조립기술 및 시각 및 지능기술의 통합이 이루어지고, 자동차 생산공정의 자동화 비율이 극단적으로 높아짐.
	- 부품의 공급 자동화를 위해서 인간과 작업공간을 공유할 수 있는 로봇(모바일+로봇팔)이 투입되기 시작함. 임의 적재된 부품을 시각센서 기반으로 자동으로 빈피킹하는 솔루션이 공급되기 시작함	- 부품의 공급 자동화를 위해서 인간과 작업공간을 공유할 수 있는 로봇(모바일+로봇팔)이 투입되기 시작함. 임의 적재 부품의 3차원 인식을 통한 공급자동화 도달.	- 전용장비 중심의 자동화가 아니라 로봇중심의 자동화 설비 운용으로 과거와 달리 생산설비의 재구성이 매우 용이해 짐 (완성차 업체 뿐 아니라 1,2차 밴더들도 생산 공정을 자동화)
IT/전자 생산에 적용되는 로봇	- 수작업 공정의 자동화를 위하여 직교로봇, 스카라로봇, 저가격 모바일 시스템의 도입 등 소극적 로봇 도입을 가능한 수준의 생산자동화가 활발히 이루어 짐. (부품운반, 자동피딩, 볼팅 등)	- 직교로봇, 스카라로봇 등의 소극적 적용을 넘어 6축, 7축로봇, 양팔로봇 등의 본격적인 로봇팔 도입에 의한 생산자동화가 활발히 이루어짐. (지그리스 조립공정, 커넥터 조립공정, 유연케이블을 포함한 조립공정 등)	- 로봇의 시각기능과 조립능력이 사용자의 작업능력에 근접함에 따라 IT제품/전자제품의 생산이 특수한 일부 공정을 제외하고는 완전 자동화 수준이 도달함. - 이와 같이 IT제품의 생산자동화가 로봇중심의 제조공

	5년 전망	10년 전망	15년 전망
			정으로 구성됨에 따라 최종 수요자의 개성에 맞춘 다양한 특수 제품 공급이 활발해 짐.
	- 주로 비전기 기반 로봇시스템에 의한 검사공정의 자동화가 활발히 도입됨	- 비전중심의 검사공정 뿐 아니라 힘센싱기반의 상태판단 및 조립기능(검사를 위한 커넥터 결합, 결합상태 확인 등)이 필요한 검사공정에도 로봇도입이 활발히 이루어짐.	- 모바일 IT제품의 제조공정(볼팅, 테이핑, 조립, 분해, 분당)에 로봇이 본격적으로 적용되기 시작함.
	- 모바일 IT제품의 제조공정(볼팅, 테이핑, 조립, 분해 등)에 일부 로봇이 적용되기 시작함.	- 모바일 IT제품의 제조공정(볼팅, 테이핑, 조립, 분해, 분당)에 로봇이 본격적으로 적용되기 시작함.	- 모바일 IT제품의 제조공정(볼팅, 테이핑, 조립, 분해, 분당)에 로봇이 본격적으로 적용되기 시작함.
	- 가전제품의 제조공정(볼팅, 드릴링, 조립, 포장 등)에 일부 로봇이 적용되기 시작함.	- 가전제품의 제조공정 특히 작업자와 동일한 제조환경(컨베이어 벨트상에서 흘러가는 제품 제고 공정)에 투입 가능한 제조로봇(비주얼서보제어, 협업안전기능 탑재)이 본격적으로 투입되기 시작함.	- 로봇중심의 자동화 설비 운용으로 과거와 달리 생산설비의 재구성이 용이해 짐에 따라 최종 완성품을 생산하는 대기업 뿐 만 아니라 전자제품의 부분품을 납품하는 하청 기업들의 생산라인에도 로봇에 의한 자동화가 적극 도입됨.

▶ 단기(5년), 중장기 (10/15년) 전망 : 기술수준의 전망

	5년 전망	10년 전망	15년 전망
조립로봇 기술	- 파지 압력뿐 아니라 슬립 감지가 가능한 2지, 3지 그리퍼 기술 구현	- 파지 후 조립과정에서의 파지 상태 변화 인식이 가능한 그리퍼 기술 구현	- 조립과정에서 발생한 파지 상태의 변화를 복구할 수 있는 그리퍼 기술 구현
	- 다중 암의 협조제어에 의한 지그리스 조립기술 구현 - 이를 기반으로 컨베이어 상의 지그가 없는 부품의 조립기술 구현	- 힘센싱 및 피드백에 의한 조립을 넘어서 실시간 시각정보 피드백을 통해 조립상태를 실시간으로 판단하는 기술 구현 - 그리퍼 말단에서 힘으로 느끼고 시각센서로 작업을 관찰하면서 조립작업을 완성하는 기술의 초기단계 구현	- 인간의 조립작업과 유사하게 그리퍼 말단에서 힘으로 느끼고 시각센서로 작업을 관찰하면서 조립작업을 완성하는 기술의 최종 완성
	- 제한된 환경 하에서는 케이블이 연결된 부품의 조립이 가능하게 됨 (유연 케이블의 인식이 가능한 비전기술 기반)	- 일반 환경 하에서 케이블이 연결된 부품의 조립이 가능하게 됨 (유연 케이블의 실시간 인식이 가능한 비주얼 서보기술 기반)	- 인간과 유사하게 양팔로봇에 의해서 케이블 핸들링/조립 작업의 지그리스 조립 기술 구현 (유연 케이블의 실시간 인식이 가능한 비주얼 서보기술과 양팔에 의한 지그리스조립기술의 통합)
	- 로봇이 조립을 수행할 수 있도록 조립전략을 쉽게 생성하는 기술 구현	- 로봇이 조립을 수행할 수 있도록 조립전략을 자동으로 생성하는 기술 구현	- 작업자가 조립작업의 시범을 보이면 이로부터 취득된 데이터로 로봇이 수행한 조립전략이 자동으로 생성되는 기술 구현 - 기계학습기술이 접목되어 조립과정의 데이터를 축적하고 학습하여 작업이 반복될수록 조립성능이 향상 - 인간의 조립능력에 필적하는 조립기술 구현

	5년 전망	10년 전망	15년 전망
협동로봇 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇의 사용상의 안전을 담보하기 위한 부가적 장치 (펜스, 발판, 스위치 등)를 포함하여 ISO/TS15066에 부합하는 안전로봇 시스템 기술 구현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇의 사용상의 안전을 담보하기 위한 부가적 장치 (펜스, 발판, 스위치 등) 없이 로봇 단독으로 ISO/TS15066에 부합하는 안전로봇 기술 구현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인간의 팔과 같이 어떠한 상황에서도 안전을 담보할 수 있는 근육형 구동기 (초경량 구동기, 유연 구동기) 기반의 원천적 안전 로봇 기술 (ISO/TS15066의 안전 기준을 넘어서는 극한의 안전기술)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기구적/설계적 솔루션에 의한 안전기술 구현센서리스 충돌감지감도의 향상</li> <li>- 시각정보에 의한 충돌 감시 및 회피기술 초기단계 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기구적/제어적/시각정보에 의한 근원적 안전기술 개발 (근접 배치 상황에 별도의 추가 센서 없이 어떠한 상황에서도 충분한 안전이 보장되는 안전로봇 기술 구현)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고속 운전에서도 안전한 초저동력/초경량 안전로봇의 구현</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 용접, 그라인딩 등 다양한 공정에 대한 비 숙련가의 쉬운 사용이 가능한 직관적 I/F (직관적 단말기, 직접 교시 등) 기술 구현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 공정에 대한 비 숙련가의 쉬운 사용이 가능한 직관적 I/F (직관적 단말기, 직접교시, 음성 교시명령, 제스처 교시명령, 바이오신호 교시명령 등) 기술 구현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정밀 위치가 필요하 작업, 정밀 힘제어가 필요한 작업에도 적용 가능한 Teaching by Demonstration 기술 구현 (조립작업 자동화에 적용 가능한 수준 도달)</li> </ul>

## 〈 조직위원 명단 〉

순번	성명	소속	직위/직책
1	박찬훈	한국기계연구원	책임연구원
2	박동일	한국기계연구원	선임연구원
3	경진호	한국기계연구원	책임연구원
4	도현민	한국기계연구원	책임연구원
5	김계경	ETRI	책임연구원
6	남경태	생기원	수석연구원
7	김동혁	현대중공업	상무
8	신우철	로보스타	상무
9	김경환	NTRobot	CEO
10	박종훈	뉴로메카	CEO
11	홍영기	로보테크	전무
12	오진호	라온테크	부사장
13	김연호	DSTRobot	소장
14	정용복	한화테크윈	부장





### Ⅲ-1. 물류·농업 로봇





# 1) 개요

## ▶ 물류로봇의 개념 및 적용분야

- (개념) 물류센터, 공장 등에서 IoT 기술과 자율주행 등 로봇 기술 및 학습을 통한 환경·상황인식, 스케줄링 등 인공지능 기술의 융합을 통한 물류 효율 향상을 목적으로 하는 로봇시스템으로 물품의 포장·분류·적재 및 이송과정에 주로 활용
  - ※ 본 로드맵에서는 물류이송을 위한 드론, 무인 트럭/밴에 대한 내용은 다루지 않음
  - (중요성) 구글, 아마존, DHL 등 세계적 기업들이 물류혁신을 위한 로봇 기술을 도입하고 있으며, 물류 효율이 각국의 산업 경쟁력을 좌우하는 등 물류 산업이 미래핵심 산업으로 등장
- (적용분야) 물류센터, 공장물류, 병원·요양원·호텔 등 대형건물에서의 물류이송, 재고관리 등

## ▶ 농업로봇의 개념 및 적용분야

- (개념) 로봇기술을 이용하여 작물의 성장환경에 대한 모니터링 같은 단순 작업부터 작물의 상태에 따라 다양한 작업이 가능한 농업용 서비스 로봇
  - (중요성) 농업시장의 글로벌화에 따른 경쟁력 향상을 위해 영농의 규모화, 단순·고역노동 및 인력 요구도가 높은 부분의 로봇기술 개발 절실
- (적용분야) 제초, 방제, 이송, 수확, 모니터링, 파종, 접목, 이식, 비료·퇴비 살포 등
- 농업로봇의 특징

〈산업용 로봇과 농업로봇의 특징 비교〉

항목	산업용 로봇	농업로봇
작업대상의 균일성	균일	불균일
작업대상의 규격화 가능성	가능	불가능
작업대상에 따라 로봇 재배치	가능	대부분 불가능
이동기능의 필요성	거의 불필요	대부분 필요
환경제어의 용이성	용이	곤란
주행노면	대부분 포장된 평탄지	불규칙한 노면, 경사지
사용자의 자본 정도	대자본	소자본
연간 가동일수	연중 사용가능	계절적 작업성
전담 오퍼레이터	배치 가능	배치 불가능
안전을 위한 금지구역 설정	설정 가능	설정 곤란

※ 출처 : 농업로봇 기술동향과 산업전망(2015.12)

[ 물류로봇의 유형 및 본 로드맵 포함 범위 ]



※ 출처 : “Robotics in Logistics: A DPDHL perspective on implications and use cases for the logistics industry”, 2016, DHL Trend Research

## 2) 국내외 시장 동향

### ▶ 세계 시장 동향 및 전망(물류로봇)

#### ● 세계시장 동향

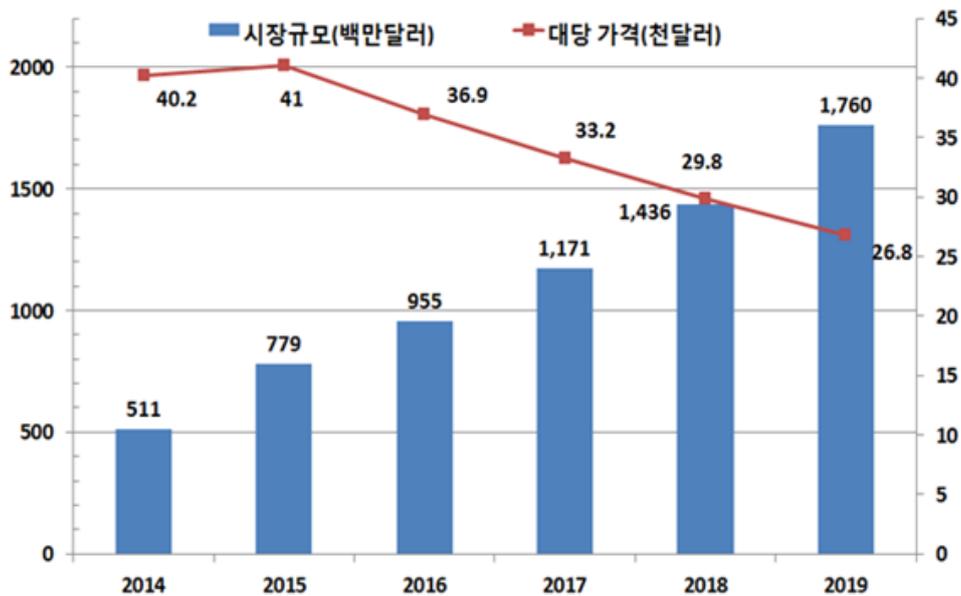
- 2016년 ~ 2019년 예상 판매대수 기준으로 물류로봇은 전문 서비스 로봇의 53%를 차지하여 전문 서비스 로봇 중 가장 유망한 분야(출처: IFR 2016)

〈물류로봇 세계시장 규모〉

	2014	2015	2016 ~ 2019				CAGR
			2016	2017	2018	2019	
판매 대수(천대)	12.7	19.0	175 (25.9) (35.3) (48.1) (65.6)				(36.3%)
제조환경 물류로봇 대수 (천대)/비중	2.16/ 17.1%	3.41/ <b>17.9%</b>	20.65/ <b>11.8%</b> (4.0/ 15.6%) (4.7/ 13.4%) (5.5/ 11.5%) (6.5/ <b>9.8%</b> )				(17.3%)
비제조환경 물류로봇 대수 (천대)/비중	10.41/ 82.9%	15.52/ <b>82.1%</b>	154/ <b>88.2%</b> (21.7/ 84.4%) (30.4/ 86.6%) (42.5/ 88.5%) (59.5/ <b>90.2%</b> )				(39.9%)
시장 규모 (백만달러)	511	779	5,325 (955) (1,171) (1,436) (1,760)				(22.6%)
대당 판매 가격 (달러)	40,236	<b>41,000</b>	30,429 (36,879) (33,172) (29,838) ( <b>26,839</b> )				(-7.8%)

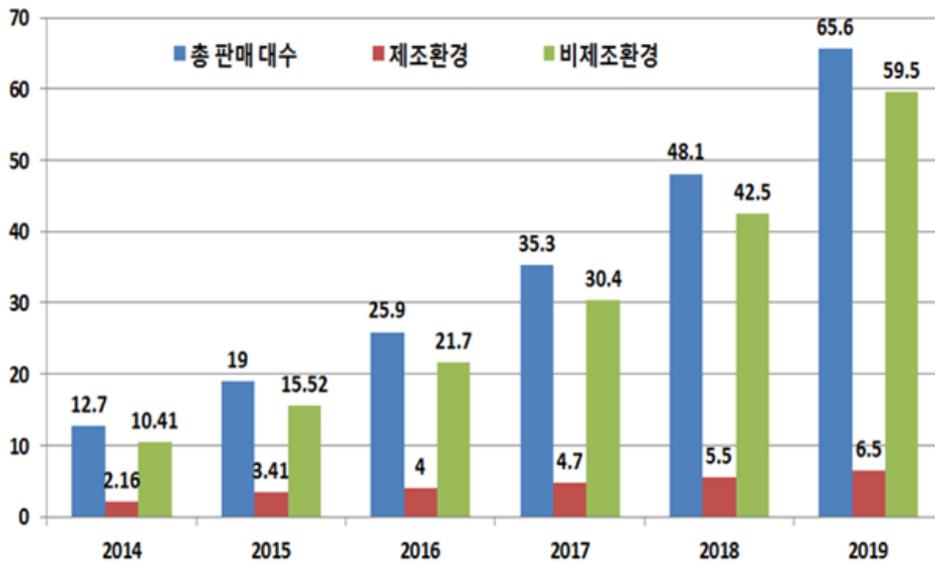
※ 출처 : IFR 2016 (로봇신문사 자료에서 재인용, 괄호안은 IFR의 자료로부터 추정)

[물류로봇 세계시장 규모 및 단위 가격]



※ 출처 : IFR 2016의 자료를 기초로 자체 작성(대당 가격은 시장규모 및 판매 대수로부터 추정)

[ 제조환경 및 비제조환경 물류로봇 판매 대수 ]



※ 출처 : IFR 2016의 자료를 기초로 자체 작성(2016~2019년 년도별 판매대수는 총 예상판매대수에서 추정)

- 물류로봇은 2015년 7.8억불(1.9만대) 규모에서 2016년 ~ 2019년 53.3억불(17.5만대) 규모로 연평균 22.6%(36.3%) 고성장이 예상되며, 2019년의 시장은 2015년 대비 판매대수 기준 약 340%, 시장규모 기준 약 220% 성장 예상
- 2015년 기준 제조환경 대 비제조환경 물류로봇 비중은 각 17.9%, 82.1%에서 2019년에는 약 10%, 90% 정도로 비제조환경 물류로봇의 비중이 지속적으로 증가할 것으로 예상

\* 제조환경 물류로봇 : 공장물류 로봇, 비제조환경 물류로봇 : 물류센터, 병원·대형건물·요양원 등에서의 물류이송 로봇

- 물류로봇의 대당 판매 가격은 2019년 약 27,000달러로 2015년 가격 41,000달러의 70% 이하 수준으로 하락할 것으로 예상
- 2015년 기준 아시아 태평양(40.5%), 유럽(32.2%), 북미(24.7%)의 순으로 시장 규모를 형성하고 있으며 전세계적으로 고른 성장세가 예상되나, 물류로봇의 생산지 비중은 북미(81.1%), 아시아 태평양(10.7%), 유럽(8.1%) 순으로 북미 편중 현상이 심한 편

● 시장 전망

- IFR의 시장전망에 따르면 향후 물류로봇은 물류센터, 대형건물 등 비제조환경 물류로봇을 중심으로 성장할 것으로 예상

- 특히, 온라인 쇼핑의 급증으로 물류센터에서의 물류로봇 채택이 크게 증가할 것으로 예상되며, 인력부족 문제에 대한 대응 및 물류센터의 효율 향상을 위해 24시간 무인작업이 가능한 물류로봇이 물류기업에 의해 요구되고 있음

## ▶ 국내 현황 및 경쟁력(물류로봇)

### ● 국내시장 동향

- 국내 물류로봇 시장 규모는 2013년 66억 원에서 연평균 13.1% 성장하여 2018년에는 126억 원에 달할것으로 전망(출처: 한국로봇산업진흥원, 2015)
- 이 전망치는 국내 물류로봇 시장이 제대로 형성되지 않은 현재 시장규모를 기준으로 예측한 것으로 국내 물류업체들이 물류로봇의 도입에 적극적이기 때문에 실제 국내 물류로봇 시장규모 및 성장률은 이보다 더 높을 것으로 예상
- \* 2014년 국내 물류시장은 총매출이 91.7조원이었으며, 글로벌 물류 경쟁력 순위는 2007년 25위에서 2011년~2014년 21위로 상승하였음. 국내 대형 물류기업들은 물류 프로세스의 혁신을 위해 물류로봇 도입을 적극 준비 중

### ● 물류로봇의 국제 경쟁력

- 2015년 기준 세계 물류로봇의 81.1%가 북미 지역에서 생산되고 있으며, 우리나라의 물류로봇 시장 규모는 전세계 시장의 0.1% ~ 0.2%에 불과할 정도로 아직 시장을 형성해가고 있는 초기 단계임
- 시장 점유율을 고려할 때 현재를 기준으로 국내 물류로봇의 국제 경쟁력은 상당히 취약한 상태로 진단되며, 향후 90% 이상의 점유가 예상되는 비제조환경 물류로봇의 차세대 기술개발을 통한 시장 점유율 향상이 필요함
- 물류산업 측면에서는 국내 1위 기업인 CJ대한통운의 매출은 4.3조원으로 세계 1위 기업인 DHL의 5.8%에 불과한 실정임. 스마트 물류기술 개발을 통한 국내 물류산업의 경쟁력 향상을 위해서도 물류로봇 분야에서 기술 및 산업 경쟁력 제고가 절실한 시점임

## ▶ 세계 시장 동향 및 전망(농업로봇)

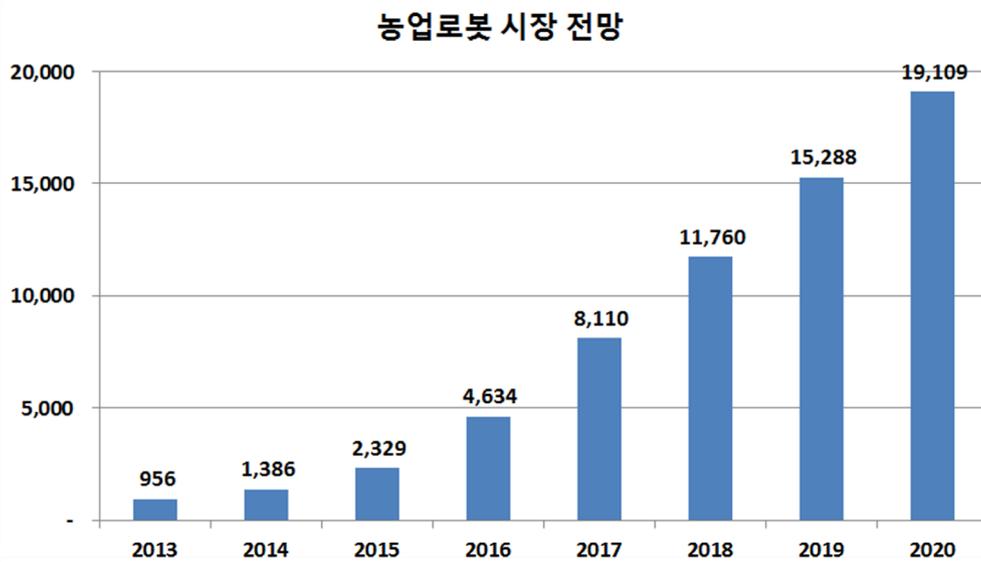
### ● 세계 시장 동향

- 농업로봇 시장은 2013년 9억불 규모였고, 2020년까지 191억불까지 급속하게 증가할 것으로 기대. 대상은 주로 제초, 방제, 이송, 수확 로봇이 될 것으로 예상

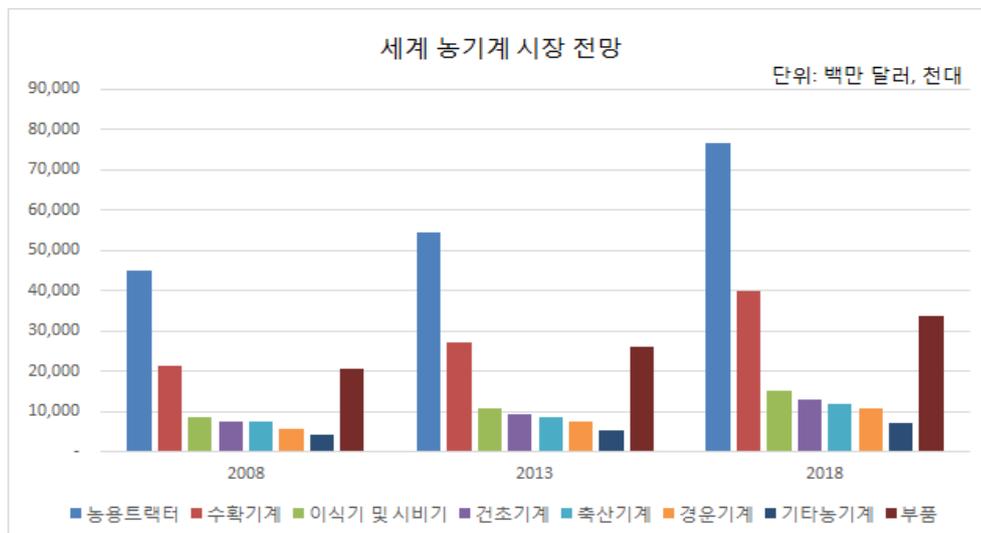
(출처: KEIT PD 이슈 리포트, 2016.03)

- 2012년 세계 필드 농업용 농기계 시장규모는 560억불 정도로 로봇 시장의 65배 이상이며 세계 TOP 3 제조사가 이들 시장의 70%이상을 점유하고 있고 이 중 20% 정도는 로봇기술이 적용되어 지능화된 트랙터, 콤파인, 임베디드 로봇 형태로 진화(출처: WinterGreen Research, 2014)
- 세계 농기계 시장규모는 트랙터(37%), 수확기계(18%), 이식기 및 시비기(7%) 순임

[ 농업로봇 시장 전망 (WinterGreen Research, 2014) ]



[ 세계 농기계 시장 전망 (KERI, 세계농업 174호, 2015.02) ]



● 시장 전망

- 미래 농기계 시장은 아시아·태평양 국가들이 이끌 것으로 전망되며, 2023년 아태 지역이 세계 농기계 시장의 70%를 점유할 것으로 예상. 2018년 세계최대 농기계 시장은 중국으로 북미와 서유럽 시장규모를 상회(출처: The Freedom Group, Inc. World Agricultural Equipment, 2014.07)
- 북미와 유럽은 농업기계화가 상당부분 달성되어 시장 확대에 한계가 있는 반면 아태 지역과 중남미, 동유럽, 아프리카·중동 등은 농업기계화 초창기 국가들이 많아 성장 가능성이 높음
- 농업로봇 시장도 농기계 시장과 유사한 제품, 지역에서 성장세가 높을 것으로 예상되어 아태 지역에서 제초, 방제, 이송, 수확 로봇이 유망할 것으로 전망됨

〈 주요 농기계의 지역별 시장 비중 〉

분류	지역	2008	2013	2018	2023
트랙터	북미/서유럽	46.4	37.1	32.6	29.7
	아시아/태평양	31.7	<b>42.4</b>	<b>46.0</b>	<b>48.5</b>
	기타	22.0	20.5	21.4	21.8
수확기	북미/서유럽	44.4	39.2	34.6	32.1
	아시아/태평양	29.9	<b>39.3</b>	<b>44.0</b>	<b>46.8</b>
	기타	25.7	21.5	21.3	21.1
이식/시비기	북미/서유럽	36.0	30.4	26.3	23.4
	아시아/태평양	41.5	<b>49.5</b>	<b>52.4</b>	<b>54.9</b>
	기타	22.4	20.1	21.3	21.7

※ 출처 : The Freedom Group, Inc. World Agricultural Equipment, 2014.07

▶ 국내 현황 및 경쟁력(농업로봇)

● 국내 시장 동향

- 2013년 국내 농기계 시장 규모는 1조원 내외로 대부분 국내 농업환경에 적합한 중소형 규모의 수동 조작 농기계가 대부분을 차지
- 국내 농기계 시장은 1990년대 중반 이후 정체된 상태이며, 국내 기업들은 수출을 통한 시장확대를 적극 모색하여 2013년에는 내수 시장과 비슷한 규모의 수출을 달성함(출처: 농기계산업의 발전 및 수출확대 방안 토론회 자료집, 2014.10)

- 국내 농업로봇(축산 포함) 시장 규모는 2013년 14억원, 2014년 5억원으로 시장 초기 단계(출처: 로봇산업실태조사, 한국로봇산업진흥원, 2015)

#### ● 농업로봇의 국제 경쟁력

- 국내 농업로봇 분야도 초기시장 형성단계로 국제 경쟁력은 상당히 취약한 상태로 진단되며, 향후 점유율이 가장 높을 것으로 예상되는 농업용 트랙터의 로봇화 또는 제초/방제/이송 등을 위한 중소형 농업로봇, 수확로봇 등에서 차세대 기술개발을 통한 시장 점유율 향상이 필요함
- 국내 기술은 IT와 로봇기술의 접목이 매우 늦은 형편이지만 농작업의 특성상 환경적 요인을 고려하면 한중일/동남아/인도/남미 등을 타겟으로 한 중소형 스마트 농업로봇 관련 기술력을 빠르게 확보할 수 있을 것임

### 3) 관련 기술 동향

#### ▶ 물류로봇 관련 기술 동향

##### ● 물류센터/공장물류 로봇 관련 기업 현황 및 특징(해외)

- (시장) 대부분의 기업이 물류센터 적용을 우선 목표로 제품 개발
- (고객) 유통/전자상거래/대형마트, 반도체/전자/자동차/항공, 가구업체 등
- (목적) 주로 오더 피킹\* 목적으로 사용, HikVision의 경우 택배 분류 작업에 활용

\* 고객의 주문에 따라 물품을 보관 장소에서 찾아내어 각 배송처별로 분류하고 정리하는 것. 로봇이 피킹 작업자(피커)에게 이동하면 피커가 로봇의 바구니에 주문한 물품을 담고 물류로봇이 목적지로 이동하는 형태 또는 물류로봇이 피커를 따라 다니면 피커가 로봇에 물품을 담는 형태 등으로 응용됨

\* 현재 사람이 카트를 끌고 이동하면서 주문 물품을 보관 장소에서 찾아서 직접 담는 수작업 형태가 가장 일반적인 형태임(물류센터 작업의 80%가 수작업 형태로 운영)

- (기능) 자율주행, 피커 추종, 다중로봇 운영 최적화, WMS(Warehouse Management System) 연동

〈물류센터/공장물류 로봇 관련 해외 기업 현황〉

기업(국가)	주요 특징
<p>아마존 로보틱스 (미국)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주 사업 영역: 물류센터</li> <li>• 누적 4.5만대 로봇 운영으로 비용 80% 절감</li> <li>• 물건 처리시간이 90분에서 15분으로 단축</li> <li>• 인간-로봇 협업 및 다중로봇 최적 스케줄링</li> <li>• 최대 340kg 적재, 6.4km/h (1.78m/s) 속도</li> </ul>
<p>ADEPT (미국)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업영역: 공장물류(반도체/전자/자동차 등), 물류센터, 음식, 의료 등</li> <li>• 전세계에 3만대 이상의 로봇 설치</li> <li>• 2015년에 일본 오므론(Omron)에서 인수</li> </ul>
<p>6RS(6 River Systems) (미국)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물류 창고 로봇 Chuck 개발, 높이 조정 가능</li> <li>• 터치 스크린 탑재(담아야 할 물품 이미지, 개수, ID, 작업자 이동 방향 등 표시)</li> </ul>
<p>로커스 로보틱스 (미국)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quiet Logistics에서 분사, LocusBot \$35,000</li> <li>• 고객: Quiet Logistics, 자동차 부품 업체, 가정용품 업체, DHL</li> <li>• Quiet Logistics는 로봇 도입 후 작업자의 이동거리가 22.53km에서 8.04km로 단축, 물품의 선택과 패키징 작업의 정확도 향상</li> </ul>
<p>Clearpath Robotics (캐나다)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율주행 창고 로봇 OTTO 개발 및 사업화</li> <li>• OTTO-1500(2015년, 최대 1,500kg)</li> <li>• OTTO-100(2016년, 최대 100kg)</li> </ul>
<p>CIMCORP (캐나다)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 천정 레일을 통해 상하좌우로 이동하는 물류자동화 시스템으로 일종의 AS/RS(Automated Storage and Retrieval System) 시스템</li> <li>• 주요고객: 화장품, 식음료, 타이어 기업</li> <li>• 국내 도입 기업: 서울우유, 남양 등</li> </ul>
<p>Mobile Industrial Robots (덴마크)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MiR100: 최대 100kg, 운영 10시간, 1.5m/s, 산업/물류/의료분야에서 소량 물품 실내 배송</li> <li>- 주요고객: 에어버스, 보잉, 하니웰, 미쉐린, P&amp;G, 토요타, 월마트 등 30개국 글로벌 기업</li> <li>• MiR200: 최대 200kg, 정전기 방전(ESD) 규격 외장으로 전자조립 응용에 적합</li> </ul>
<p>GreyOrange Robotics (인도)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인도 물류 자동화 시장의 90% 점유</li> <li>• 이송로봇 버틀러(Butler): 400~500개/시간</li> <li>• 물품 분류(Sorter) 로봇: 300만개/일</li> <li>• 일본 최대 가구 체인에 버틀러 공급</li> </ul>

기업(국가)	주요 특징
Hikvision (중국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HIKRobot: 5kg, 3m/s, 8시간/1.5시간 충전</li> <li>• 중국 물류회사 신통택배(STO Express, 중국택배 1위)에 적용, 하루 20만개 소포 처리</li> <li>• 택배 분류 작업을 로봇이 처리</li> </ul>

○ 피킹(Picking) 기능을 가진 물류로봇 관련 기업 현황 및 특징(해외)

- (단계) 로봇이 직접 물품을 집어서 담는 피킹 기능은 프로토타입 개발 및 시범 적용 단계
- (유형) 피킹 로봇과 이송 로봇의 쌍으로 구성되어 온라인 주문시 주문 물품을 피킹 로봇이 피킹하여 이송 로봇이 포장대까지 운반하는 역할
- (장점) 확장성, 유연성, 경제성, 24시간 운영 가능
  - 로봇이 직접 물건을 피킹하기 때문에 기존 창고 환경에 변화를 최소화하면서 도입하여 24시간 운용 가능
  - AS/RS(Automated Storage and Retrieval System)와 같은 자동화 창고, DPS(Digital Picking System), 컨베이어 등을 도입하는 것에 비해 저렴
  - 확장성(Scalability)과 유연성(Flexibility): 순차적 도입이 가능하여 중소 규모의 유통업체에도 적합

〈 피킹 기능을 가진 물류로봇 관련 해외 기업 현황 〉

기업(국가)	주요 특징
Fetch Robotics (미국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피킹로봇 Fetch, 이송로봇 Freight(최대 68kg)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freight500, Freight1500 (숫자: 적재 용량)</li> </ul> </li> <li>• 주문 접수시 Fetch와 Freight가 창고에서 해당 물건을 바구니에 넣어 포장대까지 운반</li> <li>• 다중로봇 관리 SW: Fetchcore</li> </ul>
InVia Robotics (미국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피킹로봇 GrabIt, 이송로봇 TransIt</li> <li>• GrabIt: Suction 방식, 14kg</li> <li>• RaaS(Robot as a Service) 도입: 10센트/피킹</li> <li>• 고객: 온라인 사무용품 판매업체 LD Products Inc.</li> </ul>
Right Hand Robotics (미국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harvard, Yale, MIT 연구자들이 공동 개발</li> <li>• 사람과 비슷한 시간당 500~600개의 아이템을 집을 수 있는 RightPick 기술</li> <li>• 플라스틱으로 포장된 물건, 다른 물건에 의해 부분적으로 가려진 물건을 인식하는 문제 해결</li> </ul>

- 병원·요양원·호텔 등 대형건물에서의 물류이송 로봇 관련 기업 현황 및 특징(해외)
  - (현황) 병원·요양원을 중심으로 소형(의약품/검체), 중대형(식사/린넨) 물품 이송 중심으로 사업화가 되었으며, 시장이 확대되고 있는 중. 호텔에서는 Savioke가 Relay 로봇으로 초기 시장 개척 중
  - (특징) 자동문, 엘리베이터 연동 기능이 필요하며, 사람들이 존재하는 Public 공간에서 운영되어 중저속으로 이동하는 것이 특징

〈 대형 건물에서의 물류이송 로봇 관련 해외 기업 현황 〉

기업(국가)	주요 특징
AETHON (미국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원에서 의약품, 검체, 식사, 린넨 등의 배송을 주목적으로 하는 로봇 TUG</li> <li>• 최대 450kg, 10시간</li> <li>• 미국/유럽/호주 등 전세계 150개 이상 병원에서 500대 이상 로봇 운영(2013년)</li> <li>• 자동문 연동, 엘리베이터를 이용한 층간 이동</li> </ul>
Swisslog (스위스) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원물류로봇 TransCar(고중량 물품, AGV), RoboCourier(실험실 표본, 의약품 등 운반) 개발 및 사업화</li> </ul>
Savioke (미국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 호텔 등에서 스낵, 타월 등 각종 서비스 용품을 배달하는 로봇 Relay 개발</li> <li>• 미국 내 호텔에서 30대 이상이 사용 중</li> </ul>
파나소닉 (일본) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원내 의약품 및 기타 용품 운반용 로봇 HOSPI-R 개발</li> <li>• 로봇 무게 170kg, 연속 운영 시간 9시간, 최대 20kg 적재, 1.0m/s 속도</li> </ul>

- 라스트 마일 배송 로봇 관련 기업 현황 및 특징(해외)
  - (현황) 일부 해외 스타트업 및 드론 업체를 중심으로 최종 소비자에게 음식을 배송하는 서비스 중심으로 제품 테스트 단계
  - (특징) 국토가 넓은 해외에서 제품 테스트가 진행되고 있으나 아파트 중심의 국내에서는 업체들이 많은 관심을 가지지 않는 분야

● 재고관리 로봇 관련 기업 현황 및 특징(해외)

- (목적) 물류센터 또는 대형 마켓, 소매점에서 재고 파악 중심의 관리
- (특징) 제품 테스트 단계이며, 독일 Magazino의 경우 물류센터에서 재고 파악 뿐 아니라 재고 관리를 위한 물리적인 작업도 수행

〈ラスト 마일 배송 로봇 관련 해외 기업 현황〉

기업(국가)	주요 특징
Starship Technologies (미국)  	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보행로를 따라 이동하는 실외 배송 로봇</li> <li>• 최대 9kg, 5-30분 거리 배송</li> <li>• 제품 테스트 단계</li> </ul>
Dispatch (미국)  	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실외 배달용 로봇 Carry, 최대 45kg</li> <li>• 보행로, 산책로, 자전거 도로 등으로 이동</li> </ul>
Marathon Targets(호주)  	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피자 배달로봇 프로토타입 DRU(Domono's Robotic Unit)</li> <li>• 도미노 피자과 호주 스타트업 Marathon Targets가 공동 개발</li> </ul>

〈재고 관리 로봇 관련 해외 기업 현황〉

기업(국가) 및 주요 특징		
Lowe's (미국) 	Magazino (독일) 	후지쯔(일본) 
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 매장 고객 응대/광고, 재고 관리 로봇</li> <li>• LoweBot (OSHBot)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물류센터 재고 관리 로봇 토루 (TORU)</li> <li>• 선반에 박스 적재, 빼기, 옮기는 작업 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대형 마켓에서의 재고 관리 로봇 메이티(MATEY)</li> <li>- 결품 파악 및 보충 물품의 종류, 위치 통보</li> </ul>

● 물류로봇을 위한 공통 솔루션 관련 기업 현황 및 특징(해외)

- (특징) 기존 유인 운전 시스템에 자율주행을 위한 센서 모듈 및 SW를 장착하여 로봇화를 하는 솔루션 업체. 직접 교시를 통한 주행학습 기술, 실제 환경에서 사용하며 지속적 학습을 통해 로봇이 스스로 최적의 주행기술을 학습하는 기술 등 연구 중심의 업체

〈물류로봇을 위한 공통 솔루션 관련 해외 기업 현황〉

기업(국가)	주요 특징
Seegrid (미국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CMU에서 개발한 기술을 바탕으로 무인자율주행을 위한 비전 시스템(3D Vision 기반 Navigation SW)을 개발</li> <li>• Seegrid 솔루션 + 지게차 → 무인 지게차 (VGV: Vision Guided Autonomous Vehicle)</li> <li>• 직접 교시: 작업자가 승차하여 경로를 주행하여 학습</li> <li>• 고객: 아마존, 월플, BMW, JAGUAR, VOLVO, Walgreens, United States Postal Services 등 제조·유통·물류회사</li> </ul>
Brain Cooperation (미국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 훈련(Training)에 기반한 ‘로봇 운영 시스템(Brain OS)’ 제공, 훈련을 거듭하면서 로봇이 스스로 학습: 자율주행을 위한 인공지능 시스템 개발에 특화</li> <li>• 인공지능 Brain ‘EMMA’(Enabling Mobile Machine Automation)</li> <li>• 기존 기계 + EMMA → 자율주행 기계</li> </ul>

● 물류센터/공장물류 로봇 관련 기업 현황 및 특징(국내)

- (현황) 물류센터/창고를 위한 자동화 솔루션 기업이 주를 이루고 있으며, 해외에서 사업화가 이미 진행된 자율주행, 피커 추종, 다중로봇 운영 최적화, WMS 연동 등의 기능을 가지는 물류로봇은 아직까지 기술개발 및 시험 단계
- (전망) 전문 물류기업 주도하에 기존 인프라에 변화를 주지 않거나 최소화하면서, 24시간 작업이 가능한 물류로봇의 단계적 도입 추진이 예상됨
- 한화(기계부문), 칼텍, 한성웰텍, 엔스퀘어 등 다수기업이 물류센터/창고를 위한 자동화 솔루션 사업화
- CJ대한통운 종합물류연구원에서 자율주행 물류로봇(최대 500kg, 1m/s)을 개발(전자부품연구원/KAIST/엔스퀘어 공동개발)하여 물류센터에서 시험 중
- 코어벨은 박스별로 해당하는 팔레트에 구분 적재하는 구분 적재 로봇 시스템 및 물류이송에 사용되는 무인운반차(최대 250kg/500kg)를 개발하여 로봇 보급

사업 수행

- 마로로봇테크는 QR 코드 인식형 물류로봇 MR.Logi, 포테닛은 자율 주행 기술 기반의 제품 판매

〈물류센터/공장물류 로봇 관련 국내 기업 현황〉

분류	관련 기업			
물류센터/ 창고 자동 화 솔루션	한화(기계부문)	칼텍	한성웰텍	엔스퀘어
				
물류로봇	CJ대한통운	코어벨	마로로봇테크	포테닛(주)
				

- 병원·요양원·호텔 등에서의 물류이송 로봇 관련 기업 현황 및 특징(국내)
  - (현황) 병원·요양원을 중심으로 소형(의약품/검체), 중대형(식사) 물품 이송 형태로 기술개발이 되었으며, 시장 개척 단계
  - (특징) 자동문, 엘리베이터 연동 및 중저속(1m/s) 이동
  - 유진로봇은 병원, 노인간병 시설, 푸트코트 등에서 활용할 수 있는 운반 로봇 ‘GoCart’ 개발: GoCart 1.0(60kg 이하), GoCart 2.0(최대 300kg), 엘리베이터를 이용한 층간 이동이 가능
  - NT로봇은 의료검체 무인운반로봇(Sbot, 최대 80kg, 1m/s 속도)을 개발하여 국내외 보급사업 수행

〈병원·요양원·호텔 관련 국내 기업 현황〉

분류	관련 기업	
병원 요양원 물류이송 로봇	유진로봇	NT로봇
		

● 기타 국내 R&D 및 물류업체 특징

- 피킹 기능을 가진 물류로봇, 재고관리 로봇 관련 없체는 없음
- 라스트 마일 배송 관련하여 일부 업체에서 드론을 활용한 물품 배송을 테스트 하고 있으나 실외 주행 형태의 제품은 없음
- 물류로봇을 위한 모듈화된 공통 솔루션 형태의 기술 개발은 아직까지 진행되지 않음

▶ 농업로봇 관련 기술 동향

● 해외 기업/대학 동향

- 노지농업용 로봇은 트랙터, 콤바인 등 전통 농기계와 로봇기술의 융합을 통해 새로운 로봇 농기계 형태로 진화해 가고 있으며, 글로벌 농기계 시장에서 비중을 확대 중
- 연구 및 초기 상용화 수준에서는 제초, 방제, 이송, 수확, 시비로봇 등이 시도 되고 있으나, 본격적인 상용화는 이루어지지 않고 있음

〈농업로봇 관련 해외 주요 농기계 업체 동향〉

기관(국가)	주요 특징
존디어 (미국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세계 농기계 시장 1위, 2013년 농기계 매출 257억불</li> <li>• 자율주행 가능한 다목적 차량 및 트랙터</li> <li>• 전기 트랙터 SESAM: 4시간, 주행거리 55km</li> </ul>
CNH Industrial (영국) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세계 농기계 시장 2위, 2013년 농기계 매출 159억불</li> <li>• 자율주행 트랙터 시제품 및 원격 모니터링 장치</li> <li>• 사용하기 쉬운 트랙터/수확기/이앙기 등에 대한 스마트 운전보조시스템 등 로봇기술의 점차적 확대</li> </ul>
KUBOTA (일본) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세계 농기계 시장 4위, 2013년 농기계 매출 60억불</li> <li>• 자율주행이 가능한 트랙터(지도제작), 콤바인/ 이앙기 (트랙터가 제작한 지도 활용) 공개 및 경작·모내기·수확 시연(2017.01)</li> <li>• 2020년 완벽한 자율주행 실현 목표</li> </ul>

## 〈농업로봇 관련 기타 해외 기업/대학 동향〉

기관(국가)	주요 특징
Cemagref (프랑스) Abundant Robotics (미국) Cal State Fresno (미국) 플로리다 대학 (미국) 오카야마 대학 (일본) Silsoe 연구소 (영국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사과, 포도, 오이 수확 로봇</li> <li>• 사과 수확 로봇</li> <li>• 오렌지 수확 로봇</li> <li>• 오렌지 수확 로봇</li> <li>• 오이, 포도, 딸기 수확 로봇</li> <li>• 양송이 수확 로봇</li> </ul>
Silsoe 연구소 (영국) 알버그 대학 (덴마크)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제초 로봇</li> <li>• 제초 로봇</li> </ul>
ISO Group (네덜란드)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 완전자동 접목로봇. 대목과 접수의 규격, 형상 등에 상관없이 자동접목 구현, 시간당 1,000주</li> </ul>
CMU (미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노지용 농업용 이송로봇, 화훼용 작업 로봇</li> </ul>

## ● 국내 기업/대학 동향

- 전통적인 로봇업체 주도의 기술개발이 아닌 기존 농기계 전문 산업체의 제품 군들에 대한 자동화, 무인화, 지능화 과정에서 로봇 기술이 접목
- 본격적인 로봇 기술의 적용은 아직 이루어지고 있지 않으며, LS엠트론이나 대동공업과 같은 기존 농기계 전문 업체가 로봇 기술을 적용한 스마트 트랙터 등에 관심을 보이고 있는 상황
- LS엠트론, 동양물산, 국제종합기계, 아세아텍, 대동공업 등 주요 생산업체에서 트랙터, 콤파인, 이앙기 등 대형 농기계의 80%를 생산
- 농촌진흥청, 중소기업, 대학 등에서 자율주행 트랙터, 방제/수확/이식/접목/파종/생육관리/이송 로봇 등을 개발하여 일부는 상용화되었으나 본격적인 상용화는 이루어지지 않고 있음

## 〈농업로봇 관련 국내 기업/대학 동향〉

기관	주요 특징
대동공업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 농기계 시장 1위 (2015년 4,622억원)</li> <li>• 자체 생산 엔진을 기본으로 중소형 트랙터 중점 공략</li> <li>• 매연이 거의 없는 친환경 재배 가능</li> </ul>
LS엠트론	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 농기계 시장 2위 (2015년 4,061억원)</li> <li>• 트랙터, 사출시스템, 특수사업 중심의 농기계 시장을 점유</li> </ul>
동양물산	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율주행 무인 트랙터의 기반기술 확보(언맨드솔루션 공동개발)</li> <li>• 국제종합기계를 2016년에 인수</li> </ul>
농촌진흥청	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율 주행 트랙터</li> <li>• 묘공작용 로봇 이식기</li> <li>• 토마토 수확기, 딸기 수확 로봇</li> </ul>
헬퍼로보텍	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과채류 접목로봇(농촌진흥청 기술이전): 시간당 800주, 95% 접목율과 균일성. 약 50대 수출(2015년초 기준)</li> <li>• 자동파종 시스템, 모종자동 이식로봇</li> </ul>
생명과 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 파프리카 유리 온실 방제로봇</li> </ul>
코어벨	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농산물 구분적재 로봇 및 이송 로봇</li> </ul>
파맥스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식물공장 생육관리 로봇(로봇버섯농장)</li> </ul>
전북대학교	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 파프리카 시설 관리 로봇, Off Road 주행형 시설 관리 로봇</li> <li>• 장미 화훼 시설 무인 방제기</li> <li>• 작업자 추종형 집하 이송로봇</li> </ul>

## 4) 도전 목표

### ▶ 물류로봇 관련 도전 목표

#### ● 물류로봇 관련 주요 기술

- 물류로봇을 위해 필요한 기술은 크게 HW, 주행, 인식, 조작, 협업, 사용성/유지보수 기술로 분류 가능

#### 〈물류로봇 관련 주요 기술〉

기술 분류	기술 내용
HW	(용도에 따른 다양한 형태의) 물류로봇 플랫폼, 사물 인식용 센서, 위치 인식 모듈, 물품 조작을 위한 머니플레이터, 물체 파지 장치
주행	실내 환경에서 강인한 고정밀/고속 위치인식 및 자율주행 기술
인식	다양한 물품을 식별하고 모델링 할 수 있는 기술
조작	다양한 물품을 포장, 적재할 수 있는 기술
협업	인간과 로봇, 로봇과 로봇, 로봇과 공장 간의 협업 제어 기술(다중로봇 스케줄링 최적화 및 관제 시스템 개념 포함)
사용성/유지보수	기존 장비/시설과 쉽게 융화되어 누구나 조작할 수 있는 사용 설계 기술. 수리/유지보수 등을 사용자가 쉽게 수행할 수 있는 설계 기술

#### ● 국내 물류로봇 관련 기술 진단

- 물류센터/창고를 위한 물류로봇 분야에서는 전문 물류기업이 관심을 가지고 기술개발 및 사업화를 추진 중임. 해외에서 사업화가 이미 진행된 자율주행, 피커 추종, 다중로봇 운영 최적화\*, WMS 연동 등의 기능을 가지는 물류로봇은 전문 물류기업과의 협력을 통해 현재 보유 또는 개발중인 기술의 최적화 관점에서 사업화가 가능할 것으로 전망

\* CJ대한통운에서 최대 300대의 다중물류로봇 운영을 위한 기술 개발 중

- 다만, 해외를 중심으로 시장이 형성된 이송로봇도 바닥 바코드 등 인공표식을 이용한 위치인식은 안정적으로 동작하지만, 초기에 많은 비용이 소요되고 인공표식의 부분 손상시 물품이송이 실패할 수 있다는 문제점을 가지고 있음. 따라서, 이미 상용화가 진행된 이송로봇에 있어 국내기업이 경쟁력을 가지고 물류로봇의 보급을 촉진하기 위해서는 인공표식을 사용하지 않고 자연표식에

기반하여 위치인식 및 자율주행을 하는 기술의 완성도 및 가격 경쟁력을 더 높여야 함

- 병원·요양원 등 대형건물을 목표로 하는 물류로봇 분야에서는 로봇 전문기업이 물류이송 관점의 주요 기술개발(자율주행, 엘리베이터 연동 등)을 완료하고, 시장진입 증으로 향후 수년내 사업이 활성화 될 것으로 전망
- 현재까지의 물류로봇(이송로봇)은 물품을 탑재하고 정해진 위치까지 이동하는 것이 주된 기능이었지만, 물류센터의 니즈를 반영하여 24시간 무인작업을 수행하기 위해서는 이동로봇 플랫폼 위에 머니플레이터가 탑재되어 다양한 물체를 안정적으로 피킹할 수 있는 기술(피킹로봇)이 필요함
- 특히 물류센터에 존재하는 수천~수만 종의 물품의 종류 및 위치/자세에 대한 정밀한 인식과 이들 물품을 대상으로 피킹 작업을 수행하기 위한 파지 장치 및 파지를 위한 학습 기술 개발이 필요함

#### ● 비전 및 도전 목표

**(비전)** 시간/운영자에 상관없이 어떤 물품도 집어서, 패키징하고 배송가능하도록 하는 기술 개발

- 아마존은 자사 물류센터에서 누적 4만 5천대 이상의 물류로봇을 운용하며 물류비용 및 처리시간 측면에서 상당한 성과를 얻고 있으나, 로봇은 이송 기능만 담당하고 사람이 피킹 기능을 하는 인간-로봇 협업모델로 24시간 운영가능 수준이 아님. 이에 자체적으로 상기 비전과 동일한 목표를 세우고 관련 기술 확보를 위해 아마존 로봇 챌린지(Amazon Robotics Challenge, ARC)를 지속적으로 개최하는 등 차세대 물류로봇을 위한 기술확보를 위해 노력 중
- 세계 1위 물류기업 DHL은 물류로봇과 관련하여 피커 추종 로봇, 고정형 피킹 로봇, 이동형 피킹 로봇, 트레일러/컨테이너 하역 로봇의 순으로 물류로봇이 도입될 것으로 전망\*하고 있음

\* ICRA 2017 발표 및 Robotics in Logistics(DHL, 2016, 단축 URL: <https://goo.gl/fKsCN6>)

- 국내 전문 물류기업들은 물류비용 절감 및 효율향상을 위해 기존 인프라에 변화를 주지 않거나 최소화하면서, 24시간 작업이 가능한 물류로봇의 단계적 도입을 장기적 관점에서 계획하고 있음
- 이들을 근거로 물류로봇을 위한 6대 주요 기술분류 중 피킹기능을 가지면서 24시간 운영가능한 차세대 물류로봇을 위한 도전적 목표를 다음과 같이 설정함

## 〈물류로봇 관련 도전적 목표〉

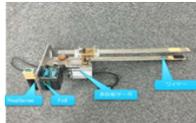
기술 분류	현재 수준	목표 수준
인식 (학습)	박스 단위 물품 종류, 위치/ 자세인식  미리 정해진 제한된 수의 개별 물품 종류, 위치/자세인식	물류센터에 존재하는 물품에 대한 종류, 위치/ 자세 인식
조작(파지 장치 포함)	미리 정해진 제한된 물품에 적합한 파지 장치 선택	물류센터에 존재하는 물품을 파지할 수 있는 파지 장치
	물체별 파지점 사전 정의	물류센터에 존재하는 물품에 대한 파지점 자동 생성 및 학습에 의한 파지점 최적화
	박스 단위 물품의 피킹	물류센터에 존재하는 물품에 대한 개별 물품 단위 피킹/포장(파지 제어를 위한 비주얼 서보잉 포함)
	자동화되어 있지 않음	박스 단위 물품의 상/하역, 상/하차 자동화

## ● 도전 목표 관련 딥러닝 기반 인식 및 파지 기술 개발 사례

- 아마존은 실환경에서의 물체인식 및 조작 문제에 대한 도전적 기술 개발을 장려하기 위해 ICRA 2015에서 제1회 Amazon Picking Challenge(APC)를 개최. 물류센터에서 물건을 선반에서 집어 바구니에 담는 문제를 제시하였으며, 독일 T.U.Berlin이 우승
- 2회 대회는 RoboCup 2016에서 개최되었으며 네덜란드의 T.U.Delft가 우승하였으며, T.U.Delft는 문제해결을 위해 딥러닝 기술을 채택. 3회 대회는 Amazon Robotics Challenge(ARC)로 이름을 바꾸어 일본에서 진행(2017.07)

\* 아래 사례에서 Preferred-Networks와 TU Delft는 APC 참가 기관

〈물류로봇 도전목표 관련 딥러닝 기반 인식 및 파지 기술 개발 사례〉

기관	CMU	Google	Preferred-Networks	TU Delft*
인공지능 모델 (# Layers)	CNN-AlexNet 기반(8 Layers)	CNN 기반 (18 Layers)	CNN 기반 (비공개)	Faster R-CNN (101 Layers)
머니플레이터	Baxter	-	FANUC	YASKAWA
학습 데이터 종류	RGB 영상	RGB 영상	RGB + ToF 센서 (물체 분류에 초점)	RGB-D (물체 분류에 초점)
트레이닝 DB 량	50K, 700 Hour	800K (2016.06) (14대 머니플레이터)	비공개	비공개
피킹 대상물	경량 (150개)	경량 (Soft + Hard 물체)	경량 (39종)	경량 (39종)
				
그리퍼	2지 그리퍼	2지 그리퍼	진공핸드 그리퍼 (자체 제작)	자체 제작
				
파지 성공률	95%/79.5% (Seen/Unseen)	비공개	75% (피킹 챌린지 기준)	75% (피킹 챌린지 기준)
예시				

\* 2016년 아마존 피킹 챌린지 우승

## ▶ 농업로봇 관련 도전 목표

- 농업로봇의 기술발전 전망 키워드(출처 : KEIT PD 이슈 리포트, 2016.03)

### 〈농업로봇의 기술발전 관련 주요 키워드 및 설명〉

키워드	설명
소규모, 소구획	• 광활한 농지를 효율적으로 관리하는 북미나 유럽의 로봇형 대형 농기계와는 차별화된 소규모·소구획에서 이용할 수 있는 로봇
벼농사	• 규격화된 농지와 집단화된 재배지역의 이점을 활용할 수 있도록 공동이용이 가능한 고성능, 고효율 벼농사 전용 농업 로봇 시스템
밭농사	• 중소형급 출력으로 세계시장을 선점하도록, 다양한 작목과 재배양식에 적용할 수 있는 트랜스포머형 밭농사 농업로봇
시설 농업	• 자본과 기술 집약형 시설농업 및 식물공장은 차세대 성장 동력으로 생물생산에 적합한 지능형 로봇제어 시스템 개발이 중요
과수 농업	• 과수원의 비정형 노면에서도 강인한 무인 작업을 위한 제초, 방제, 운반, 생육모니터링 등 자율주행 다목적 로봇
군집/협업	• 소규모 로봇들의 군집을 통한 작물 수확, 운반, 생육 상태 점검 등 복합적이고 다양한 작업에 대해 효율적인 협업 기술

- 농업로봇 시장 선점을 위한 전략(출처: KEIT PD 이슈 리포트, 2016.03)

- 농작업의 기계화 → 반자율형 농업로봇 → 자율형 농업로봇으로 이어지는 단계적 그리고 시장 지향적 기술개발 전략으로 서구 유럽과는 차별화된 시장 개척
  - \* 농업로봇 및 자동화 도입이 용이하도록 재배방식을 개조하는 방향에 대한 생산성/경제성 검토 병행 필요
- 중소형 규모 경지 경작에 적합한 지능형 트랙터 및 콤바인 로봇 플랫폼 개발에 집중하여 국내 뿐 아니라, 농업 여건이 유사한 중국, 인도, 브라질 등 신흥 국가를 대상으로 수출시장을 확대
- 로봇 주행기술 비중이 높은 제초, 방제, 운반로봇의 제품화에 우선 집중하고 빅데이터 기반의 생육환경 모니터링 및 관리솔루션, 다관절 머니플레이션 기술에 기반한 수확, 재배관리 로봇 등 난이도에 따른 원천기술 확보 단계별 추진
- 스마트 팜 기술의 최종 구현 단계에서 로봇기술의 적용이 필수적으로, 스마트 팜 내 IoT 기술과 연계되어 협업이 가능한, 시설 내 농작업 관리에 적합한 농업로봇 개발 추진

● 농업로봇 관련 주요 기술

- 농업로봇을 위해 필요한 기술은 크게 HW, 주행, 인식, 조작, 사용성, 군집/협업 기술로 분류 가능

〈농업로봇의 관련 주요 기술〉

기술 분류	기술 내용
HW	농업로봇 플랫폼(제초/방제/운반/수확/모니터링 등), 사물 인식용 센서, 위치 인식 모듈
주행	농업로봇의 원격제어, 실외환경에서 강인한 고정밀/고속 위치인식 및 이동기술. 불규칙하고 연약 지반 주행에 강인한 기술
인식	비평탄 노면과 경사지 인식, 다양한 농작물을 식별하고 모델링, 작물생육 상황 인식
조작	파종, 시비, 농약 살포, 자동 수확 등을 할 수 있는 기술 햅틱 기술 및 원격 모니터링 기반 정밀 제어 기술
사용성	노인도 쉽게 조작할 수 있는 사용 편의성을 위한 인터페이스 기술 원격 스마트 진단 등 수리, 유지보수 등의 상황에서 사용자가 쉽게 수행할 수 있는 기술
군집/협업	대규모 농작업 구역 및 복잡한 작업 환경에서 로봇 간 정보 공유를 통한 군집 제어 및 협업 기술

● 국내 농업로봇 관련 기술 진단

- 기존 농기계 전문 산업체의 제품군들에 대한 자동화, 무인화 과정에서 자율주행 트랙터의 기반기술을 확보하고, 방제/수확/이식/접목/파종/생육관리로봇 등을 개발하였으며, 이중 과채류 접목로봇은 수출 성과도 달성함
- 스마트 농업을 위한 다른 축으로 IoT 및 인공지능 기술 적용을 통한 미래 농장 개발을 목표로 스마트 팜 관련 기술 개발이 활발하게 진행되고 있음
- 기술 실현 측면에서는 스마트 팜 관련 기술이 먼저 현실화될 것으로 예상되며, 장기적 도전 목표인 노지환경에서의 자율 농업로봇 기술 개발은 농업의 특성상 작업 대상의 균일화가 어렵고, 환경인지/주행/농작물에 대한 조작 기술 등이 타 로봇 분야에 비해 난이도가 높아\* 기술 실현에 상당한 시간이 소요될 것으로 예상됨

\* R&D 지원측면에서는 단기 상용화 R&D 및 보급사업 위주로 지원이 이루어져 노지에서도 활용 가능한 자율 농업로봇을 위한 원천기술 확보는 미흡한 상황

- 따라서 자율 농업로봇 개발을 위한 중간 과정으로 농업로봇 및 자동화 도입이 용이하도록 재배방식을 개조하는 방향에 대한 연구를 병행하여 농업로봇의 제한점이 완화된 환경\*에서의 로봇 개발 및 상용화를 우선 추진할 필요가 있음

\* 예: 스마트 팜 환경의 농업로봇, 재배방식 변경을 통해 농업로봇의 실적용 제한이 완화된 노지 환경에서의 농업 로봇

● 비전 및 도전 목표

**(비전)** 스마트 팜 및 중소형 규모 경지 경작에 적합한, 제조/방제/운반/수확용 농업로봇 개발

- 농업로봇 기술발전 전망 키워드와 농업로봇 시장 선점을 위한 전략을 고려하여 도전적 목표를 다음과 같이 설정함

〈농업로봇 관련 도전적 목표〉

분류	현재 수준	목표 수준
HW	개별 목적 전용 로봇 플랫폼  평탄지 주행 가능한 로봇 플랫폼	중소형 규모에 적합한 다목적 공통 농업로봇 플랫폼 + 작업 도구(제조, 방제, 운반, 모니터링, 수확) 형태로 모듈화  연약지반(예: 벼농사) 또는 경사지에서 주행 및 작업이 가능한 농업로봇 플랫폼
주행	비정형 환경 자율주행(비교적 평탄), 인공 랜드마크 사용	연약지반 또는 경사지에서 완전 자율주행, 인공 랜드마크 미사용
인식	잡초, 과수열, 과일 (토마토, 딸기 등) 종류 인식	실내외에서 수확대상 개별 농작물의 종류 및 생육상태 등에 대한 상세한 인식
조작/ 제어/ 사용성	원격지에서 트랙터 제어  전담 오퍼레이터가 조작	사람과 유사한 속도로 개별 과일에 대한 수확 작업이 가능  고령의 농민이 직접 조작 가능한 사용이 쉬운 인터페이스

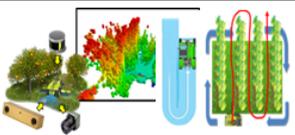
[농업로봇 도전적 목표 기술 개념도]



다목적 농업로봇 플랫폼 + 작업기



제조, 방제, 운반, 수확 작업



다양한 주행환경 인식



대용량 데이터 기반  
농작물 분류 및 생육 상황 인식



스마트 팜 IoT 연계



주행 환경(스마트 팜,  
평탄지, 경사지, 연약지반 등)



경작 상황(잡초, 과수열, 농작물 종류, 병충해 상태, 생육 상황 등)

## 5) 단기(5년) · 중장기(10/15년) 전망

### ▶ 물류로봇 단기 · 중장기 전망

구분	5년 전망	10년 전망	15년 전망	
물류 센터 물류 로봇	기술 도입	대형 물류업체에서 물류로봇 도입	중·소형 물류업체에서 물류로봇 도입	도·소매점에서 물류로봇 도입
	로봇 유형	선반이송 로봇	고정형/이동형 자율 피킹 로봇	자율 상하역 로봇
	임무 수행 환경	정형화된 환경에서 배송임무 수행	덜 정형화된 환경에서도 지정된 배송임무 수행	동적변화가 있는 환경에서도 실시간으로 상황을 업데이트 하고 배송임무 수행
	인식 기술	포장 단위 물품에 대한 종류, 위치/자세 인식	제한된 개별 물품에 대한 종류, 위치/자세 인식	모든 개별 물품에 대한 종류, 위치/자세 인식
	조작 기술	포장 단위 물품에 대한 피킹이 가능한 파지 장치 및 파지 학습 기술	제한된 개별 물품에 대해 피킹이 가능한 파지 장치 및 파지 학습 기술	모든 개별 물품에 대해 피킹이 가능한 파지 장치 및 파지 학습 기술
		포장 물품 전용 파지 장치 적용	다루는 물품의 특성을 스스로 파악하고 최적의 조작 작업 수행	다양한 크기의 포장 물품에 대한 상하차 자동화
대형 건물 물류 로봇	기술 도입	병원·요양원에서의 물류로봇 도입	병원·요양원·호텔에서의 물류로봇 확산	사무실 등 일반 대형 건물로 물류로봇 확산
	임무 수행 형태	업체와의 개별 협력에 따른 자동문, 엘리베이터 연동을 통한 이동	물류로봇과 자동문·엘리베이터 연동 의무화	물류로봇을 고려한 건물 설계 일반화
	인식 기술	사람과의 협업 (물건 신고/내리기는 사람 역할)	표준에 따른 자동문, 엘리베이터 연동을 통한 자유로운 이동	신축 건물에서는 제한없는 자유로운 이동
	조작 기술	미적용	물건 신고/내리기 일부 자동화 (미리 정의된 형태의 포장 단위)	물건 신고/내리기 완전 자동화
		포장 단위 물품에 대한 종류, 위치/자세 인식	다양한 유형의 물품에 대한 종류, 위치/자세 인식	
		포장 단위 물품에 대해 피킹이 가능한 파지 장치 및 파지 학습 기술	다양한 유형의 물품에 대해 피킹이 가능한 파지 장치 및 파지 학습 기술	
		고정형/로봇 부착 전용 파지 장치 적용	다관절 머니플레이터 적용	

▶ 농업로봇 단기·중장기 전망

구분		5년 전망	10년 전망	15년 전망
스마트 팜용 농업 로봇	기술 도입	스마트 팜용 방제, 운반, 모니터링 로봇 순차 도입	스마트 팜용 수확로봇 도입 (일부 농작물)	스마트 팜용 수확로봇 도입 및 확산(다양한 농작물)
	환경	주행/인식을 위한 환경을 로봇에 최적화 가능		
	주행 기술	스마트 팜 시설내(평단지) 자율 주행		
	인식 기술	IoT 장치에 의한 인식 및 로봇 연동(일부 농작물)	IoT 장치에 의한 인식 및 로봇 연동(다양한 농작물)	
		스마트 팜 내 작업 대상 환경/농작물, 생육상태에 대한 인식	스마트 팜 내 작업 대상 환경/농작물, 생육상태에 대한 인식 (고정밀/고속)	
조작 기술	스마트 팜 내 농작물 수확을 위한 그리퍼 및 조작기술 (일부 농작물)	스마트 팜 내 농작물 수확을 위한 그리퍼 및 조작기술 (다양한 농작물)		
노지 환경 농업 로봇 (재배 방식 개조)	기술 도입		시범 지역에 대한 재배 방식 개조 및 농업로봇 시범 적용	재배 방식 개조를 통한 농업로봇 적용 확대
	환경		주행/인식을 위한 환경을 로봇에 최적화(시범지역)	주행/인식을 위한 환경을 로봇에 최적화(확대)
	주행 기술	노지 농업용 로봇을 위한 재배방식 개조에 대한 연구 (최적화된 노지 재배 방식 및 그 환경에서의 주행/인식/조작 기술, IoT 연동 방안 설계)	개조된 노지환경에 대한 주행 기술 개발 및 고도화	
	인식 기술		개조된 노지환경에서 작업 대상 환경/농작물, 생육상태에 대한 인식	개조된 노지환경에서 작업 대상 환경/농작물, 생육상태에 대한 인식 (고정밀/고속)
	조작 기술		개조된 노지환경에서 농작물 수확을 위한 그리퍼 및 조작기술(일부 농작물)	개조된 노지환경에서 농작물 수확을 위한 그리퍼 및 조작기술(다양한 농작물)
노지 환경 농업 로봇	기술 도입	트랙터, 콤바인 등 주력 농기계 전자화 및 성능향상	다목적 농업로봇 플랫폼 + 작업기(제초, 방제, 운반)	다목적 농업로봇 플랫폼 + 작업기(생육 모니터링, 수확)
	로봇 플랫폼	중소형 규모에 적합한 다목적 농업로봇 플랫폼 개발	다목적 농업로봇 플랫폼 고도화	
		모듈형 작업기 개발 (제초, 방제, 운반)	모듈형 작업기 개발(생육 모니터링, 수확) 및 고도화	
		자세인식 센서, 유압 시스템, 액추에이터 등 핵심부품 개발		
	주행 기술	노지환경 평단지 자율주행	노지환경 연약지반 자율주행	노지환경의 다양한 지형에 강인한 자율주행
	인식 기술	노지환경에서 작업 대상 환경/농작물, 생육상태에 대한 인식	노지환경에서 작업 대상 환경/농작물, 생육상태에 대한 인식 (고정밀/고속)	
	조작 기술	노지환경에서 농작물 수확을 위한 그리퍼 및 조작기술 (일부 농작물)	노지환경에서 농작물 수확을 위한 그리퍼 및 조작기술 (다양한 농작물)	

## 〈 조직위원 명단 〉

순번	성명	소속	직위/직책
1	김재홍	한국전자통신연구원(ETRI)	본부장
2	서범수	한국전자통신연구원(ETRI)	책임연구원
3	유원필	한국전자통신연구원(ETRI)	책임연구원
4	박창우	전자부품연구원(KETI)	책임연구원
5	황정훈	전자부품연구원(KETI)	책임연구원
6	최영호	한국로봇융합연구원(KIRO)	본부장
7	손동섭	한국로봇융합연구원(KIRO)	실장
8	김국환	농촌진흥청 국립농업과학원	연구사
9	박성주	(주)유진로봇	부사장
10	강수구	CJ대한통운	부장
11	김승한	FSK L&S	본부장





## III-2. 의료·재활 로봇





## 1) 개요

### ▶ 의료 및 재활 로봇의 개념 및 정의

- (의료로봇) 병원과 그에 상응하는 전문 의료 서비스 공간에서 사용되며, 의료 현장의 다양한 분야에서 의료기술과 로봇기술의 융합을 통해 이해관계자(구매자, 사용자, 대상자)에게 양질의 의료서비스를 제공하는 로봇의 응용분야. 로봇기술에 의해 정밀 시술과 이에 따른 환자의 조기치유를 위해 수술의 정확성과 안전성을 높이고, 신체의 손상을 최소화하는 것을 목표로 함
- (재활로봇) 노약자, 장애인, 재활치료를 요하는 환자 등 건강한 사람들에 비해 추가적인 서비스가 제공되어야 하는 사람들을 대상으로 하는 재활복지 로봇으로 침습적 수술로봇과 건강한 사람들의 일상생활에 서비스를 제공하는 로봇은 제외함 (재활로봇의 분류 및 용어, 2011). 환자나 노약자의 신체 움직임을 향상시키고 빠른 시일 내에 회복하도록 주요 기능을 수행하고, 장애인의 장애를 극복하여 독립적인 생활을 가능하게 할 수 있게 하는 등 재활운동 및 생활보조의 안전성과 효율성을 높이는 것을 목표로 함

### ▶ 의료 및 재활 로봇의 분류

#### 1) 수술로봇

- 수술로봇은 수술/시술(Surgery/Surgical intervention)의 전 과정 또는 일부를 의사 대신 또는 함께 작업 하는 로봇으로 의학적 응용분야는 복강경 수술, 미세 수술, 중재시술, 소화기 내과, 카테터(Catheter) 등을 포함하는 모든 분야를 대상으로 함
- 수술로봇은 내비게이션, 시뮬레이션 등을 포함하는 영상기반기술, 향후 기술개발 및 적용이 예상되는 인공지능 및 빅 데이터 기술, 수술 로봇 팔 및 마스터장치를 포괄하는 수술로봇 시스템으로 분류함
  - 본 로드맵에서는 나노/바이오 기술을 융합한 마이크로 의료로봇은 수술로봇과 분리하여 작성

#### 2) 마이크로 의료로봇

- 마이크로 의료로봇은 신체 내 질병의 진단 및 치료 등 의료적인 목적으로 사용될 수 있는 미세로봇(10<sup>-3</sup>~10<sup>-6</sup>m 내외의 크기)으로써 세포, 약물, 열 치료(hyperthermia),

방사선 등을 원하는 국소부위에 전달하는 표적지향형 치료용 로봇, 신경보철 등을 포함한 생물-로봇 인터페이스, 조직재생용 지지체 구조물, 조직절개, 조직채취 및 물리적 개통 및 폐색을 위한 미세 기계도구, 센서 및 마커 등의 미세 무선 원격 시스템 등으로 분류

- 조직채취, 절개 등의 물리적인 도구로써의 마이크로로봇 개발, 약물 및 세포전달을 위한 구조설계와 가공, 생체적합성 및 생분해성을 높이는 재료 및 표면개선 등과 관련된 연구가 진행 중

### 3) 의료행위 서비스로봇

- 의료행위 서비스로봇은 병원과 그에 상응하는 의료 현장의 이해관계자에게 보다 편리한 환경을 제공함으로써 양질의 의료행위를 제공하는 것에 도움을 주기 위한 모든 로봇 응용분야를 대상으로 함
- 의료행위 서비스로봇은 도서지역 등의 원격지 환자를 위한 원격의료 로봇, 지속적인 간병/관찰이 필요한 환자를 위한 간병/간호 등을 수행하는 환자 케어 로봇, 병원 내 의료인의 행위(환자 이/수송, 수술, 재활 보조)를 근력 증강 및 정밀 조작 등의 기술을 통해 지원해주는 의료인 보조로봇, 병원 내 물류(세탁물, 검진, 차트 기록 등) 통합 및 이동과 관련된 병원 물류 로봇으로 분류함

### 4) 재활로봇

- 일반적으로 재활로봇은 크게 재활치료를 목적으로 하는 의료용 재활로봇과 일상생활의 활동을 보조하기 위한 보조용 재활로봇으로 구분될 수 있으며 보다 구체적으로는 아래와 같이 분류
  - 신경·근·골격 재활로봇 : 신경질환자(뇌졸중, 척수손상, 외상성뇌손상, 뇌성마비 등과 같이 주로 중앙/주변 신경계 손상환자) 및 근골격계 질환자(관절염, 근육/인대파열 등)의 재활을 위한 진단, 뇌가소성 활용 등을 포함한 훈련 및 결과평가 등에 사용됨. 재활치료부위에 따라 손 재활을 포함한 상지재활과 이동과 관련된 하지재활 등으로 구분함
  - 신체기능 대체로봇 : 로봇 의수/의지, 보행보조로봇 등과 같이 절단되거나 손상되어 제 기능을 하지 못하는 신체를 대신하는 로봇
  - 일상생활 보조로봇 : 상하지의 운동능력 및 감각능력, 인지능력이 손상을 입은 환자의 일상생활 보조에 사용되며, 환자의 자립생활을 통해 삶의 질을 향상시킬 수 있고 직업을 갖도록 도울 수 있음. 식사를 보조하는 로봇, 휠체어에 장착하여 다양한 일상생활을 지원하는 로봇 등이 대표적인 예

- 재활로봇 분야에서 재활로봇을 활용한 훈련 및 치료과정만큼 진단/측정/평가의 정량화에 대한 기술개발이 중요함. 임상주의 주관적인 판단이 아닌, 객관적인 기준/데이터(관절 가동 범위, 강직/경직도 측정, 운동제어 능력 등)에 의해 환자의 회복 또는 악화 정도를 판단할 수 있는 정량화된 정보를 제공(Progressive Assessment) 하는 것이 필요

〈 의료 및 재활 로봇의 분류 〉

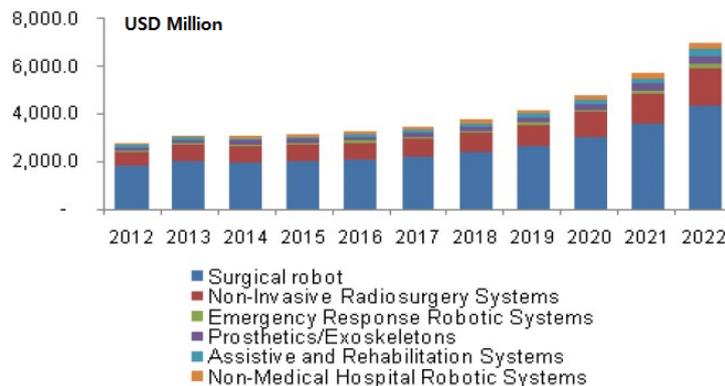
분류		내용 및 설명
의료 로봇	수술 로봇	수술/시술의 전 과정 또는 일부를 의사 대신 또는 함께 작업 하는 로봇으로 의사의 수술을 보조하거나 영상가이드 역할을 담당하는 로봇을 포함 <ul style="list-style-type: none"> <li>영상기반기술 및 인공지능/빅 데이터 기술</li> <li>수술로봇 시스템(로봇 팔, 말단장치, 마스터장치, 센서 및 구동기 등)</li> </ul>
	마이크로 의료로봇	약물, 세포 등을 전달하는 표적지향형 로봇, 조직채취, 절개 등의 물리적 치료를 수행하는 미세 기계도구, 센서 및 마커 등의 미세 무선 원격시스템 등을 포함 <ul style="list-style-type: none"> <li>MEMS 기술 및 미세 기계가공기술</li> <li>in-vitro 플랫폼 개발 및 동물실험</li> <li>자기장 제어 시스템 및 정밀제어기술</li> <li>영상시스템 기술</li> </ul>
	의료행위 서비스로봇	의료기관에서 사용되는 다양한 로봇 중 수술로봇과 재활로봇을 제외하며 대표적으로 다음과 같은 영역의 로봇 <ul style="list-style-type: none"> <li>원격의료 로봇</li> <li>환자 케어 로봇</li> <li>의료인 보조로봇</li> <li>병원물류 로봇</li> </ul>
재활 로봇	재활치료 및 기능보조 로봇	신경계/근골격계 손상 등으로 저하된 신체의 기능을 재활치료를 통하여 향상시키거나, 절단 및 손상되어 제 기능을 하지 못하는 신체를 보조하고 대체하는 로봇 <ul style="list-style-type: none"> <li>상지/하지 외골격 형태의 재활훈련 로봇</li> <li>이동 보조로봇, 식사 보조로봇(ADL/IADL)</li> <li>로봇 의수/의족 및 보행 보조 로봇</li> <li>노인 간호/생활보조 로봇, 낙상방지 로봇</li> <li>환자이송 로봇(화장실, 욕실, 침대, 휠체어 등 이동 및 욕창방지, 체위 변경 등)</li> </ul>
	진단/측정 및 평가	객관적인 기준/데이터(관절 가동 범위, 강직/경직도 측정, 운동제어 능력 등)에 의해 환자의 회복 또는 악화 정도를 판단할 수 있는 정량화된 정보를 제공(Progressive Assessment) <ul style="list-style-type: none"> <li>관절 가동 범위, 강직/경직도 측정, 운동제어 능력 정량화</li> <li>3차원 근골격계 측정 로봇 (예: mobile 초음파 측정)</li> <li>Markerless/Connected Motion Analysis (예:관절염 측정 판단 등)</li> <li>착용형 로봇을 응용한 일상생활 모니터링 장치</li> </ul>
	제조 플랫폼 및 표준화	제조 플랫폼을 표준화 하여, 제품개발을 별도의 지식 없이도 수행할 수 있고, 개발된 제품을 허가/인증할 수 있는 플랫폼 구축을 통하여 보다 빠르게 재활 로봇을 제작할 수 있게 함. <ul style="list-style-type: none"> <li>임상가와 엔지니어가 함께 연구 초기 아이디어에서 제품까지 생산하고, 의료기기 허가/인증을 할 수 있는 one-stop service 센터 설립</li> <li>Hand-held Scanning에서 전기배선을 포함한 wearable device를 제작할 수 있는 스마트 팩토리를 이용한 개인 맞춤형 재활로봇 제작</li> <li>표준화된 재활 프로토콜과 더불어 환자 맞춤형으로 일상생활에서의 데이터를 수집하여 원격진료와 치료를 동반한 IoT 및 인공지능 형태로 재활치료를 수행</li> <li>레고블록처럼 임상가가 개발된 제품을 엔지니어의 도움 없이 재조립이 가능한 수준으로 하드웨어, 소프트웨어 및 서비스 표준화</li> </ul>

## 2) 국내외 시장 동향

### ▶ 수술로봇

- 의료로봇 시장은 연간 15%씩 고도성장하여 2020년경 114억 달러 규모가 될 것이며, 수술용 로봇 시장이 전체 로봇시장의 60%에 달할 것으로 전망 (식약처 신개념 의료기기 보고서 2017년 2월)

[ U.S. medical robotic system market, 2015, Grand view research ]



- 북미 수술로봇 시장은 2022년에 약 70억 달러 규모, 전 세계 수술로봇 시장은 2024년에 208억 달러 규모로 성장할 것으로 예상됨 (Grand View Research 사). 현재 da Vinci 수술로봇(Intuitive Surgical 사)의 성공이후 수술로봇시장에서 독점적 구조를 유지하여 왔으나, 최근 기존의 의료기기 업체와 신생업체들의 시장 진입이 증가하고 있음
- 수술로봇 시장에서 로봇 시스템은 약 42%의 수익을 창출했으며, 로봇 시스템의 개선버전 재판매 및 관련 액세서리, 소모품의 판매로 지속적인 성장세를 보이고 있음. 서비스 및 유지보수 분야는 기존 로봇 시스템의 주기적인 안전 및 유지 관리가 필수적임에 따라, 앞으로 수술로봇 시장의 20%를 차지할 것으로 예상

### ▶ 마이크로 의료로봇

- 현재까지 마이크로 의료로봇 관련 정책은 로봇, 의료기기 등의 기술 분야에서 제시되고 있으며 국내 의료기기시장의 경우 국내 기업들은 기술력, 자본력, 인지도 등에서 매우 열세로 국내 수요의 62%를 수입에 의존하고 있으며, 특히 MRI, CT 등 고가장비는 95%가 수입에 의존하고 있음. 의료기기 수출 규모는 2010년 10억 달러 수출로 세계 20위권 밖의 수출국이며(일본 세계 9위 수준), 수출품목도 초음파 영

상진단기, 치과용 임플란트, 온열기, 안경렌즈 등 범용제품이 주류를 이루고 있음

- 국내 마이크로 의료로봇 관련 제품은 주로 스텐트(stent), 카테터(catheter), 진단용 센서 등이 개발되고 있으나 초음파진단기 등 널리 상용화 된 의료기기에 비해 수요 및 연구개발이 매우 미비한 수준

▶ **의료행위 서비스로봇 : 원격의료/환자 케어/의료인 보조/병원물류**

- 원격의료 로봇 : 원격의료 시장 규모가 현재 약 23억 달러이며, 2021년까지 약 66억 달러에 이를 전망(Mordor Intelligence)
- 환자 케어 로봇 : 환자 케어 로봇 시장의 규모는 지속적인 성장을 하고 있으며, 2024년도까지 9,500만 달러에 이를 전망(Global Market Insights, 2017). 미국에서는 의료/간호/간병 인력의 업무를 지원하는 로봇 개발 및 실용화를 진행
  - \* Aethon社의 TUG: 미국/유럽/호주의 150여개 병원에서 500여대의 로봇이 상시 운영 중. 다수의 병원물류 로봇을 의료정보시스템과 연계하여 활용
- 의료인 보조로봇 : 2014년 ARK Invest 보고에 따르면 Cyberdyne사에서 개발한 외골격로봇 HAL은 '13년도에만 1억 5,000만 달러의 매출을 달성했으며, 이를 의료인 보조용 로봇에 적용할 예정
- 병원물류 로봇 : 최근 미국에서는 병원·요양원 내의 의료·간병업무 효율 향상을 위해 의료/간호/간병 인력의 업무를 지원하는 로봇을 개발하여 실용화하고 있으며, 세계 물류 시스템 로봇 시장은 '14년 5억 1,126만 달러에서 전년대비 52% 성장하여 '15년에는 7억 7,869만 달러에 달함(World Robotics, 2016)

▶ **재활로봇**

[ 세계 재활로봇시장 전망, 2015-2020 ]

(단위: 십억 달러)



- 세계 재활로봇시장은 뇌졸중 환자의 증가, 고령인구의 증가, 외래환자 재활시장 증가로 비약적 발전 예상(WinterGreen Research, 2014)
  - 2015년 577백만 달러 규모(연 22.72% 성장률)에서 2020년에는 1,730백만 달러로 예상됨(연 26.07% 성장률). 이 중, 상지재활로봇은 2015년 160백만 달러에서 2020년 482백만 달러로 시장규모 증가가 예상됨(Global Rehabilitation Robots Market 2016-2020, TechNavio, 2016)
- 세계 지역별 재활로봇시장 전망
  - 남북아메리카(Americas): 미국의 경우 2015년 282.4백만 달러에서 2020년 928.4백만 달러로 연평균 26.88%의 성장률로 단연 세계 최고의 시장을 형성할 전망. 특히, 헬스 케어 서비스의 예산지출이 세계 어느 국가보다 높은 경향을 보이고 있으며(2013년 총 GDP의 17%), 정부의 지속적인 공공 헬스 케어 시설 성장 정책에 따라 계속 증가될 전망
  - 유럽중동아프리카(Europe, Middle east, Africa; EMEA): 유럽의 경우 2015년 219.4백만 달러에서 2020년 649.6백만 달러로 연평균 24.25%의 성장률을 보임. 특히, 2030년에 65세 이상 인구가 전체 인구의 30~32%를 차지할 것으로 예상되며, 매년 1.1백만 명의 뇌졸중 환자가 발생함. 이러한 인구 고령화와 뇌졸중 환자의 증가는 재활로봇시장에 긍정적인 측면으로 작용할 전망
  - 아시아태평양(Asia-Pacific; APAC): 아시아 지역의 재활로봇시장은 비교적 느린 성장률을 보이고 있으나, 급격하게 도래하고 있는 일본과 한국, 중국의 인구 고령화로 인해 재활로봇의 수요가 증가될 것으로 전망. 특히 일본의 경우 2020년 전체 인구의 33%가 65세 이상 노인으로, 노인성 질환인 뇌졸중과 당뇨로 인해 긴 시간동안 헬스 케어가 필요한 실정

## ▶ 국내외 시장동향에 대한 시사점

- 국내 수술로봇 시장의 경우 연평균 45.1%로 대폭 증가하고 있으며, 2018년에는 566억 원이 될 것으로 예상되지만, 현재 국내 수술로봇 시장은 da Vinci 수술로봇의 독점적인 시장 점유 상황. 따라서 da Vinci 수술로봇이 점유하고 있는 시장을 일부 국산화하는 전략과(fast follower) 보다 고도화된 기술개발로 da Vinci가 진입하지 못하는 틈새분야를 공략하는 전략(first mover)이 필요함
- 현재 da Vinci 수술로봇은 매우 고가여서 대형 병원 위주로 사용이 되고 있으나, 중소형 병원에서 사용할 수 있는 저가형이면서 간단한 수술로봇 시스템을 개발하면, 보다 대중적인 수술로봇시장이 열릴 것으로 판단됨

- 마이크로 의료로봇은 아직 국내외적으로 단일 시장이 크게 형성되지 않은 상태이고, 로봇 및 의료기기 분야에서 주요 장비들은 거의 수입에 의존하고 있음. 현재까지 심장질환 및 안과 질환 치료를 위한 마이크로로봇 시스템이 임상시험을 진행하는 단계이나, 마이크로 의료로봇 분야에서 da Vinci 수술로봇과 같은 절대 강자는 없음
- 마이크로 의료로봇과 관련한 국내외 기업, 연구기관 대부분의 기술력이 기초기술 개발단계이며 기술 격차가 크지 않기 때문에, 암, 뇌질환, 심장질환 등의 주요 질병 치료를 위한 마이크로 의료로봇의 원천기술 개발 및 시스템 통합 연구를 통해 세계적으로 마이크로 의료로봇 시장을 주도할 수 있을 것으로 판단됨
- 인구 고령화, 복지/안전/편의 욕구 확대에 따라 고령자 및 만성 질환자를 위한 서비스로봇의 필요성 증대되고 있으며, 전문 의료행위를 지원하기 위한 서비스 로봇분야는 급속한 성장세가 예상됨
- 특히, 범안소위 심사 중인 원격의료 분야의 경우 ICT기술 개발에 따라 시장에서 긍정적인 효과가 하나씩 검증되고 있으나, 허용된 범위 내에서 진행되는 시범 사업의 한계에 따라 실질적인 진료에는 어려움이 있음. 또한, 포괄적 간호서비스 제도의 도입에 따라 간호사의 단순 반복 작업을 물리적으로 지원할 수 있는 환자 케어 로봇 및 의료인 보조로봇의 필요성이 증대되고 있으며, 병원·요양원 내의 의료·간병업무 효율 향상을 위해 다양한 형태의 병원물류 로봇 개발이 필요함
- 유럽의 경우 헬스 케어 로봇분야에 1980년대부터 재활로봇과 보조로봇을 선보여 왔으며, 세계 로봇시장의 핵심에 있는 Hocoma, Reha Technology, Tyromotion 등의 기업들이 연구개발을 통해 지속적으로 그 기술력을 높여나가고 있음
- 아시아태평양 지역에서는 매년 2백만 명이 뇌졸중을 겪고 있으며, 매년 8~9%씩 계속 증가하는 추세임. 뇌졸중 이후 필요한 재활훈련과 기타 헬스 케어 로봇의 수요 증가로 인해 재활로봇시장 역시 증가 추세에 있음
- 세계 주요국의 로봇관련 정책
  - 세계 각국에서는 로봇의 활용을 중심으로 하는 경제, 산업정책을 추진 중. 그중 재활 로봇분야는 복지정책과 맞물려서 선진국을 중심으로 활성도가 높음
  - 미국, EU, 일본 등 기술 선진국은 R&D 투자 절대규모에서 우위를 유지하는 가운데, 중국의 양적 투자 확대는 괄목할 수준

\* 미국 : 국립보건원(NIH) 산하의 NIBIB, NICHD 등을 중심으로 재활로봇분야 연구 지원이 활발히

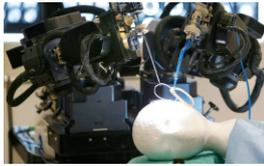
진행 중이며, 교육부 산하의 NIDRR, 미국 과학재단(NSF) 중심으로도 관련 연구지원

\* EU : 2014~15년 동안 우선지원이 필요한 12개 프로젝트를 선정하고 해당분야에 '14년 예산으로 20억 유로를 우선 책정. 12개 분야 중 첫 번째 분야가 맞춤형 헬스케어임

\* 일본 : 과학기술혁신종합전략을 '13년 수립하고 중점추진과제 및 5개 성과목표를 제시했는데 그 중 하나가 '선도적 건강 장수사회 실현'임

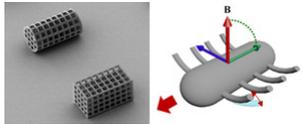
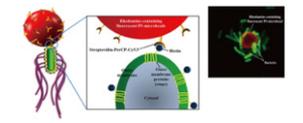
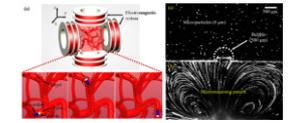
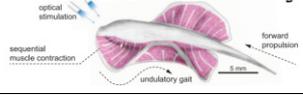
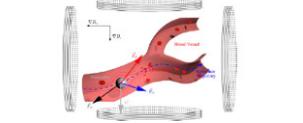
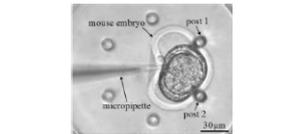
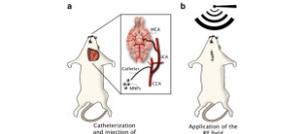
### 3) 관련 기술 동향

#### ▶ 수술로봇

기관	연구개발동향	사진
레보 (미래컴퍼니, 한국)	da Vinci형 수술로봇 Revo-i를 개발하여 담낭 및 전립선 절제술 임상시험 완료	
제노가이드 (고영테크놀로지, 한국)	의료 영상 기반 내비게이션 소프트웨어, 고정밀 3D 의료용 센서를 이용한 침대 부착형 수술 가이드 로봇 시스템으로 국내 인증 통과	
da Vinci (Intuitive Surgical, 미국)	da Vinci 수술로봇을 개발하여 전 세계적으로 수술 로봇시장을 선도함	
버브서지컬 (Verb Surgical, 미국)	구글(Verify사)과 존슨 앤 존슨 (Ethicon사)합작 회사로 구글의 머신러닝, 빅 데이터 기술 및 에티콘의 의료장비를 결합하여 수술로봇을 포함한 통합 수술 플랫폼을 개발할 계획	
ALF-X (TransEnterix, 미국)	da Vinci 로봇의 한계를 극복하기 위해 햅틱 시스템을 적용하여 의사가 로봇을 사용함에도 경조직, 연조직 등을 구분	
FLEX (Medrobotics, 미국)	후두부 수술에 적용하기 위한 유연 로봇 시스템으로 굴곡진 후두에 삽입하여 의사가 조종할 수 있는 방식	

- 영상기반기술 및 인공지능/빅 데이터 기술
  - 최소 침습수술용 카메라의 시야 범위가 확대되었고, 카메라 영상에서 주요장기 및 혈관 인식이 가능한 증강현실 기술이 개발됨
  - 경조직 수술에서는 CT 및 MRI 영상을 활용한 사전 수술계획 가시화 기술과, 수술 시 뼈의 이동을 추적할 수 있는 마커기반의 내비게이션 기술이 개발됨
  - 인공지능기술을 활용한 단순 수술과정 인식이 가능해짐
  - 환자 생체정보/유전정보를 활용한 질병 진단 기술이 시험 적용되고 진단 정확성이 높아지고 있음
- 수술로봇 시스템(로봇 팔, 말단장치(End-effector), 마스터장치, 센서, 구동기)
  - RCM(Remote center of motion) 로봇 팔 기술 및 손목타입 관절을 적용한 말단장치 기술로, 초기단계에는 경성(rigid) 타입 내시경 홀더, multi port 복강경 수술을 위한 da Vinci 형 수술로봇 기술이 개발됨
  - 이후, single port수술 및 NOTES(자연개구부 수술)에 적용하기 위한 유연(flexible) 타입 수술로봇의 관절 구동형 굴곡 메커니즘 및 조작기술, shape locking 기술 등이 개발되고 있고 일부 상용화됨
  - 수술로봇의 안전성을 높이기 위해, 의사가 원격조종 시에 힘 및 촉각 피드백을 느낄 수 있는 햅틱 기능 등과 함께 사용자 편의성을 고려하여 중력보상기술, 사용자 시선 추종 기술 등을 적용한 마스터장치가 개발됨

▶ 마이크로 의료로봇

기관	연구개발동향	사진
DGIST, 한국	3차원 마이크로구조물 제작, 고 추진효율 마이크로 로봇 개발, 세포 및 약물전달 응용연구, 짚신벌레의 섬모운동을 모방한 섬모마이크로로봇	
전남대, 한국	박테리아 로봇, 다기능 캡슐 내시경	
명지대, 한국	자기장 제어기의 혈관 적용모델 연구, 전자석 코일 및 Acoustically oscillating bubble을 이용한 마이크로로봇 구동	
ETH, 스위스	안구 질병의 진단 및 약물전달을 위한 자기장 기반의 마이크로로봇 연구	
Max Planck Institute, 독일	액체 결정 탄성 중합체를 이용한 애벌레의 파동운동을 모사한 마이크로로봇	
Wyss Institute, Harvard, 미국	심장근육을 이용한 가오리모사 로봇	
INSA Centre Val de Loire, 프랑스	심장혈관 내에서 운동하는 마이크로로봇의 정밀제어에 관한 연구	
Univ. of Toronto, 캐나다	분자 및 세포 기반의 마이크로 로봇을 적용한 조작기술	
Ecole Polytechnique of Montreal, 캐나다	마이크로로봇 기반 Brain Blood Barrier를 통과하여 약물전달	

- 국내외적으로 실제적인 치료를 위해 임상적용을 목표로 연구를 진행 중이며 최근에는 나노구조를 가지거나 유연한 재료 및 생체 재료를 이용한 마이크로로봇 개발 등 차세대 마이크로로봇의 개발을 진행하고 있음
- 위 표에서 보듯이 짚신벌레, 박테리아, 애벌레, 가오리 등 다양한 생체모사 마이크로의료로봇 개발 연구가 진행 중임
- 국내 일부 연구팀에서 특정 분야의 마이크로로봇에 있어서는 세계적 수준의 기술 경쟁력과 상용화 가능성을 보여줌

- 세계최초로 3차원 다공성 세포 및 약물 전달체 마이크로로봇을 개발하였고, 심장혈관 폐색병변 개통 및 약물전달을 통한 심장혈관 치료용 마이크로로봇 개발을 진행 중임
- 상업화 및 상용화의 경우, 국·내외 모두 마이크로로봇을 전문적으로 연구, 개발, 제공하는 기업은 없는 실정임

▶ 의료행위 서비스로봇: 원격의료/환자 케어/의료인 보조/병원물류

기관	연구개발동향	사진
RP-VITA (irobot, 미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원격의료로봇</li> <li>• 원격 수술 지원, 텔레 모니터링, 스틸 영상 캡처, 녹화를 위한 멀티미디어 도구 제공</li> </ul>	
HOSPİ (panasonic, 일본)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환자 케어 로봇</li> <li>• 자율주행 및 장애물 회피가 가능한 간호보조 로봇</li> </ul>	
찰리 (유진로봇, 한국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환자 케어 로봇</li> <li>• 엔터테인먼트, 약복용 리마인드, 건강관리, Telepresence, 인지기능보조 기능</li> </ul>	
SMARTsurg 프로젝트 (UWE, EU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 의료인 보조로봇</li> <li>• 수술 중에 사용할 수 있는 손 외골격으로, 그리핑 동작을 보조하며, 촉감을 전달</li> </ul>	
KIRO-M5 (한국로봇융합연구원, 한국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원물류 로봇</li> <li>• 병원용품 운반, 공기 살균, 탈취, 생활 알림</li> </ul>	
TUG (Aethon, 미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원물류 로봇</li> <li>• 약품 및 의료 검체 운반, 수술의복 운반</li> </ul>	

- 세계적인 인구 고령화 추세에 따라서 고령자 케어의 사회비용 증가, 간병인력 부족에 대한 해결책 및 신규 산업창출을 위한 서비스로봇 기술개발에 주력함
- 국내 병원/요양원 간호자의 업무보조를 통한 고령자 케어 서비스 수준 향상, 고령자 대상 원격진료, 만성질환 관리 및 독립생활지원, 고령자 맞춤형 운동재활 등 고령자 케어 통합 서비스 플랫폼 개발이 진행될 것으로 전망됨

### ● 원격의료로봇

- 원격지 환자의 고해상도 영상을 획득하고 이를 전송하는 기술이 초기에는 개발되었으며, 이를 통해 원격진료 서비스를 수행할 수 있는 로봇 플랫폼 기술 및 멀티모달 센서를 이용한 원격지 환자 상태 진단 기술이 개발됨
- 인공지능 기반 의료서비스 플랫폼인 왓슨(Watson)이 개발되어 원격지에서 획득한 의료영상을 통해 진단 및 응급처치에 관련된 방법을 얻을 수 있을 것이라고 판단되며, 이를 이용한 원격의료 관련 연구가 필요함

### ● 환자 케어로봇

- 인구 고령화에 따라 다양한 의료 서비스 공간에서 의료/간호/간병을 위한 인력 부족이 언급됨에 따라 이러한 업무를 지원하기 위한 환자 양중 및 이동을 지원하는 로봇이 개발됨
- 또한, 환자의 배변보조, 목욕 보조 등 특정 간호/간병 보조를 위한 로봇 플랫폼이 개발되고 있으며, 유연소재 또는 멀티모달 센서를 이용해서 사용자와 로봇 간의 상호작용의 용이성을 개선하는 연구가 진행되고 있음
- 로봇 플랫폼에 적용하기 위한 건강관리, 인지기능 보조 등 사용자에게 필요한 서비스 콘텐츠 개발과 관련된 연구가 진행되고 있음

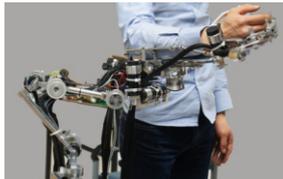
### ● 의료인 보조로봇

- 수술 중의 피로를 줄이기 위한 상지부 외골격 로봇과 Chairless Chair 형태의 하지 외골격 로봇이 개발됨
- 또한, 수술 중 그리핑 동작을 보조하며 촉감을 전달할 수 있는 수술 보조로봇이 개발됨

### ● 병원물류 로봇

- 세계적으로 물류 시스템 관련 연구가 활발히 진행되는 추세에 맞추어 병원/요양원 내 물류 로봇 개발을 위한 관련 요소기술(강인제어, 물류 조작, 적재, 패키징, 인간-로봇 협업 등)이 개발되고 있음
- 현재 병원용품 운반, 공기 살균, 탈취, 생활 알람을 위한 물류 로봇과, 의료검체 운반, 약품/수술의복 운반을 위한 물류 로봇이 개발됨

▶ 재활로봇

기관	연구개발동향	사진
ReWalk Personal (ReWalk, 미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자체무게 23.3 kg</li> <li>• 이동속도 : 2.5 km/h</li> <li>• 상체의 기울어짐을 감지하여 보행의도 검출하고, 손목에 장착된 컨트롤러를 이용하여 모드 변환</li> </ul>	
Hocoma (Hocoma, 스위스)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armeo Power는 외골격형 상지 재활로봇 중 상품화 되어 널리 활용되고 있음</li> <li>• 초기 Armin 모델에서부터 발전되어 최근에는 모든 관절의 토크 센싱도 가능한 모델로 발전</li> </ul>	
HAL (Cyberdyne, 일본)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 착용자 : 145 ~ 185cm, 80kg</li> <li>• 자체무게 : 12kg</li> <li>• 착용자의 보행의도를 EMG로 측정</li> </ul>	
Ekso (Ekso Bionics, 미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 착용자 : 158 ~ 195cm, 100kg</li> <li>• 자체무게 20kg</li> <li>• 이동속도 : 3.2km/h</li> <li>• 일상생활 보조 가능</li> </ul>	
Rex (Rex Bionics, 뉴질랜드)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 휠체어 사용자 및 하지마비 장애인에게 이동성 제공</li> <li>• 클러치와 같은 보행 보조기구 없이 독립적으로 환자 지지</li> <li>• 10개의 DC모터에 의해 구동</li> </ul>	
WAD (Honda, 일본)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노약자와 장애인 보행보조를 위한 골반관절 착용형 로봇</li> <li>• 자체무게 2.6 kg</li> <li>• ASIMO 보행기술 기반</li> </ul>	
HEXAR (핵사시스템즈, 한국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노약자 등 하지 허약자를 위한 보행보조 기기로 보행 의도를 파악, 속도 및 보폭 자동 변환</li> <li>• 자체무게 : 5.5 kg</li> <li>• 허리/어깨벨트 등을 이용하여 무게 분산</li> </ul>	
KULEX (KIST, 한국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노약자/장애인을 위한 상지 근력보조 시스템</li> <li>• 어깨-팔꿈치-손목-파지 근력보조 모듈</li> <li>• 휠체어, 침대 및 식탁에 부착하여 ADL 근력보조</li> </ul>	

- 최근 미국 FDA 승인을 받는 하지외골격 로봇의 시장 경쟁이 가속화 되고 있음. 이스라엘 하지 외골격 로봇인 ReWalk는 2014년에 하지마비에 대해서 병원용 및 개인용으로 동시에 허가를 받았으며, 2016년에는 Ekso Bionics가 외골격 로봇인 Ekso GT를 척수손상 뿐만 아니라 뇌졸중에 대해서도 승인을 받았음
- 재활로봇은 사용자의 참여도가 높은 재활 훈련 기능 개발을 위해 점차 사용자 의도 파악 및 동작구현의 방향으로 발전되고 있고, 최근에는 경량, 작은 부피의 착용감이 좋은 착용형 로봇 및 손 재활에 대한 기술개발이 활발함
- 재활로봇의 개발뿐만 아니라, 진단/측정/평가를 정량화하기 위한 노력이 진행되고 있음. 임상의로 인해 직접 수행되는 경직 진단은 임상의로 주관적인 판단에서 자유로울 수 없기 때문에 그 정확도와 신뢰도가 떨어짐. 이를 극복하기 위해 로봇 형태의 범용 장비가 사용되거나, 다종의 센서 시스템을 사용한 경직 측정방법을 도출하고자 하는 시도들이 있었으나, 진단만을 위해 사용하기에는 고비용의 복잡한 시스템이기 때문에 임상에서 여전히 외면 받고 있음
- 진단의 정확도 및 신뢰도 향상을 위해서는 임상의로 진단을 도와줄 수 있는 간단한 센서 기반 시스템의 개발이 사용성 측면에서는 유망하며, 임상의로 진단을 좀 더 객관화 할 수 있는 교육 시스템으로서의 재현 로봇이 필요함
- 장기적으로는 로봇 기반의 경직 진단 기술과 더불어 현재의 치료 방법을 획기적으로 개선할 수 있는 로봇 기반 치료법이 개발된다면, 다소 고비용이면서도 복잡한 시스템인 로봇이 진단과 치료를 동시에 수행하는 용도로 임상에서 성공적으로 사용될 수 있을 것으로 기대됨

## 4) 도전 목표

### ▶ 현재 시장 및 기술 개발의 한계점

#### 1) 수술로봇

##### ● 제도 및 정책

- 향후 Google 등이 참여하여 인공지능, 빅 데이터 등을 융합한 거대 병원 플랫폼을 개발하는 추세에 있어, 현재 정부의 연구비지원이나 중소기업을 중심으로 한 연구체계로는 경쟁하기가 어려운 상황임. ICT융합 의료를 지원하는 컨트롤 타워와 범부처 차원의 전주기적 지원(원천기술, 시스템개발, 중개임상연구, 의료기기 인허가 지원, 공적급여 제도 및 표준화 등)이 필요함
- Da Vinci가 성공을 거두기 위해 막대한 비용과 시간을 필요로 하였듯이 수술로봇은 연구개발비용이 막대한 만큼 국내 시장만으로 성공이 어려워, 관련 기업의 해외진출을 지원하는 제도적 보완이 필요함
- 수술로봇은 다양한 분야의 융합이 중요한 키워드이며, 해외기업들은 선제적인 협력관계 구축을 통해 이를 해결하기 위한 움직임이 활발함. 국내 기업 및 연구소에 이러한 협력관계 구축을 장려하기 위한 국가적인 지원, 정책의 보완이 필요함

##### ● 기술

- 수술로봇 시스템 개발에 있어 정밀부품, 센서, 액추에이터 등 다양한 부품을 해외에서 수입하는 상황. 국내 부품산업의 원천기술력을 향상시켜 시스템 개발의 비용 및 기간을 단축시킬 필요가 있음
- 해외 선진국에서는 인공지능, 빅 데이터 등을 융합한 수술로봇 플랫폼을 개발하고 있으나, 우리나라에서는 아직 독자적인 기술의 수술로봇 플랫폼이 없는 상태. 독자적인 기술로 최소 침습수술로봇 하드웨어 기술을 고도화하고 이후 오픈 플랫폼으로 연구기관에 제공하는 노력이 필요함

#### 2) 마이크로 의료로봇

##### ● 제도 및 정책

- 국내의 로봇 R&D는 꾸준히 확대되어왔으나 마이크로 의료로봇에 관련된 제도와 정책 수립이 미비한 관계로 원천기술개발 지원, 임상적용 인허가, 기술 표준화

등의 종합적인 제도 및 정책 수립이 시급함

- 바이오분야, 마이크로/나노분야, 로봇분야 등을 융합하여 원천기술 확보 및 차세대 바이오 나노로봇분야의 혁신적인 치료법을 개발이 필요함

#### ● 기술

- 마이크로 의료로봇은 국내외적으로 로봇의 제작 및 구동, 바이오 응용 등 다양한 분야에서 기초연구 및 원천기술 확보에 주력하고 있음. 각 요소기술의 성능향상과 함께 기초연구 결과들을 기반으로 임상 적용을 위한 의료용 마이크로 로봇 통합 기술개발이 필요함
- 마이크로 의료로봇의 구조 및 기능은 아직 단일 마이크로 의료로봇의 이동과 같이 단순한 단일 기능에 의한 치료제 전달에 대한 기초 연구에 그치고 있음. 다양한 진단 및 치료 기능을 수행하기 위해서는 좀 더 복잡한 기능을 수행할 수 있으며 복수의 마이크로 의료로봇의 제어가 필요함
- 마이크로 의료로봇이 전달 가능한 다양한 치료제, 치료 효과 및 치료 후 마이크로 의료로봇의 회수 등과 같은 실제 신체 내 치료 적용을 위한 연구가 미미한 실정임
- 실제 임상 적용을 위해 미세 유체 흐름 등과 같은 다양한 생리학적 환경 내에서의 마이크로 의료로봇의 구동 및 치료제 전달이 필요함. 하지만 마이크로 의료로봇 연구를 위한 체외 테스트 플랫폼의 부재로 실제 임상 적용에 많은 시간이 걸림

### 3) 의료행위 서비스로봇

#### ● 제도 및 정책

- 의료 선진국에서는 이미 왓슨(Watson)과 여러 인공지능 기반 의료 진단 서비스 등이 소개되기 시작하면서, 각종 의료 서비스에 대한 관심과 기대가 올라가고 있지만, 국내의 경우, 여러 법제적 문제로 인해 관련 연구 및 기술개발이 더딘 상태로 관련법 및 제도 개선이 필요함
- 특히, IBM 등을 위시한 여러 다국적 대기업 컨소시움을 기반으로 차세대 대형 병원 플랫폼 개발이 시도되고 있기 때문에, 현재 국내의 정부 주도의 중소기업 기반으로 한 연구체계는 경쟁에 한계를 가짐. 따라서 보다 적극적인 연구개발 및 표준화 지원, 그리고 인허가 체계 등의 개선이 필수적임. 이를 통해 의료행위 서비스로봇의 고품질화를 이루어 해외 시장의 공략이 필요함

### ● 기술

- 병원 내 물류 서비스와 같은 일반 목적을 위한 구동기 및 센서 등의 다양한 부품에 대한 기술 개발은 어느 정도 궤도에 오른 상태지만, 고출력 경량 구동기, 유연 소재와 같이 특수목적 서비스로봇을 위한 부품 기술에 대한 투자가 필요함. 또한, 하드웨어에 비해 인공지능, 목소리 인식, 사물 인식과 같은 소프트웨어 기술 개발이 상대적으로 더딘 상태임. 따라서 이러한 분야에 대한 원천 기술을 획득하기 위해서는 정부 주도의 적극적인 투자가 필요함

## 4) 재활로봇

### ● 제도 및 정책

- 재활로봇의 개발 및 임상적용에 대한 협의체 또는 컨트롤타워를 두어 체계적으로 원천기술 등이 재활로봇에 적용될 수 있도록 하고, 임상현장의 아이디어를 확대 적용하는 연구에 대해 동시 지원이 필요.
- 재활로봇을 쉽게 적용할 수 있도록 개발에 있어 공통적으로 필요한 사항에 대해서는 공유할 수 있는 인프라이가 필요. 특히, 재활로봇에 대해 꼭 필요한 사항에 대해 “공개적 데이터”화 하여 작은 기업에서 좀 더 쉽고 유연하게 접근할 수 있도록 하는 방안이 필요.
- 엔지니어가 의료기기를 개발함에 있어 허가/인증을 한 번에 진행할 수 있는 (one-stop service) 센터의 설립이 필요
  - \* 현재 재활로봇은 경우별로 장비를 개발하고 필요한 공통적인 원천기술부터 임상실험에 이르기 까지 각각의 연구자가 반복적인 연구를 수행함으로써 불필요한 중복 연구가 발생하고 있음
- 법적/제도적 측면에서는 로봇에 대한 차별적 규제(로봇 = 식약처 3등급 의료기기)를 철폐하고, 안전성이 필요한 로봇에 대해서는 제조사가 특별히 위험 관리 등을 제안하게 하는 것이 필요함.
- 재활로봇은 침습적인 기술이 거의 없으므로 도전적인 아이디어에 대해서는 보다 접근성을 높일 필요가 있음. 안전성에 문제가 되지 않으면 식약처의 인허가 제도의 어려움을 낮출 필요가 있음. 미국 FDA의 Clearance 참고 (안전성에 문제없음)
- 로봇이 시장에 진입하기 위해서는 시험검사, 인허가 및 공적급여 제도와의 연계를 요함. 산업부와 복지부, 식약처, 심평원 등과의 연계가 필요할 것으로 보임

## ● 기술

- 재활로봇분야에 있어 상대적으로 진단/측정/평가 등에 대한 관련 연구는 미약함. 현재 병원에서 행해지고 있는 진단들이 주관적이고 정성적인 특성을 가지고 있기 때문에 치료용 로봇만을 개발해서는 객관적인 평가가 어렵고 누가 진단하였는가에 따라서 진단이 달라질 수 있는 어려움이 존재함
  - \* 뇌졸중 등 신경질환자에서 흔히 보이는 경직/강직 등의 측정의 경우 의사/물리치료사의 손 감각에 의존하여 상대적으로 측정이 이루어짐. 기계적 임피던스(mechanical impedance)의 정량적 측정 등으로 대체 가능성은 있으나, 현재 이를 연구하고 있는 그룹은 미국 MIT, Casewestern 등 몇 그룹에 지나지 않음
- 재활로봇의 특성상 많은 환자를 대상으로 수년 이상의 실험을 통하여 결과를 얻을 수 있기 때문에, 단기 과제로는 재활로봇의 효용성을 보일 수 없고 단편적인 연구들에 그칠 수밖에 없음. 따라서 의료기관, 기초연구 기관(대학 등), 실용화 연구기관(국책연구소 등)의 긴밀한 협력 연구를 통해 ‘수요 발굴 → 기초연구 → 개발연구 → 임상시험 → 실증평가 → 실용화’의 전 주기적 중개 연구개발 사업을 수행하는 국가과제 지원이 필요함
  - \* 2014년 이후 재활로봇 및 보조기구 관련 주요 국가 연구개발 사업은 몇몇 특정 분야를 제외하면 주로 중소기업 위주의 2년 미만 단기 개발 연구에 집중되어 있음.(2015년도 국가연구개발사업 조사 분석 보고서)
- 상급병원 등을 대상으로 하는 복잡한 시스템과 더불어, 집에서도 사용 가능하고, 나아가서는 원격재활에서도 적용할 수 있는 기능은 간단하지만 가볍고 적당한 크기의 저렴한 일상생활 보조로봇의 연구개발도 병행이 필요함
- 기존에 환자의 증상별로 재활로봇이 개발되어 증상이 다른 환자의 경우에 로봇을 다시 제작하여야 하거나, 공학적 지식이 없는 의료 관계자가 로봇을 자체 개발할 수 없는 어려움이 있음. 따라서 엔지니어의 도움 없이 재조립이 가능한 수준으로 모듈화 하는 방식으로 개발되어야 함

## ▶ 기술적 도전 목표

### 1) 수술로봇

- 영상기반기술 및 인공지능/빅 데이터 기술
  - 강체 모델링 기반 시뮬레이션 기술에서 장기 및 조직 촉감 구현 기술 개발
  - 마커 기반 내비게이션에서 마커리스 내비게이션 및 의료영상과 내비게이션 기술 융합

- CT/MRI 영상정합 기반 기술에서 멀티모달 영상정합기술 개발
- 단순 수술과정 인식을 벗어나 수술 과정 중 위험도 평가 및 수술 중 환자 상태 진단 기술 개발
- 기초적인 영상기반 주요장기 및 혈관 인식/증강현실에서 실시간 기반의 혈관 인식/증강현실 기술 개발
- 환자 생체정보/유전정보를 활용한 질병 진단 기술을 유비쿼터스를 활용한 원격 환자 진단 기술로 변화시킴
- 수술로봇 시스템 (로봇 팔, 말단장치, 마스터장치, 센서, 구동기)
  - 의료진과 협업이 가능(모터제어기 일체형, 안전기능 부가)하며 하나의 로봇 팔로 다기능 구현이 가능한 소형, 경량, 모듈화 기술이 필요함
  - 저침습의 최소 침습화(NOTES, 마이크로 수술 등)을 위한 마이크로 로봇 기술, 수술 툴의 정교성(dexterity) 향상 기술, follow the leader 타입 유연로봇 메커니즘 및 조작기술
  - 인공지능을 활용한 집도의의 의도파악을 위한 인터페이스 기술(집도의 의도파악 및 에러 보정) 및 마스터장치의 힘, 촉감 등 햅틱 기능의 고성능화(개복수술 수준의 실감향상)
  - 체내에 적용하기 위한 각종 센서의 초소형화 및 초소형/인체 삽입형 로봇을 구동하기 위한 마이크로 구동, 무선통신 및 배터리 기술

## 2) 마이크로 의료로봇

- 의료용 마이크로로봇은 인체 내 고정밀 주행 제어, 목적지향형 세포 및 약물전달, 마이크로로봇의 위치정보 추적 등의 주요 기반 기술 개발을 필요로 함
  - 고효율 추진력 및 결합, 분리, 병변에의 고정 등과 같은 다기능을 가지는 마이크로 의료로봇의 제작을 위해 3D 프린터, 3차원 레이저 리소그래피 등 미세 구조물 공정기술 개발 및 고도화가 필요함
  - 마이크로 의료로봇을 통한 정밀 의료 범위를 확대하기 위하여 항암제 등과 같은 약물, 다양한 줄기 세포 및 열 치료(hyperthermia) 등과 같은 다양한 종류의 치료제 탑재 및 전달 기술 개발이 필요함
  - 향후에는 유연재료, 생체적합 재료 등을 이용하여 마이크로로봇을 생체와 유사하게 제작하여 그 추진효율 및 생체 적합성을 극대화하며, 나노구조 및 마이크로로봇 표면처리를 통해 약물 및 세포전달 등에 탁월한 효과를 가지는

기능성 표면을 개발할 필요가 있음

- 표적지향형 암세포 사멸, 줄기세포 치료를 위한 마이크로로봇 개발 등 주요 질병 모델 치료에 최적화된 마이크로 의료로봇 시스템 개발이 필수적임
- 다양한 생리학적 환경을 모사한 체외 신체 모사 시스템에서 세포 및 조직에 약물 및 줄기세포 전달 실험, 혈전의 드릴링 실험 등 다양한 마이크로 의료로봇 관련 실험을 진행하여 실제 임상 적용을 가속화 하는 것이 필요
- 동물 및 임상에 적용을 위하여 요소 기술들을 통합한 마이크로로봇 의료시스템 개발 역시 필수임

### 3) 의료행위 서비스로봇 : 원격의료/환자 케어/의료인 보조/병원물류

#### ● 원격의료 로봇

- 환자의 영상정보를 의사에게 전달하는 의료영상 시각화 기술(증강기술, 다중 영상통합기술, 환부 3차원 재구성 및 가이드 기술) 및 영상 데이터 해석기술
- 빅 데이터(개인건강기록) 기반 환자 의료 데이터 획득 및 인공지능 기반 환자 상태진단/치료방법 추론 기술
- 원격지 환자의 치료 전/중/후의 전주기적 의료정보 비교분석 기술
- 원격지 환자 상태에 따라 필요한 응급치료, 시술 및 수술, 원격재활 및 약 처방 등의 의료행위를 수행할 수 있는 원격 치료 로봇 기술
- 원격지 환자의 전주기적 생체신호 측정/처리/송수신을 통한 일상 케어 기술

#### ● 환자 케어로봇

- 환자의 사용 편의성 증진을 위해 환자 상태/의도 인식 기술 개발이 시급
- 멀티모달 센서를 통해 로봇과 환자 간 안전한 상호작용이 가능하게 하는 소프트 로봇 기술이 필요
- 환자의 수직양중 및 이동 플랫폼 기술, 배변보조, 목욕보조 등 특정 간호/간병 보조를 위한 특화 모듈형 로봇 플랫폼 기술
- 병원 내 환자의 간단한 심부름, 의료에 관계된 물품 이송 등 다양한 형태의 인공지능 기반 간병물품 최적 조작 기술 및 병원 환경 내 자율이동 기술 (물체 인식 및 회피 기술)이 필요

● 의료인 보조로봇

- 착용감 개선을 위한 생체 역학적 구조 설계 기술 및 소프트 로봇 소재 기술 개발이 필요함
- 시스템 안정성 및 신뢰성 확보를 위한 고출력 경량형 안전 구동기 기술(스마트 구동기 및 소프트 구동기 포함)
- 바이오센서(EMG/EEG), 바이오 칩(사용자내 삽입 및 측정기술), 인간-로봇 간 접촉식 센서 등 사용자 인터페이스 기술(사용자-로봇/로봇-외부환경)과 함께 머신러닝 기반 다중 생체 신호 프로세싱 및 의도 추출 기술 개발이 필요함

● 병원물류 로봇

- 환자 종합 정보 저장 및 의료인 편의 증대를 위한 빅 데이터/IoT/클라우드 서비스 기반 전자 차트 오더 시스템 기술
- 환자 용태의 선제적 대응을 위한 인공지능 기반의 상시 업무 및 응급 업무 대응 시스템 기술이 필요함
- 물품 이송을 위한 위치인식 및 장애물 감지/회피 기술 기반 자율 주행 기술, 인공지능 기반의 물품 인식/조작 기술 개발이 필요함

#### 4) 재활치료 및 기능 보조로봇

- 재활치료 로봇 : 재활치료를 통하여 기능을 회복할 수 있는 환자 또는 기능을 상실하였으나 지속적인 움직임이 필요한 환자를 대상으로 하며, 기존의 병원에서 수행하는 재활치료에 로봇을 활용하여, 물리치료사가 동시에 담당할 수 있는 환자의 수를 늘리고, 재활 치료를 시스템화하는 것이 필요
  - 상지/하지 외골격 형태의 재활훈련 로봇
  - 경량 저가의 편측 장애인용 외골격 로봇을 통한 대칭성 개선
  - 척수손상 환자를 위한 불수의적 근육운동
  - 치료사와 로봇이 함께 작업할 수 있는 Co-Rehabilitation 시스템
  - 1) 무릎(관절염), 2) 어깨(오십견), 3) 손, 골반 등 근골격계 재활을 위한 Soft & Wearable device 기술
  - 실시간 센싱을 통한 능동형(active) 교정 장치

- 기능 보조로봇 : 신체적 기능이 상실된 환자를 대상으로 하며, 신체의 이동 및 ADL/IADL을 환자의 의지대로 수행할 수 있게 함
  - 이동 보조로봇, 식사 보조로봇(ADL/IADL)
  - 로봇 의수/의족 및 보행 보조 로봇
  - 노인 간호/생활보조 로봇, 낙상방지 로봇
  - 환자 이송 로봇(화장실, 욕실, 침대, 휠체어 등 이동 및 욕창방지, 체위 변경 등)
  - Sit-to-stand 등 신체 활동 보조
  - 대소변 자극
  - 아동용 재활로봇 (사이즈 다양화, 흥미유발)
  - 동기유발(motivation)을 위한 가상현실(Virtual Reality) 콘텐츠 개발
  - 휠체어 자율주행, 휠체어 머니플레이션 (시장성 명확한 단기 기술)

#### 5) 재활 진단/치료/평가 (Rehabilitation Assessment)

- 현재 병원에서 행해지고 있는 검사들이 주관적이고 정성적이며 낮은 신뢰도를 가지고 있음. 따라서 객관적인 측정을 가능하게 하여 일관된 진단/치료/평가가 가능하게 하는 기술 개발이 필요함
  - Progressive Assessment(회복 또는 악화 정도 정량화)
  - 관절 가동 범위, 강직/경직도 측정, 운동제어 능력 정량화
  - 3차원 근골격계 측정 로봇 (예: mobile 초음파 측정)
  - 마커리스(Markerless) / Connected Motion Analysis
  - 착용형 로봇을 응용한 일상생활 모니터링 장치

#### 6) 재활로봇 플랫폼

- 제조 플랫폼 및 표준화 : 현재의 재활치료 로봇은 전문 개발 인력에 의해 각각의 치료별로 단품으로 개발되어 있어, 다른 치료에 응용이 어려운 단점이 있음. 따라서 제조 플랫폼을 표준화 하여, 제품개발을 별도의 지식 없이도 수행할 수 있고, 개발된 제품을 허가/인증할 수 있는 플랫폼 구축을 통하여 보다 빠르게 재활 로봇을 제작할 수 있음
  - 임상(Clinician)와 엔지니어가 함께 연구 초기 아이디어에서 제품까지 생산 가능하고, 의료기기 허가/인증 등을 수행할 수 있는 one-stop service 센터 설립

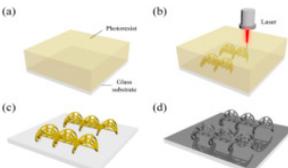
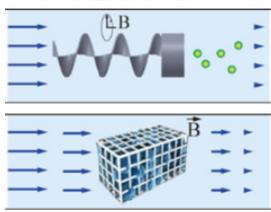
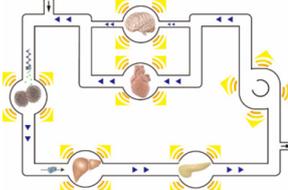
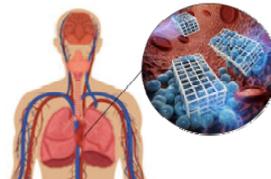
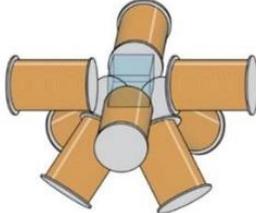
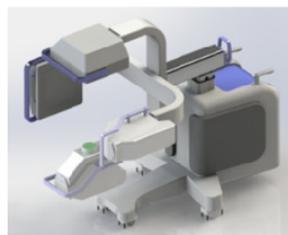
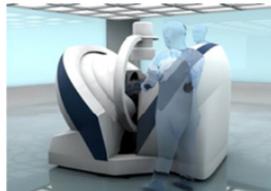
- Hand-held Scanning에서 전기배선을 포함한 wearable device를 제작할 수 있는 스마트 팩토리를 이용한 개인 맞춤형 재활로봇 제작
  - 레고블록처럼 임상의가 개발된 제품을 엔지니어의 도움 없이 재조립이 가능한 수준으로 하드웨어, 소프트웨어 및 서비스 표준화
- 재활로봇 4.0 (스마트재활, data-driven, evidence-driven, 재활로봇 cell)
- 4차 산업혁명과 더불어, 기존의 병원에서 수행되는 재활치료의 방법을 표준화된 재활 프로토콜과 더불어 환자 맞춤형으로 일상생활에서의 데이터를 수집하여 원격진료와 치료를 동반한 IoT 및 인공지능 형태로 재활치료를 수행하는 것을 목표로 함
  - 재활 프로토콜에 따라서 재구성 가능한(Reconfigurable) 재활 로봇 시스템. 현재는 각각의 재활 치료에 따라서 별개의 로봇 시스템이 동작하여, 수많은 형태의 치료 방법을 모두 개발해야 하는 어려움이 있음.
  - 부위별로 특성화된 Gym 형태: 재활 치료를 위한 부위별/치료 방법별 재활 로봇이 배치된 Gym 형태로 재활치료의 목적과 방법에 따라 물리치료사가 환자 개별적 프로토콜을 진행함
  - 일상생활 데이터 상시 수집을 위한 모니터링 장치 기반 환자의 개별적 특성 파악을 통하여 개인별 Progressive 치료법을 제시하거나 병원/집에서 환자가 수행할 일을 지시하는 등 원격진료가 가능한 형태

## 5) 단기(5년), 중장기(10/15년) 전망

## ▶ 수술로봇

	단기(5년)	중장기(10/15년)
영상기반 및 인공지능/ 빅데이터 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇수술 시 병변 인식이 가능하며, <b>주요 장기에 대한 촉감</b>을 느낄 수 있음. 수술 시 물레이션 기술 발달로 <b>의료진의 수술 작업 학습능률 향상</b></li> <li>영상 정보를 기반으로 <b>환자의 종합적인 상태 진단</b>이 가능하며, 수술 작업 시 다층의 레이어로 의료진이 원하는 해부학적 정보를 알 수 있음</li> <li>환자의 생체정보/유전정보를 활용하여 인공지능 의사가 질병을 진단/예측하며, <b>의료진은 인공지능 의사의 의견을 참조함</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초음파, MRI, CT 등의 영상 및 증강 현실 기술이 통합되어 멀티모달 영상 데이터를 제공하며, 특정 <b>의료행위에 있어 필요한 영상은 빅 데이터 분석을 통해 자동으로 제시됨</b></li> <li>문진, 촉진, 유전자 기록이나 가족력을 포함한 환자 데이터와 함께 상기 영상 정보를 분석하고 동일 지역이나 국가 등의 유사환자에 대한 데이터베이스를 분석하여 <b>환자 맞춤형 치료방식</b>을 제시함</li> </ul>
수술로봇 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>마이크로 수술 툴은 <b>3mm급 이내로 소형화</b> 되고 <b>툴팁의 정교성이 향상</b>되어 신경외과, 마이크로 관절 등의 수술이 가능</li> <li><b>Follow the leader</b> 기술 및 <b>강성조절 기술</b>을 탑재한 <b>유연 내시경로봇의 개발</b>로 소화기(위, 대장 등)내 종양조기절제술등을 내과 의가 실시가능</li> <li>사용자 편의성 마스터장치 기술 및 수술 로봇의 안전성 증가관련기술로 <b>수술로봇의 적용분야가 확대</b>됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연개구부 및 마이크로 수술 툴은 각 활용영역에 적합하도록 <b>밀리미터 및 미크론 단위로 소형화</b>되고, <b>수술 툴은 사람의 손기술을 초월한 정교성</b>을 가짐</li> <li>마이크로 바늘형 수술 툴, 캡슐형 수술 로봇 및 박테리아 로봇 등의 개발로 암 조직 제거 등 대부분의 수술은 <b>인체를 절개하지 않고 무침습으로 수술</b>이 가능</li> </ul>

▶ 마이크로 의료로봇

	단기(5년)	중장기(10년/15년)
<p>MEMS 및 미세기계가공 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율 추진, 다기능 마이크로 의료로봇 구조체 제작</li> <li>생체적합성 및 생분해성 재료를 사용하여 제작</li> <li>다량의 치료제 탑재 구현</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>혈류와 같은 체내 환경에서 구동 가능하도록 마이크로 의료로봇의 추진 효율 극대화</li> <li>인체 내 생체 안정성 및 구동 최적화</li> </ul> 
<p>체외 (In-vitro) 마이크로 의료로봇 테스트 플랫폼 개발 및 동물실험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>임상 적용 전에 다양한 생리학적 환경에서의 마이크로 의료로봇을 사전 테스트 하기 위한 체외 테스트 플랫폼 개발</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>체외 신체 모사 테스트 플랫폼에서 마이크로 의료로봇을 이용한 다양한 표적지향성 치료제 전달 검증</li> <li>동물 실험을 통한 마이크로 의료로봇 검증</li> </ul> 
<p>자기장 제어시스템 및 정밀제어기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>마이크로 의료로봇 정밀 제어를 위한 다양한 정밀 자기장 제어 시스템 개발</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체 내 다양한 위치로의 마이크로 로봇 제어 가능한 고속 정밀 제어 시스템 개발</li> <li>동물 및 임상 실험, 상용화를 위한 대형 시스템 개발</li> </ul> 
<p>영상시스템 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>X-Ray, MRI 등 의료영상 기술을 마이크로 의료로봇 시스템에 적용 가능하도록 고해상도 영상 처리 요소 기술 개발 및 고도화</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체 내 역동적인 환경 내에서 마이크로 의료로봇을 정밀 추적할 수 있는 고해상도 영상 처리 대형 시스템 개발</li> <li>임상 적용 및 상용화를 위한 타 시스템과의 통합 및 영상 시스템 고도화</li> </ul> 

## ▶ 의료행위 서비스 로봇

	단기(5년)	중장기(10/15년)
원격의료 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>환자의 개인데이터와 영상정보를 통합하고 관리해주는 시스템이 개발되어 의사들은 진료실에서 모든 정보를 일시에 제공받음</li> <li>치료전후의 통합영상정보가 자동으로 비교 분석되어 <b>치료효과에 대한 가이드라인을 제시</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>의료진은 진단부터 그에 상응하는 치료 및 치료 후 관리를 위한 일련의 의료과정을 원격으로 도서 지역에 위치한 로봇을 통해 수행함</li> <li><b>의료영상 및 융합현실 기술을 통합한 멀티모달 영상데이터를 제공하며, 빅 데이터 분석 기반 특정 의료행위 영상 제시</b></li> </ul>
환자 케어로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>소프트 로봇 기술 기반 의료인 도움 및 조작 하에 단순 환자이송</b> 업무 수행</li> <li>침상 위 환자의 휠체어에 이동 혹은 침대에 눕거나 일어나는 행동을 도와줌</li> <li><b>배설 케어 로봇</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>소프트 로봇 촉수 기술 기반 환자 이송</b> 가능</li> <li>환자 배뇨, 간단한 수액 교체 등 고차원 의료 행위 지원</li> <li>자연어 인식 및 비전 기반 영상 인식을 통해 <b>환자의 의도 및 상황 예측</b></li> </ul>
의료인 보조로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>웨어러블 외골격 형태의 <b>근력 보조 로봇</b>을 통해 거동이 불편한 환자의 이송이나 재활 환자의 치료 시 관련 업무를 쉽게 수행함.</li> <li>장기간 <b>의료 행위 시 발생하는 의료인의 피로 최소화</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>의료인 의도 추출 기반 제한적/적극적인 동작 보조</b></li> <li>다자유도 착용형 소프트 장갑 등을 통해 수술 시 고정밀 가이드/모니터링 역할</li> <li>재활 치료 시 의료인이 필요한 동작 수행 및 치료과정 모니터링 역할</li> </ul>
병원물류 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>필요한 물품(수술복, 수술 도구, 재활물품 등)의 스케줄링에 따라 이동시킴</li> <li><b>가벼운 물체 조작 및 병원 내 자율 이동을</b> 수행함</li> <li>약, x-ray 필름, 차트 등 의료 업무에 필요한 제한된 물품을 이송</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>특정 업무가 아닌 범용 업무가 가능한 로봇 보급</li> <li>자동으로 필요 업무 판단 후 업무 수행하며, 클라이드 서비스로 연결되어 있음</li> <li><b>다자유도 다기능 로봇 간의 고차원적인 협업</b> 이 가능</li> </ul>

▶ 재활치료 및 기능 보조로봇

	단기(5년)	중장기(10/15년)
뇌졸중	<ul style="list-style-type: none"> <li>가정용 상/하지 재활로봇을 통한 근력 증강 로봇</li> <li>경량/저가형 편측 장애인용 외골격 로봇</li> <li>대칭성 개선 Smart Orthosis</li> </ul>	
척수 손상	<ul style="list-style-type: none"> <li>척수손상 환자를 위한 필수적 근육운동</li> <li>하지 exoskeleton (완전 마비용)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>BMI (Neural Prosthesis)</b></li> <li>신호 bypass (척수 손상 환자 연결)</li> <li>이식 가능한 BMI (동작의도 측정, 복합 운동의 해석)</li> <li>BMI one-shot learning</li> <li>병원/가정에서 동시에 사용할 수 있는 다기능 모바일 간호/간병 모듈</li> </ul>
근골격계	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 무릎 (관절염), 2) 어깨 (오십견), 3) 손, 골반 등 근골격계 재활을 위한 <b>Soft &amp; Wearable device 기술</b></li> <li>스포츠 재활</li> <li>실시간 센싱을 통한 능동형(active) 교정 장치</li> </ul>	
기능 보조로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>이동 보조로봇, 식사 보조로봇(ADL/IADL)</b></li> <li>로봇 의수/의족 및 보행 보조 로봇</li> <li>노인 간호/생활보조 로봇, 낙상방지 로봇</li> <li>환자이송 로봇(화장실, 욕실, 침대, 휠체어 등 이동 및 욕창방지, 체위 변경 등)</li> <li>Sit-to-stand 등 신체 활동 보조</li> <li>대소변 자극</li> <li>아동용 재활로봇(사이즈 다양화, 흥미유발)</li> <li>동기유발(motivation)을 위한 가상현실 콘텐츠 개발</li> <li>휠체어 자율주행, 휠체어 매니플레이션</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재료, fabrication, Human Robot Interface</li> <li>발목 절단 환자용 Prosthesis</li> <li>기능적 전기 자극(FES) 및 경두개 자기 자극(TMS) 치료</li> <li>원격진료</li> <li><b>Assessment와 연결된 물리치료사 훈련 로봇(phantom)</b> (예: 이 정도면 경직이 얼마임 등)</li> <li>환자의 증상을 시뮬레이션 할 수 있는 플랫폼</li> <li>휠체어 자율주행, 휠체어 매니플레이션</li> <li>환자이송 로봇(화장실, 욕실, 침대, 휠체어)</li> </ul>

▶ 재활 진단/치료/평가 (Rehabilitation Assessment)

	단기(5년)	중장기(10/15년)
뇌졸중	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Progressive Assessment</b> (회복 또는 악화 정도 정량화)</li> <li>• 관절 가동 범위, 강직/경직도 측정, 운동 제어 능력 정량화</li> </ul>	
척수손상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신체능력 측정 (근육량 측정)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운동평가 (connected motion analysis system, 관절염 측정/판단 등등)</li> </ul>
근골격계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3차원 근골격계 측정 로봇 (예: mobile 초음파 측정)</li> <li>• 마커리스(Markerless) 동작 분석</li> </ul>	
기능 보조로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일상생활 모니터링 장치(착용형 로봇 응용)</li> <li>• 인공지능 기반 노인 간호/생활보조 로봇</li> <li>• 인공지능 기반 낙상방지 로봇</li> <li>• 침대로봇 (욕창방지, 체위 변경 등)</li> <li>• 환자이송 로봇(화장실, 욕실, 침대, 휠체어 등 이동)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>3-dimensional locomotion 평가 및 훈련 장치</b></li> </ul>

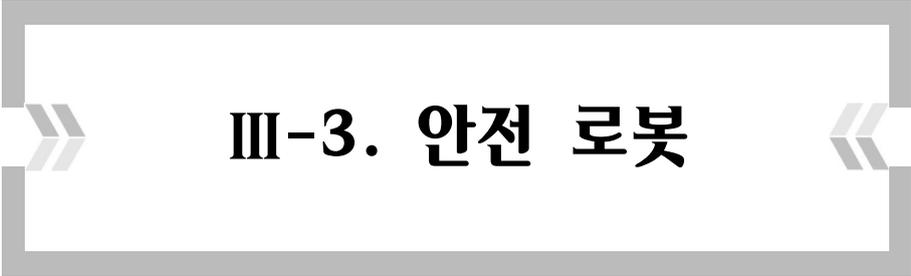
▶ 재활로봇 플랫폼 (재활로봇 4.0)

	중기(10년)	장기(15년)
플랫폼 및 표준화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 임상가와 엔지니어가 함께 연구 초기 아이디어에서 제품까지 생산하고, 의료기기 허가/인증을 할 수 있는 <b>one-stop service</b> 센터 설립</li> <li>• 레고블록처럼 임상가가 개발된 제품을 엔지니어의 도움 없이 재조립이 가능한 수준으로 하드웨어, 소프트웨어 및 서비스 표준화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>개인 맞춤형 재활로봇</b> : Hand-held Scanning에서 전기배선을 포함한 wearable device를 제작할 수 있는 스마트 팩토리를 이용한 제작</li> <li>• 재활로봇 4.0: 표준화된 재활 프로토콜과 더불어 환자 맞춤형으로 <b>일상생활에서의 데이터를 수집하여 원격진료와 치료를 동반한 IoT 및 인공지능 형태로 재활치료를 수행</b></li> <li>• 재활 프로토콜에 따라서 재구성 가능한 (Reconfigurable) 재활 로봇 시스템 개발</li> <li>• 재활 치료를 위한 부위별/치료 방법별 재활 로봇이 배치된 Gym 형태로 재활치료의 목적과 방법에 따라 물리치료사가 환자 개별적 프로토콜을 진행</li> </ul>

## 〈조직위원 명단〉

순번	성명	소속	직위/직책
1	오용환	한국과학기술연구원	책임연구원
2	김기훈	한국과학기술연구원	책임연구원
3	김계리	한국과학기술연구원	선임연구원
4	안범모	한국생산기술연구원	선임연구원
5	김기영	한국기계연구원	선임연구원
6	김영진	인천대학교	조교수
7	최홍수	대구경북과학기술원	부교수
8	김종현	DGIST	조교수
9	강상훈	UNIST	조교수
10	송원경	국립재활원	과장
11	김정	KAIST	교수
12	박형순	KAIST	교수
13	공경철	서강대	부교수
14	조규진	서울대	부교수





### III-3. 안전 로봇



## 1) 개요

▶ (개념) 사회 인프라와 연계하여 인간의 안전을 위하여 전문적이고 공공적 성격의 서비스를 수행하는 로봇으로 보안 및 감시, 인프라의 유지 보수, 응급 구조 및 재난/재해 대처 로봇과 국방 분야 로봇 등이 해당됨

### ▶ 분류 및 적용분야

- (사회 안전) 산업시설, 대형 건물 등의 진단, 경비 또는 화재나 재난 환경에서 활용할 수 있는 감시/경계, 소방, 재난 대응 등 로봇을 포함
- (국방) 병사를 대신하거나 보조하여 효율적인 군사 작전임무를 수행하거나 주요 군사시설의 보호를 위한 로봇으로 지상, 해양 및 항공 무인체계로 분류
- (원자력) 원자력 관련 시설의 모니터링, 유지/보수, 사고 대응, 제염, 해체 등을 위한 로봇

대분류	중분류	주요 적용 분야 및 로봇
사회 안전	검사/진단 및 유지 관리(경비)	- 실내외 경비 로봇                      - 비파괴 검사 로봇 - 탱크, 튜브, 파이프, 하수관 등 유지관리 로봇 - 기타 감시 및 유지관리 시스템
	사고대응 및 구조	- 위험지 및 협소공간 이동 정찰 로봇 - 화재 대응용 소방 로봇 - 요구조자 이송 로봇, 소방대원 근력 지원 로봇 - 장비 수송, 공간확보 및 구조작업 지원 로봇
국방	지상 무인체계	- 감시 정찰 및 전투 로봇               - 폭발물 탐지/제거 로봇 - 병사 착용형 로봇                      - 생체 모방형 로봇
	해양 무인체계	- 연안 및 항만 감시경계 무인수상정 - 수중 임무용 무인잠수정               - 무인기뢰 처리기
	항공 무인체계	- 통신중계 무인기                        - 감시정찰 무인기 - 무인전투기
원자력	검사 및 유지관리	- 원전 시설용 감시/정찰 로봇       - 비파괴 검사로봇
	사고대응 및 구조	- 실내외 비상 대응 로봇 - 장비 수송 및 원격작업용 로봇
	원자력 시설 제염 및 해체	- 원자력 시설 제염 및 해체용 로봇

※ 출처 : World Robotics(IFR, 2016), 무인체계 통합로드맵(미 국방부, 2016)

## 2) 국내외 시장 동향

### ▶ 세계 시장 동향

- 세계 안전 로봇 시장은 11.2억달러('15년)규모로 국방분야가 전체의 90%이상임. 시장 형성 초기 단계이나 연평균 성장률이 8%대로 성장잠재력이 매우 높으며, 향후 사회 안전 및 원자력 분야 시장의 확대 예상

〈국의 안전 로봇 시장 규모〉

(단위 : 백만달러)

구 분	시장 규모 추이(10~15)							시장전망 2016~2019
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	CAGR	
사회안전	31.4	34.3	27.5	48.6	44.8	49.0	9%	414
국 방	723.2	747.6	818.3	901.5	1,023.1	1,038.1	7%	3,309
원 자 력	27.9	32.5	33.9	42.7	36.1	36.4	6%	144
총 계	782.5	814.4	879.7	992.8	1,104	1,123.5	8%	3,867

※ 출처 : World Robotics 2012~2016(IFR), 사회안전(조사 및 유지보수 시스템과 구조 및 보안 어플리케이션 판매 금액 합계, 국방(국방 어플리케이션), 원자력(건설 및 해체 시장 규모)

- (사회안전) 전 세계적으로 시설물 감시 및 유지관리 분야 투자 증가, 재난 대응을 통한 직간접 사회 비용 절감 요구 증대 등으로 高 성장 전망
  - 조사 및 경계·감시, 유지보수 등 로봇의 시장규모는 2010년 10.1백만달러에서 2015년 25.2백만달러로 연평균 20%이상 성장 추세임(World Robotics, IFR)
    - \* 전 세계적으로 시설물 투자비용에서 유지보수가 차지하는 비중이 40% 이상 : (미국) 시설물 투자비용 총 4,160억 달러 중 유지보수가 차지하는 비용이 56.56%(Public Spending on Transportation and Water Infrastructure, CBO, 2015.3), (일본) 사회인프라 시설 유지관리비용은 '13년 약 3.6조엔에서 '23년 4.3조~5.1조엔으로 증가 전망(일본 국토교통백서 2014)
    - \* 원유라인 감시 및 인프라스트럭처에 대한 보호 및 점검 등 분야에서 로봇 수요 급증 전망
  - 재난·재해와 사건·사고가 증가함에 따라 인명구조, 재난 대응 등을 위한 로봇 개발이 활성화되고 있는 추세
    - \* 재난·재해규모가 대형화되어 인명피해 및 재난 복구 등에 소요되는 경제적 손실이 천문학적으로 증가 : ('70년대) 47건, 1,517억달러 → ('90년대) 91건, 7,288억달러(IMF)
- (국방) 미래 전쟁은 위협유형의 다양화, 전투 병사의 생존성 보장 및 효과적인 전투 수행 개념으로 변화하면서 무인로봇 활용이 증가할 것으로 전망

- \* 병사를 대신해 위험하거나 단조로운 임무 수행, 유인체계와 협력·지원임무 수행 등 중장기적으로 로봇 기술발전에 따라 광범위한 영역으로 역할 확대 전망
- \* UAV(무인항공기), UGV(무인차), UUV(무인잠수정) 및 국방분야 어플리케이션까지 포함하는 세계 국방로봇시장 규모는 2025년 165억달러까지 성장할 것으로 전망(Boston Consulting Group, 2014)
- (원자력) 후쿠시마 원전사태 이후 원전 유지 보수, 해체 시장도 급격히 증가할 것으로 예상되며, 원전 대응 로봇 시장 규모는 2019년 11억 달러에 이를 것으로 전망(Wintergreen Research, 2013)

▶ **국내 현황**

- 국내 시장은 82억원('08년)에서 300억원('14년)으로 시장규모는 작지만 연평균 24% 이상 급성장 추세이며, 중장기 유망시장으로 주목받고 있음

〈 국내 안전 로봇 시장 규모 〉

(단위 : 억원)

구 분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	CAGR
사회안전	45	52	120	120	119	105	110	16%
국 방	37	56	770	429	70	142.1	190	31%
총 계	82	108	890	550	189	248	300	24%

※ 출처 : 로봇산업실태조사 2012~2015(한국로봇산업협회, 한국로봇산업진흥원), 사회안전(빌딩서비스용 로봇, 사회안전 및 극한작업용 로봇, 사회인프라 공사용 로봇 판매금액 합계), 국방(군용로봇)

- (사회안전) 도시화·산업화 및 기후변화에 따른 신종 재난·안전 위협과 국가 기반시설 노후화 진전에 따른 시설물 위험 증가로 안전로봇과 관련한 시장이 블루오션으로 부상 중
  - \* 최근 10년간('01~'10) 자연재해로 인한 인명피해가 연평균 78명, 재산피해 1조 7,718억원, 인적/사회적 재난으로 인한 인명피해 375,725명, 재산피해 4,889억원(2013년 재난·재해 R&D투자 전략, 2012.07)
  - \* 국가기반시설 중 30년 이상 노후시설 비중 : '14년 9.6% → '24년 21.5% (산업연구원)
- (국방) 항공분야를 중심으로 군용 로봇이 현장 보급되고 있으나, 지상 및 해상 분야는 관련 핵심기술들을 개발 중에 있으며, 최근 국방경계시스템 분야 투자 계획 발표('17.03)에 따라 중장기 시장 규모가 급속도로 확산될 것으로 전망
  - \* 항공 분야 : 대한항공은 방위사업청과 2020년까지 4,000억원 규모의 국산 사단무인기 공급 계약 체결(방위사업청, 2015)

- (원자력) 2020년 이후 국내 원전이 급속히 노후화될 것으로 전망됨에 따라 안전 강화 시스템 마련을 위한 로봇 개발 수요가 증가할 것으로 전망

\* 2025년까지 국내 원전 21기 중 6기(월성, 고리원전 등)가 설계수명 만료 예정

### 3) 관련 기술 동향

#### ▶ 사회안전 로봇

- (검사/진단 및 유지관리(경비)) 모바일 플랫폼 기반의 로봇에 임무 기능을 수행할 수 있는 다양한 센서를 응용한 인공지능 기술 개발
  - AGV(무인로봇), UAV(드론)등 로봇 플랫폼에 레이저 스캐닝, 근접 육안 검사 등 진단, 감시 등 분야에 적용하는 기술 개발이 활발
  - 비파괴 검사 및 모니터링, 데이터 관리 기술, 점검·진단·평가 및 예측 기술 고도화를 통해 사회인프라 점검·보수 속도 향상, 비용 저감 및 품질 확보

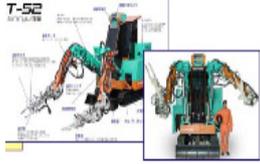
	실외용 경비 감시 로봇	실내용 경비/감시 로봇	드론 형태 감시·조사 로봇
실내외 경비	<p>ROVER-S5(미국)</p> <p>Kingscope K5(미국)</p> <p>GroundBot(스웨덴)</p>	<p>EOS(독일)</p> <p>Cobalt(미국)</p>	<p>eBee(스위스)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 상황 예측 분석 기술</li> <li>- 자율 경비, 자율주행 등 기술개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 음성인식모듈, 라이다, 카메라, RFID, 연기센서 등 내장을 통해 실내 경비인력 대체 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 광범위한 영역 조사 감시기술</li> <li>- 군집비행 기술 개발</li> </ul>

	도로 유지관리	댐, 교량 검사	배관검사 (가스, 상수도, 오일)
검사 및 진단 / 유지 관리 로봇	 <p>RABIT™(미국)</p>  <p>Transtec(미국)</p>	 <p>케이블 로봇(EU)</p>  <p>ARIA 플랫폼(미국)</p>	 <p>PureMFL검사장비(캐나다)</p>  <p>파이프 배관 검사 장비(캐나다)</p>  <p>가스관 검사용 로봇(한국)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로표면 아래 철근 및 기타 금속 물체에 대한 구조를 파악하고 콘크리트 상태 평가 기술 개발</li> <li>- GPS를 활용하여 관련 내용을 기록하고 정확한 위치데이터를 표시</li> <li>- 도로 포장 상태 등 3D모델링 및 검사 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3차원센서 및 GPS를 기반으로 3D모델링화 및 시각적 분석을 통해 균열, 콘크리트 열화, 녹 등 검사 수행 기술 개발</li> <li>- 케이블의 코팅두께 측정 단선, 내부부식에 대한 자기유도(magneto-inductive)* 테스트 수행기술 개발</li> <li>* 자기유도 : 자성체 활용 정전기 유도 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 배관 환경에 적합한 맞춤형, 관경 대응력, 저에너지형 첨단 장비 기술 개발</li> <li>- 고감도, 멀티 센서, FEM*, 3D 영상화 융복합 첨단기술 발전</li> <li>* FEM : Finite Element Model 격자 모델</li> </ul>
	건물 외벽 진단	댐 수중점검	토사붕괴 및 화산재해 현장 조사
	 <p>외벽 진단 장비(일본)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건물의 외벽 진단에 필요한 비계 설치없이 저비용으로 정밀한 검사를 수행할 수 있는 기술을 개발</li> </ul>	 <p>수중점검로봇(일본)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수중 화상영상 취득 기술</li> <li>- UUV(무인잠수정) : 기존의 수중로봇을 선상에서 원격 조종</li> <li>- 복합형로봇 : 수상+ 수중을 동시에 보트에서 점검 가능</li> </ul>	 <p>토사붕괴 및 화산재해 점검 로봇(일본)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 멀티콥터를 활용해 이동형 로봇 이동, 이동로봇에 탑재된 샘플링 장치, 센서 등에 의한 토사 특성 계측</li> </ul>

● (사고 대응 및 구조) 공공부문 주도의 기술 개발이 진행 중이며, 국방 분야 既 개발 기술의 재난 분야에 응용 및 활용

- 재해 정보의 신속한 파악/전달 기술 및 재해 대응을 위한 로봇 기술

- 안전로봇의 특성상 개발 기간이 길고 많은 비용이 소요되며, 제품의 개선 및 인증을 위하여 관련 종사자들의 시범운영 등이 추가적으로 요구

위험지 및 협소공간 이동정찰	소방 로봇	작업지원
 <p>Snake-arm robot(영국)</p>  <p>Genbu(일본)</p>	 <p>Rainbow5(일본)</p>  <p>LUF 60(독일)</p>	 <p>Genbu(일본)</p>  <p>Brokk(스웨덴)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 협소공간 정찰을 위한 뱀형 로봇</li> <li>- 유연한 움직임이 가능 하도록 효율적인 다관절 제어가 핵심 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원격 조종을 통해 사람 대신 방수 작업을 해 주는 것이 주요 기능</li> <li>- 고열을 극복 가능한 내환경 기술 및 험지 이동이 가능한 크롤러 기술이 핵심 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 무인 파쇄, 운반 등 중장비의 작업을 수행 하는 것이 주요 기능</li> <li>- 정밀한 원격조종 기술 및 내충격 기술이 핵심 기술</li> </ul>

- 국내에서도 한국과학기술연구원, 한국원자력연구원, 한국로봇융합연구원 등을 중심으로 재난환경에서의 매몰인명 탐색 등 정보수집 로봇, 인명탐색/구조 로봇, 안전로봇 등이 개발 중

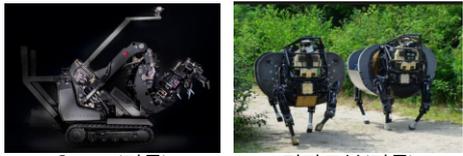
위험지 및 협소공간 이동정찰	소방 로봇	작업지원
 <p>매몰자 탐색로봇(원자력연구원)</p>  <p>지상이동 Scout Robot (한국로봇융합연구원)</p>	 <p>실외 화재 진압로봇(현대위아, 디알비파텍)</p>  <p>공간확보 및 작업지원용 소방로봇(한국로봇융합연구원)</p>	 <p>착용형리프팅로봇(LIG넥스원)</p>  <p>재난재해대응 특수목적기계(한양대)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원격 정찰 로봇과 소형 지상 플랫폼 협업</li> <li>- 필요 임무에 따라 비행, 무선 기지국의 기능을 추가할 수 있는 재난현장 정찰 로봇 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물 잔해 위를 이동하면서 간이벽체나 잔해물, 농연 환경을 극복하고 인명을 탐지할 수 있는 기술 개발</li> <li>- 유무인으로 위험현장 신속 침투 후 긴급 인명구조 또는 진압/방재 가능한 특수 장갑형 작업로봇 기술 개발</li> </ul>	

▶ 국방 로봇

● 지상무인체계의 기술선도국은 미국으로 정찰 및 경전투용으로 로봇 기술 개발 및 전장 적용 확대 추세

- 군사적 목적의 임무 수행 지원을 위해 원격제어, 자율주행 기술 등 로봇의 이동성과 지능 기술 개발을 통한 근력증강 로봇, 야지 자율주행 로봇, 감시 정찰 로봇, 견마로봇 등 로봇 개발 및 전장 적용

\* iRobot, Boston dynamics, Sarcos 등 기업을 중심으로 정찰로봇, 지뢰탐사로봇, 폭탄처리 로봇 (Warrior), 감시로봇, 폭발물 제거로봇 등 제품화(미국 국방로봇 시장의 대부분을 차지)

정찰/감시·폭발물 처리	착용형 로봇/이송로봇
 <p>TALON(미국)      PackBot(미국)</p>  <p>Guardian S(미국)      tEOD(독일)</p>	 <p>MK2 Arm(미국)      BEAR(미국)      Hulc(미국)</p>  <p>Sarcos(미국)      견마로봇(미국)</p>
<p>- 정찰용, 폭발물처리, 위험물 취급 등 수행, 이라크와 아프가니스탄에서 실재 폭발물 처리, 탐사용 활용 중</p> <p>- 기능이 다양화되고, 토크, 속도, 운용시간 등이 향상</p>	<p>- 견마로봇, 아바타 로봇, 웨어러블 로봇 등 로봇기술을 활용해 고중량 물품 이송이 가능한 기술 개발</p>

● 한국은 하지근력증강로봇, 야지자율주행로봇, 120Kg급 구난로봇, 감시정찰로봇, 견마로봇에 대한 기술개발 추진

- 로봇을 미래 전장에 필수적인 요소로 규정하고, 민·군 기술융합 및 협력을 통한 기술개발을 추진 중이며, 현장 적용도 지속적으로 확대

정찰/감시	착용형 로봇/이송로봇
 <p>기지방호로봇(ADD) 고정형 감시 경계로봇(한화테크윈) 스카봇(퍼스텍) 슈퍼이지스 II(도담시스템)</p>	 <p>근력증강로봇(LIG넥스원) 견마로봇(생기원) 차륜형견마로봇(ADD)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- UGV(무인지상차량)가 가장 많이 활용되는 분야는 감시·정찰, 폭발물처리(EOD)와 화생방(CBRN) 분야이며, 주로 중·소형 UGV(무인차량) 플랫폼을 중심으로 연구 개발을 진행 중</li> <li>- 감시 경계용 기지방호로봇은 성공적으로 개발, 군사용 적합 판정을 받았으며, 소요 반영을 위한 계획 수립 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 운반, 전투 등 수행이 가능한 웨어러블 로봇, 견마로봇 등 기술개발이 추진되었으나 제품화 되어 현장적용 중인 로봇은 없음. (대부분 기술 개발 단계)</li> </ul>

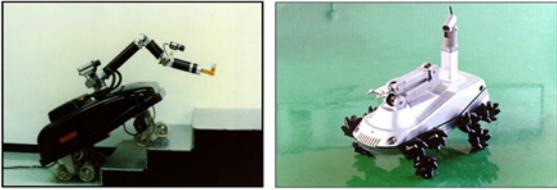
### ▶ 원자력 로봇

- 유럽, 일본을 중심으로 원자력 재난대응 로봇 기술을 지속적으로 개발 중이며, 작업하는 공간이 좁고 험하거나 사람의 접근이 어려운 원자력 발전소의 현장특성을 반영한 원격 제어 기술, 험지 자동주행 기술 등 개발
  - (검사 및 유지관리) 원자력 시설 유지 보수, 검사를 위해 로봇 개발 및 현장 적용 확대
  - (사고대응) 내방사선 특성은 물론 원자로의 종류에 맞는 형태, 내부 차폐를 통한 내습, 내압력 및 내고온 특성을 갖추고 로봇 작동의 신뢰성 향상을 위한 로봇 기술 개발
  - (원자력 해체) 미국, 영국, 프랑스, 일본 등 원자력 선진국에서는 정부 주도로 자국 내 원자력시설의 해체를 위해 기술개발 및 실증이 진행
    - \* 원자력 로봇은 에너그리드(Energid), 미쓰비시(Mitsubishi), 노드롭 그루만(Northrop Grumman), 모로텍(Romotec), 제너럴 다이나믹(General Dynamics) 등 기업과 정부 연구기관이 연계 개발

검사 및 유지관리	원자력 해체 및 분해
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <p style="text-align: center;">EOLE(미국)    EROS(프랑스)    VERI II B(프랑스)</p> <p>- 국영전력회사인 프랑스전력공사(EDF)와 다국적 기업인 AREVA, 국가연구소인 프랑스 원자력청(CEA)를 중심으로 원자력 관련 로봇/자동화 기술을 지속적으로 개발</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">원전 해체 로봇(스웨덴)</p> <p>- 스웨덴(블록 사)에서 개발한 건축물 해체 로봇이 후쿠시마 원자력 발전소 사고 지역에 투입됨. 체르노빌 원전을 비롯한 세계 각국에서 방사능 물질을 취급하고 건물 해체 및 폐기물 제거의 실적을 가지고 있음.</p>

사고대응		
 <p style="text-align: center;">재해 대책용 작업 보조 로봇 (사이버다인㈜)</p>	 <p style="text-align: center;">소형 고압파성 원격 이동장치 (㈜이동로봇연구소)</p>	 <p style="text-align: center;">좁은 지역의 원격 중량물 하역/작업 대차(미쓰비시중공업)</p>
<p>- 후쿠시마 원전 사고 이후 일본 경제산업성 주도의 '재해 대응 무인화시스템 연구개발 사업' 추진을 통해 작업 이동 기구 개발, 측정 작업 요소기술 개발, 재난 대책용 작업보조 로봇개발 등 기술 개발</p>		

- 국내에서는 한국원자력연구원을 중심으로 원전 시설의 모니터링, 유지/보수 및 사고 대응을 위한 원격 작업로봇에 대한 연구가 진행 중임
  - 사람이 접근하기 어려운 극한 환경 및 위험 환경 내 유지보수를 진단하는 로봇들이 개발되어 활용
  - 국내 원자력산업용 로봇/자동화 기술은 원자력연구원을 중심으로 정비전문 업체인 한전KPS, 기기제작업체인 두산중공업 등 기술서비스 업체가 공동 협력으로 개발

모니터링	검사 및 작업
 <p style="text-align: center;">KAEROT_M1/M2(원격모니터링 로봇)</p>	 <p style="text-align: center;">원자로 용기 검사용 수중 로봇 팔</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원전 내 연료교환기 및 배관 등의 이상 부위 검사와 비상조치를 위한 로봇 개발</li> <li>- 작업자 접근이 어려운 고방사능 환경에서 로봇을 통한 원격 모니터링과 로봇을 원격조작하기 위한 기술이 개발됨.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원자력발전소에서 증기를 발생시키는 전열관의 안전검사를 위한 로봇개발</li> <li>- 원자로 용접부의 결함 검사를 위한 원자로 용기 검사용 수중 로봇팔개발</li> </ul>

### ▶ 국내외 기술개발 동향에 대한 시사점

- 사회안전, 국방, 원자력 등 공공적인 전문 서비스를 위해 감시, 예측 및 대응 수단을 제공하는 다양한 형태의 로봇이 개발되어지고 있음

#### 〈분야별 기술개발 동향 요약〉

키워드	설명
<p style="text-align: center;">사회안전 로봇</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Application: 검사/진단 및 유지 관리(경비)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- AGV(무인차량), UAV(드론), 레이저 스캐닝, 감시, 비파괴 검사 및 모니터링, 실내외 경비, 자율 경비, 자율 주행, 군집 비행</li> </ul> </li> <li>• Application: 사고대응 및 구조                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재난 대응, 위험지 및 협소 공간 정찰, 소방 로봇, 작업 지원 (구조, 무인 파쇄), 내열, 내충격, 화재 진압, 매몰자 탐색, 인명구조</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;">국방 로봇</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Application: 무기 체계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원격제어, 자율 주행, 근력 증강 로봇, 야지 자율 주행 로봇, 감시 정찰 로봇, 견마 로봇, 통신중계, 감시 정찰 무인기, 무인 수상정, 무인 잠수정, 무인 기뢰 처리기</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;">원자력 로봇</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Application: 검사, 유지관리, 사고 대응 및 해체                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원자력 시설 유지 보수, 검사</li> <li>- 내 방사선, 내습, 내압, 내고온</li> <li>- 선진국에서는 정부 주도로 원자력시설 해체 기술 개발 중</li> </ul> </li> </ul>

- 안전 로봇 시장은 시장 형성 초기 단계이므로 기술의 신뢰성을 확보하여 완성도를 높이면 국내뿐만 아니라 해외 수출도 가능함. 시장 선점 관점에서 정책적 지원이 필요함
  - 안전 로봇은 내열(화재), 내충격(구조물 붕괴), 내습, 내압, 내방사선(원자력), 협소 공간 등 극한 환경에서의 임무 수행이 요구되며, 임무의 시급성 및 중요도가 높아 제품 조작성의 용이성, 유지보수의 편리성 및 높은 신뢰성이 요구됨
  - 다양한 분야에서 수요가 제기되고 있으나 현장 적용이 어려우므로 안전 로봇은 임무 수행 중심의 연구 개발이 필요
  - 신뢰도를 높이기 위하여 인프라(실증단지, 원전)와 수요자(소방관, 군인, 경찰, 전문직)를 연계한 장기적 실증 실적 확보가 필요하며, 이를 위하여 정책적, 제도적 지원이 요구됨

## 4) 도전 목표

### ▶ 안전 로봇 Application에 대한 수요 분석 및 전략

- (안전로봇) 전 세계적으로 감시 경계 로봇, 재난 대응 로봇, 소방 로봇 등 다양한 분야에서의 수요 확대로 기술 개발이 증가하고 있으나 아직 실제 상황에서 만족스러운 결과를 갖춘 로봇의 개발 사례가 부족함
  - 평소에 운용되는 로봇보다 복잡하고 위험한 환경에서 임무를 수행하는 안전 로봇의 필요성은 매우 높음
  - 한국전력, 한국가스공사, 한국도로공사 등 공공기관을 중심으로 교량, 터널, 가스 및 상하수도 배관 등 사회 인프라의 검사 및 평가, 진단을 위한 로봇 기술 개발 및 현장 테스트 단계
  - 현재까지는 기존 인프라의 검사·진단 등에 적용하기 위한 로봇 개발이 대부분이었으며, 재난으로 인한 파괴된 위험 시설물(가스배관, 상수도 등)을 응급으로 복구·해체하는 로봇, 인명을 구조하기 위한 로봇 기술 개발은 거의 이루어지지 않아 향후 관련 분야의 기술개발도 필요
  - 단기간에 재난현장에서 로봇이 스스로 판단하여 문제를 해결하는 기술 수준 도달은 어렵기 때문에 재난 현장의 경찰, 소방대원의 재난 대응 작업을 보조하거나, 사람과 협력할 수 있는 로봇 개념으로 접근하는 것이 현장 적용 가능성이 높음

- 로봇기술 개발 이후 신뢰성 확보 및 평가 단계가 부족하여 실제 현장 사용률이 낮으므로, R&D 이후에 수요자를 중심으로 현장 환경을 모사한 전용시험단지에서 실증테스트 및 보완을 지속적으로 지원하는 방안이 요구됨
  - 사람이 들어갈 수 없거나 위험한 극한 환경, 특수 작업 환경 등에서도 활용이 가능한 로봇 개발이 요구됨
- (국방로봇) 국방로봇은 자율주행\* 6레벨을 달성하였으며, 현재 자율주행 6레벨에 대한 실용화 및 신뢰성 있는 기술 확보와 자율주행 7레벨 기술 목표로 연구 개발을 추진 중에 있음
- \* 자율주행 레벨이란 환경인식, 자율판단, 임무통제 기술의 수준을 통합하여 무인로봇의 자율주행 성능을 단계적으로 나타내는 것임

〈 국방로봇의 자율수준 〉

자율단계	레벨	대표특성	Level별 수준
원격제어	1	가시선 원격제어	가시거리의 로봇을 사람이 영상 및 정보를 기반으로 제어할 수 있는 수준
	2	비가시선 원격제어	비가시거리에 있는 로봇에 대하여 영상 및 정보를 기반으로 사람이 원격제어 하는 수준
반자율	3	경로 자율주행	사전에 정해진 경로만을 주행하는 수준으로 정지장애물 회피 혹은 이동장애물에 대하여 정지 혹은 회피능력 포함
	4	경로점 반자율 주행	지도상의 근거리 임의 경로점에 대하여 자율주행 하는 수준으로 이동장애물 회피 포함
	5	목표점 반자율주행	지도상의 목표점을 기반으로 자율주행 하는 수준으로 이동장애물 회피 포함
자율	6	자율주행(사람능력의 60%)	다양한 도로(비포장도로, 야지 및 험지)에 대하여 사람의 수동 운전능력과 비교하여 속도 측면에서 60% 수준
	7	자율주행(사람능력의 70%)	상기조건에서 70% 수준
	8	자율주행(사람능력의 80%)	상기조건에서 80% 수준
	9	자율주행(사람능력의 90%)	상기조건에서 90% 수준
완전자율	10	사람과 동일수준	상기조건에서 100% 수준

※ 출처 : 국방 무인 로봇기술 개발전략, 2013, 6, 방위사업청/국방과학연구소

- 국방로봇은 유인 전투체계와의 통합 임무수행으로 전투 효율성을 높인데 많은 도움이 될 것임
  - 현재의 로봇 기술 수준은 전장과 같은 운용 조건에서는 기술의 신뢰성이 다소 미흡하며, 로봇 활용 측면에서도 전적으로 병사를 대체하여 로봇 스스로 임무 수행하기에는 한계가 많음
  - 향후 로봇체계를 활용하여 국방 임무를 효율적으로 수행하기 위해서는 군운용 환경 조건을 만족할 수 있는 국방 로봇 기술의 신뢰성 확보가 필요하며, 단순 반복 임무 및 위험 임무를 수행할 때 사람의 지능을 활용하는 측면에서 휴먼-로봇 협업 기술 필요
  - 선별된 로봇체계에 대해 정부가 집중 연구하는 분야와 민간 주도 분야를 구분하여 수행하면서, 민군겸용의 응용으로 기술교류가 활발히 이루어져야 하며, 필요시 해외기관을 포함하여 산업체 및 학계 등의 협력 방안 수립 필요
- (원자력 로봇) 내방사선, 내열, 내습, 내압환경에서의 신뢰성 있는 로봇 개발이 필요하여 원전사고 대응, 원전 해체 분야의 로봇 개발 필요
- 원자력 시설 내 방사능 누출 초기 대응 및 증기 발생기, 급수배관 등의 검사 및 작업을 위한 로봇을 개발하여 일부 현장시험을 완료한 바 있으나 원전 사고 대응, 해체 등 분야에 대한 기술개발은 거의 이루어지지 않고 있음
  - 원전 로봇은 일반 로봇과 달리, 내방사선성을 가져야 하고, 원자로의 종류에 맞는 형태, 내부 차폐를 통한 내습, 내압력 및 내고온성을 지녀야하기 때문에 개발단계의 기술적 난이도가 높음
  - 원자력 로봇은 기본적으로 방사능 환경에서의 작업이 필요하므로 로봇 작동시 고장 등으로 인한 시스템 정지를 방지하기 위해 로봇에 탑재되는 센서, 전자보드 등이 내방사선 성능을 지니도록 구현되어야 하며 제어장치의 이중화를 통한 로봇의 신뢰성을 높이는 기술을 필요로 함
  - 원전 사고 대응, 핵연료 교환, 원자로 수중 검사 등 위험 작업 현장에서 사람을 대신해 작업 할 수 있는 기술이 필요하며, 우선 사람이 원격지에서 조작을 할 수 있는 기술의 확보가 중간단계의 기술로 요구되며, 최종적으로는 고지능, 고기능성 로봇 기술 개발 필요

### ▶ 안전 로봇(사회안전, 국방, 원자력 분야) 기술 개발 문제점 진단

- 특수 환경 혹은 극한 환경에서 사용할 수 있는 부품/시스템 기술(제품)이 부족하여 대부분 수입에 의존
  - 임무에 따라 내열, 내충격, 내압, 내습, 내방사선 등 고사양의 부품 및 시스템 기술이 요구되나 국내는 특수/극한 목적에 사용 가능한 부품 기술 수준이 높지 않음
  - 특수 사양 및 고사양의 부품/제품을 개발할 수 있는 국내 기반 육성이 필요
- 안전 로봇 시제품 개발 후 실증환경에서 수요자와 연계한 임무중심의 실증 활동 부족으로 인하여 제품 신뢰성이 충분히 확보되지 않음
  - 국내외를 포함하여 대부분의 연구과제는 시제품 개발 후 성능 평가로 끝나므로 시제품 개발 후에도 군 무기체계 개발에 준하는 장기적인 개발 및 검증지원으로 제품의 신뢰성 제고가 필요함
- 공공 목적의 로봇은 기술개발 기관과 수요 기관의 활용 정책이 연계되어야 하며, 사업 추진 시 수요기관의 현장 적용에 대한 정부의 정책적 지원이 필요함
  - 기술개발 과정에서는 수요자의 의견을 충분히 청취하여 필요기술을 개발하되, 개발 이후 수요자 중심으로 현장에 적용하기 위한 과정을 수행하고, 테스트 결과를 토대로 제품의 안정성 및 신뢰성을 확보할 수 있도록 현장 적용성을 높이는 정책적 협력 과정이 요구됨
  - 국방 분야를 제외하고는 대량 수요가 발생하기 어려운 한계가 존재하나, 시장 진입 난이도가 매우 높아 전 세계적으로 독점적 시장 확보가 가능하므로 정부 차원의 통합 지원을 통하여 기업들의 참여를 유도하는 것이 바람직함

### ▶ 도전 목표의 설정

- (공통) 특수/극한 환경에서 사용할 수 있는 부품/플랫폼/제어 기술

구분	개발 내용
부품	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고충격, 고온/저온, 고습, 방사선 환경 등 안전로봇이 적용되는 열악한 환경에 강인한 성능을 지니는 로봇 관절 구동부 및 제어기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 100°C이상의 고온환경에서 작업을 위한 IP65 등급이상의 구동 모듈</li> </ul> </li> <li>• 고온, 고분진, 방사능 환경에서 활용 가능한 주변 환경인식용 센서</li> <li>• 화재환경에서의 작업을 위한 농연가시화 센서 및 특정물체 뒤의 인명 탐지가 가능한 인명탐지센서</li> </ul>

구분	개발 내용
플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 야지 및 건물붕괴현장 등 다양한 비정형 환경에서 이동이 가능한 형상 가변형 이동 로봇 플랫폼                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종방향 35°, 횡방향 10°도의 경사극복, 50cm 단차 극복 이동플랫폼</li> </ul> </li> <li>• 내열/방수/내충격 등의 성능을 지니는 플랫폼 구현 기술                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- IP67, Zone1~Zone0(방폭성능) 인증 로봇 팔 및 이동로봇 플랫폼</li> </ul> </li> <li>• 협소 공간 검사를 위한 소형/가변구조형 로봇 플랫폼</li> </ul>
제어기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 협지 및 협소 공간 등 사고/재난/특수 환경에서의 자율주행레벨 6의 주행 알고리즘</li> <li>• 임무 로봇의 원격지 제어를 위한 환경정보 전송, 제어명령 전송을 위한 실시간 통신 및 제어 기술</li> <li>• 상황에 따라서 로봇 스스로 임무를 수행하다가 사람이 개입하여 작업을 지시할 수 있는 자율/반자율, 탑승/원격 교차 작업기술*</li> </ul> <p>* 탑승/원격 교차 작업기술 : 조작자가 로봇에 탑승하여 조종하거나 필요시 원격제어모드로 원격지에서 제어하여 작업할 수 있는 기술</p>

● (사회안전 로봇) 임무 기반 실증 중심의 신뢰성 있는 안전 로봇 개발

개발로봇	주요 사항
지진 등 재난으로 파괴된 위험 시설물 응급 복구·해체 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 비정형 환경에서 작업을 할 수 있는 이동 플랫폼 및 제어 기술</li> <li>• 철근 절단, 콘크리트 파쇄, 고중량물 이송 등 고하중 작업이 가능한 로봇 팔 및 말단 작업 도구                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 7자유도, 기중력 500kg, 작업반경 2m 이상</li> </ul> </li> <li>• 탑승 제어 및 원격지 제어 등이 가능한 교차 제어 기능</li> <li>• 위험 환경의 원격 작업을 위한 작업 환경정보 전송 및 표현 기술</li> </ul>
가동 중인 배관 내부를 자율 이동하면서 배관 손상여부를 검사하는 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배관의 관경변화(300~800mm), 1.5D 곡관, 수직관, T 분기관 등에 대응할 수 있는 배관 내부 이동로봇</li> <li>• 배관 내부에서의 로봇 자체 위치인식 및 배관 외부에서 로봇의 위치 탐지 기술</li> <li>• 배관내부 결함 탐지를 위한 비파괴 검사 기술(0.1T의 검사 분해능)</li> <li>• 원격 조작 및 자율 주행 기능</li> <li>• 밀폐 공간의 내부 로봇과 외부 통신 기술(영상 및 데이터 통신거리 1km)</li> <li>• 실재 사용하고 있는 오일, 가스, 용수 배관 등에 로봇을 활용하기위한 로봇플랫폼(IP67, 방폭인증), 로봇 투입/회수 시스템 및 운영시스템 기술</li> </ul>
재난 및 사고현장의 작업자를 위한 착용형 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 착용자의 보호 및 근력증강이 가능한 로봇</li> <li>• 로봇 무게 및 구조에 따른 착용자의 부담을 최소화하기 위한 로봇 설계/제어 기술(외골격형 또는 소프트웨어러블 형태 등)</li> <li>• 소형, 경량, 고출력 동력원</li> <li>• 사용자의 동작 의지 파악 및 동작 인식 기술</li> <li>• 작업 부하 경감을 또는 근력증강 효과도 검증 기술</li> </ul>

개발로봇	주요 사항
위험지 및 협소/밀폐 공간 이동 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험지 활용을 위한 내열/방진/방수 등의 내환경성이 확보된 플랫폼 기술 (IP67, 방폭인증)</li> <li>• 협소공간(10cm이상)내 이동이 가능한 소형 또는 가변형 구조의 플랫폼 기술</li> <li>• 임무 공간내 탐색을 위한 영상 인식 및 저조도, 고분진 등 특수 환경내 인식 센서</li> <li>• 밀폐 공간내 자기 위치 인식 기술</li> <li>• 원격조작/반자율/자율 동작 기술</li> </ul>

- (국방로봇) 미래전장에서 군인의 위험한 임무를 대신하는 동시에 유인 전투체계와 통합하여 임무를 수행하는 로봇 개발

개발로봇	주요기능
소형 감시 정찰 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 은밀한 감시 정찰이 가능한 생체모방형 초소형 로봇 구조</li> <li>• 초 저전력 구동 또는 초소형 자가 발전 기술</li> <li>• 영상 또는 음성 정보 센싱 및 전송</li> </ul>
무인수색차량	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광범위 지역의 신속한 정찰 및 수색을 위한 차량형 감시정찰로봇</li> <li>• 원격 및 자율 주행 이동</li> <li>• 신속한 목표 영상 판단 기술</li> <li>• 자율 임무 지능 기술</li> </ul>
착용형 근력 증강 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전투병 또는 보급병, 공병 등의 근력증강효과를 위한 착용형 로봇</li> <li>• 1시간 이상 사용이 가능한 전원공급 및 소요기술</li> <li>• 착용자의 이질감 최소화를 위한 구조 및 제어 기술</li> <li>• 신속한 장탈착 기능</li> </ul>
폭발물 탐지 제거 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율 자행 위치인식 및 경로계획</li> <li>• 폭발물 탐지</li> <li>• 폭발물 제거</li> </ul>

- (원자력 로봇) 원자력시설의 유지 및 보수, 사고대응, 제염해체 등의 고위험 작업을 대체하거나 보조하는 임무를 수행하는 로봇 개발

개발로봇	주요기능
원전 내 정찰 및 환경 정보 획득용 비행로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율 비행 기반의 위치인식 및 경로계획, 장애물 회피 또는 충돌허용</li> <li>• 온·습도, 방사선량 측정, 핵종분석</li> <li>• 내방사능(누적선량 1K Gy이상)</li> <li>• 목표 지역 샘플링</li> <li>• 협소(10cm이상) 및 고소 부위 모니터링 기능</li> </ul>
원전 내 준고소영역 계측 및 작업용 지상 이동 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치인식 및 경로계획</li> <li>• 내방사능(누적선량 1K Gy이상)</li> <li>• 방사능 측정, 비파괴 검사, 누수감지 등 점검</li> <li>• 누설 방지 작업 및 밸브 및 기기 조작, 배관절단/용접을 위한 원격 조종 기술</li> <li>• 툴 교체 및 고소지역 작업을 위한 매니플레이터 엘리베이션 기술</li> <li>* 엘리베이션 : 수직이동</li> </ul>
원전 내 연료저장조 검사 및 관리용 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지상/수중 이동, 방수 20m이상</li> <li>• 수중 벽면 이동 및 균열 감지/보수</li> <li>• 내방사능(누적선량 10K Gy이상)</li> <li>• 수중 자율 유영/바닥이동, 높이 20cm이하 통로통과 및 장애물 회피</li> <li>• 연료상태 점검 및 이물질 회수</li> <li>• 수중 환경 정보 획득</li> </ul>
사고대응 지상이동 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 협지 이동(폭 60cm 협소통로, 비평탄바닥면, 30cm이상 단차, 계단, 사다리)</li> <li>• 임의자세에서 고하중 신속조작능력(10kgf이상, Compliance제어)</li> <li>• 온·습도, 방사선량 측정, 핵종분석</li> <li>• 내방사능(누적선량 10K Gy이상) 및 내열, 바닥 30cm이하 침수, 고온수증기 환경</li> </ul>
시설 제염로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치/대상체 인식 및 작업경로 계획</li> <li>• 작업반경 1m이상, 고하중 조작능력(20kgf이상, Compliance제어)</li> <li>• 비산물 포집</li> <li>• 내방사능(누적선량 1K Gy이상)</li> </ul>
고방사선 기기 절단로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업반경 3m이상, 취급중량 500kgf이상, 정밀도 1mm이하</li> <li>• 내방사능(누적선량 10K Gy이상), 방수20m이상</li> </ul>

## 5) 단기(5년) · 중장기(10/15년) 전망

### ▶ 사회안전 로봇

구분	단기 (5년 후)	중장기 (10년/15년) 전망
비전	<ul style="list-style-type: none"> <li>안전 로봇 기반 기술 확보 및 신뢰성 검증 기반 조성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>플랫폼 기술 확보 및 신뢰성 검증 프로세스 완성</li> <li>현장 활용성 증진을 위한 교육/훈련 커리큘럼 완성</li> </ul>
검사/진단 및 유지 관리 (경비) 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>원격 조작형 배관 내부 검사 로봇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가동중인 배관 내부 환경을 로봇 스스로 인지하며 자율 이동, 손상을 검사하는 로봇</li> <li>유류탱크 등 위험물 저장소 내부 모니터링/청소로봇</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>이동형 개별 감시 로봇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중 감시/정찰 로봇 시스템</li> <li>상황 대응형 경비 로봇 시스템</li> </ul>
사고대응 및 구조 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>농연가시화 및 인명탐지센서 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사고현장에서 빠르고 정확한 정보획득을 위한 다개체 실내외 정찰로봇(드론 및 지상정찰로봇)</li> <li>소방대원 인명보호 및 방재작업지원을 위한 장갑형 로봇</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>재난으로 파괴된 위험 시설물 응급복구·해체 로봇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사고현장 대응을 위한 탐승자 보호 및 이송을 위한 장갑형 이동 로봇</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>사고현장에서 활용 가능한 착용형 근력증강로봇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>요구조자 자율 이송 로봇</li> <li>소방/구조 대원을 위한 보호/근력증강로봇</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험지 및 협소공간 이동 정찰 로봇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인간-로봇 협업이 가능한 자율운용 기반의 사고대응 및 구조로봇 통합운용시스템</li> </ul>
기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>배관 내부의 영상을 이용한 분기관 판단 기술</li> <li>단일 영상을 이용한 정적 상황 판단기술</li> <li>내열/내충격/방수/방진을 위한 로봇 설계기술</li> <li>농연가시화 및 인명탐지 센서 기술</li> <li>장애물 극복을 위한 독립 구동형 크롤러 시스템 기술</li> <li>다개체 로봇 임무 할당 기술</li> <li>유압 기반의 양팔로봇 기술 및 반자율 제어기술</li> <li>GPS+통신중계기 기반의 위치인식</li> <li>4G 기반의 통신 안정성 확보 기술</li> <li>위치+영상(2D) 융합 데이터 처리(최대 5개체)</li> <li>인간 친화적 상반신 햅틱 타입의 조종기 기술</li> <li>신뢰성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>밀폐공간내 자기 위치 인식 기술</li> <li>단일 영상/다중영상을 이용한 동적 상황 판단기술</li> <li>폭발성 위험물질 대응을 위한 방폭 설계기술</li> <li>내방사능 로봇 설계기술</li> <li>농연 및 장애물 투과3차원 영상 센서 기술</li> <li>산악 등 험지 이동을 위한 구동기술</li> <li>다개체 로봇 실시간 자율제어 기술</li> <li>양팔 자율 제어 기반의 5종 이상의 툴 자율 교체/작업 기술</li> <li>전자동 모바일 매니플레이션기술(이동로봇+양팔)</li> <li>GPS+통신중계기+영상정보 기반의 SLAM</li> <li>내부센서(영상+IMU) 기반의 SLAM</li> <li>5G 기반의 통신 안정성 확보 기술</li> <li>위치+영상(2.5D)+음성 융합 데이터 처리 및 위험 분석 기술(최대 10개)</li> <li>인간 친화적 전신 햅틱 타입의 조종기 기술</li> <li>지하공동구 등 통신 극한 환경에서도 강인한 5G 기반의 통신 기술</li> <li>위치+영상(3D)+음성 융합 데이터 처리 및 위험 분석 기술(개수 제한 없음)</li> <li>전신 햅틱과 음성/제스처 인식이 가능한 조종기 기술</li> <li>로봇 교육/훈련 평가법 개발 및 적용</li> <li>신뢰성 평가법 완성 및 적용(표준제정 등)</li> </ul>

▶ 국방 로봇

구분	단기 (5년 후)	중기(10년 후)	장기(15년 후) 전망
지상 무인체계 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소형 감시정찰로봇</li> <li>• 폭발물 탐지/제거 로봇</li> <li>• 무인 수색차량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 착용형 근력증강로봇</li> <li>• 화생방 탐지/제독 차량</li> <li>• 무인 수송차량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생체모방로봇</li> <li>• 무인 중전투차량</li> <li>• 착용형 개인전투로봇</li> </ul>
환경인식 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서융합기술</li> <li>• 지형분류기술</li> <li>• 3차원 모델링기술</li> <li>• 인공물체 탐지/인지/분류 기술</li> <li>• 2.5차원 물체 모델링 기술</li> <li>• 원거리노출 표적 탐지/인지 기술</li> <li>• 단일표적 추적기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 복합센서 융합기술</li> <li>• 은폐지형/지표 분석 및 분류기술</li> <li>• 인공/동물/부분은닉 물체 탐지/인지/분류기술</li> <li>• 3차원 고정물체 모델링기술</li> <li>• 원거리 은폐/위장 표적 탐지/인지/식별기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전천후 지형/지표 분석/추론 및 분류기술</li> <li>• 인공/동물/은닉위장 물체 탐지/인지/분류기술</li> <li>• 3차원 가변물체 모델링기술</li> <li>• 원거리 은폐/위장 표적 및 화학작용제 탐지/인지/식별기술</li> <li>• 다중표적 추적기술</li> </ul>
자율 판단 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율 6레벨</li> <li>※ 유인주행 속도의 60%수준</li> <li>• 동역학 기반 적응 제어</li> <li>• 3D 기반 맵 생성 및 위치 추정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율 7,8 레벨 (고속, 협업 자율)</li> <li>• 동적환경 고속 경로계획</li> <li>• 노면 형상인식 기반 마찰력 추정 적응 제어</li> <li>• 의미론적(위상학적) 맵 생성 및 위치 추정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율 9레벨 (합동 자율)</li> <li>• 협지 3D 경로계획</li> <li>• 3D 경로 기반 협지</li> <li>• 노면 적응 제어</li> <li>• 의미론적(위상학적)* 맵 생성 및 위치 추정</li> </ul> <p>* 의미론적(위상학적) 맵:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기하학적인 위치인식 기법을 개선하기 위한 기법으로 수치적 표면보다는 공간 관계적인 위치 인식 기법임</li> <li>- 가정환경인 경우 로봇의 위치를 x, y로 나타내는 것이 아니라, 주방 혹은 침실 등의 공간단위에서 인식하는 것을 말함</li> </ul>
임무통제 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단일 맵기반 임무 지도 생성</li> <li>• 단일로봇기반 수동 임무계획</li> <li>• 단일로봇, 운용자기반 임무 실행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다중 맵기반 임무 지도 생성</li> <li>• 다중로봇기반 반자동 임무 계획</li> <li>• 다중로봇(UGV) 임무 실행/수정 반자동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다중 맵기반 고해상도 임무지도 생성</li> <li>• 단일로봇기반 자동 임무계획</li> <li>• 다중로봇(UGV/UAV) 임무 실행/수정 자동</li> </ul>

▶ 원자력 로봇

구분	단기 (5년 후)	중장기 (10년/15년) 전망
원전 내 정찰 및 환경 정보 획득용 비행로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원격조종형 장애물 회피 또는 충돌허용</li> <li>• 목표지 온·습도, 방사선량 측정</li> <li>• 내방사능(누적선량 0.1 KGy이상)</li> <li>• 협소(50cm이상) 및 고소 부위 모니터링 기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율 비행 기반의 위치인식 및 경로계획, 장애물 회피 또는 충돌허용</li> <li>• 핵종분석</li> <li>• 내방사능(누적선량 1KGy이상)</li> <li>• 협소(20cm이상) 및 고소 부위 모니터링기능</li> </ul>
원전 내 준고소영역 계측 및 작업용 지상 이동 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치인식 및 경로계획</li> <li>• 내방사능(누적선량 1KGy이상)</li> <li>• 방사능 측정, 비파괴 검사, 누수감지 등 점검</li> <li>• 누설 방지 작업 및 밸브 및 기기 조작, 배관절단/용접을 위한 원격 조종 기술</li> <li>• 툴 교체 및 고소지역 작업을 위한 매니플레이터 엘리베이션 기술</li> </ul>	
원전 내 연료저장조 검사 및 관리용 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지상/수중 이동, 방수 20m이상</li> <li>• 내방사능(누적선량 1KGy이상)</li> <li>• 연료상태 점검 및 이물질 회수</li> <li>• 수중 자율 유영, 벽면, 바닥이동, 높이 20cm이하 통로통과 및 장애물 회피, 균열 감지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 내방사능(누적선량 10KGy이상)</li> <li>• 수중 벽면 이동 및 균열 감지/보수</li> </ul>
사고대응 지상이동 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 협지 이동(폭 80cm 협소통로, 비평탄바닥면, 10cm이상 단차, 계단, 사다리)</li> <li>• 부분자세에서 조작능력(10kgf이상, Compliance제어)</li> <li>• 온·습도, 방사선량 측정</li> <li>• 내방사능(누적선량 1KGy이상), 내열, 바닥 10cm이하 침수, 고온수증기환경</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 협지 이동(폭 60cm 협소통로, 30cm이상 단차)</li> <li>• 임의자세에서 조작능력(10kgf이상, Compliance제어)</li> <li>• 핵종분석</li> <li>• 내방사능(누적선량 10KGy이상) 및 바닥 30cm이하 침수</li> </ul>
시설 제염로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치/대상체 인식, 작업경로 계획</li> <li>• 작업반경 1m이상, 조작능력(20kgf이상, Compliance제어)</li> <li>• 비산물 포집</li> <li>• 내방사능(누적선량 1KGy이상)</li> </ul>	
고방사선 기기 절단로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업반경 3m이상, 취급중량 200kgf이상, 정밀도 1mm이하</li> <li>• 내방사능(누적선량 1KGy이상), 방수20m이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업반경 3m이상, 취급중량 500kgf이상, 정밀도 1mm이하</li> <li>• 내방사능(누적선량 10KGy이상)</li> </ul>

## 〈조직위원 명단〉

순번	성명	소속	직위/직책
1	정구봉	한국로봇융합연구원	선임연구본부장
2	최연서	한국로봇융합연구원	팀장
3	김무림	한국로봇융합연구원	책임연구원
4	오승섭	한국로봇융합연구원	팀장
5	한창수	한양대학교	교수
6	강윤식	국방과학연구소	수석연구원
7	박상덕	한국생산기술연구원	수석연구원
8	정경민	한국원자력연구원	실장
9	유재관	LIG넥스원	수석연구원
10	이지석	현대로템	책임연구원
11	류성무	KNR	상무
12	이정호	레인보우	대표
13	양우성	광운대학교	부교수
14	장재호	FRT	대표
15	황정훈	전자부품연구원	책임연구원



» **IV. 개인서비스 로봇** «



## 1) 개요

### ▶ 개념

- (정의) 개인이 사용하는 비상업적 목적의 서비스 로봇<sup>주1)</sup>으로, 인간의 일상생활 속에서 가사업무를 돕거나, 신체적, 심리적 도움을 주거나 여가 또는 교육적 목적을 갖는 로봇을 말함. 로봇의 서비스가 대상이 일반 개인이며, 로봇을 운영하는 주체도 개인임
  - (핵심가치) 개인서비스 로봇이 인간에게 제공하는 핵심 가치는 생산성과 편의성 (편리함, 안전성 등), 즐거움이라 볼 수 있고, 이를 통해 로봇은 인간의 삶을 윤택하게 하고, 인간의 여가 시간을 보장하며 즐거움을 확대하는 데에 중요한 수단으로 작용 (cf. 전문서비스 로봇이 제공하는 가치는 생산성 증대 등 경제적 효과 향상)
  - (핵심기술) 서비스 대상이 사람이기 때문에 인간과 소통 및 접촉하는 기술인 인지적/물리적 인간-로봇 상호작용 (Cognitive/Physical Human-Robot Interaction) 기술이 매우 중요하며 기본적으로는 주어진 업무를 수행할 수 있는 지능 및 작업 능력이 요구됨
  - (다루는 범위) 개인을 대상으로 하지만 상업적 목적을 가진 로봇은 전문서비스 로봇으로 분류되지만 실제 사례에 있어서 같은 로봇이라도 상업용과 비상업용 모두로 쓰일 수 있는 로봇이 있음. 따라서 본 로드맵에서는 전문서비스 로봇 중 개인을 대상으로 하는 로봇에 대하여 비즈니스용 로봇으로 분류하여 다루었음 (단, 개인을 대상으로 하지만 의료, 재활 분야의 전문서비스 로봇은 3.2장에서 다루고 있으므로 제외)

\* 주1) KS B ISO 8373:2012 로봇 및 로봇장치-용어: 2.11 개인서비스 로봇

### ▶ 분류

- 국내 로봇산업 특수 분류에서는 개인서비스 로봇을 사용목적에 따라 가사용 로봇, 헬스케어 로봇, 여가지원용 로봇, 교육 및 연구용 로봇, 기타 개인서비스용 로봇으로 구분함
- IFR에서는 가사용 로봇 (Robots for domestic tasks), 엔터테인먼트 로봇 (Entertainment robots), 노약자 및 장애인 보조로봇 (Elderly and handicap assistance), 개인용 이송로봇 (Personal transportation), 가정보안 및 감시

(Home security & surveillance), 기타 개인서비스 로봇 (Other personal domestic robots) 으로 구분함

### 〈개인서비스 로봇의 분류〉

분류	분류 정의 및 사례
가사용 로봇	인간의 가사활동을 보조하거나 직접 가사임무를 시행하는 로봇 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇청소기</li> <li>- 가정경비용 로봇</li> <li>- 심부름용 로봇</li> <li>- 홈비서(소셜) 로봇</li> <li>- 잔디깎기 로봇</li> <li>- 가전 로봇</li> </ul>
헬스케어 로봇 <sup>주2)</sup>	사람의 건강활동을 위한 제반 관련 헬스케어 업무를 수행하는 로봇 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개인 재활훈련용 로봇</li> <li>- 장애보조용 노인보조용 로봇</li> <li>- 건강관리 로봇</li> <li>- 휠체어 로봇</li> </ul>
여가지원용 로봇	사람들의 취미, 특기, 레저활동 등의 여가생활을 도와 보다 즐겁고 뜻 깊은 여가생활을 돕도록 하는 로봇 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 게임용 및 오락용 로봇</li> <li>- 애완용 로봇</li> <li>- 스포츠 지원용 로봇</li> <li>- 소형 휴머노이드 로봇</li> <li>- 탑승형 이동로봇</li> <li>- 장난감 로봇</li> </ul>
교육용 및 연구용 로봇	로봇부품 및 기술 등을 활용한 교육활동 및 연구활동을 수행하거나 교육 및 연구활동에 활용되는 로봇 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구용 로봇</li> <li>- 교육용 로봇</li> <li>- 교보재용 로봇</li> <li>- 코딩 교육용 로봇</li> <li>- 경진대회용 로봇</li> </ul>
비즈니스용 로봇	쇼핑몰, 공항, 상점 등에서 사람들에게 정보제공, 안내, 홍보 및 등의 기능을 제공하는 로봇 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정보 제공 로봇</li> <li>- 길 안내 로봇</li> <li>- 홍보 로봇</li> <li>- 메뉴/결제 기능 제공 로봇</li> <li>- 엔터테인먼트 제공 로봇</li> <li>- 고객 집을 이동시켜주는 로봇</li> </ul>

\* 주2) 의료재활 로봇과 헬스케어 로봇은 인간의 건강을 목적으로하는 서비스를 제공한다는 점에서는 유사하나 로봇의 사용장소, 운영주체, 상업적 목적 등에 따라 전문서비스 로봇과 개인서비스 로봇 분류됨

		의료재활 로봇	헬스케어 로봇
대분류		전문서비스 로봇	개인서비스 로봇
차이점	사용장소	병원, 요양원 등 전문기관	가정 또는 개인적인 공간
	운영주체	전문가 (의사, 간호사, 재활치료사 등)	일반 개인
	상업적 목적	상업용	비상업용

## 2) 국내외 시장 동향

### ▶ 세계 시장 동향

- '15년 세계 로봇시장은 전년('14년 164억불)대비 9.7% 성장한 179억불로 최근 6년  
간 연평균 13% 성장
  - 개인서비스 로봇 시장은 전체 로봇시장의 12.3% 규모
  - 전년('14년 21억불) 대비 3.8% 성장한 22억불로 6년 평균 33% 성장

#### 〈 세계 로봇시장 규모(매출액) 〉

(단위: 백만불)

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	연평균
개인서비스 로봇	636	1,224	1,704	2,134	2,216	33%

※ 출처 : World Robotics 2016(IFR, 국제로봇연맹)

- (가사용) 청소로봇, 잔디깎기 로봇을 중심으로 전년대비 0.9% 성장한 12억불
- (엔터테인먼트) 장난감/취미 로봇을 중심으로 전년대비 7% 증가한 10억불
- (노인 & 장애보조) 전년대비 34.4% 증가한 0.17억불

#### 〈 세계 개인서비스 로봇시장 규모 〉

구분	unit			\$1,000		
	'14	'15	'15/'14	'14	'15	'15/'14
▣ 개인서비스	4,672,034	5,433,248	16.3%	2,134,224	2,216,177	3.8%
가사용	3,349,827	3,729,137	11.3%	1,162,055	1,172,589	0.9%
엔터테인먼트	1,317,791	1,699,398	29.0%	959,660	1,026,772	7.0%
노인 & 장애보조	4,416	4,713	6.7%	12,509	16,816	34.4%

※ 출처 : World Robotics 2016(IFR, 국제로봇연맹)

- IFR은 2016년부터 2019년까지 개인서비스용 로봇 판매 대수가 약 4,200만 대에 이를 것으로 전망
  - 이 기간 중 동반자 형 휴머노이드 로봇(휴머노이드형 소셜로봇)의 판매대수는 8,100대로 예상하였으나 소프트뱅크의 페퍼의 경우 이미 1만대를 돌파(2016 기준)하여 예상을 뛰어넘는 실적을 나타내고 있으며, 이와 관련한 실질적인 성과들이 나타날 것으로 전망
- 글로벌 IT 기업들의 로봇시장 진출로 본격적인 기술경쟁, 서비스 로봇 제품시장 창출이 가속화 될 전망
  - 소프트뱅크(Softbank)는 2012년 프랑스 알데바란(Aldebaran)사를 인수, 2014년 소셜로봇 페퍼(Pepper)를 처음 공개, 2016.12월 기준 가정 및 매장용으로 1만대 이상 판매
  - 구글(Google)은 2013년부터 로봇 및 인공지능 관련 10여개의 회사를 인수
  - 도요타는 2015년 11월 자동차와 더불어 로봇 분야의 인공지능 기술을 개발하기 위해 TRI(Toyota Research Institute)를 설립 (구글이 인수한 보스턴 다이내믹스와 샤프트는 2017년 소프트뱅크가 재인수)
  - 애플(Apple)은 대화플랫폼, 실내위치인식, 표정인식, 모션캡춰 등 로봇관련 기술력을 보유한 전문기업 인수
  - 아마존(Amazon)은 '14년 에코, '16년 에코닷 2세대 에코탭 출시, 음성인식을 바탕으로한 인공지능 대화 플랫폼 알렉사(Alexa)를 공개('15.6월), CES 2017에 출품된 로봇, 자동차, 가전 등 다양한 제품에 알렉사가 탑재, 세계 언론에서 이번 CES의 숨은 주인공으로 아마존의 알렉사를 소개
- 인간과 대화나 몸동작 같은 사회적 행동을 통해 교감하는 감성중심의 소셜로봇 및 홈비서 로봇의 등장, 기존에도 소니의 아이보(Aibo)나 AIST의 파로(Paro)와 같은 형태의 소셜로봇이 있었으나 최근 대화 AI 및 감성 상호작용의 기능이 발전되면서 소셜로봇이라는 이름으로 재등장, 많은 기업의 상용화 시도로 3~4년 이내 급성장 예상
  - 2014년 페퍼 및 지보(Jibo)의 개발 소식에 소셜로봇의 기대감이 고조 되었음, 이후 버디(Buddy), 젠보(Zenbo), 알파(Alpa) 등 전세계에서 다양한 소셜로봇 개발되었으며, 국내에서도 아이지니, 퓨로i, 허브로봇 등이 개발되고 있음
  - 페퍼는 개인 서비스 로봇으로 출시되었으나 개인적인 수요보다는 쇼핑몰, 공항 등 상용 공간에서 사용할 수 있는 비즈니스용 서비스 로봇으로 주로 활용되고 있음

- 2017년 1월 미국 라스베이거스에서 열린 CES(The International Consumer Electronics Show) 2017에는 다양한 개인서비스용 로봇 등장
  - 로봇관련 262개사 346개 로봇(서비스 포함) 제품 (2016년 102개사 117개) 이 중 개인서비스 로봇은 가사용 로봇(23%), 교육용 로봇(12%), 여가지원용(9%), 헬스케어로봇(3%) 순으로 제품 전체 제품 로봇의 52% 차지
  - ※ 출처 : CES 2017 로봇 동향, 한국로봇산업협회, 2017.2.
- 전세계 소프트웨어 교육 수요 확대로 전년대비 코딩 교육용 로봇 증가추세, 기존 하드웨어 조립식 로봇 키트의 코딩교육용 도구화
  - CES 2017에서 스마트로봇알버트(SK텔레콤), 코드론(로보링크), 모디(릭스로보) 레고부스트(레고), 큐브(소니글로벌에듀케이션) 등 코딩교육용 로봇 27개 출시
  - 코딩 교육용 로봇 제품대수 : ('16년 CES) 6개 → ('17년 CES) 27개
  - SK텔레콤은 스마트 교육용 로봇 알버트의 확장모델로 누리아띠 상용화
- 음성인식 기반 아이들과 대화, 놀이 등 상호작용을 통한 인지, 언어, 수학, 과학 등을 교육하는 로봇으로 진화
  - 헨슨로보틱스는 수학, 과학관련 대화형 교육이 가능한 아인슈타인 로봇 출시, 인텔리전트 스테워드는 음성인식 기반 유아 및 영어교육이 가능한 푸딩빈큐 제품
- 중국에서는 개인 서비스 로봇과 더불어 상용 서비스 로봇시장이 급격히 팽창하고 있으며, UBTECH, SANBOT 등 다수의 로봇업체에서 상용 서비스 로봇을 출시하고 있음
  - 상용 서비스 로봇의 2016년 중국 시장 규모는 150억RMB (2.5조원)으로 전년대비 47% 성장하였으며, 2021년의 시장 규모는 380억RMB (6.4조원)으로 153% 성장 예상됨
  - ※ 출처 : RESEARCH AND MARKETS, 2017.3.
- 2016년 7월 시장조사기관 가트너(Gartner)가 발표한 하이퍼사이클 맵에 따르면, 스마트 로봇은 5~10년 내 제품 안정화단계에 이를 것으로 전망
  - 개인서비스용 로봇과 연계되는 커넥티드 홈(Connected Home), 스마트 어드바이저(Smart Advisor), 웨어러블 UI(Wearable User Interface), 동작 인식(Gesture Control), 음성 인식(Speech Recognition) 기술은 2~10년 내 안정화단계에 접어들 것으로 예측
  - ※ 출처 : Hyper Cycle for Emerging Technologies Maps, Gartner, 2016.7.

▶ **국내 현황**

- ‘15년 국내 로봇 총 생산액은 3.9조원으로 전년(’14년 33조원)대비 17% 성장
  - 개인서비스 로봇 시장은 3,256억원으로 전체 로봇시장의 8.2% 규모
  - 개인서비스 로봇의 수출 감소 여파로 전년 대비 0.3% 성장, 6년 평균 2.5% 성장

〈 국내 로봇시장 현황(생산 기준)〉

(단위: 억원)

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	연평균
개인서비스 로봇	2,946	3,202	2,973	3,247	3,256	2.5%

※ 출처 : 2015 로봇산업실태조사(한국로봇산업진흥원)

- 가사용 로봇 1,754억원으로 전체의 54.7%를 차지, 교육 및 연구용 로봇, 여가 지원용 로봇 등의 순으로 나타남

〈 국내 개인서비스 로봇 생산현황〉

(단위: 백만원)

구분	금액	구성비
가사용 로봇	175,448	54.7%
헬스케어 로봇	8,595	2.7%
여가지원용 로봇	33,594	10.5%
교육 및 연구용 로봇	95,557	29.8%
기타 개인서비스용 로봇	7,446	2.3%

※ 출처 : 2015 로봇산업실태조사(한국로봇산업진흥원)

- 중소기업 중심에서 대기업, 중견기업의 서비스 로봇 사업 진출
  - KT, SK텔레콤 에서는 스마트폰과 연계된 교육용 로봇 사업을 진행하였으며 최근 SK 텔레콤에서는 대화기반 인공지능 스피커 누구(Nugu)를 출시하여 로봇 용으로 활용 가능한 대화기술을 확보하고 있음
  - 네이버에서는 2015년 네이버랩스를 통해 로봇분야의 연구개발 투자를 결정, 자율주행기술 등 개발 시작, 2016년 음성인식 대화엔진 아미카(Amica)를 공개
  - (주)원익은 (주)심랩을 인수하여 (주)원익로보틱스로 명명하고 상용 서비스 로봇 개발을 추진하고 있으며, 반도체 장비를 생산하는 GST(Global Standard Technology)는 (주)로보케어를 인수하였으며, LG전자의 경우 CES에서 개인용

소셜로봇을 다수 선보였으며, 하반기 서비스를 목표로 공항안내 서비스 로봇을 개발 중

- 한컴그룹내의 (주)MDS 테크놀로지에서는 비즈니스용 서비스 로봇에 접목을 위한 인공지능 로봇 서비스 플랫폼을 개발 중

● 로봇개발을 전문으로 하는 1세대 서비스 로봇 개발 회사들에 이어 최근에는 콘텐츠와 서비스를 개발하는 신규 벤처회사들이 생겨나고 있음

- 이 회사들의 특징은 로봇 자체 개발뿐 아니라 상용서비스를 위한 콘텐츠 및 수요처를 스스로 만들어 가고 있음. (주)podosee의 경우 주문/결제 로봇 개발과 함께 이를 활용하는 카페를 운영하며, 카페에서 직접 로봇을 활용하여 주문/결제 및 사진인화 서비스를 제공함

#### ▶ 개인서비스 로봇 시장의 성장방향과 속도를 좌우하는 주요 동인

- 개인/가정용 서비스 로봇의 제공 가치인 생산성, 편의성, 즐거움을 사용자인 인간에게 익숙한 감성적 소통을 통해 얼마나 잘 제공할 수 있느냐가 시장의 성장 속도를 결정하는 변수가 될 것으로 볼 수 있음
- 개인/가정용 서비스 로봇 시장의 성장 방향에 영향을 주는 동시에 성장 속도를 결정지을 주요 변수로는 다음의 3가지를 들 수 있음
  - 첫째, 생산성, 편의성(편리함, 안전함), 즐거움을 추구하는 인간 본연의 욕구가 경제가 발전하고 소득이 증가함에 따라 경제적 의사 결정(구매, 서비스 이용 등)으로 이어질 가능성이 커진다는 점
  - 둘째, 선진국 등 주로 구매력이 높은 국가들에서 진행되고 있는 고령화 추세로 인해 운동 기능, 인지 기능, 감각 기능 측면에서 각종 장애를 겪는 인구가 늘어나는 현상
  - 셋째, 상기 두 가지 변수를 기능상 충족시킬 수 있는 HW 및 SW(음성 인식, 동작 인식, 감성 엔진 등의 인공지능 및 제어 관련 OS 등 포함) 기술 및 감성적으로 충족시키는 HRI (Human-Robot Interaction) 기술의 발달

### 3) 관련 기술 동향

#### ▶ 주요 제품별 동향

##### ● 청소로봇

- 필수 가전용 제품으로 확고해질 만큼 상용화에 성공적임. 대부분 유사한 디자인에 다양한 센서를 내장하여 각 제품의 특징에 따라 가정 실내를 주행하며 자동으로 청소함
- 일반 가구나 변하기 쉬운 가정환경의 특징에 따라 주로 카메라를 이용한 천장 네비게이션 시스템 구축. 스마트폰과의 연동 기능도 포함됨

#### 〈 국내외 청소로봇 〉

제품명 (기관)	특징	제품사진
POWERbot (삼성, 대한민국)	강력 진공모터, 천장 네비게이션 시스템, 장애물감지, 스마트폰 연동	
알에프 (알에프, 대한민국)	유리창 청소 로봇	
eX500 (유진로봇, 대한민국)	진공모터, 걸레질, 천장 네비게이션 시스템	
로보킹 (LG, 대한민국)	진공모터, 천장 네비게이션 시스템, 저소음	
스마트 로봇 청소기 (샤오미, 중국)	레이저 거리센서, 자동충전	
브라바 젯 (아이로봇, 미국)	걸레전용, 원격제어	
룸바 (아이로봇, 미국)	적외선센서 이용 공간감지	

※ 출처 : 각사 홈페이지

##### ● 홈비서(소셜) 로봇

- 가정 내에서 서비스를 위해 친근감 있는 디자인을 가지고, 클라우드 서비스와 연동하여 다양한 정보 제공. 대화엔진, 감정인식, 표현엔진 등 인간과 상호작용에 필요한 다양한 기능을 내장하고 있음

## 〈국내외 홈비서(소셜) 로봇〉

제품명 (기관)	특징	제품사진
PEPPER (소프크뱅크, 일본)	휴머노이드 로봇, 친근감있는 디자인, 감정인식, 감정표현, 2개의 팔, 허리 등을 이용한 다양한 모션 재생, 음성을 통한 대화 상대 감정인식, 클라우드 서비스 연동	
Care-o-bot 4 (Fraunhofer, 독일)	휴머노이드, 유선형 디자인, 다축 로봇팔 내장, 바퀴형 모바일, 화면형 얼굴	
JIBO (JIBO, 미국)	귀여운 디자인, 감정인식, 화면을 이용한 감정표현 및 콘텐츠 재생, 2 자유도의 구동시스템으로 다양한 모션 재생	
ZENBO (ASUS, 대만)	화면형 얼굴, 바퀴형 베이스, 대화엔진 내장, IoT를 이용한 가전제품 제어, 음악재생, 감정표현	
BUDDY (Blue Frog Robotics, 프랑스)	화면형 얼굴, 바퀴형 베이스, 개인비서 역할, 가정내 보안 서비스, 정보제공	
TAPIA (MJI Robotics, 일본)	유선형 디자인, 1축 구동, 화면형 얼굴, 고정형 베이스, 화면을 통한 표정 연출	
KURI (Mayfield Robotics, 미국)	눈꺼풀을 이용한 표정 연출, 바퀴형 베이스, 대화 엔진 내장, IoT를 이용한 가전제품 제어	
Mykie Bosch (미국)	주방용 로봇, 레시피 등 정보 제공 화면형 얼굴, 고정형 베이스	
Hub Bot LG전자 (대한민국)	네트워크 및 IoT를 이용한 가전제품 제어, 화면형 얼굴, 2축 구동 시스템	
IJINI IPL (대한민국)	인공지능 서비스 연동, 스마트 홈 로봇 대화엔진 내장	
퓨로데스크 퓨처로봇 (대한민국)	화면형 얼굴, 바퀴형 베이스, 카메라 내장, 대화엔진 내장	

※ 출처 : 각사 홈페이지

● 헬스케어 로봇

- 개인의 건강 보조용 로봇으로 신체측정 센서나 대화를 통해 개인의 신체 상태, 표정 등을 모니터링하고 클라우드 서비스와 연동하여 건강 관련 제안 서비스 제공

〈국내외 헬스케어 로봇〉

제품명 (기관)	특징	제품사진
Sota (Vstone/NTT, 일본)	노약자를 위한 대화서비스, 신체 측정기기를 통한 상태 모니터링	
PARO (파로로봇, 일본)	간단한 제스처, 부드러운 촉감의 피부, 간단한 제스처 내장, 치매 방지, 노약자 위로 로봇	
The Autom Robot (Intuitive Automata, 미국)	다이어트 프로그램 지도, 체중 모니터링	
Pillo (Pillo Health, 미국)	건강관련 질의 응답 엔진, 원격 복약 지도, 약 관련 자동 주문 시스템, IoT를 이용한 모니터링 장비 연동	
Mabu (Catalia Health, 미국)	개인용 헬스케어 로봇, 눈꺼풀 및 눈을 이용한 감정 표현, 대화엔진	
실버케어로봇 (유진로봇, 대한민국)	노약자 건강 모니터링 시스템 내장	
치매예방로봇 (로보케어, 대한민국)	치매예방용 대화엔진, 표정인식 알고리즘 내장, 노약자 모니터링	
실벗3 (로보케어, 대한민국)	스마트폰 연동 노약자 모니터링, 간단한 신체 측정	

※ 출처 : 각사 홈페이지

● 교육용 및 연구용 로봇

- 코딩 교육 열풍과 더불어 어린이에게 쉽게 코딩 개념을 익힐 수 있도록 도와주기 위한 교구용 로봇 제품 출시

〈국내외 교육용 로봇〉

제품명 (기관)	특징	제품사진
아인슈타인로봇 (Hanson Robotics, 홍콩)	교육용 로봇, 클라우드 서비스 연동 질의응답 시스템, 대화엔진 내장, 인간과 같이 얼굴표정을 통한 감정표현, 팔과 손가락을 이용한 제스처 표현, 유사 2족 보행	
Dash/Dot Wonder (Workshop, 미국)	코딩 교육용 교구 로봇. 스크래치 연동	
Cell Robot (CellRobot, 미국)	코딩 교육용 교구 로봇. 스크래치 연동 셀까지 조립가능한 하드웨어 구조	
Leka (Leka, 미국)	교육 보조용 교구 로봇	
Ozobot (Evolve, 미국)	코딩 교육용 교구 로봇, 바닥면 센서를 이용한 주행 가능	
KUBO (KUBO Robots, 미국)	바닥면 패턴 인식을 이용한 코딩 교육 로봇	
Marvik (DJI, 중국)	중급용 드론, 카메라 내장, 팬틸트, 짐벌 시스템 내장, 원격제어	
아이로비 (유진로봇, 대한민국)	교육 보조용 로봇, 화면 내장, LED를 통한 표정 연출 가능, 2개의 팔 내장	
아띠, 알버트 (SK텔레콤, 대한민국)	스마트폰 연동 코딩 교육용 로봇	
만지는 코딩교육 제품 (로보로보, 대한민국)	조립용 교육 보조 로봇	
드론파이터 바이로봇 (대한민국)	오락/취미용 드론, 카메라 내장	

※ 출처 : 각사 홈페이지

● 비즈니스용 로봇

- 인구감소로 노동력이 부족해지면서 이를 해결하기 위한 다양한 기능을 가진 비즈니스용 로봇 제품이 출시

〈국내외 비즈니스용 로봇〉

제품명 (기관)	특징	제품사진
FURO (퓨처로봇, 대한민국)	대형 화면을 통한 정보 전달, 음성인식, 얼굴인식, 자율주행, 대화를 통한 정보전달, 한컴인터프리 지니톡 연동을 통한 통/번역서비스. 미국산호세공항에서 채용	
PEPPER (소프트뱅크, 일본)	개인 서비스용 로봇으로 개발하였으나, 비즈니스 서비스용 로봇으로 활용 중, 제스처, 대화 엔진을 이용한 매장 안내, 홍보용 로봇	
CRUZR (UBTECH, 중국)	모니터를 통한 정보 전달, 대화, 자율주행, 팔을 이용한 제스처. 2017년 7월 출시 예정	
공항안내로봇 (LG, 대한민국)	대형 화면을 통한 정보전달, 공항 안내, 항공편 안내, 자율주행, 음성인식. 2017년 9월 서비스 예정	
FOLLOW ROBOT (FollowRobots, 미국)	대형 화면과 자율주행, 물체인식 후 위치안내(카메라로 상품인식 후 같은 종류의 물품이 있는 곳으로 사람을 안내함), 자율주행, 자동충전, 제고관리 기능	
SANBOT (Qihan, 중국)	음성인식, 대화, 자율주행, 자동충전, 서비스 클라우드 서버 시스템 제공	
호텔 체크인 Robot (Henn Na, 일본)	사람형상, 음성인식, 사람인식 통한 호텔 체크인 서비스로봇	
Telepresence Robot (미국, 중국등 다수)	영상통화기능, 자율주행기능, 장애물 인식 기능, 자동충전기능을 가진 화상통화로봇	
카페로봇 (podosee, 대한민국)	대형 화면, 포토프린터, 스마트폰앱과 연동하여 포토프린터 서비스를 연계한 광고서비스. 한컴 인공지능과 연동하여 대화기능을 이용한 주문,결제 서비스 (2017년 12월 예정)	
REEM (PalRobotics, 프랑스)	자율주행, 대화, 제스처 표현등의 기능이 있으며, 최근 두바이 경찰에서 대민서비스 용으로 채용 ( <a href="http://www.zdnet.co.kr/news/news_view.asp?article_id=20170523085656">http://www.zdnet.co.kr/news/news_view.asp?article_id=20170523085656</a> )	
식당로봇 (CSJbot, 중국)	간단한조리, 배식보조 등의 기능. 식당 종업원 보조로봇으로 중국에서 많이 사용.	

※ 출처 : 각사 홈페이지

## ▶ 핵심 기술 동향 (소셜로봇 기술동향과 산업전망(KEIT PD Issue Report, 2016.9.)에서 발췌)

### ● 음성인식 기술

- 음성인식기술은 산업 전반에 걸쳐 지식과 기술의 결합을 가장 요하는 기술로서 로봇 뿐 아니라 컴퓨터, 스마트폰, 가정용 전자기기 등 다양한 분야에서 활용되고 있음
- 음성인식을 위한 많은 용량을 차지하는 데이터는 클라우드 서버에서 보관하고, 추출된 음성 인식데이터를 서버로 전송하여 인식을 수행하는 기술 방식이 주로 채택되고 있음
- 애플은 자사 스마트폰 및 태블릿에 시리라는 음성인식 시스템을 도입하여, 인터넷 검색, 일정, 주소록 등 사용자의 상황에 맞는 기능을 서비스하며, 입력된 소리의 정확도를 높이기 위해 문장의 맥락을 고려한 기능도 추가되어 있음
- 마이크로소프트의 음성인식 비서기능인 코타나(Cortana)는 단순 음성인식이 아닌 헤일로라는 게임상의 코타나처럼 똑똑한 AI 시스템을 만들기 위해 개발된 인식기로 인물 중심과 위치기반의 알림서비스에 장점을 가짐
- 구글에서는 입력된 음성 데이터를 클라우드 서버로 전송하고 서버에서 인식을 수행한 후에, 그 결과를 사용자 기기로 전송하는 방식을 사용함. 전체적으로 애플 시리나 MS 코타나보다 검색량이나 정확도는 더 높은 편임
- 뉘앙스에서는 전세계에서 사용되는 음성인식 엔진을 개발하여 애플, 삼성전자 등에게 공급함

### ● 영상 및 행동인식 기술

- 마이크로 소프트사에서는 카메라와 레이저 스캔 장비를 활용하여 사람의 동작 및 제스처를 인식하는 키넥트라는 장비를 개발함
- 구글과 앤드류 응(Andrew Ng) 스탠포드대학 교수가 딥러닝 기법을 활용하여 1천만개의 유튜브 동영상 속에서 고양이 이미지를 74.8%의 정확도도 인식 하도록 하는 대규모 프로젝트를 2012년 6월 성공적으로 수행함
- 페이스북은 세계에서 가장 많은 사진 데이터를 보유하고 있는데, 이를 토대로 2014년 3월 '딥 페이스'라 불리는 사람 얼굴 인식 프로그램을 만들었음. 정확도는 97.25%로 인간의 인식능력과 거의 비슷한 수준임. 수동으로 태그를 하지 않은 얼굴도 알아보는 수준임
- 미국의 립모션에서는 적외선 카메라를 이용하여 사람의 손의 움직임을 인식하는 시스템을 개발함

### ● HRI 기술

- Hanson Robotics(미국)는 자연스러운 얼굴표정 구현과 HRI기술을 통해 아인슈타인 휴보와 같이 인간형 얼굴로봇에 집중적으로 특화함
- 일본 산업기술총합연구소에서는 휴머노이드 HRP시리즈를 개발하여 사람같은 움직임 보이고, 감정을 표현하며, 협동 작업을 수행할 수 있는 연구를 진행 중임
- MIT 미디어랩(미국)에서는 자기 동기부여를 통해 내부 동인을 발현하고, 환경 정보로부터 다양한 감정적 대응을 효과적으로 수행할 수 있는 로봇개발(Kismet, Leonardo, Tofu)을 수행함
- USC(미국)의 사람의 동작을 그대로 모사하면서 사람처럼 움직일 수 있는 다자유도 로봇 시스템 Sparky와 얼굴표정과 몸동작을 통한 표현 연구를 위한 Bandit 로봇 플랫폼을 개발함
- 혼다(일본)에서는 제스처 표현 다양화를 위한 모션 튜닝, 감성 상태에 따른 제스처 생성, 발화 문장에 따른 제스처 매핑을 수행할 수 있는 아시모 로봇을 개발함

### ● 지식추론 기술

- IBM은 ‘딥블루’라는 슈퍼컴퓨터 기반 인공지능으로 1997년 세계 체스 챔피언이었던 개리 카스파로프와 체스 대결에서 이겼으며, 이를 더욱 발전시켜 Watson이라는 인공지능 슈퍼컴퓨터를 개발하였음
- Watson은 2011년2월 제퍼디 퀴즈쇼에서 사상최대 우승자인 브래드 러터, 가장 긴 챔피언십 기록 보유자 켄 제닝스와 대결하여 1등을 차지하여 인공지능의 위력을 알렸음
- Watson은 구조화된 자료는 물론이고 자연어로 기록돼 구조화되지 않은 자료까지 인식할 수 있으며, 1초에 80조 번의 연산능력과 1초에 책 100만권 분량의 빅데이터를 이해하고 분석할 수 있음. 2011년 냉장고 10대만한 크기에서 2015년 피자상자 4개 정도로 크기가 줄어들었다고 알려짐
- Watson은 의료와 과학, 금융, 사실을 연결짓는 추리력을 요구하는 사회범죄 해결에도 사용되고 있음
- 한국에서는 ETRI 주관으로 엑소브레인(Exobrain - “내 몸 바깥에 있는 인공 두뇌”라는 뜻)으로 ‘세계 최고인공지능 기술 선도’라는 비전을 달성하기 위하여 미래창조과학부 소프트웨어 분야의 국가 혁신기술 개발형 R&D 과제를 통해 인공지능을 개발하고 있으며, 엑소브레인의 목표는 ‘자연어를 이해하여 지식을 자가학습하며, 전문직종에 취업 가능 수준의 인간과 기계의 지식소통이 가능한

지식과 지능이 진화하는 SW'를 개발하는 것임. (2016년 11월 18일에 EBS 장학퀴즈 <대결! 엑소브레인>을 통해 인간과 지식대결에서 승리하였음)

## 4) 도전 목표

### ▶ 국내 개인서비스 로봇 기술의 진단

- 청소로봇과 교구용(교육용) 로봇의 비중이 서비스 로봇의 70~80%를 차지, 다른 다양한 제품에 대한 성공사례가 부족
- 청소로봇의 경우 주로 내수에 치중 해외에 적합한 카페트용 청소로봇, 잔디깎기 로봇 등에 대한 개발 시작 단계
  - 저가형 청소로봇의 경우 랜덤 경로생성에 의한 청소방식에 의존, 고부가가치 청소로봇 시장의 경쟁력 부족
- 최근 부각되고 있는 소셜 로봇 분야에 일부 중소기업 및 대기업에서 상용화 제품을 개발하였으나 국내 시장에 대한 미성숙으로 출시를 미루고 있거나 중국 등 해외의 판로를 모색중
- 소셜 로봇의 원천기술 확보가 미흡
  - 음성인식 및 합성, 대화 엔진 등에 대한 원천기술 확보가 미흡
  - Pepper, Jibo가 자체의 소프트웨어 프레임워크를 바탕으로 유저 및 개발자를 늘려나가고 있는 것과 같이 국내의 소셜 로봇도 소프트웨어 프레임워크 기술을 확보하여 확장하는 전략이 필요
- 헬스케어 로봇의 활용을 위한 병원데이터 연동, 원격진료 등 제도적인 한계가 존재하여 질 좋은 콘텐츠를 제공하기 어려움
  - 간단한 건강진단 및 정보 제공, 자폐아 및 노인 대화상대 등 시장 개척 초기단계
- 국내 교육용 로봇의 대부분을 차지하던 교구용 로봇은 점차 스마트폰과 연계한 코딩 교육용 로봇으로 변모중
  - 스크래치(Scratch)와 같은 코딩교육 도구를 이용 로봇과 결합한 코딩 교육용 교구용 로봇 출시
  - 국내 교육용 로봇 업체들이 중국 시장을 개척하기위해 노력하고 있으나 중국의 빠른 성장세에 조직력, 현지화 등 점차 한계점 노출

- 비즈니스용 로봇은 독자적인 로봇 제품보다는 클라우드 커네티디 (Cloud Connected) 기술이 필요함. 즉 로봇은 직접 대면하여 서비스하는 역할을 하고, 클라우드 상에서 인공지능, 기존 ICT 서비스등과 연결되어 상황별 다양한 서비스 제공이 가능해야 함. 이를 위해서 클라우드 로봇으로 발전이 필요함
  - 사용 영역에 적합한 챗봇, 특정지역에 적합한 지식화된 인공지능이 미흡
  - 비즈니스용 로봇을 위한 로봇 서비스 클라우드 플랫폼 (RaaS Platform : Robot as a Service Platform) 없음

## ▶ 개인서비스 로봇 기술의 개발 방향

- HRI, 동작 지능, 매니플레이터 분야에서 기술 개발이 필요함
  - HRI는 인간이 효율적인 의사 결정을 내릴 수 있도록 로봇에 부착된 센서를 통해 획득한 데이터와 정보를 인간에게 제공하는 중요한 수단인 동시에 개인/가정용 서비스 로봇으로서 갖춰야 할 원활한 감성적 소통을 지원하는 데에도 중요한 수단이므로 효과적인 HRI 장착 여부는 중요한 이슈임. HRI 구현에 필요한 핵심 역량을 개발하려면 로봇을 인간 중심으로 설계해야 함
  - 동작 지능은 감성적 접근이 가능하도록 자연스러운 움직임 구현하거나, 서비스 로봇 도입의 큰 장애물 중 하나인 복잡한 건물 구조를 극복하기 위해 문지방이나 계단을 오르내릴 수 있고, 문을 여는 등의 동작 수행에 필요
  - 매니플레이터는 인간의 손과 유사한 수준의 복합 동작을 구현할 수 있는 파지 메커니즘 등을 포함
- 진공 청소기 로봇, 바닥 청소 로봇이 주종이던 가정용 로봇 시장에 홈 허브, 소셜 로봇 및 컴패니언 로봇이 등장할 가능성이 커지면서 상호 소통을 통한 감성적 편의성 제공에서부터 노약자, 장애인의 잔심부름 수행 등 임무 확대 가능성과 활동 공간의 확장 가능성이 커지고 있어 임무 수행 관련 기능의 확장 및 강화 필요성도 커지고 있음
  - 인간 사용자가 동시에 여러 대의 로봇을 통합 운용할 수 있는 제어 시스템, 임무 수행 계획과 제어 방법, 내구성, 상황 인식 능력
  - 신소재 적용, 내구성 강화
  - 정보나 판단 사항을 인간 또는 동종/이종 로봇과 공유함으로써 상호 협력하는 기능과 상황 인식 능력
  - 계단, 문지방 등의 장애물을 극복하거나 닫힌 문을 열 수 있는 수준의 이동성

- 새로운 첨단 기술이 소비재 시장에 채택되면서 관련된 분야의 기술 혁신 속도가 빨라지고 제품가격이 급락해서 대규모 시장 형성을 촉진시켰던 Consumerization 가능성을 로봇 시장에서도 기대할 수 있다는 의견도 있음
  - 예를 들어 일상생활에서 로봇에 익숙해진 사람은 일터에서도 로봇을 사용하는 데에 거부감을 느끼지 않을 것이므로 시장 확대에 중요한 역할을 하는 소비자군으로 발전할 가능성이 큼
  - 따라서 개인서비스 로봇은 미래 로봇 시장의 성장에 중요한 역할을 할 가능성도 있음. iRobot사의 Roomba 구매자 중 2/3는 자신의 청소기 로봇에게 이름을 지어줬고, 1/3은 친구 집에 놀러 갈 때에 Roomba를 가지고 가는 경험이 있다는 조사 결과는 이러한 점을 잘 보여주는 사례임
  - 또한 어릴 때부터 로봇 사용 경험이 축적될 현재와 미래의 유아층은 지금의 개발자 세대보다 더 큰 소비 시장을 형성할 고객층으로 성장할 것으로 전망됨

## ▶ 목표 설정

도전목표	주요기술
(공통기술) 개인서비스 로봇의 지능화 기술	(5년) - 한국 시장 확보에 적합한 Voice, Gesture 인식 인공지능 개발 - 한국 시장을 목표로 한 한국어 인식 인공지능 - 한국 문화, 생활 습관을 고려한 동작 인식 인공지능 - 한국 생활상, 가치관을 반영한 감성 엔진  (10년) - 미국, 중국 등 거대 해외 시장을 목표로 한 Voice, Gesture 인식 인공지능 - 해당 지역 언어 인식 인공지능 - 해당 지역 문화 및 생활 습관을 반영한 동작 인식 인공지능 - 해당 지역 생활상, 가치관을 반영한 감성 엔진
(가사용 로봇) 인간의 생활공간에서 인간과 공존하며 대화 및 정서적 교감이 가능하고 심부름 등 가사 일을 제공하는 기술	비마커 기반 실내 자율주행 음성기반 개인의 감정상태 인식 기술 음성의 감정 및 억양 표현(합성) 기술 제스처 기반 감정/의도 행동표현 기술 서비스 제공 기술 고도화 (청소, 심부름, 모니터링, 정보분석 등) IoT 연동 (가전기기 제어, 실내환경 적응)
(헬스케어 로봇) 고령자/환자의 건강관리를 위한 의료데이터 연동 및 빅데이터 분석 기술	행동패턴 분석 및 기록, 이상행동 행동 인식기술 IoT 센서 연동 기술 (의료기기, 센서 등) IoT 데이터 기반 개인 생활습관 분석기술 의료서비스 데이터 연동 빅데이터 분석기술 일상생활 및 건강관련 도메인 내에서 자연어 처리기반 대화 기술 치료 예방 및 건강 조언 서비스
(교육용/여가지원용 로봇) 놀이 체험형 교육 로봇을 위한 몰입형 AR/VR 인터페이스 기술 개발	대화와 행동 기반 상호작용 (음성인식/합성, 감정/의도표현) 스마트 기기 연계한 AR/VR 기술 다양한 방식의 교육 서비스 콘텐츠 제작 기술
(비즈니스용 로봇) 상용 공간에서 고객에게 적합한 서비스를 제공하고 사업주에게 편리한 툴을 제공하기 위한 플랫폼 개발	챗봇 엔진 (고객 친화적 대화를 위한 AI) 특정공간(매장, 쇼핑몰, 공항 등)에 특화된 지식화된 AI 다수의 로봇을 운영하기 위한 운영 툴 콘텐츠를 다수의 로봇에 배포하기 위한 툴 서비스 상황별 시나리오를 작성하기 위한 툴

## 5) 단기(5년) · 중장기(10/15년) 전망

구분	5년 전망	10년/15년 전망
가사용 로봇 (청소로봇, 소셜로봇)	<b>편리한 청소 도우미</b> - 실내환경에서 자연표식 기반 위치인식, 음성기반 명령, 고출력저소음	<b>청소집사</b> - 자율적으로 주변환경 및 상황을 인식하고 청소계획을 수립
	<b>정보 및 생활 도우미</b> - 인간의 행동(제스처, 표정)으로부터 감정 및 의도를 인식하고 로봇의 감정 및 의도를 표현 - 대화기반정보제공, 주문, 추천, 음악감상 등 - 대화범위는 일상생활 등으로 도메인 제한적, 단답형 질의 응답	<b>가족의 동반자</b> - 자신과 상대의 관계를 이해하고 기억을 통한 맞춤형 대화 - 친구와 같은 대상으로서 감정교감, 정보 및 편의기능 제공 - 대화범위는 도메인에 독립적
헬스케어 로봇 (건강모니터링 로봇)	<b>건강도우미</b> - IoT연동을 통한 고령자 생활패턴 감지(건강 이상징후 감지) - 건강정보 지식 DB를 바탕으로 보편적인 건강관리 및 생활습관 추천 서비스	<b>가정 주치의</b> - 가족구성원의 생활습관과 과거 병력 등을 종합한 건강관리 - 위급 시 병원과 연계한 원격진료, 초기대응 - 병원데이터연동을 통한 건강관리 및 생활습관 추천
여가지원용 로봇	<b>개인 이동수단 보급</b> - 자전거와 같이 개인용 이동수단으로 개인용 이동보조 로봇이 일부 출퇴근 및 여가용으로 활용	<b>체험형 놀이 도구</b> - 로봇과 VR/AR 기술을 이용한 게임/문화/스포츠체험 도구
교육용 및 연구용 로봇	<b>조립 및 코딩교육도구</b> - 로봇과 스마트기기를 활용한 코딩을 통하여 논리 및 프로그램 교육 - 스마트 기기를 인터페이스도구로 이용 교육, 게임/경진대회목적의 활동 도구	<b>놀이/체험을 통한 교육 도구</b> - 대화, 게임 등을 통한 인지능력, 사고력, 사회성 등 교육
비즈니스용 로봇	<b>한정된 영역(분야)의 서비스 로봇</b> - 특정영역에 대한 전문지식을 가지고, 이 영역에서 발생하는 질문에 대해 정확한 대답을 할 수 있는 인공 지능 로봇 - 메뉴 선택 결제 기능 로봇	<b>인공지능 로봇 직원</b> - 고객의 질문에 스스로 판단하여 대답하고 주문을 받아 결제까지 마치는 로봇

## 〈조직위원 명단〉

순번	성명	소속	직위/직책
1	이동욱	한국생산기술연구원	수석연구원
2	최종석	한국과학기술연구원	책임연구원
3	임세혁	한국과학기술연구원	선임연구원
4	윤호섭	한국전자통신연구원	책임연구원
5	장민수	한국전자통신연구원	책임연구원
6	안진웅	DIGIST	책임연구원
7	진석용	LG경제연구원	책임연구원
8	김은호	한국생산기술연구원	수석연구원
9	최문택	성균관대학교	교수
10	조혜경	한성대학교	교수
11	김종욱	동아대학교	교수
12	변순용	서울교육대학	교수
13	황은동	SK텔레콤	부장
14	하인용	로보티즈	부사장/연구소장
15	박인준	로보케어	연구소장
16	김동경	MDSE테크놀로지	상무이사
17	김경욱	아이피엘	대표이사



## V. 로봇 부품

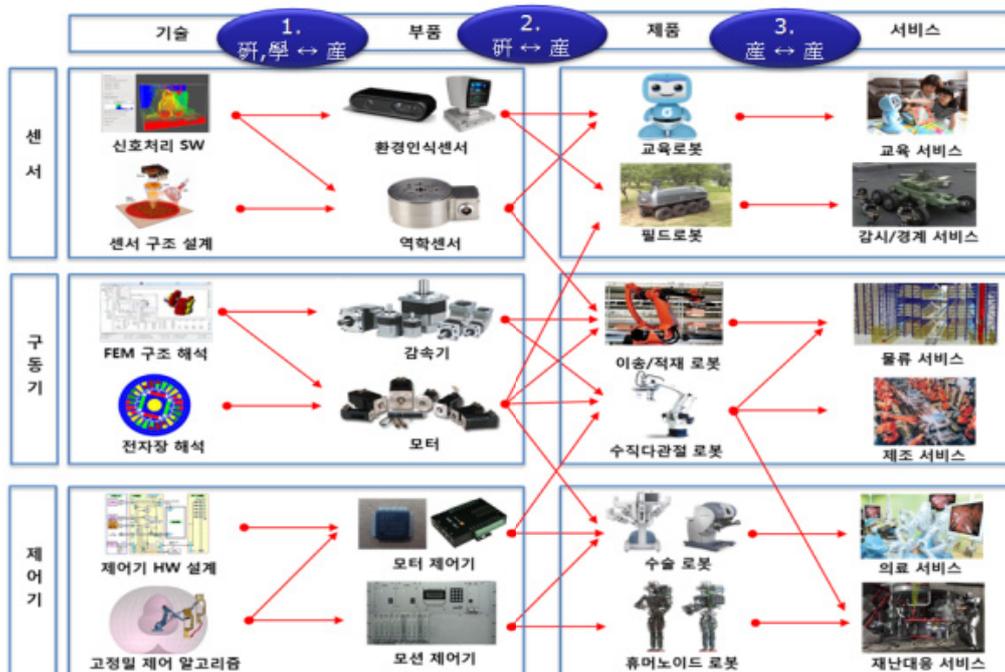


# 1) 개요

## ▶ 개념

- 로봇부품은 센서, 구동기, 제어기 등 로봇 완제품의 성능과 신뢰성을 좌우하는 핵심요소 기술
- 로봇부품은 로봇 완제품(시스템)의 디자인, 가격, 성능을 결정하며 완제품의 경쟁력에서 부품이 차지하는 비중이 절대적
- 제조용 로봇은 부품 모듈화에 의한 경량/저가화가 시장에서의 제품경쟁력으로 자리매김 하고 있으며 전문 서비스 로봇의 경우 특정 외산 부품에 대한 의존도가 높고, 개인 서비스 로봇의 경우 지능(HRI)기술에 외산 저가 부품을 연계하여 탑재

[ 부품 중심 로봇가치 사슬 ]



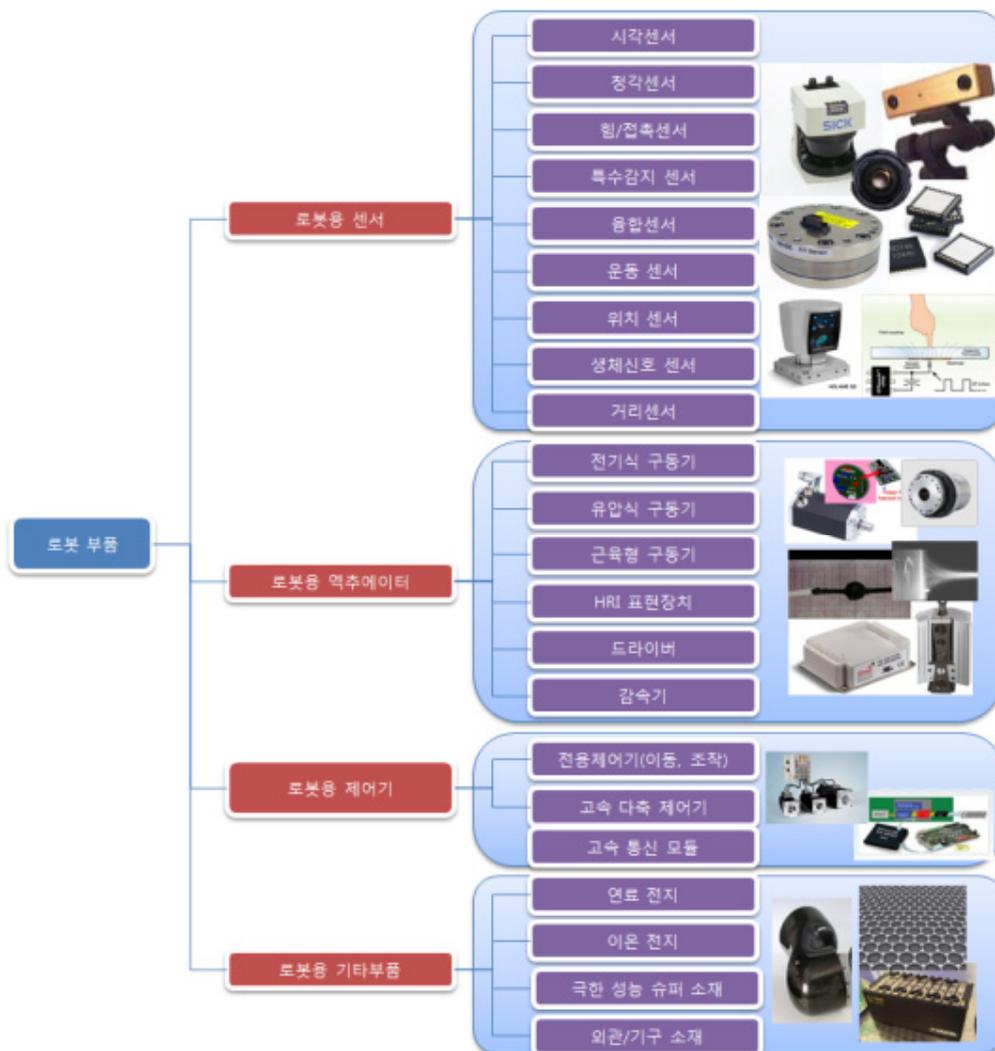
## ▶ 분류

- 로봇부품의 종류
  - (로봇용 센서) 로봇의 이동기능, 상황판단, 인간 상호작용 등 지능로봇의 기술적 완성도 높이고 로봇의 핵심 모듈로서 로봇에 탑재되어 로봇의 자세제어, 움직임

제어, localization, 이동작업, 물체인식, 지능형 상호작용, 장애물 환경인식 등 로봇의 다양한 중추적 기능을 담당하는 주요 모듈임

- (로봇용 액추에이터) 로봇을 직접 구동하는 부분으로 로봇의 작업성능 및 기능 향상을 위해 꼭 필요한 부품이며, 구동기, 감속기 및 드라이버 등으로 이루어지며, 구동기는 다시 전기식, 유압식, 근육형 및 HRI표현용 등으로 이루어지는 기술
- (로봇용 제어기) 로봇을 제어하고 운용하는데 있어서 핵심이 되는 부품으로서 로봇의 신뢰성 및 상용성 향상을 위해 시급히 확보가 필요한 부분중의 하나로, 로봇 소프트웨어 플랫폼 기술과 연계되어 로봇의 다양한 기능을 최적화, 안정화 하여 로봇이 상용품으로써 경제성을 갖출 수 있도록 구현하는데 핵심이 되는 기술

[ 로봇부품의 종류 ]



## ▶ 적용분야

- 로봇부품은 개인, 전문 서비스용 로봇 및 제조용 로봇 등 로봇 전 분야에 적용되어 센싱, 구동 및 제어 기능을 구현하기 위하여 적용
- 환경인식, 자율주행, 인공지능 등을 로봇 소프트웨어를 FPGA, 지능형 임베디드 하드웨어 등을 통한 부품·모듈화로 다양한 로봇에 구현되는 기능 단위로 적용

## 2) 국내외 시장 동향

### ▶ 세계 시장동향

- (로봇부품) 로봇용 부품은 타 산업과 공유되는 부품과 로봇전용의 부품으로 나눌 수 있으며 정밀구동기, 센서, 제어기 등 일부 부품을 제외하고는 타산업과 공용 사용이 가능
- (구동기) 로봇용 서보모터의 세계시장 규모는 제조용 로봇분야에서 약 7.4억달러 규모로 추산되고 있음(로봇부품국산화율 실태조사, KAR, 2015)
  - 최근 들어서는 타 산업분야의 로봇기술 융합화 기술추세로 로봇용 정밀모터의 수요 및 시장의 범위는 지속적으로 커질 것으로 전망
  - \* 서비스로봇용 정밀모터 시장의 30% 이상을 차지하고 있는 Maxon(tm)사의 총 매출규모는 5억 달러 수준
  - \* 세계 서보모터 시장은 103억달러 규모 (Markets and Markets, 2015)
- (센서) 로봇용 센서는 주로 영상센서와 라이다, 힘센서 등으로 '27년 로봇용 센서 시장은 161억불에 이를 전망(IDTechEx, 2016.12)
  - 로봇 센서시장은 15년 9.4억불로 추산되며 (로봇부품국산화실태조사, KAR, 2015.4) 제조로봇용 영상센서 시장은 '16년 0.9억불에서 '27년 57억불, 힘센서는 '16년 1.8억불에서 '27년 69억불로 성장예상
  - \* 세계 센서시장은 '16년 1,235억불에 이르고 있으며 연평균 12%의 고성장을 지속하고 있음(BCC 리서치, 2017). 주요 센서활용 분야로는 자동차산업(24%) 및 로봇을 포함하는 장치산업(18%)이 높은 비중을 차지

● (제어기) 로봇용 제어부품의 세계 시장규모는 '15년 15.6억달러로 추산 (로봇부품 국산화실태조사, KAR, 2015.4)

\* 전세계 로봇을 포함한 모션제어기 시장은 16년 165억불 규모로 추산되며 (Zion Market Research Analysis 2017), 로봇용 제어기는 '20년까지 연평균 7%이상의 성장을 지속 예상 (Research and Markets, 2016.10)

\* 산업용 로봇 제어기의 주요 플레이어는 ABB, FANUC, KUKA, Yaskawa Electric 등이 있으며, '18년까지 130만대의 산업용 로봇이 설치될 것으로 전망

### ▶ 국내 시장동향 및 경쟁력

● 로봇부품의 '15년 국내 생산액은 9,347억원으로 전년대비 53.2% 증가

- '15년 국내 로봇부품 용도별 생산은 구동부품(4,414억원), 제어부품(617억원), 구조부품(1,039억원), 센싱부품(946억원) 등의 순으로 조사

\* '15년 로봇 완제품의 수입액은 4,836억원으로 '14년(3,196억원) 대비 51.3% 증가하였고, 국내 로봇부품 수입액은 1,558억원으로 전년(1,780억) 대비 12.5% 감소하는 등 전반적으로는 국내 로봇부품의 경쟁력이 다소 향상되고 있는 것으로 보임

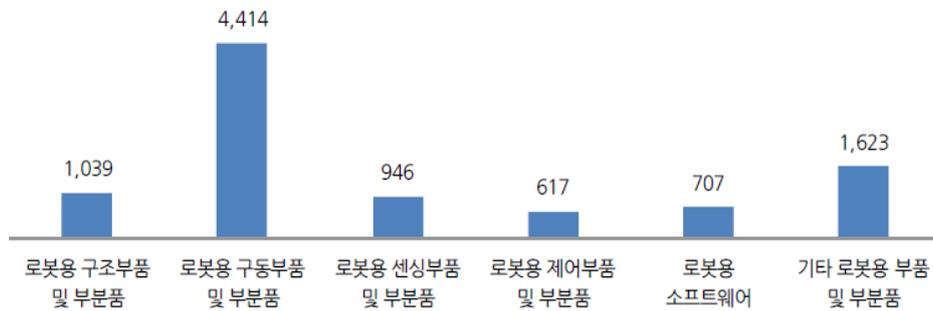
\* '15년 로봇부품 국산화율은 제조용 27.4%, 전문서비스용 28.7%, 개인서비스용 45.9%로 주요 부품들의 국산화율이 취약한 수준임(로봇부품국산화실태조사, KAR, 2015.4)

### 〈 2016 로봇 부품 및 부분품 통계 〉

(단위 : 백만원)

구분	생산	출하	내수	수출
로봇용 구조부품 및 부분품	103,897	98,380	98,380	-
로봇용 구동부품 및 부분품	441,445	474,920	463,588	11,332
로봇용 센싱부품 및 부분품	94,646	95,231	89,573	5,658
로봇용 제어부품 및 부분품	61,731	66,084	65,191	893
로봇용 소프트웨어	70,717	70,717	65,217	5,500
기타 로봇용 부품 및 부분품	162,278	155,372	142,589	12,782
총계	934,713	960,704	924,538	36,165

## [ 로봇 부품 및 부분품 생산현황 ]



※ 출처 : 2015년 로봇산업 실태조사 보고서, 산업통상자원부, 2017

- 로봇 완제품 생산 증가에 힘입어 부품 시장 또한 성장 추세에 있으나, 핵심 부품은 여전히 일본 등 선도국 기업이 시장에서 강세
  - 중국의 경우 구조·구동·센싱 등 핵심 부품을 일본산에 의존하고 있으며, 정밀 감속기의 경우 일본이 세계 시장 점유(75%) 1위 (MIZUHO BANK, `15.3월)

## 〈 로봇 부품 국산화율 추이 〉

(단위 : 억원)

구분	2011	2012	2013	2014	'13년 대비
생산액①	1,909	1,829	2,223	3,409	53.3%
수출액②	79	120	207	265	28.3%
수입액③	1,877	1,627	2,354	1,978	△16.0%
순 내수규모④ = ①-②+③	3,707	3,336	4,370	5,122	17.2%
국산화율 ①-②/④	49.4%	51.2%	46.1%	61.4%	-

※ 출처 : 2014 로봇산업실태조사, KIRIA, `15.10 (재구성)

### 3) 관련 기술 동향

#### ▶ 로봇 부품 기술 동향

- (센서) 2D기반의 단순 센서에서 3D 정보를 토대로 특징(feature) 등 환경변화에 강인한 정보를 제공하거나 로봇에서 바로 활용가능한 정보(위치, 모양, 방향 등)로 변환하여 제공하는 센서로 진화하고 있음
  - 마이크로소프트 키넥트(Kinect) 이후 3D센서의 성능과 가격의 혁신으로, 사람·물체·환경 인식 및 동작인식 등 다양한 분야에 활용되고 있음
    - \* 조립, 물류 분야에서 물체 Picking을 위한 인식센서로 RGB 카메라, ToF센서 등이 활용되고 있으나 인식을 위해 필요한 고성능 연산모듈의 저가화를 위하여 저가형 임베디드 모듈을 위한 솔루션 기술을 개발하고 있음
    - \* 인식 데이터의 공유가 극히 제한되거나 불가능한 제조·산업 분야에 비해 사용자 동의 등을 통해 데이터 공유가 제한적으로 허용되는 서비스 분야에서는 물체·환경 인식 뿐만 아니라 음성·얼굴 표정·감정 인식 등에도 로봇에 장착된 센서와 클라우드 기반 인공지능 인식 기술을 융합하는 기술이 발전하고 있음
    - \* 사회안전 분야에서는 극심한 조도차, 눈비 등의 악천후 등 다양한 조건의 환경을 극복하기 위하여 Stereo, ToF, 구조광 기반 센서 등과 레이저/레이더를 융합하는 기술이 발전하고 있음
  - 최근 협동로봇 등 산업용 로봇에 추가된 새로운 기능으로 인하여 힘/토크센서 및 작업영역 모니터링(안전구역)을 위한 신개념 센서 등의 기술이 발전하고 있음
    - \* Opto-Force, Robotous 등에서 기존과 다른방식으로 저가격과 내충격성 등의 문제점을 일부 해소한 다축 힘토크 센서가 등장
    - \* 인간-로봇협업을 위해서는 Laser 또는 라이다를 이용한 기존의 가상장벽기술에서 Depth센서, 인공피부센서 등을 이용한 정교한 사전 충돌감지 기술의 진화가 이루어지고 있음
  - 아마존 KIVA시스템 등 물류에 로봇활용이 증가하면서 환경 개조 없이도 로봇 적용이 가능한 대공간 주행 SLAM기술이 발전하고 있음
    - \* SLAM을 위한 저가형 라이다 센서, 영상기반 주행 SLAM 모듈 등 이동로봇의 SLAM을 위한 부품의 범용화, 모듈화, 저가화를 위한 기술개발이 활발함
  - 로봇기술과 자동차의 융합, 로봇기술과 비행체의 융합 등으로 인해 새로이 등장하는 자율차, 드론용으로 3D 라이다, 영상기반 비행SLAM모듈 등 융합부품 기술도 빠르게 발전하고 있음
    - \* 카메라/라이다 융합을 통한 환경인식 모듈, 드론을 위한 영상기반 비행SLAM모듈 등

- (구동기) 로봇의 수요가 증가하면서 로봇을 위한 전용 구동 부품의 개발이 가속화되고 있음
  - 다양한 활용을 위한 범용의 모터가 아닌 로봇을 위한 중공박형의 고토크 모터, 고온 다습한 환경에서의 로봇구동을 위한 전용모터가 시장에 등장
    - \* 스위스 Maxon사에는 로봇 구동용으로 슬롯을 갖는 박형의 다극모터를 출시
    - \* 독일 Kollmorgen사는 Hygienic 로봇 적용을 위해 stainless steel washdown motor(IP69K, EHEDG, 3A sanitary standard 규격을 만족) 제품을 개발
  - 모터 내부에 위치센서, 외부와의 신호교환을 위한 네트워크 기능 및 판단을 위한 연산회로가 일체화되는 “Smart Actuator”로 기술 진화
    - \* 핑거 및 관절구동용 소형·고출력 구동기, 표현구현용 고기능성 구동기, Vision 카메라 구동용 구동기 등 IT 융합화 기술변화
  - 중국에서는 급성장하는 로봇시장을 위해 전략적으로 Inovance, Estun Automation, HNC 등의 로봇용 서보모터 기업을 육성하고 있음

Inovance	10년부터 로봇용 서보모터를 개발시작하여 ‘15년 이더켓버전의 서보모터 개발완료
Estun Automation	산업용 로봇을 위한 AC서보모터를 출시하였고, 로봇전용의 서보시스템 개발개시
HNC	‘12년부터 AC서보모터를 생산하였으며, ‘15년 로봇용 서보모터 전문기업 수립

- 감속기의 경우 기존 산업용로봇 적용 확대와 함께 협동로봇 시장의 확대로 무게대 감속비와 정밀도가 우수한 하모닉드라이브의 수요가 더욱 증가할 전망
  - \* 하모닉드라이브는 일본 HDS사가 세계적으로 독점하고 있으나 중국에서는 수십개 이상의 기업들에서 하모닉드라이브를 개발/생산하고 있는 등 로봇 핵심부품 확보를 위한 노력을 지속하고 있음
- 사람과의 협업, 필드에서의 로봇활용 증가 등 로봇 머니플레이터와 주변환경의 상호작용 증가로 연성구동모듈, 가변강성구동모듈, 중력보상기반 저출력구동모듈 등 작업성을 유지한 채 로봇과 사용자, 환경의 안전을 보장하고 효율을 극대화 하기 위한 구동모듈 기술 수요 증가 전망
  - \* 일본 파나소닉사 등은 수년내 로봇팔을 장착한 가정용 정리정돈 로봇을 상용화하려는 계획을 추진하고 있는 등 안전한 고효율 구동모듈의 저가화도 중요한 기술개발 방향

- (제어기) 스마트 공장 등 로봇뿐만 아니라 다수의 자동화 장비, 센서 및 IoT를 통하여 클라우드와 연동되어 공장·공장단위의 통합제어가 필요하며, 이를 위한 모션 네트워크 및 소프트웨어 기반 제어기 기술 수요가 증가
  - 델타타우, Nexcom, Keba, Beckhoff 등 선진 기술업체가 모션 네트워크에 기반한 새로운 개념의 하드웨어 의존성 및 가격부담을 최소화 하는 Soft Motion 제어 기술에 대한 개발을 수행하여 로봇기반 제조 공정제어 시장 진입을 시도 하고 있는 상황
    - \* 특히 Keba는 로봇 제조 자동화 공정 시뮬레이션부터 실제 라인 제어까지 신속하게 설계하고 구현할 수 있는 소프트웨어 기술을 기반으로 고속 성장
    - \* 국외 Beckhoff, Nexcom 등 선진기업들은 IoT 및 클라우드 연결성을 제공하는 스마트 공장용 로봇/공정 제어 S/W 상용화를 진행 중. Beckhoff는 자사의 TwinCAT 소프트웨어를 이용하여 한 대의 로봇제어기로 라인 전체를 제어하는 기술 공개
    - \* 델타타우 등 글로벌 모션 제어기 기업들은 대량생산이 가능한 고속 프로세서의 저가화를 통하여 하드웨어 비용을 극소화 하고 실시간 리눅스 등 오픈소스를 활용하여 소프트웨어 비용을 절감 하여 제어기 전체의 원가절감을 이루어 냄
  - 또한 머니플레이터, 이동로봇의 활용이 확대됨에 따라 로봇 머니플레이터의 모션 플래닝/추종과 이동로봇의 경로계획/추종을 별도의 프로그램 없이 구현 하고 제어할 수 있는 제어기술에 대한 수요가 증가하고 있음
    - \* 미 듀크대에서는 장애물을 피해 작업물을 최적의 경로로 조작할 수 있는 머니플레이터 동작계획 전용칩 기술을 개발하고 있음
    - \* 독일 Kuka는 자사의 모바일 로봇에 네비게이션 솔루션을 개발하여 적용함

### 중국의 로봇부품 관련 정책

- 공업신식화부, 국가발전개혁위원회, 재정부 공동으로 로봇산업 관련 5개년 목표를 담은 ‘**로봇산업발전 계획(2016-2020)**’ 발표(‘16년 3월)
  - 국제 수준의 제품 성능 및 품질 확보를 통한 국제 경쟁력 강화, **핵심 부품\*** 관련 기술력 확보, 시장 수요 만족 등 완벽한 로봇산업 체계 구축을 위한 구체적인 계획 제시
    - \* **핵심부품: 고정밀 감속기, 고성능 서보 모터 및 드라이버, 제어장치, 센서, 액츄에이터 등 5대 핵심부품** 발전 촉진
    - \* 특히 중국의 Leader Harmonic Drive 등은 기존 제품의 절반 이하 수준의 가격으로 공급하며 저가시장을 장악하고 있는 상황

## 〈로봇 부품 및 부품품 기술 개발 Trend〉

구분		현재 기술 (~에서)	개발 방향 (~로)
부품	센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개별적 인터페이스</li> <li>• 망가지기 쉬운 힘토크 센서</li> <li>• 한정된 3D센싱</li> <li>• 적용환경의 제한</li> <li>• 실험수준의 촉각 센싱 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서 인터페이스 표준화</li> <li>• 기계적 힘토크 센싱의 개선 및 소형화</li> <li>• 3D 센서의 분해능 등 성능향상</li> <li>• 멀티모달 센서의 개발</li> <li>• 다이내믹 레인지 및 적용환경 확대</li> </ul>
	구동기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유압대비 저출력밀도</li> <li>• 크고 복잡한 구조의 가변강성 구동기</li> <li>• 생체적합형 구동기술 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 출력밀도 및 에너지 효율의 향상</li> <li>• 고해상도 정밀 구동(수술분야 등)</li> <li>• 이론적 토크소스에 가까운 구동기</li> <li>• 다양한 가변강성 및 소프트 구동기술</li> </ul>
	제어기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반 자동제어 통신프로토콜</li> <li>• 고정형/단순보정형 제어기</li> <li>• 다축제어 수준의 제어기</li> <li>• 제한된 수준의 물리적 제어성</li> <li>• 제한된 수준의 안전성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 로봇에 특화된 통신프로토콜</li> <li>• 적응형/자가보정형 제어기</li> <li>• 고수준의 공정 및 상위 제어기 구현</li> <li>• 동적인 안정 제어 및 센싱 통합</li> <li>• 인간 협업 로봇 제어기</li> </ul>

## ▶ 국내외 로봇부품 선도기업의 기술 경쟁력

### ● 해외선도기업의 기술 경쟁력

구분	업체명	사업영역 및 주요 내용
센서	Vellodyne(미)/Sick(독)	• Pulse Laser 및 TOF기술을 이용한 고정밀 환경인식용 2D, 3D LIDAR 센서
	FLIR/GOODRICH(미)	• 고해상도 SWIR 카메라
	Intel(미)	• 실내외 활용가능한 3D 센서 기술을 태블릿, 랩탑 등에 활용중
	Schunk(독)	• DLR의 로봇손에 채용한 초소형 FT센서
	OptoForce(헝가리)	• 광학방식에 고탄성 고무소재를 사용하여 내충격성이 높은 다축힘센서 상용화
	Tekscan(미)	• FSR(Force Sensing Resistor)이 있고, PPS(Pressure Profile Systems)에서는 capacitive sensing 방식의 촉각 센서를 판매
구동기	RoboDrive(독)	• 고점적 분할코어 기술 및 고에너지밀도 영구자석을 이용한 다극 설계를 통하여 세계 최고 수준의 출력밀도를 구현한 고효율 BLDC 모터
	Maxon(스)/MINIMOTOR(스)	• 다양한 용량의 고성능 DC, BLDC 모터를 생산 • 드라이버, 제어기, Network 모듈을 내장한 One B/D 형태의 Controller를 상품화
	하모닉드라이브(일)	• 하모닉 감속기는 Wave Generator, Flexspline, Circular Splin으로 구성되는 독특한 메커니즘에 의해 매우 정밀하면서도 큰 감속비를 얻는 감속기로 세계 시장을 점유
	DUNKER MOTOR(독)	• 내장형 Package 타입의 로봇용 액츄에이터 제어기를 모터와 일체화하여 판매
제어기	SynqNet(미), Mechatro-link(일), Beckhoff(독)	• 다중 분산 네트워크 내장 모션 제어기 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 상품화 진행
	Elmo(이)	• 초소형/고출력의 고신뢰성 제어기 판매
	KEBA(오)	• 다양한 로봇, 자동화 통합 제어, 팔레타이징 등 로봇 공정 통합 제어
	NEXCOM(대)	• 로봇 및 생산 제조 공정 통합 제어 및 다양한 공정 통합 제어

## ● 국내기업의 기술 경쟁력

구분	업체명	사업영역 및 주요 내용
센서	(주)나무가	• 2D 및 3D 카메라 전문기업. 초소형/저전력 3D 센싱 모듈기술을 확보하고 있으며, Intel에 3D카메라 OEM납품 등
	(주)미래컴퍼니	• ToF방식의 3D 카메라 센서 상용화
	파워보이스	• 음성인식 및 발화용 임베디드 SW 전문 기업
	센서텍(주)	• 근거리 측정용 초음파 센서 모듈 생산
	로보터스	• 정전용량방식의 고내충격성 다축 힘토크센서 상용화
구동기	미니로봇(주)	• 드라이버를 내장한 저출력의 로봇용 모터를 개발하여 상용화
	하이젠모터	• 내압방폭형 모터, 대용량서보모터 등 석유화학/자동차 도장 라인 로봇 및 공작기계 등에 사용되는 서보모터의 상용화 • 다양한 네트워크 기반 고성능 디지털 서보 드라이브 상용화
	(주)로보티즈	• 단축 DC 모터제어를 위한 드라이버, 제어기, Network 모듈을 내장한 Package형 로봇 액츄에이터 제어기의 상용화
	(주)파스텍	• 스테핑모터가 갖는 탈조의 단점을 보완한 드라이브 일체형 스테핑 모터를 상용화
	키네모션	• BLDC모터, 인덕션 모터 등 로봇 및 FA장비용 구동 부품
	SPG	• 서보모터용 정밀유성감속기의 시리즈화 개발 및 상용화
	세진IGB	• 로봇용 고정밀 감속기 시리즈화 개발 및 상용화
	RST	• 로봇용 감속기 특히 하모닉 감속기의 국산화 개발 및 상용화
제어기	로보테크	• 로봇 컨트롤러, 모션 컨트롤러, 서보 드라이버 등 로봇 부품
	서보산전	• 로봇용 서보모터 드라이버, 제어기 등 로봇 제어부품과 자동제어 장비용 부품 등
	커미조아	• 모션제어기, 필드버스 등 네트워크 기반 제어기 등 제어 부품 전문 기업
	RS오토메이션	• PLC, 로봇용 서보드라이버, 네트워크기반 모션제어기 등 로봇 제어부품 전문기업
	아진엑스텍	• 로봇 모터제어 칩, 모션제어기, 분산제어기 및 통합개발환경 기술 등 로봇 제어부품 전문기업

## 4) 도전 목표

### ▶ 국내 부품기술 진단

- 국내 로봇 부품기술은 성능대비 가격 경쟁력 확보에 어려움을 겪고 있으며, 이로 인한 외산부품 의존도를 낮추기 위한 부품-시스템 기업간 국내 로봇 제품-부품 생태계 육성 필요
- (제조용 로봇) 가격경쟁력을 가지면서도 외산제품 이상의 성능수준을 낼 수 있는 구동기, 제어기의 국산화개발 및 고신뢰성 확보 필요
  - 특히, 제조분야에서는 사람과 작업할 수 있는 협동 로봇 등이 다양한 작업에 활용되기 시작하여 이형의 작업물에 적용 가능한 조립/이송용 그리퍼 등의 개발이 시급
    - \* 저가/고신뢰성 구동모듈(비히토류 기반 저가 고회력 구동모터, 저가 하모닉 감속기, 저가형 16bit급 멀티턴 절대엔코더 등), 다양한 작업물에 대응가능한 경량의 압력감지형 그리퍼 시리즈화 등 필요
    - \* 로봇 구동용으로 가장 많이 사용하는 하모닉 감속기의 경우 국내기업의 영세성 및 품질 신뢰성의 문제로 여전히 외국제품이 시장을 독점하는 상황
    - \* 구동 드라이브 및 모션 제어기의 가격경쟁력과 신뢰성을 보장하는 제품부족으로 제조로봇 신뢰성 확보 미흡 등 관련 기술 확보 시급
    - \* 독일의 Industry 4.0 추진, IoT(Internet of Things)의 발전 등으로 제조용 로봇 제어기 및 센서의 표준화된 인터페이스 기술이 강조되고 있으나, 국내 관련 기업들의 기술개발 및 대응은 미흡한 수준임
    - \* 협동 로봇, 양팔 로봇 등 신개념 제조로봇을 위한 제어SW 및 그리퍼 제품 이 부족한 상황으로 로봇을 이용한 서비스 구현에 경쟁력이 미흡한 상황
  - 제조로봇의 구동모듈에 가격 및 성능을 좌우하는 주요 부품인 감속기의 경우 장비지원, 장비를 활용한 공정기술개발 및 기존 유성 감속기보다 저렴하게 생산하여 전동 휠체어 등 타 산업을 연계한 보급확산 지원 등 기존 독점에 의한 장벽을 깰 수 있는 육성정책이 필요함
    - \* 하모닉 감속기의 경우 독점에 의한 가격 장벽을 가지고 있으나, 구조가 간단하고 재료가 적어 관련 생산기술 및 시장 확보 여부에 따라 성능 및 가격 경쟁력을 확보한 국산화 가능
- (전문 서비스 로봇) 물류서비스 로봇, 사회안전 로봇 등이 시장에 진출하고 있으며, 이에 따른 관련부품의 개발이 필요
  - \* 물류로봇을 위한 정형환경 대응 네비게이션 솔루션, 경량 고회력 구동모듈 등
  - \* 사회안전로봇을 위한 저시계 환경 대응 3차원 센서 등

- (개인 서비스 로봇) 소셜로봇 등이 시장에 진출하고 있으며, 정리정돈 로봇, 빨래정리 로봇 등의 가사도우미로봇의 시장진출이 예고되고 있어 관련부품의 개발이 필요

- \* 가정용 로봇을 위한 경량안전 로봇팔 구동모듈 등 필요
- \* 저가형 환경인식 센서 모듈, 저가형 고성능 임베디드 제어모듈 등

## ▶ 목표 설정

- (제조용 로봇) 전통적인 자동차, 전자 분야에서 식품가공, 이송/준비공정 등 다양한 분야로 로봇활용 확대 전망

- 협동로봇, 정밀구동로봇 등의 기술과 인공지능 기술의 융합으로 다양한 환경에서 바로 활용 가능한 인간수준의 조립로봇이 등장할 전망

- \* 인간형 다지 그리퍼 등 다양한 생산, 제조 공정에 필요한 핵심 부품 개발 필요
- \* 프로그램 없이 다중 로봇의 모듈형 셀단위 제조공정 등에 다품종 주문형 생산, 제조를 위한 학습기반 모션, 공정 재구성이 가능한 모듈화된 소프트웨어 기반 제어기술 개발
- \* 모듈화된 로봇 공정 구성요소의 재구성을 통하여 로봇기반 생산 시스템을 단기간에 설계/재배치하고 실작업 환경에 적용하여 제어할 수 있는 Non-programming 방식의 제어 솔루션 등 관련 핵심 부품 개발 필요

- (전문 서비스 로봇) 의료·재활, 전문간호 분야에서 로봇활용이 확대될 것으로 전망되며, 국방·농업 등 필드 분야에서의 로봇활용도 급속히 증가할 것

- \* 무설치 실내환경 네비게이션용 센서 및 모듈, 가변환경 대응 이동/조작 제어모듈 등 로봇 원천 기술이 포함된 전용 부품
- \* 극한환경 극복 시각센서, 환경인식센서 등 극한/필드 환경을 위한 센서 및 내충격성을 갖는 고회력 유압구동 또는 연성구동모듈 등의 구동모듈
- \* 웨어러블, 재활 로봇 등을 위한 생체신호 인식 및 생체형 구동모듈 기술
- \* 착용형 로봇 등 사용자 의도를 미리 인식하여 모션을 제어할 수 있는 인공지능 기반 임베디드 사용자 적응형 제어기 모듈기술 등

- (개인서비스 로봇) 헬스케어로봇의 활용 증가와 함께 점진적으로 경량 머니플레이션 기반의 가사작업로봇이 도입될 전망

- \* 무소음 구동모듈, 신개념 구동모듈, 신개념 초저가 피부센서
- \* 초저가의 다양한 센서, 구동 기술이 SW기술과 융합된 융합부품
- \* 가사지원 로봇을 위한 IoT, 스마트 홈 연계 제어기술

## 5) 단기(5년) · 중장기(10/15년) 전망

구 분		단기(5년)	중기(10년)	장기(15년)
제조용	제품/기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중로봇/양팔로봇에 의한 지그리스 조립</li> <li>3rd Hand 구현을 위한 협업 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비주얼 서보기반 조립</li> <li>Side by Side 배치를 위한 협업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인간수준의 학습기반 조립</li> <li>즉시 셋업/설치/운전을 위한 협업</li> </ul>
	부품	<ul style="list-style-type: none"> <li>파지 &amp; 압력/슬립감지 조립 그리퍼</li> <li>저가/고신뢰성 구동모듈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>조립물 변경 대응용 가변형상 그리퍼</li> <li>영상기반 임베디드 통합 조작제어기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인간형 다지 그리퍼</li> <li>상호학습기반 동작생성형 조작제어기</li> </ul>
전문 서비스용	제품/기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>정형물/정형환경 물류이송</li> <li>필드환경에서의 원격 반자율 구동</li> <li>웨어러블 재활로봇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한적 주변환경 변화 극복가능한 물류이송</li> <li>극한필드환경에서의 원격 반자율 구동</li> <li>하지 신체기능회복</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사람 대체 수준의 로봇 배송 시스템</li> <li>극한필드환경에서의 자율 구동</li> <li>상지 신체기능회복</li> </ul>
	부품	<ul style="list-style-type: none"> <li>정형환경 대응 네비게이션 솔루션</li> <li>자세인식 센서, 유압구동 부품</li> <li>초경량/고출력 구동모듈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가변환경 대응 네비게이션 솔루션</li> <li>극한환경(극저온, 고방사능 등)용 부품</li> <li>생체신호 인식 모듈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가변환경 대응 네비게이션/조작 솔루션</li> <li>극한 필드용 머니플레이터 부품</li> <li>생체형 구동모듈</li> </ul>
개인 서비스용	제품/기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인용 정보 비서로봇</li> <li>정형물 정리정돈 로봇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인용 소울메이트</li> <li>비정형물 정리정돈 로봇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개성을 갖는 진화형 소울메이트</li> <li>범용 가사지원 로봇</li> </ul>
	부품	<ul style="list-style-type: none"> <li>가정용구동모듈(저소음, 저가, 안전, 경량 등)</li> <li>저가형 정형환경 통합 인식/제어 모듈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생활환경대응(방수, 저소음, 저가) 다지형 그리퍼</li> <li>저가형 비정형환경 통합 인식/제어 모듈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>저가형 통합 인식/조작/제어 모듈</li> </ul>

## 〈조직위원 명단〉

순번	성명	소속	직위/직책
1	정일균	KETI	센터장
2	황정훈	KETI	책임
3	최철	하이젠모터	상무
4	양승을	TM테크아이	대표
5	오진호	나온테크	부사장
6	안기탁	뉴로메카	상무
7	이종석	삼익THK	전무
8	임선호	세진IGB	소장
9	김정호	SBB	소장
10	이상훈	RSA	연구위원
11	김대현	나무가	상무
12	문형필	성균관대	교수





## VI. 로봇 S/W 및 지능



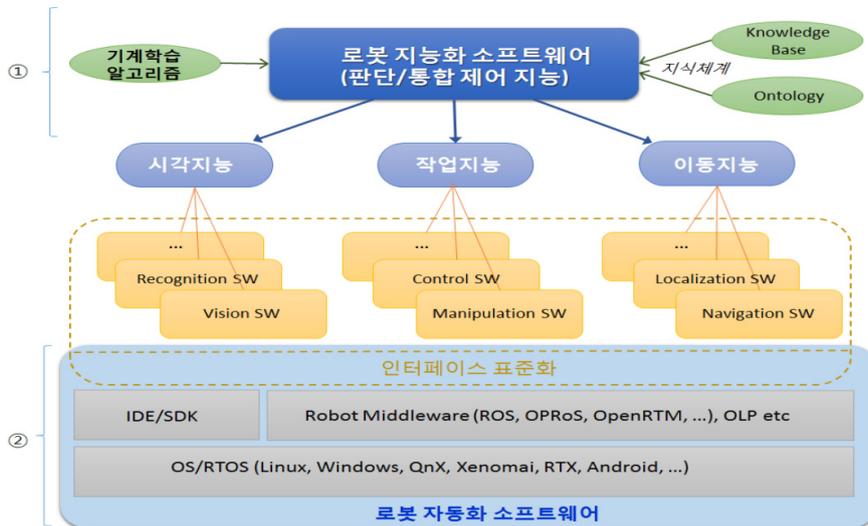


# 1) 개요

## ▶ 개념

- 로봇 소프트웨어는 로봇과 로봇 기술기반의 자동화 기계장치를 개발하거나 유지보수를 지원하는 소프트웨어로 기존 로봇에 적용되는 모터제어와 조작과 이동 등의 전통적인 로봇 소프트웨어와 기존 전통적 로봇 소프트웨어에 인공지능, 클라우드, 빅데이터, IoT 등의 IT 기술들을 융합하여 지능화된 작업, 이동, HRI, 판단, 통합 제어 등에 활용되는 로봇 지능화 소프트웨어로 분류 정의함

[로봇 소프트웨어/지능의 범위]<sup>1)</sup>



## ▶ 분류

- 본 로드맵에서는 로봇에 활용되는 소프트웨어들을 다음과 같이 분류함

	로봇 자동화 소프트웨어 (협의의 개념)	로봇 지능화 소프트웨어(광의의 개념)
정의	로봇 및 로봇 기술을 활용하는 자동화 기계장치를 개발하거나 유지보수를 지원하는 것으로 기존 로봇에 활용되는 전통적인 로봇 소프트웨어로 정의 (예: 로봇 미들웨어 및 개발도구, 시뮬레이터, PLC, OLP 등)	기존 로봇 소프트웨어에 인공지능, 클라우드, 빅데이터, IoT 등의 타 분야 기술들을 융합하여 로봇의 작업, 이동, HRI, 판단, 통합제어 등에 활용되는 지능화 소프트웨어로 정의 (예: 딥러닝 기반 작업지능 소프트웨어, 로봇 판단지능 소프트웨어 등)
비고	로봇 소프트웨어 = 로봇 자동화 소프트웨어 + 로봇 지능화 소프트웨어	

1) 본 절의 로봇 소프트웨어는 상기의 ①과 ②를 대상으로 함. 전통적으로 로봇이 정해진 대로 자동으로 잘 동작하도록 하는 소프트웨어를 만들어왔다면, 앞으로는 스스로 환경을 인지하고 사용자와 인터랙션하며 적응적으로 지능화된 동작을 할 수 있는 소프트웨어가 필요함

- 로봇 자동화 소프트웨어는 특정 로봇만을 위한 전용 소프트웨어와 다양한 로봇에 공통적으로 활용될 수 있는 범용 로봇 소프트웨어로 구분하며, 본 절에서는 제조업용 로봇, 소셜 로봇 등 다양한 로봇에 공통으로 활용되거나, 단독 소프트웨어로 제품화가 가능한 소프트웨어를 대상으로 함
  - 로봇 및 로봇 기술을 활용하는 자동화 기계장치를 개발하거나 유지보수를 지원하는 전통적인 로봇 소프트웨어와 공통 소프트웨어 플랫폼 및 개발 도구 기술을 포함함
  - 제조업용 로봇의 경우에는 개발 도구와 로봇작업 프로그래밍 지원 소프트웨어 뿐만 아니라, 스마트공장과 연계되어 로봇을 실제 공장에 적용하기 전에 문제점을 사전에 검증하고 로봇 교시 기반의 최적 로봇 작업 프로그램을 생성(OLP)하고 빅데이터 기반으로 로봇과 공정의 실시간 모니터링을 통해 로봇의 작업 품질을 예측하는 기술이 포함됨
- 로봇 지능화 소프트웨어는 판단과 통합제어 분야의 지능화 소프트웨어로 한정하여 기술함<sup>2)</sup>
  - 통합제어 지능화 소프트웨어는 로봇들이 학습을 통하여 지식이나 경험을 축적하거나 관련 데이터의 상호 공유를 가능하게 하는 전이학습기술과 로봇이 작업대상을 인지·조작하고 스스로 학습·실행·재현 가능하게 하는 소프트웨어기술을 포함함
  - 제조업용 로봇 또는 물류로봇 등이 장착된 센서와 작업공간 내의 IoT 센서를 활용하여 상황을 인지하고 주변장치와 로봇과 협력하여 작업을 수행하는 소프트웨어를 포함
  - 또한, 로봇의 지식 기반 인식 지능 기술은 객체 및 환경에 관한 온톨로지 기반의 지식 처리를 통하여 주어진 환경의 특성을 이해하고 방대한 종류의 객체들에 대한 최적화된 인식 전략 및 미지 물체의 인식을 위한 추론이 가능한 고도화된 인공지능 기술을 포함함

2) 타 분과와의 중복성을 피하기 위하여 HRI, 이동, 작업 관련 지능을 제외함

## ▶ 적용 분야

### ● 제조용 로봇 분야

- 로봇을 이용한 유연화, 강건화, 무손실화 및 지능화된 제조 공정의 구축을 위해서 디지털 가상생산 기반의 솔루션을 이용한 제조용 로봇이 사전검증/운영/모니터링의 기술을 요구하는 분야
- 제조용 로봇의 효율적 활용을 위해서 로봇 사양/작업성 및 안전 등 사전 검증, 로봇 및 생산 공정에 대한 Cycle Time 예측, 로봇의 작업 프로그램의 생성, 로봇 실시간 모니터링/제어 및 로봇 작업 품질 예측, 로봇 교시시간의 단축 등의 기능을 요구하는 분야

### ● 개인 서비스 로봇 분야

- 비구조화된 현실 환경에서 효율적으로 작업할 수 있는 로봇이 요구되고 있으며, 이를 위하여 현실/가상세계에서 주어진 작업을 반복하면서 가장 효율적인 방법을 스스로 도출하고 작업수행 능력을 향상시킬 수 있는 인공지능 기술이 요구되는 분야
- 특히 이러한 로봇 지능은 단독으로 존재하는 것이 아니기 때문에 로봇-로봇, 로봇-사람, 로봇-인프라가 연계되어 서비스 될 수 있도록 클라우드 기반의 지식베이스를 기반으로 지식의 수집·처리 및 전이가 가능한 기술을 요구하는 분야

### ● 공통기반 소프트웨어 분야

- 지능기술의 발전과 데이터의 축적과 공통 활용을 위해서는 서버 기반의 데이터 공유 기술이 필요하며, 이동·인지·작업 분야에 지능기술이 도입되어 활용됨에 따라 다양한 로봇에 공통플랫폼 형태로 적용하기 위한 소프트웨어 모듈과 디바이스를 포함한 로봇의 인터페이스 표준 기술이 매우 중요함

## 2) 국내외 시장동향

### ▶ 세계 시장 동향

#### ● 로봇 자동화 소프트웨어 분야

- 로봇 미들웨어, 로봇 소프트웨어 모듈 및 로봇 소프트웨어 개발도구들의 중요성이 높아지고 있으나, 아직까지 로봇시장에 비하여 로봇 소프트웨어만의 시장은 아직 활성화되지 못한 실정임
- 로봇 미들웨어 및 개발도구 관련 별도로 조사된 시장은 없으나 모든 로봇 업체들이 개발도구를 제공하고 있으며, 로봇에서 동작하는 소프트웨어를 가지고 있기 때문에 충분한 규모의 잠재적 시장이 존재함
- PLC 개발에 사용되는 도구로 CoDeSys 및 TwinCAT의 제품이 있으며 제조업용 로봇을 위한 미들웨어와 소프트웨어 모듈에 대한 시장은 미미한 수준임
- OpenRTM은 일본에서 실제로 다양한 로봇에서 활용하고 있지만, 전 세계적으로 많이 활용되지는 않고 있고, ROS 및 OPRoS는 시장 관점에서는 아직 미미하지만 ROS는 많은 유용한 소프트웨어가 무료로 공개되어 많은 연구 분야에서 많이 활용하고 있음
- 전 세계 로봇 시장에서는 로봇의 안전이 강하게 요구되고 있고, 미들웨어와 개발도구도 이러한 안전과 관련된 요구가 강해질 것으로 판단됨
- 실제로 로봇의 저가격화와 유지보수의 편리성을 위한 소프트웨어 모듈의 표준화가 ISO TC299 WG6에서 진행되고 있음
- 로봇 모듈의 인터페이스 표준이 개발되면 모듈의 재활용성이 증가되어 로봇 가격과 유지보수 비용이 보다 낮아질 것으로 예상되며, 상호운영성 시험 관련 새로운 시장이 만들어질 것으로 예상됨
- 국내외 디지털 가상생산 기반 제조용 로봇 시뮬레이션 및 오프라인 프로그램 소프트웨어의 경우 대부분 외산 소프트웨어(Siemens사(독일)의 PD/PS 또는 Dassault사(프랑스)의 V6 Robotics)가 관련 시장의 대부분을 차지함
- 전 세계의 제조 산업에서는 생산시스템 구성 요소인 4M<sup>3)</sup> 데이터의 효율적 관리/정보/로직 관계 모델 라이브러리 구축, 시뮬레이션 기반 공정설계 검증 및

3) 4M : Man, Machine, Material, Method

최적화를 통해서 신제품의 개발기간 단축, 품질확보 기간 단축, 시간당 생산량 증가를 위해서 2000년 초반부터 디지털 가상생산 기반 제조용 로봇 시뮬레이션 기술 및 관련 소프트웨어가 사용되고 있음

- 관련 시장도 이미 성장되어 있는 상태이며 제조 산업에서 로봇의 사용증가로 인해서 로봇의 효율적인 운영검토 및 오프라인 프로그램 적용기술, 로봇 교시 시간의 최소화에 관한 요구가 계속적으로 증가하고 있음

#### ● 로봇 지능화 소프트웨어 분야

- 제조업용 로봇이나 개인서비스 로봇을 위한 인공지능 프레임워크 분야에 대한 독립적인 시장은 현재 형성되어 있지 않음. 인공지능 소프트웨어 분야에서 로봇 자동화에 대한 시장 규모 및 성장률에 대한 전망을 보면 전 세계 시장이 '20년 61억 달러에 이를 것으로 전망됨

\* (세계시장) '15년 12억 달러 → '20년 61억 달러로 연평균 38.43% 성장 전망

\* (한국시장) '15년 세계 매출의 약 7%인 840만 달러 → '20년, 10%, 6억 5천만 달러를 차지할 것으로 추정

※ 출처 : ETRI 미래전략연구소, 기술 2016-02, R&D 기획 기반 조성을 위한 로봇분야 기술·시장·정책 동향분석, 인지가키텍처 분야]

- 인공지능 프레임워크가 적용가능한 제조업 분야의 협동로봇 세계시장은 '15년 1억 1천만 달러(1,250 억원)에서 오는 '22년에는 33억 달러(3조 7500 억원)로 연평균 60%씩 성장할 것으로 예상하고 있으며, 올해에는 1만 달러대의 협동로봇의 출시가 예상됨

※ 출처 : MarketsandMarkets, "Collaborative Robots Market by Payload (Up to 5 Kg, Up to 10 Kg, & Above 10 Kg), Application, Industry and Geography - Global Forecast to 2022", 2016

- 지능형 협업 소프트웨어 산업은 '17년 120,136 백만 달러로 연평균 10.5%의 성장이 예상됨

※ 출처 : 미국 시장조사업체인 Global Insight, Global Industry analysis, ABI Research, IMS

- 로봇 판단(임무계획) 소프트웨어는 로봇의 하드웨어 및 제어기술의 표준화가 충분하지 않아 로봇과 독립적으로 개발되기 어려운 상황으로 아직까지는 독립된 제품으로 존재하기 보다는 상용화된 로봇에 의존하는 부가적인 소프트웨어로서 로봇과 함께 판매되고 있음

- 미국을 중심으로 해외에서는 특정 로봇이나 서비스에 독립적으로 임무계획이

가능한 소프트웨어를 개발하고자 하는 시도가 꾸준히 이루어지고 있음

- 향후 로봇산업의 활성화가 이루어지고 판매되는 로봇의 수량이 증가하면서, 범용 임무계획의 필요성이 증가할 것이 확실시되며, 그에 따른 독립적인 범용 임무계획 소프트웨어 시장이 형성될 것으로 전망됨
- 인식과 관련된 인공지능 분야에서는 ILSVRC<sup>4)</sup>를 중심으로 공개적인 도전 과제를 해결하는 방식을 통하여 영상 기반의 객체 인식 기술 발전이 빠르게 이루어지고 있으나, 지식 기반의 체계적인 인식 지능 기술에 대한 상용화 시도는 미미한 상황으로 아직 시장이 형성되지 못하고 있음

### ▶ 국내 시장현황 및 경쟁력

- 로봇 소프트웨어를 독립된 제품이 아닌 상용 로봇에 의존하는 부속품으로 함께 판매하는 경향이 있고 개발 회사조차 로봇 소프트웨어의 개발을 비용 절감의 대상으로 여기며 자체 개발 노력이 미흡한 실정으로 글로벌 경쟁력을 갖춘 전문 로봇 소프트웨어 업체와 전문 R&D 인력이 부족한 상태임
  - 국내외 자동차, 항공, 전자 산업의 대기업은 고가의 외산 소프트웨어를 일부 구매하여 관련 기술을 일부 적용하고 있으나, 국내 대부분의 중소기업의 경우 국산 소프트웨어의 부족으로 활용이 미미한 상태임
  - 스마트 제조, 스마트 홈, 스마트 시티 등에서는 다품종 소량생산 및 수요자 요구의 즉각 반영할 수 있고 돌발 상황이 발생되거나 동작조건이 변화되는 환경에서도 안정된 임무를 수행할 수 있는 로봇에 대한 요구가 증가되는 현재의 상황에, 기존 ‘Hard-coded controller’ 방식의 소프트웨어로는 대응 불가함
- 제조용 로봇, 개인 서비스 로봇, 전문 서비스 로봇을 지원하는 로봇 소프트웨어의 경우, 소프트웨어 플랫폼은 동일하고 적용 도메인과 관련된 어플리케이션 및 요구되는 활용 센서 들과 주변장치에서 차이가 남
  - 도메인 응용 개발을 지원하는 개발도구는 일부 제품이 상품화되어 부분적으로 시장을 형성하고 있음

4) ILSVRC : ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge

- 소셜로봇 분야에서도 빅데이터, 인공지능, 클라우드 기술이 결합된 형태로 사용자의 의도 파악 및 감성교류를 추구하는 지능형 지식 생산/제공 플랫폼을 제공하고 있음
  - 제조업용 로봇이나 물류로봇 등에서도 개별 로봇과 주변 환경의 센서들이 협력, 조정, 타협 등의 상호작용을 통해 새로운 서비스 또는 작업을 수행하거나 개별 객체가 가진 능력을 넘어서는 작업을 수행할 수 있는 분산 인공지능 소프트웨어 기술의 도입이 필요함
- 기존 제조 산업의 상용 로봇 소프트웨어와의 차별화가 필요함
  - 제조 산업에서 로봇을 이용한 공장자동화 라인을 구축 시 컴퓨터상에서 가상으로 제품생산 공장을 시뮬레이션 하여 최적의 생산 시나리오를 구상하고, 로봇의 작업 프로그램을 컴퓨터상에서 사전에 생성하는 디지털 가상생산 기반의 범용 로봇 시뮬레이션 및 오프라인 프로그램 기술을 사용하고 있음. 또한 관련된 상용화 소프트웨어가 일부 국내외 대기업을 중심으로 사용되고 있음
  - 현재 상용화된 디지털 가상생산 기반의 범용 로봇 시뮬레이션 및 오프라인 프로그램의 경우 3D CAD 기반의 데이터를 이용한 일부 로봇 공정에 대한 시뮬레이션 및 간단한 오프라인 프로그램의 생성 기능 수행이 가능함
- 현재 로봇의 다양한 사용자 요구와 필수적 안전에 맞추어 로봇 소프트웨어의 오픈소스 경향과 인공 지능 기술의 확산에 맞추고, 또한 로봇 비용이 현재보다 저렴해질 수 있도록 다음 요구조건을 만족할 수 있도록 전략을 만들 필요 있음
  - 표준화 및 재사용성
  - 안전성 검증
  - 오픈소스 화 및 상품화
  - 인공 지능 기술의 다양성 제공 및 데이터 축적

### 3) 관련 기술 동향

#### ▶ 로봇 자동화 소프트웨어 관련 기술 동향

- 로봇 소프트웨어 플랫폼은 오픈 플랫폼 기반으로 ROS와 OPRoS, openRTM 등이 공개되어 있고, 개발자들을 위한 개발도구가 ROS와 OPRoS에서 제공되고 있음
- ROS는 전 세계적인 커뮤니티를 통해 활용 가능한 로봇 패키지를 바탕으로 많은 개발자를 확보하고 있음. OPRoS는 실시간성 지원과 개발도구 등을 제공하고 있으며, 저변 확대를 위해서는 지속가능한 지원체계의 마련과 ISO TC299의 국제 표준화에 대한 지속적인 추진이 필요함
- OMG에서는 ‘16년에 하드웨어 모듈의 사용을 위한 표준으로 “Hardware Abstraction Layer for Robotic Technology”를 개발하고 HW 모듈 제어를 위한 표준으로 제안하였으며, 국내에서도 HW 모듈 사용을 위한 표준을 제안하였으나 활용되지 못함
- ISO 13849, ISO 12100, ISO/TS 15066, IEC 61508, IEC62601 등에서는 협동 로봇을 포함한 로봇 및 자동화기계 등에 대한 안전에 관련된 규격을 제시하고 있으며, 안전기준을 충족하는 하드웨어 및 소프트웨어 모듈의 지원이 필요한 상황임
  - 특히 ISO 13849 등에서 참조하는 IEC 61508, IEC62601에서의 안전에는 보안 (security)과 소프트웨어 모듈의 안전 기능도 포함하고 있음
- 대표적인 로봇 소프트웨어 플랫폼인 ROS는 버전 2.0에서 실시간성을 개선하기 위하여 OMG와 OPRoS와 같은 소프트웨어 모듈의 life cycle을 도입하였음
  - ROS-industry 커뮤니티에서는 ROS 1.0으로 개발된 기존 소프트웨어를 재활용하고 실시간성을 보장하는 기능을 추가하는 형태로 프로젝트를 수행
- 국내외 제조용 로봇을 사용하는 대부분 기업은 로봇의 현장 적용을 위한 사전 검토 및 로봇 오프라인 프로그램 소프트웨어로 로봇 제조사에서 제공되는 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하고 있음
  - 스웨덴의 로봇업체인 AB는 RobotStudio를 통해 제조로봇의 동작을 계획하고 오프라인에서 결과를 확인할 수 있는 소프트웨어를 제공하고 있음. 덴마크의 유니버설 로봇은 사람의 동작을 기억하여 로봇이 따라할 수 있도록 하는 로봇 프로그래밍 방법을 지원함

- 로봇 제조사의 로봇 모델만 지원이 되어 다양한 제조사 로봇이 사용되는 방대한 생산 공장을 가상생산 환경 상에 구현하는 것이 불가능하며, 다른 제조사 로봇 및 설비와의 연계 검토가 불가능함
- 국내의 경우 자동차 산업 분야의 대기업 중심으로 로봇 시뮬레이션 및 오프라인 프로그램 기술을 사용하고 있으나, 대부분의 제조 회사의 경우 디지털 가상생산 기반의 범용 로봇 시뮬레이션 및 오프라인 프로그램 소프트웨어의 활용이 미미함
  - 자동차 공정의 경우 8~12대 로봇의 고밀도 배치를 통해서 생산라인의 길이 및 공간 최소화, 다품종 생산 대응을 하고 있는데, 다양한 제조용 양팔 로봇의 등장으로 인해서 작업자가 사전에 다품종에 대한 로봇 작업성 검토 및 로봇 교시기를 이용한 로봇 교시 작업이 많은 어려움이 있음
  - 다양한 고밀도 로봇 제조 공정 및 양팔 로봇의 효율적 적용을 위해서는 사전에 정확한 로봇 및 설비의 사양 검토, 로봇 및 제조 공정의 Cycle Time 예측, 다양한 제품에 대한 로봇 작업 프로그램의 효율적 생성, 로봇 작업 결과에 대한 품질 예측, 실제 로봇 교시 시간의 단축 등에 대한 소프트웨어의 기술이 요구됨
- 최근에는 디지털 가상생산 기반에서 로봇 시뮬레이션 작업 결과에 대한 사전 품질 예측을 통한 제품 품질 조기 안정화, 실시간 로봇 작업 데이터 수집 및 모니터링을 통한 공정 품질 분석, 예측 및 고장 진단을 통한 로봇 활용 기술에 대한 요구가 증가하고 있음
- 최근 다양한 광대역 3D 스캐닝 측정기술, VR(Virtual Reality) 및 모션 캡처 기술과 융합된 디지털 가상생산 기반의 제조용 로봇 시뮬레이션 및 오프라인 프로그램 기술 개발이 진행 중에 있음

### ▶ 로봇 지능화 소프트웨어 관련 기술 동향

- 향후 로봇분야의 인공지능 기술은 ‘IoT(센서, 데이터 취득)-무선통신(전송)-빅데이터·딥러닝(분석)-인공지능-제품반영’으로 연계되면서 지능형 로봇으로 발전해 모든 산업분야에 적용될 것으로 예상되고 있음
- 전 세계적으로 제조업용 로봇이나 서비스 로봇분야에서 ICT기술과 인공지능 기술을 접목하여 인간과의 상호작용하는 분야에 활용되고 있음
  - 일본 소프트뱅크의 Pepper는 사용자와 상호작용을 통해 정보를 제공하거나 감성적인 교감이 가능하도록 하고 있으며, IBM의 왓슨과 연동하여 심층 질의 응답이 가능하도록 개발되어 있음

- 미국 MIT의 Jibo는 인간과의 대화를 통한 상호작용 분야에 적용하고 있음
  - 프랑스 알데바란은 휴머노이드 로봇인 나오와 로메오에 대화자의 목소리를 감지하여 행동하는 기능과 위험지역에서 작업이 가능한 분야에 인공지능 기술들을 적용하고 있음
- 비정형화된 작업 환경에 적용할 수 있는 작업지능 연구개발이 진행되고 있음
- 전 세계적으로 실 환경에서 실질적인 서비스가 가능한 자율 작업 지능에 대한 연구가 확산되고 있음
    - 개방된 환경, 동적 환경, 또는 비구조적 환경에서 임무를 수행하기 위해 기존 비주얼 서보잉 방식의 모델 기반 분석적 방법으로부터 인지·판단(계획)·구동을 하나의 아키텍처로 묶어서 통합 학습할 수 있는 기술로 연구개발 방향이 변화되고 있음
    - 미국의 CMU에서는 700시간 동안 5만 번의 시도를 통해 로봇이 스스로 학습하여 다양한 물체를 파지할 수 있는 초기 기술을 개발하였음
    - 미국의 UC Berkeley에서는 로봇에 장착된 카메라의 이미지 데이터를 이용하여 딥러닝의 CNN과 강화학습을 적용해 작업대상 물체의 인식으로부터 바로 액추에이터의 토크 명령을 생성하고 학습할 수 있는 기술을 제안하여, 조작 지능을 위한 통합 학습 기술에 대한 가능성을 보여주었음
    - 최근에는 상기 기술의 핵심이 되는 GPS(Guided Policy Search) 알고리즘을 여러 대의 로봇이 집단으로 학습할 수 있도록 알고리즘을 확장 제안하였으나 아직까지 현장 적용에 한계가 있음
  - 국내에서도 최근에 로봇 머니플레이션을 위한 심층신경망 기반 학습 기술이나 인간의 작업 모습 관찰과 역강화학습에 의한 머니플레이터의 조작 시스템과 같이 로봇 머니플레이터와 인공지능을 결합한 연구를 시작함
    - 아직까지는 제한된 기구학 구성 정보를 갖는 머니플레이터에만 적용하여 테이블 정리정돈 같이 특정한 작업을 위한 조작만 수행할 수 있도록 개발되고 있음
    - 인지·판단(계획)·구동을 하나의 아키텍처로 묶어 학습된 지능을 체계적으로 통합하여 다양한 기구학 구성을 갖는 로봇에서 활용할 수 있는 작업 지능을 위한 소프트웨어 프레임워크에 대한 본격적인 연구가 필요한 시점임
- 다양한 로봇에 적용 가능한 범용의 임무계획 소프트웨어는 아직 연구단계임
- 현재 상용화된 임무계획 소프트웨어의 대다수는 환경과의 상호작용이 극도로

제한되거나, 구조적인 환경에서 동작하는 로봇에 적용할 수 있는 수준에 머무르고 있음

- 대표적인 범용 로봇 운영체제인 ROS는 범용 임무계획을 위한 다수의 모듈을 제공하고 있으며, 로봇의 이동과 조작 등을 포함한 행동계획 소프트웨어인 ROS Plan, 고수준 로봇 임무계획을 위한 Semantic Robot Description Language등이 활용 가능한 수준임
- ROS에 적용되고 있는 임무계획 소프트웨어의 다수는 사전에 모든 상호작용이 파악된 구조화된 환경 하에서 적용 가능한 알고리즘을 활용하고 있으며, 개발자가 임무와 예외상황을 모두 기술해야하는 단점이 있음
- 동적이고 불확실성이 있는 실제 환경에서는 환경변화의 불확실성과, 사람-로봇간 상호작용, 예외상황 처리 등을 위해 현재보다 개선된 방법들이 필요한 상황임. 이를 위해 불확실성을 고려한 범용 로봇 임무계획 방법들이 연구목적으로 제안되고 있음
- 프랑스 Aerospace Lab주도로 개발된 AMPLE, 싱가포르 대학 주도로 개발된 MOMDPs, MIT 연구팀에서 개발한 Grasping POMDPs 등은 불확실성을 고려한 확률기반 임무계획과, 동적 상황에 맞춰 임무계획을 수정할 수 있는 기능을 제안하고 있음
- 그러나, 계산속도와 로봇 임무를 기술하기 어렵다는 문제를 안고 있기에, 실제 문제에 적용하기 위해서는 계획 속도의 향상과 더불어 스스로 지식을 학습하여 예외상황 등에 능동적으로 대처하는 능력이 필요함
- 국내의 경우, 가정용 및 교육용 로봇의 콘텐츠를 저작하는 행동계획 소프트웨어로써 유진로봇, 로보티즈, 퓨처로봇, 로보메이션 등의 로봇 제조사가 자사의 로봇을 위한 소프트웨어를 제작하고 있음
- 환경과의 상호작용이 없고 산업용 로봇처럼 미리 정해진 일련의 행동들을 시간 순서에 맞게 출력하는 수준이거나 로봇에 장착된 디스플레이를 통한 상호작용을 하는 수준에 머물러 있기 때문에 변화하는 상황에 적응적으로 대처가 가능한 행동계획 기술에 관한 연구가 필요함
- 인지분야와 환경인식을 위한 지식체계 소프트웨어 연구가 진행되고 있음
  - 인공지능 및 인지과학 분야에서는 인지 아키텍처에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있으나, 실제 환경에서 입력되는 센서 정보와 결합되지 않은 추상적인 수준에서의 연구에 머물러 있어 실제 로봇의 지능 아키텍처로 활용하기는 어려운 상황임

- 유럽에서는 EU FP7 프로그램으로 2009년부터 4년 동안 진행된 RoboEarth 프로젝트에서 로봇이 지식을 생산, 공유, 재생할 수 있는 개방형 대용량 인터넷 지식 데이터베이스 구축을 목표로 웹과 클라우드를 기반으로 로봇의 지능 체계를 확장하는 연구를 수행하였으나, RoboEarth는 다중 로봇 환경에 대한 기술적 적용이 이루어지지 않았고 외부 자원의 연계 활용이 국소적이라는 한계점이 있음
  - 독일 Bremen 대학을 중심으로 로봇, 환경, 물체 등 다양한 지식 정보를 바탕으로 실제 로봇에 적용이 가능한 지식 기반의 작업계획 추론 시스템인 KnowRob에 관한 연구를 수행하였으나 이는 지식 추론을 통한 단위 작업 생성과 같은 로봇의 작업계획 분야에만 적용 가능한 한계를 가지며, 종합적인 환경 특성의 이해에 기반을 둔 체계적인 객체 인식 전략의 학습 및 추론을 위한 인식 지능체계에 대한 연구가 필요한 상황임
- 로봇과 이종의 다양한 기기간의 자율적인 협업을 제공하는 연구가 다양하게 진행 중임
- 미국 DARPA의 KSE, 이탈리아 Telecom의 JADE, ETRI의 CAMUS 등에서는 동종의 로봇이나 기기 간의 협업을 위한 메시지 프로토콜(KQML)과 멀티에이전트 프레임워크 등의 기술을 통해 상황인지 기술을 개발하였으나 이종의 기기간 (센서, 로봇 등) 협업 기술 개발은 미미한 실정임
  - 아마존사의 키바 시스템즈는 2003년부터 로봇이 거대한 창고에서 사용자에게 물품이 보관되어 있는 선반을 가져다주는 로봇 창고 관리 시스템 개발을 목표로 다수의 로봇이 협업을 통해 유기적으로 해당 물류 수송 업무를 수행하는 기술을 개발하였음
  - DARPA<sup>5)</sup>의 적응형 소프트웨어 개발에 관한 DASADA<sup>6)</sup>프로그램의 지원으로 2000년부터 2002년까지 USC<sup>7)</sup> ISI<sup>8)</sup>의 TBASSCO<sup>9)</sup> 프로젝트에서는 소프트웨어 컴포넌트들의 시맨틱스를 온톨로지 기반으로 표현할 수 있는 모델과 추론방법을 개발하였으나 DASADA 프로그램은 이러한 적응형 소프트웨어 기술들을 실제 적인 문제에 적용하는 단계인 DASADA Phase II를 실행하지 못하고 종료되었음

5) DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)

6) DASADA (Dynamic Assembly for System Adaptability, Dependability, and Assurance)

7) USC (University of Southern California)

8) ISI (Information Sciences Institute)

9) TBASSCO (Template-based Assurance of Semantic Interoperability in Software)

- 국내의 중앙대학교의 지능정보시스템연구실은 집단 로봇 기술을 이용한 사회 안전 로봇 개발을 위한 다중로봇 연동 기반 이동물체 추적/움직임 예측 알고리즘 및 군집 로봇의 행동학습 및 진화 알고리즘에 대한 연구를 수행하였음
- ETRI는 상호 협업하여 능동적인 임무를 수행하는 다중 클러스터형 군집지능 로봇 개발을 목표로 군집 행동제어, 군집 환경/상황인지, 군집 네트워킹 기술에 대한 연구개발을 수행하였음

## 4) 도전 목표

### ▶ 도전목표 설정 제안

- 국내 로봇산업에서 활용성이 더욱 커질 것으로 기대되는 “디지털 가상생산 기반의 로봇 OLP 소프트웨어” 분야와 로봇 제품의 신뢰성과 성능을 높여줄 수 있고 다양한 로봇에 활용이 가능한 “로봇 미들웨어 및 인공지능 프레임워크 기술”에 대한 지원이 필요함
- 로봇 자동화 소프트웨어 분야
  - 로봇생산 기업의 생산성과 신뢰성을 담보할 수 있는 소프트웨어 공학적 기반의 접근이 미흡하며, 특히, “표준 인터페이스”를 기반으로 로봇 소프트웨어의 재활용성을 확보할 수 있는 기반과 시장이 미흡한 실정임
  - PC의 DOS 경우와 같이 HW 디바이스의 표준화를 통해 기능적, 가격적으로 차별화된 디바이스가 출현하게 되었으며 응용 소프트웨어 모듈들의 인터페이스가 표준화되어 재사용성이 강화되어 소프트웨어 자체가 사업화되기 시작되었음
  - 자동차 산업에서는 AUTOSAR를 통해 수직 계열화된 산업이 수평구조의 산업으로 개편되었으며, 전장 소프트웨어 모듈, 인터페이스, 미들웨어 표준 등을 공개한 후에 국제적인 산·학·연·관이 상호 협력하는 계기가 되었음
  - 로봇 산업이 활성화되기 위해서는 로봇 자체의 가격이 낮아져서 가성비가 높아져야하기 때문에 이를 위한 첫 단계로 로봇 소프트웨어 모듈들의 인터페이스 표준화를 통한 재사용성의 확대가 절실히 필요함
- 국내 제조 산업에서 유연화, 무고장 및 강건화, 무손실 그리고, 지능화 된 제조용 로봇 시스템에 대한 요구뿐만 아니라 이러한, 로봇 시스템의 효율적인 운영을 위한 디지털 가상생산 기반의 범용 제조용 로봇 오프라인 소프트웨어에 대한 요구도 높은 상태임

- 국내 대표적 제조 산업인 자동차 산업의 경우 신규 자동차 개발 및 생산 주기가 과거 30개월에서 최근 18개월 미만으로 단축되고 있으며, 자동차 생산 공장에서 시간당 생산되는 수량도 40대/시간에서 65대/시간으로 증가하고 있음
- 타 제조 산업에서도 시장 상황을 극복하기 위해서 로봇의 활용을 통한 효율적이고 유연화된 생산 공장의 구축이 필요하고, 고밀도/유연화 로봇 공정의 최적 설계, 로봇 교시 작업시간 및 품질 확보 기간 단축할 수 있는 생산 기술이 필요함
- 현재 국내에서는 ISO 13849의 안전기준을 충족하는 소프트웨어 개발은 미흡하며 개발도구와 미들웨어 차원에서의 기술 개발이 필요함
- 안전기준을 충족하는 소프트웨어 모듈의 검증 방법과 이를 지원하는 도구의 개발이 필요하며, 안전기준을 미충족한 소프트웨어 모듈을 로봇 구동에 사용할 때 해당 로봇 시스템의 안전기준에 맞도록 소프트웨어 모듈을 재구성할 수 있는 도구가 필요함
- 안전 소프트웨어가 동작하더라도 의도하지 않는 오류가 발생하는 경우 안전을 위협하지 않도록 지원하는 안전 모니터링 및 제어 기능을 수행하는 미들웨어 기술이 필요함
- 로봇 지능화 소프트웨어 분야
  - 머니플레이터 기반 로봇의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 인공지능 기반의 작업 지능과 관련한 소프트웨어 아키텍처 및 프레임워크를 통해 자율조작이 가능한 미래 원천기술의 확보가 필요함
  - 제조현장에서 활용되는 머니플레이터는 하드웨어 측면에서는 세계적으로 원가 경쟁을 하는 단계로 진입하였으며, 후발 주자인 국내기업의 경우에는 원가 경쟁력에서 취약한 상황에 있으므로 소프트웨어 측면에서 경쟁력을 확보할 수 있는 미래 원천기술의 확보가 필요함
  - 해외 선진국들은 로봇들의 협력을 통해 클라우드 기반의 지식베이스를 바탕으로 지식을 수집·처리·학습할 수 있는 인공지능 기반 기술을 조성하고 있으나, 아직까지는 그 활용 범위가 지능형 서비스 로봇에 한정되어 있고 산업용 로봇에 인공지능 적용은 초기 단계임
  - 국내 서비스 로봇은 제한된 정적인 환경에서 서비스를 제공하는 상황으로서 서비스 로봇 산업 활성화를 위해서는 동적이고 불확실성이 많은 환경에서 장시간동안 안정적으로 임무를 자율적으로 수행할 수 있는 행동계획 소프트웨어 활용이 요구되고 있음

- 구조화된 환경 하에서 동작하는 산업용 로봇의 경우에는 장시간 자율적으로 임무를 수행할 수 있는 임무계획 소프트웨어가 사용되고 있지만, 지능형 서비스 로봇의 경우에는 해결해야할 문제점이 많아 활용이 어려운 실정임
- 지능형 서비스 로봇의 실사용을 위해서는 장시간의 안정적인 자율적인 동작을 보장할 수 있는 소프트웨어의 개발이 필요하며, 특히, 환경변화가 동적이고 불확실성이 큰 경우에도 예외상황에 대처할 수 있는 자율적 임무계획 소프트웨어 개발이 필요한 상황임
- 지능형 서비스 로봇의 객체 인식과 환경이해를 위해서는 미지 환경에서도 스스로 학습하며 지식을 축적하여 안정적인 서비스 제공이 가능한 온톨로지 기반의 인공지능 소프트웨어 기술이 요구됨
- 방대한 수의 객체 모델을 가지고 있는 상황이라도 안정적으로 인식 기반의 로봇 서비스 수행이 가능하도록 체계적인 인식 전략의 학습 및 추론이 가능한 인식 지능 기술이 필요함
- 컴퓨터-정보-사람을 연결하여 상호간 지식을 소통하는 IT분야의 기술 추세처럼 미래의 로봇은 다양한 분야의 로봇이 주변센서나 이종의 로봇들과 손쉽게 연동하고 상호간의 지식과 서비스를 공유할 수 지능형 소프트웨어 기술이 필요할 것으로 예상됨

## ▶ 도전목표 설정

### ● 로봇 자동화 소프트웨어 분야

#### (1) 로봇 소프트웨어 인터페이스 표준 기반의 로봇 운영체제와 개발도구

- ISO 안전표준 기반의 소프트웨어 모듈 인터페이스 표준화
  - (현재수준) 제조 로봇, 개인 서비스용 로봇, 의료 로봇 등에 활용되는 소프트웨어 모듈들의 표준 인터페이스들이 없어 모듈들의 재활용이 불가능하여 개발 시간 및 비용이 많이 소요되어 로봇 가격이 비싼 요인이 됨. 그러나 CoDeSys와 같은 도구에서는 자체적으로 표준을 만들어 로봇 개발을 쉽게 하도록 하며, 모션 모듈, 동역학 모듈들도 상품으로 판매하고 있음
  - (목표수준) 소프트웨어 모듈들의 상품화가 진행되고 있는 제조 로봇 부분에서 모듈화 표준이 보다 빠르게 진행될 것으로 예상되며 특히 모션 제어 부분과 동역학 부분에서는 기능별로 정리가 되어 있어 인터페이스 표준화가 빠르게

진행될 것이며, 이와 관련된 제품도 출시되어 다양한 응용(게임, VR 등)에 적용될 수 있음. 조작(manipulation) 관련 부분에 있어서 인터페이스 표준이 개발되고, 이동(mobility) 관련 인터페이스 표준이 개발되며, 최종적으로 로봇 전반의 제어 관련 인터페이스 표준이 개발될 것임. 이를 통하여 현재 연구 중인 학습 기반의 통제 기능 표준이 진행됨

- 안전한 로봇 소프트웨어 모듈 개발을 위한 통합개발도구 개발
  - (현재수준) 전용 소프트웨어모듈 개발을 위한 도구로는 OPRoS, OpenRTM에서 제공되며, ROS에서는 일반 편집도구와 전용 링커 프로그램을 사용하여 로봇 소프트웨어를 개발하고 있으나 어떠한 개발도구도 안전한 로봇 소프트웨어 모듈 개발을 지원하지 못하지만, OPRoS는 소프트웨어 개발·시험·검증 방법을 제공함
  - (목표수준) 소프트웨어 모듈의 안전기준을 맞추기 위해서 모듈별 문서 작성 및 테스트 결과들을 생성하고, 문서들과 소스코드들 간의 연동 등의 관리를 해주는 통합개발도구가 개발될 것임. 또한 소프트웨어 모듈들의 조합 단계에서 안전 관련 지표를 제공하여 해당 응용에 적절하게 사용하도록 지원하며, 여러 로봇 운영체제의 소프트웨어 모듈을 활용할 수 있는 레퍼가 지원되어 쉽게 로봇 소프트웨어를 개발 및 활용할 수 있음. 또한 사용하는 모듈들의 구성시 시스템에서 제공하는 오류 확률을 제공하여 ISO 13849의 시간당 위험한 실패의 평균 확률<sup>10)</sup> 기반의 성능 수준을 제시함
- 안전 로봇 소프트웨어 모듈 동작을 위한 ISO13849 지원 로봇 미들웨어 개발
  - (현재수준) OPRoS, OpenRTM에서는 소프트웨어 모듈의 오류 상태를 감지할 수 있는 방법은 제공되지만, 실제로 소프트웨어 모듈의 오류가 발생 시 이 오류들을 제어할 수 있는 체계적인 기술이 제공되지 못하고 있음. 이에 따라 안전한 소프트웨어 모듈이 사용되더라도 로봇이 안전하게 동작된다고 보장이 되지 않음. 또한 ROS를 포함하여 ISO 13849 등의 안전 표준에 맞도록 만든 로봇 운영체제가 없음
  - (목표수준) IEC 13849 등의 기준에 따라 개발된 안전한 소프트웨어 모듈이 사용될 경우이더라도 IEC 13849 등의 안전 규격에 따라 로봇에서 안전한 동작이 이루어지도록 소프트웨어를 관리해야 함. 여기서 안전한 동작은 오류 발생 시 로봇의 상황·조건과 오류 내용에 따라 안전 멈춤(safe-stop)과 안전 동작(safe-operation)을 할 수 있도록 로봇의 동작을 제어하는 것을 말함. 이러한

10) 시간당 위험한 실패의 평균 확률 : Average probability of dangerous failure per hour

기능은 로봇 운영체제에 포함되어 있으며, 로봇 운영체제도 ISO 13849 등의 안전 규격에 따라 만들어져야 함

- PLC 등의 자동화기기 및 IIoT<sup>11)</sup> 디바이스와의 협업 기술
  - (현재수준) CoDeSys와 TwinCAT에서는 자신의 PLC 운영체제 상에서 모션 제어 및 4축 로봇 제어 모듈을 동작시키고 있으며, 국내에서도 과제로 로봇 미들웨어 상에서 로봇 SW 모듈과 PLC 제어 모듈을 동작시키는 내용을 연구하고 있음. 또한 OPRoS는 경량형이어서 IIoT 모듈에 구현하여 SW 모듈들을 동작시켜서 로봇과 모터 등의 자동화기기와의 연동가능하다. 그러나 CNC와 MC(Machining Center) 등의 주요 자동화 기기와의 로봇은 연동이 되지만 같은 미들웨어 상에서 동작하지는 않고 있어, 연동 시 새로운 프로그램을 해야 하는 문제가 존재
  - (목표수준) 로봇 기반으로 다양한 자동화 기기와 연동할 수 있는 미들웨어를 통하여 관련 자동화기기의 프로그램과 공동으로 운영할 수 있어야 하고, 이러한 소프트웨어 모듈들을 다른 자동화기기 혹은 IIoT 기기들로 확산하여 사용하게 함으로 자동화기기의 개발의 비용과 시간을 줄이고 유지보수 비용도 줄임

## (2) 디지털 가상생산 기반 제조용 로봇 범용 오프라인 프로그램 소프트웨어

- 가상환경 및 시뮬레이션 검증 환경 구축
  - (현재수준) 2D 및 3D CAD 데이터 기반으로 실제 로봇 작업장과 정확하지 않은 가상 작업환경 레이아웃을 활용하고 있음. 또한 다양한 로봇과 설비에 대한 기구학적 정보 정의에 많은 어려움이 있는 상태임. 이러한 이유로 대부분의 검증은 작업자의 경험에 의존하고 있음
  - (목표수준) 대용량의 3D CAD 및 스캐닝 데이터(Point Cloud)를 이용한 정확한 가상 작업환경 레이아웃을 구축할 수 있도록 해야 함. 또한, 다양한 로봇과 설비에 대한 범용 Kinematics Model 제공을 통한 효율적 기구학 정보 적용이 가능하도록 하며, 다양한 산업분야별 로봇 시뮬레이션 환경을 제공하도록 함
- 로봇 오프라인 프로그램 및 품질 예측 소프트웨어 개발
  - (현재수준) 현재 자동차산업 대기업에서 Spot 용접용 로봇에 한하여 일부 로봇 오프라인 프로그램의 기술이 적용되고 있으나 로봇 제조사의 일부 언어만이 오프라인 프로그램이 가능하며, 경로 생성이 대부분 수동으로 생성되고 있어 최적화의 어려움 있음. 결과적으로 실제 로봇의 교시 작업 중에 많은 부분이

11) IIoT : Industry Internet of Things

작업자에 의해서 수정되어 로봇의 교시시간 및 로봇 작업 품질의 안정화에 여전히 많은 시간이 소요됨

- (목표수준) 로봇 제조사별 제어기 언어 번역 및 표준 시뮬레이션 언어 생성을 통해서 다양한 로봇 작업의 정확한 시뮬레이션 및 오프라인 프로그램 생성되어야 함. 로봇과 사용되는 틀이 제품, 설비 및 로봇 상호간의 충돌 회피가 반영된 최적의 로봇 경로를 자동 생성하여 실제 로봇 교시 작업 중에 수정 작업을 최소화할 수 있어야 함. 또한, 로봇 작업 프로그램의 수행 결과에 의한 제품 제작 품질(용접, 조립, 도장 등)을 사전 예측을 통해서 실제 로봇 작업 품질의 안정화 시간을 최소화 하도록 해야 함
- 로봇 캘리브레이션 기술
  - (현재수준) 실제 로봇의 기구학적 캘리브레이션 및 운동학 정보 반영 기술의 적용 어려움으로 인해서 로봇 오프라인 프로그램 기술 적용의 신뢰도(교시 위치 정도 및 Cycle Time)가 낮은 상태임
  - (목표수준) 실제 로봇의 측정 작업을 통해서 로봇 캘리브레이션 데이터와 운동학적 정보를 시뮬레이션상의 로봇에 반영하여, 로봇 오프라인 프로그램의 정확한 교시 작업을 통한 신뢰도를 확보하고 정확한 Cycle Time을 예측할 수 있도록 해야 함
- 로봇 교시(Teaching) 기술
  - (현재수준) 대부분의 제조 로봇이 작업자가 직접 로봇을 티칭하고 있으며, 일부 용접 로봇에 대해서 오프라인 프로그램을 이용하여 작업자가 로봇을 한 Step 별로 이동하며 단순한 티칭 작업을 수행하고 있음
  - (목표수준) 실시간 로봇 제어를 통한 로봇 교시, VR 기술을 이용한 작업자와 로봇 협업 검토 및 로봇 교시, 작업자 모션 캡처 장비를 이용한 교시 그리고, 작업자의 동작/음성/시각 인지 기술을 이용한 다양한 제조 로봇에 대한 시뮬레이션 및 교시들이 활용 될 것임
- 로봇 모니터링 및 진단 기술
  - (현재수준) 현재 산업용 로봇은 문제가 발생하는 경우에 해당되는 오류 코드(Error Code)를 사용자에게 전달하고 이를 사용자가 조치하는 형태이며, 이러한 경우 생산라인의 비가동이 발생하고 이는 생산성 저하의 문제를 발생하게 됨
  - (목표수준) 향후 가상 환경 상에서 실제 로봇의 실시간 모니터링을 통해서 로봇의 각 구동부 전류, 전압 및 각종 센서의 데이터를 분석하여 문제점을

사전에 고장 예측하여 사전 조치를 통해서 제품 생산 중에 로봇의 비가동 및 오류 발생을 사전에 방지 할 수 있도록 될 것임

● 로봇 지능화 소프트웨어 분야

(1) 로봇 작업의 집단 학습전이가 가능한 인공지능 소프트웨어 프레임워크

- 로봇 스스로 작업 대상 물체를 조작할 수 있는 심층강화학습 적용
  - (현재수준) 작업 대상 물체의 인식과 제어를 통합 학습하여 물체의 파지점을 스스로 추출하고 조작할 수 있는 심층강화학습 기술은 현재 ‘planar grasp’과 같은 단순 조작만 가능하며 개별 조작 작업에 특화되어 있는 상황임
  - (목표수준) 인식과 제어의 통합 학습으로 물체 파지위치와 엔드이펙터의 포즈가 매 제어 주기마다 개선되어 결국에는 최적화 가능하며, 변형되는 물체, 잡기 부적합한 물체, 도구를 이용한 조작 등 단순히 물체를 집어 올리는 것뿐만 아니라 복잡한 동작도 스스로 취할 수 있는 유연한 작업이 가능한 아키텍처 및 이를 손쉽게 개발·운영할 수 있는 소프트웨어 프레임워크
- 학습시간을 획기적으로 단축할 수 있는 집단 심층강화학습 (collective deep reinforcement learning) 적용
  - (현재수준) 분산된 여러 대의 로봇을 통합 학습하여 트레이닝 시간을 획기적으로 단축할 수 있는 집단 심층강화학습 기술은 현재 물체 파지전략 학습 시, 여러 대의 머니플레이터가 동일 태스크를 동시에 수행(parallel collaborative framework) 하거나, 한 대의 머니플레이터는 물체 파지를 수행하고 다른 한 대는 반대되는 태스크를 동시에 수행하여 견고한 파지위치를 학습할 수 있는 방법론(adversarial framework)만이 개발되어 있는 상황임
  - (목표수준) 복잡한 태스크를 서브태스크로 나누거나 동일 물체의 포즈나 주변 환경을 변경하여 학습할 수 있는 방법론 및 기구학이 다른 로봇들도 동시에 학습할 수 있는 방법론 등 다양한 형태의 집단학습이 가능하도록 프레임워크를 확장하여 일반화할 수 있는 아키텍처를 지원하고 이를 손쉽게 개발·운영할 수 있도록 소프트웨어 프레임워크이 발전할 것임
- 확보된 작업 지능을 널리 활용할 수 있는 집단 전이학습(collective transfer learning) 기술 활용
  - (현재수준) 확보된 작업수행 스킬을 다른 로봇이 공유·이용할 수 있는 집단 전이 학습 기술은 현재 물체인식을 위하여 기존 CNN(AlexNet 등)을 아키텍처에

단순 포함하는 수준이며 집단으로 전이할 수 있는 방법론은 개발되어 있지 않음

- (목표수준) 로봇과 로봇간 협업에도 적용할 수 있는 집단전이학습 방안, 학습된 결과를 기구학이 다른 로봇에도 용이하게 적용할 수 있는 방법론 및 이를 손쉽게 개발·운영할 수 있어야 함

## (2) 지능형 서비스로봇의 임무수행지능 소프트웨어 프레임워크

### - 복합적 임무수행

- (현재수준) 주행, 로봇 머니플레이션, 대화형 상호작용 등 단위 기능들을 위한 임무 계획을 지원하는 수준이며, 성격이 다른 임무들 간의 복합적인 연계를 통한 자율 임무수행은 어려움
- (목표수준) 경사로를 올라 출입문을 열고 엘리베이터 앞으로 이동한 후 버튼 조작을 통해 층간 이동을 수행하고 목적지인 사무실에 도달해서 사용자와 대화를 통해 용건을 전달할 수 있는 정도의 복합 임무수행이 가능한 수준

### - 동작환경의 복잡성, 불확실성 및 동적 변화여부

- (현재수준) 제한된 시연환경에서 한사람의 사용자를 위한 서비스가 가능한 수준이며, 사전 모델링을 통해 환경변화가 모두 파악되어야 안정적인 동작이 가능함. 성격이 다른 임무들 간의 복합적인 연계를 통한 자율 임무수행은 어려움. 또한 사람의 돌발적인 행동에는 대응하지 못함
- (목표수준) 다수의 사람 및 물체가 움직이는 식당, 사무실, 공항 등의 환경에서 주문을 받고 서빙을 하거나 심부름 및 안내를 관리자의 개입없이 연속적으로 할 수 있는 수준. 사람이 예측하지 못한 행동에 대해 유연한 대처가 요구됨

## (3) 체계적인 인식 전략의 학습 및 추론이 가능한 인식지능 소프트웨어

### - 비정형 환경에 대한 이해

- (현재수준) 종류가 알려진 객체들에 대하여 객체들 사이의 공간적인 위치 관계를 분석하고 미리 정해진 기능들을 속성으로 가지는 객체들의 온톨로지에 기반을 둔 객체 인식 및 객체 기능 범위를 인식하지만, 주로 구조화된 정적 환경을 대상으로 함
- (목표수준) 시간에 따라 변화하는 비정형 동적 환경에서 환경과 객체, 객체와 객체들 사이의 관계 구조 및 기능적 속성을 학습하여 지식화하며, 미지의 환경에서 객체들의 온톨로지에 기반을 둔 지식 처리 및 점진적 학습을 통하여

변화하는 미지 환경의 특성을 이해

- 객체 인식 전략 학습 및 추론 기술

- (현재수준) 개별 객체들을 인식하기 위하여 알려진 환경에서 인접 객체들과의 공간적 위치 관계, 동시성 등의 기하학적인 맥락 정보를 결합하여 인식하고자 하는 개별 객체 인식의 오류를 보정하고 인식 성능을 향상시킴
- (목표수준) 시간에 따라 변화하는 비정형 동적 환경 특성에 대한 이해를 기반으로 객체에 대한 온톨로지 기반의 지식 처리를 이용하여 인식하고자 하는 개별 객체에 대한 최적화된 인식 전략을 학습하고 추론하여 미지 환경에서도 적용이 가능한 객체 인식을 수행함

(4) 인간과 교감하는 로봇 시각대화 소프트웨어

- 로봇의 시각 데이터로부터 추론 가능한 정보를 활용하는 대화 생성 기술

- (현재수준) 현재 시각 대화 생성기술은 VQA<sup>12)</sup> 기술을 바탕으로 함. 이미지 및 이와 관련된 텍스트, 질의응답 데이터들을 바탕으로 딥러닝 기술을 통해 이미지-텍스트 사이의 연관성을 학습하고, 이를 이용하여 입력되는 정보에 맞추어 대화를 생성함. 하지만, 산업계에서 활용되고 있는 로봇의 대화 생성 기술은 단순한 패턴매칭, 규칙기반의 대화 인출을 기반으로 하고 있으며, 조금 더 발전된 형태로 RNN을 이용하여 텍스트의 순서를 고려한 확률 기반의 인출 기술이 사용되고 있으나 이동성을 지니고 있는 로봇으로부터 입력되는 이미지에 내포된 모든 정보를 인간 수준으로 추출하고 학습하기 위해서는 기존의 빅데이터 이미지 분석 기술, 텍스트 기반 대화 생성 기술만을 활용하는 것만으로는 한계가 있음
- (미래수준) 로봇에 입력되는 이미지는 시각지능을 생성, 갱신하는 동시에 문맥적 상황을 이해하고, 적절한 대화를 생성하고, 문제해결능력을 향상시키게 됨으로써 인간수준의 자연스러운 대화를 수행

- 지식체계를 활용한 시나리오 별 지능 교류 대화 방법

- (현재수준) 로봇에 적용 가능한 심층 질의응답 기술들은 일반 상식과 같은 지식을 학습하고 축적하여 전문가 수준의 지능 확보를 목표로 하고 있음. 이러한 기술이 적용된 소프트웨어는 잘 정의된 상황 속에서는 높은 문제해결 성능을 보여주고 있으나 이는 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 시공간의 다차

12) VQA : Visual Question Answering 소프트웨어

원적 데이터는 고려하지 않은 단순 패턴매칭과 검색에 가까움. 기존의 질의 응답은 기술적인 한계로 인해 문자나 음성인식을 통한 의사전달형 인공지능 서비스 활용에만 초점이 맞추어져 있음

- (미래수준) 로봇은 휴식이 필요하지 않으므로 끊임없이 데이터 수집이 가능하고, 학습이 가능함. 이 특성을 활용하여 지속적으로 시각데이터 및 비디오데이터를 입력받고 그 메타 데이터에서 세계 지식을 자동으로 추출하고, 이를 정형화된 형태로 구축할 수 있음. 이를 위해서는, 끊임없이 입력되는 시각 데이터로부터 어떠한 데이터를 저장하고 학습할 지에 대한 판단 및 저장/학습 기술이 필요함. 장시간 비디오의 다양한 길이의 시공간적 사건 정보를 압축, 분할, 재조립하여 요약하는 다중수준 기억 모델을 가지게 되고, 전 세계적 비디오 데이터 기반의 지식체계 생성, 이를 기반으로 모든 상황에 대응 가능한 로봇 대화 기술이 개발될 수 있음

#### (5) 이종의 기기간 협업을 위한 지능 소프트웨어 프레임워크 기술

- 외부 환경 변화에 대해 동적인 시스템 연결 구성하는 방법
  - (현재수준) 지식 공유 프로젝트를 통해 지식의 문법, 온톨로지와는 독립적으로 정보 교환을 위한 메시지 기반의 통신언어가 정의되어 있으나 로봇 시스템의 기능적인 측면과 데이터 활용 측면에서 공통을 사용할 수 있는 프로토콜을 제공하고 있지 못함
  - (목표수준) 지식/기기의 자동 인지 및 탐색을 통해 동적 환경 변화에 따라 최적의 서비스를 제공할 수 있는 적응형 통신 미들웨어 개발이 필요하고 자율 협업에 참여하는 지식/기기들간의 자동 탐지/인식, 협업 정보 및 지식 전송 프로토콜을 제공함
- 협업 공간을 구성(Configuration)하고 기기의 Capability와 공통 지식을 표현하는 방법
  - (현재수준) 에이전트 시스템간의 기능 중심의 협업을 수행하고 있으며, 기기에 축적된 데이터(카메라 데이터, 환경 센서 데이터 등)의 활용은 미미함
  - (목표수준) 지식/기기간 협업 공간을 구성하고 협업 에이전트의 내부 구성요소 관리를 위한 협업 플랫폼 기술이 필요하며, 로봇과 주변 기기의 지식 및 Capability에 대한 도메인 특정 표현과 공통 지식 표현간 연계를 통한 표준화된 도메인 간 지식 표현을 개발함. 기기의 동적인 상황 변화를 반영한 메타지식 저장소를 통해 지식 및 협업 컨텍스트 공유하고 지식과 기기의 상황에 따른

지식변화 시뮬레이션을 통한 다각도의 협업 시나리오를 검증함

- 다수의 로봇과의 협력을 통한 임무수행 (협업 지능)
  - (현재수준) 다수의 로봇이 편대를 이루어 이동하거나, 넓은 공간의 탐색을 위해 복수의 드론 등이 큰 영역을 나누어 수행하는 수준. 이동과 탐색이라는 동질적 임무를 나누어 수행하는 수준임
  - (목표수준) 다수의 로봇이 각각 이질적인 임무를 나누어서 공동의 목표를 위해 협력하며, 다른 로봇의 행동을 예측하여 동적으로 계획을 변경하는 수준. 예를 들어 산불현장에 복수의 로봇이 투입되었을 때 화재원 탐색, 화재 진화, 구조, 방재 등의 임무가 상황에 맞게 복수의 로봇에게 할당되고 각 로봇이 유기적으로 협력하여 임무를 수행하는 수준
- 협업 소프트웨어의 안전성과 신뢰성을 보증
  - (현재수준) IT 분야에서 시스템간 연동에서 발생할 수 있는 위험요소를 분석하거나 대응 방안을 도출하는 수준으로 로봇 시스템에서는 지식이나 서비스의 협업에 대한 안전성 및 신뢰성을 평가할 수 있는 기술은 미미함
  - (목표수준) 로봇 및 주변 기기간의 동적인 협업 시 발생할 수 있는 위험요소가 도출되고 이를 평가할 수 있는 지표를 개발하고 협업 환경에서 시스템 간의 안전성과 신뢰성을 실시간에 정량적으로 평가함으로써 협업 시스템의 안전성 위배 상황의 동적 모니터링이 가능함

▶ 도전 과제

● 로봇 자동화 소프트웨어 분야

과제명	특징	해외 유사 사례
<p>로봇 소프트웨어 인터페이스 표준 기반의 로봇 운영체제와 개발도구</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (1단계) 로봇 소프트웨어 인터페이스 표준화 및 모듈안전 지원 개발도구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모션 제어 및 동역학에 사용되는 센서 및 액츄에이터 인터페이스 표준 4종 이상</li> <li>- 제조로봇의 모션제어와 동역학 관련 표준 모듈 제품 2종이상</li> <li>- 게임 및 VR 시장으로 표준 모듈 적용 2종 이상</li> <li>- 제조 로봇의 4축, 6축용 표준 제어 모듈 제품과 다축제어 표준 인터페이스 6종 이상</li> <li>- 카메라 영상·위치·거리 센서 등의 인터페이스 표준 6종 이상</li> <li>- 소프트웨어 모듈의 안전기준(ISO13849 등)에 따라 개발을 지원하여 주는 통합개발도구 1종</li> </ul> </li> <li>○ (2단계) 자동화기기와의 협업을 위한 로봇 운영체제기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동화 기기(PLC, MC 등)와 IIoT 디바이스간의 소프트웨어 공유를 위한 ISO 13849 지원 안전 로봇운영체제 개발</li> <li>- ISO 13849 및 ISO 표준 인터페이스 규격<sup>13)</sup>용 내비게이션 관련 모듈들의 표준 모듈 제품 2종 과 표준 인터페이스(경로 계획, 지도, 장애물 감지, 바퀴/양발/네발/프로펠러, 충돌회피 등) 8종 개발</li> <li>- HRI 관련 표준모듈 제품 3종과 표준인터페이스(얼굴/물체인식 등) 3종 이상 개발</li> <li>- PLC SW 모듈 개발 및 로봇 SW 모듈과 협업 지원 기술</li> <li>- 수요 및 재고, 기기 상태를 고려하여 로봇과 주변 기기의 배치와 흐름을 자동으로 관리하는 기술 및 이를 지원하는 기술로써, 영상/근적외선 통신기반 로봇과 주변기기의 상대적 위치를 추정하고 변경을 예측하여 공정 흐름을 확인하고 기기 인터페이스용 접점을 하드웨어의 변경 없이 자동으로 설정하는 기술로봇 SW 모듈들과 PLC SW 모듈, HRI 모듈 간의 협업동작을 위한 실시간 및 비실시간용 스마트 통신 모듈 1종</li> <li>- ISO 13849 지원 로봇운영체제와 모듈 표준 인터페이스를 지원하는 통합개발도구 1종(윈도우즈와 리눅스 환경 지원)</li> </ul> </li> <li>○ (3단계)ISO 13849 지원 안전로봇운영체제와 개발검증도구 상용화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ISO13849 지원 통합제어용 표준모듈 제품과 표준 인터페이스</li> <li>- 표준 운영체제(Linux 등)와 결합된 ISO 13849 지원 안전 로봇운영체제 및 개발검증도구 상용화</li> <li>- MC 등의 자동화 기기용 소프트웨어 모듈 4종 개발 및 로봇 SW 모듈과 협업 지원 기술 1종 및 스마트 통신 기술 1종</li> <li>- 로봇에 사용되는 인공지능기술에 대한 안전성 검증 도구 1종</li> </ul> </li> </ul>	<p>AUTOSAR</p>

과제명	특징	해외 유사 사례
<p>디지털 가상생산 기반 제조용 로봇 범용 오프라인 프로그램 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (1단계) 로봇 시뮬레이션 및 오프라인 프로그램 기반 기술 (가상 물리환경 신뢰성 90% 이상, 로봇 제어 및 예측 신뢰성 95% 이상)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대용량 3D CAD, 스캐닝 Data 활용 로봇 가상생산 환경정의 기술</li> <li>- 다양한 제조 로봇 및 설비에 대한 범용 Kinematics &amp; Motion 정의 모듈</li> <li>- 다양한 제조 로봇 작업용도 및 산업분야 환경에 대한 시뮬레이션 기술</li> <li>- 다양한 로봇 제조사의 개발언어를 표준 시뮬레이션 언어로 변환하는 기술</li> <li>- 로봇과 사용되는 툴의 제품, 설비 및 로봇 상호간의 충돌 회피가 반영된 로봇 최적 경로 자동 생성 기술</li> <li>- 로봇과 부착된 툴에 대한 범용 Kinematics Calibration 기술</li> <li>- 로봇 제조사의 로봇 운동학 정보 연계를 위한 범용 Realistic Robot Simulation 모듈</li> <li>- 단위 로봇 및 다수 로봇 공정에 대한 Cycle Time 예측 기술</li> <li>- 실시간 로봇 제어를 위한 표준 통신 모듈 및 제어 기술</li> <li>- 경험(운용 및 시뮬레이션) 피드백 기반 가상-실 모델 개선 기술</li> </ul> </li> <li>○ (2단계) 효율적 로봇 교시 및 진단 기술 (VR기반 로봇교시 신뢰성 90%이상, 로봇 모니터링 및 품질예측 신뢰성 90% 이상)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- VR 기술을 이용한 작업자와 협동 로봇 검토 및 로봇 교시 기술</li> <li>- 작업자 모션 캡처 장비를 이용한 로봇 교시 기술</li> <li>- 실시간 로봇의 작업 품질(용접/도장/조립/성능 등) 진단 기술</li> <li>- 유선 기반 실시간 로봇 작업 모니터링 및 데이터 분석을 통한 로봇 진단 기술</li> <li>- 기기 사용법 이해를 돕는 3차원 Live Manual 기술</li> </ul> </li> <li>○ (3단계) 인식 기반 로봇 시뮬레이션, 프로그램 생성 및 교시 기술 (인식기반 로봇교시 신뢰성 95% 이상, 로봇 모니터링 및 진단 신뢰성 95% 이상)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업자 동작, 음성, 시각 인식을 통한 로봇 시뮬레이션, 작업 프로그램 자동 생성 및 교시 기술</li> <li>- 무선 기반 로봇 실시간 로봇 작업 모니터링, 위치인식, 제어 및 진단 기술</li> </ul> </li> </ul>	<p>독일 Siemens PD/PS, 프랑스 Dassault V6, 한국 이지로보틱스 DMWorks, 스웨덴 ABB RobotStudio, 일본 FANUC RoboGuide, 일본 Kawasaki K-Roset, 한국 현대로보틱스 HRSpace</p>

13) 현재 ISO TC299 WG6에서 ISO/NP 22166-1로 개발 중에 있으며, 3년 이내에 모듈화 안전 관련 표준과 인터페이스 표준 관련 일반 요구사항의 표준 제정 완료 예정. 로봇 모듈화 안전은 ISO 13849, ISO 12100, ISO/TS 15066, IEC 61508, IEC62601 등의 안전 규격에 따라 개발될 예정임

## ● 로봇 지능화 소프트웨어 분야

과제명	특징	해외 유사 사례
<p>로봇 작업의 집단 학습전이가 가능한 인공지능 소프트웨어 프레임워크</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (1단계)로봇간의 협업 작업을 위한을 위한 작업 지능 확보 (학습 후 협업 환경에서 ‘작업 재현 Accuracy’ 97% 이상) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 협동로봇에 장착된 시각센서를 이용하여 학습에 의해 작업 대상 물체를 분류하고 포즈 정보를 추출할 수 있는 딥러닝 기술 및 추출된 포즈 정보를 이용하여 물체를 조작하기 위한 강화학습 기반 모션 플래닝 기술 등의 단위 요소 기술</li> <li>- 작업대상 물체의 인식과 제어를 통합 학습하여 물체의 피지점을 스스로 추출하고 조작할 수 있는 심층강화학습에 대한 아키텍처 정립·개발 및 이를 개발자들이 손쉽게 이용할 수 있는 소프트웨어 프레임워크</li> <li>- 분산된 여러 대의 협동로봇을 통합 학습하여 트레이닝 시간을 획기적으로 단축할 수 있는 집단 심층강화학습 기술</li> </ul> </li> <li>○ (2단계)재난 재해 환경에 적용가능한 작업 지능 확보 (학습 후 재난재해 환경에서 ‘작업 재현 Accuracy’ 95% 이상) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시간에 따라 변화하는 비정형 동적환경에서도 작업수행이 가능하도록 작업능력을 일반화한 아키텍처 확장·개발 및 비전문가도 손쉽게 이용할 수 있는 소프트웨어 프레임워크</li> <li>- 확보된 작업수행 스킬을 다른 로봇이 공유·이용할 수 있는 집단 전이학습 기술</li> <li>- 국가적 재난·재해 현장에서 협력 작업수행이 가능한 극한환경 로봇에 적용하여 NIST 자율도 7 수준(협력을 통한 다양한 임무수행) 확보</li> </ul> </li> <li>○ (3단계)유아 돌봄 서비스를 위한 작업 지능 확보 (학습 후 가정 환경에서 ‘작업 재현 Accuracy’ 96% 이상) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전업주부의 손가락 동작을 학습에 의하여 재현 가능하고 도구를 이용한 작업이 가능한 아키텍처 확장·개발 및 일반인도 손쉽게 이용할 수 있는 소프트웨어 실행 도구</li> <li>- 확보된 작업수행 스킬을 기구학이 다른 로봇도 공유·이용할 수 있는 집단 전이학습 기술</li> <li>- 가정에서 워킹맘을 대신하여 유치원·초등학생을 돌보는 육아로봇에 적용하여 NIST 자율도 8 수준(인간수준의 자율도를 가지며, 인간과 팀을 구성하여 임무수행) 확보</li> </ul> </li> </ul>	<p>Self-supervised Learning (CMU), Deep Visuomotor Policy (UC Berkeley), Distributed Asynchronous Guided Policy Search (UC Berkeley)</p>
<p>지능형 서비스로봇의 임무수행지능 소프트웨어</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (1단계)복합적 임무수행 (3종 이상의 임무에 대해 6시간 이상의 인간의 개입없는 자율적 임무수행) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사전에 알려진 구조화된 환경에서의 장기간의 복합적인 임무계획 및 수행</li> <li>- 주행, 조작등의 단일성격의 작업에 대해서 제한적인 불확실성 및 동적 변화를 고려한 임무계획 및 수행능력 보유</li> <li>- 부분적인 사람의 개입에 의한 단기간의 자율적 임무수행</li> </ul> </li> <li>○ (2단계)동작환경의 복잡성, 불확실성 및 동적 변화여부 수용 (5종 이상의 임무에 대해 24시간 이상의 인간의 개입없는 자율적 임무수행, 1명 이상의 사용자와의 상호작용)</li> </ul>	<p>DASADA (DRAPA) Rainbow Project (CMU, ABLE)</p>

과제명	특징	해외 유사 사례
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 불확실성 및 동적변화가 있는 환경에서 장기간의 복합적인 임무계획 및 수행 (수행임무 및 환경변화 사전 불인지)</li> <li>- 단일 사용자 또는 단일 로봇과의 협업을 통한 안정적인 임무 계획 및 수행</li> <li>- 사람의 개입이 없는 장기간의 임무수행</li> <li>- 돌발 상황에 대한 자율적 대처능력 보유</li> </ul> <p>○ (3단계)로봇과 사람간 협력을 통한 고수준 임무수행 능력 (일주일 이상의 인간의 개입없는 자율적 임무수행, 2명 이상의 사용자와의 상호작용)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사전에 알려지지 않은 동적이고 불확실한 환경에서의 자율적인 학습을 통한 임무수행능력 향상</li> <li>- 인간을 대상으로 한 서비스 및 인간과의 협업에 필요한 사회적·윤리적인 판단능력 보유</li> </ul>	<p>해외 유사 사례</p>
<p>체계적인 인식 전략의 학습 및 추론이 가능한 인식지능 소프트웨어</p>	<p>○ (1단계)정형화된 정적 환경 이해 기반의 객체 인식 전략 학습 (객체 인식 전략 지식 학습 및 증식 기술 완성도: 70%) (시험환경에서의 인식 전략 추론 성공률: 70%) (객체 인식 전략 추론 성능: 1000 추론가능 지식 triples/sec)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정형화된 정적 환경에서 주위 환경에 존재하는 객체들을 인식하고 개별 객체들의 기능적 속성 및 인식된 객체들의 관계를 스스로 학습하고 지식화하는 기술</li> <li>- 객체들의 온톨로지에 기반을 둔 지식 처리를 통하여 환경 특성을 이해하고 방대한 종류의 객체들에 대한 최적화된 인식 전략을 학습하는 지식 기반의 인식 지능 기술</li> </ul> <p>○ (2단계)정형화된 동적 환경 이해 기반의 객체 인식 전략 학습 (객체 인식 전략 지식 학습 및 증식 기술 완성도: 80%) (시험환경에서의 인식 전략 추론 성공률: 80%) (객체 인식 전략 추론 성능: 2000 추론가능 지식 triples/sec)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시간에 따라 변화하는 정형화된 동적 환경에서 주위 환경에 존재하는 객체들 및 새로운 객체들을 인식하고 개별 객체들의 기능적 속성 및 인식된 객체들의 관계를 스스로 학습하고 지식화하는 기술</li> <li>- 객체들의 온톨로지에 기반한 지식 처리 및 점진적 학습을 통하여 변화하는 환경의 특성을 이해하고 방대한 종류의 객체들에 대한 최적화된 인식 전략을 학습하는 지식 기반의 인식 지능 기술</li> </ul> <p>○ (3단계)비정형 동적 환경 이해 기반의 객체 인식 전략 학습 및 추론 (객체 인식 전략 지식 학습 및 증식 기술 완성도: 90%) (시험환경에서의 인식 전략 추론 성공률: 90%) (객체 인식 전략 추론 성능: 3000 추론가능 지식 triples/sec)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시간에 따라 변화하는 비정형 동적 환경에서 주위 환경에 존재하는 객체들 및 미지 물체를 포함한 새로운 객체들을 인식하고 개별 객체들의 기능적 속성 및 인식된 객체들의 관계를 스스로 학습하고 지식화하는 기술</li> <li>- 객체들의 온톨로지에 기반을 둔 지식 처리 및 점진적 학습을 통하여 변화</li> </ul>	<p>KnowRob, RoboEarth</p>

과제명	특징	해외 유사 사례
	<p>하는 환경의 특성을 이해하고 방대한 종류의 객체들에 대한 최적화된 인식 전략 및 미지 물체의 인식을 위한 추론이 가능한 지식 기반의 인식 지능 기술</p>	
<p>이종의 기기간 협업을 위한 지능 소프트웨어 프레임워크 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (1단계)도메인 지식기반의 로봇시스템 협업 프레임워크 기술 (협업 가능한 이종 기기의 종수 30종(IoT, 스마트디바이스) 이상)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이종의 로봇과 주변 기기간에 협업을 위한 기기 탑재형 소프트웨어 프레임워크 기술</li> <li>- 로봇으 협업 소프트웨어를 손쉽게 개발하고 동적으로 설정 (Configuration)을 변경할 수 있는 도구</li> <li>- 로봇과 주변기기(센서, IoT 디바이스 등)의 자동탐지/인식, 협업정보 및 지식 전송 프로토콜 개발</li> <li>- 다종의 협업 대상에 대해서 최적의 협업 대상을 찾기 위한 협상모델을 개발하고 자율적으로 협상할 수 있는 기술</li> <li>- 자율 협업 지능 자가 검증 및 실시간 신뢰도 검증 기술</li> <li>- 전역적 기기 분포 맵의 변화와 안전성에 대한 상황을 시각화하고 가상의 시뮬레이션 기술</li> <li>- 로봇 및 주변 기기의 협업에 대해서 무결성 및 안전성을 평가할 수 있는 지표개발</li> </ul> </li> <li>○ (2단계)동적인 환경변화에 강인한 적응형 협업 프레임워크 기술 (기기간 협업 시 안전성 99% 보장, 무결성 90% 보장)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주변 기기의 손상이나 배터리 소진 등의 환경변화나 협상에 의해 연결기기가 변경되어도 동적으로 기기를 연결하여 작업을 수행 할 수 있는 소프트웨어 프레임워크 기술</li> <li>- 로봇과 주변기기(센서, IoT 디바이스 등)의 협업연결 시 QoS를 보장하는 통신 미들웨어 기술</li> <li>- 클라우드 기반으로 기기의 소프트웨어를 동적 탑재하거나 실행할 수 있는 기술</li> <li>- 로봇과 협업 기기들을 동적으로 표시하고 대상 기기의 상태를 모니터링 할 수 있는 도구</li> <li>- 동적인 상황에 대해서 지식(온토로지) 추론을 통해 최적의 기기를 찾을 수 있는 기술</li> <li>- 로봇 및 주변 기기의 협업에 대한 무결성 및 안전성을 실시간에 평가할 수 있는 기술</li> </ul> </li> <li>○ (3단계)고신뢰도 기반으로 기능/지식 융합의 동적인 서비스 창출이 가능한 프레임워크 기술 (20msec 이하의 실시간 테스트 생성 및 협업 계획 수립)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자기학습 기반의 상황 적응형 분산 테스트 플래닝 및 실행 기술</li> <li>- 주변 환경에 대한 상황변화를 미리 예측하여 자율협업을 수행할 수 있는 소프트웨어 프레임워크 기술 개발</li> <li>- 동적인 상황 변화에 대처 가능하고 예외 상황에 따른 태스크 수행 오류를 줄일 수 있는 지식/기기간 분산 협업 태스크 계획 및 실행 기술</li> <li>- 로봇과 주변기기간의 연결 프로토콜에 대한 표준화</li> </ul> </li> </ul>	<p>KSE (미국 DARPA), CAMUS (ETRI)</p>

과제명	특징	해외 유사 사례
<p>인간과 교감하는 로봇 시각대화 소프트웨어</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (1단계)로봇에 입력되는 시각 데이터로부터 추론 가능한 단순 정보와 정의된 지식체계를 활용하여 정보 교류를 위한 대화 생성 기술 (수집 및 생성한 비디오 데이터 집합 규모 2100시간, 의도 관계 컨텍스트 추출 성능 8개/8snaps hat)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비디오 데이터를 수집할 때 인력( )을 이용할 경우 이를 자동 평가하여 시각대화시스템에 적합한 데이터가 수집되도록 유도하는 시각정보수집 기술</li> <li>- 로봇이 자연에서 입력받는 데이터에서 메타 데이터 정보가 누락되거나 완전하지 않은 부분이 발생할 때 이를 위한 시각데이터 처리 기술 및 다양한 기계학습 기술을 통한 생성 및 보안을 도모하고 향상시키는 시각정보보완 기술</li> <li>- 로봇에 기 학습된 지식으로부터 사건들의 시간/인과 관계를 추론, 탐색하여 질의에 대한 응답을 생성하는 기술</li> </ul> </li> <li>○ (2단계)로봇에 입력되는 멀티모달리티(이미지, 소리, 언어 등)를 기반으로 순차적인 정보처리를 위한 대화 생성, 상황에 적합한 지식체계 생성 기술 그리고 개인화된 대화 주도 기술 (사실 관계 컨텍스트 추출 성능 10개/10snaps hat, 생성된 비디오의 각 모달리티별 동조가 어긋나는 횟수 2회 이하)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시각 정보 표현방법: 이야기의 흐름을 알기위한 정보에 해당되는 텍스트와 동영상에 해당되는 영상 및 소리 데이터 사이의 의미적 연관성 학습을 위하여 각 모달리티 정보를 통합적으로 나타낼 수 있는 추상화된 표현 방법 개발 그리고 추상화된 표현으로부터 사실적이고 로봇의 시각데이터를 재생성하는 기술</li> <li>- 주의 집중 및 선택적 학습: 로봇의 입력장치에 끊임없이 입력되는 비디오 데이터로부터 어떤 데이터를 저장하고 학습할 지에 대한 판단 및 저장/학습 기술</li> <li>- 시각정보 기반의 지식 구축 기술: 실시간으로 입력되는 로봇 시각데이터를 집중 메커니즘 하에 학습하며, 복합적 정보를 인지하고 개념망을 구축하는 기술</li> <li>- 정보 생성 및 피드백 방법: 추상화된 표현 정보로부터 보다 사실적이고 선명한 로봇 시각 데이터를 생성하기 위한 스스로 적합성을 추정하고 이를 피드백 형태로 학습 과정에 다시 반영하는 기술</li> </ul> </li> <li>○ (3단계)전 세계적 비디오 데이터 기반의 지식체계 생성, 이를 기반으로 간호사, 노인과 아이 돌보기, 웨이터 등 모든 상황에 대응 가능한 대화 기술 (사회적 지식 모델 기반 공동학습에 따른 비디오 질의응답 성능 향상을 25% 대비 재현율 90%)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정보처리방법: 로봇에 끊임없이 입력된 장시간 시각데이터의 다양한 길이의 시공간적 사건 정보를 압축, 분할, 재조립하여 요약하는 다중수준 기억 모델</li> <li>- 세계 지식을 활용한 응답기술: 로봇의 시각 정보로 일생동안 입력되는 비디오 및 그 메타 데이터에서 세계 지식을 자동으로 추출하고, 이를 정형화된 형태로 구축하여 다중 도메인을 대응할 수 있는 시스템</li> </ul> </li> </ul>	<p>Jibo, Pepper, Buddy, Goole X-Brain, Movie Question Answering, VQA Challenge, TRECVID Video Hyperlinking</p>

## 5) 단기(5년) · 중장기(10/15년) 전망

### ▶ 로봇 자동화 소프트웨어 분야

과제명	5년 전망	10년 전망	15년 전망
로봇 소프트웨어 인터페이스 표준 기반의 로봇 운영체제와 개발도구	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 카메라, 거리 센선와 모션 제어 및 동역학 등에 사용되는 센서 및 액츄에이터 인터페이스 표준이 만들어져 소프트웨어 모듈의 재사용성이 증대되어 로봇 가격이 저렴해질 수 있음</li> <li>- 이에 따라 로봇화 기술이 다양한 분야(예 게임 및 VR 시장)로 확대됨</li> <li>- 제조 로봇의 4축, 6축의 다축제어 인터페이스 표준이 만들어져 다양한 형태의 제조로봇이 출현</li> <li>- 로봇의 안전에 대한 요구가 증가함에 따라 HW 및 소프트웨어 모듈의 안전 기준에 따라 개발을 지원하여 주는 통합개발도구가 출현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준 모듈의 증가로 이러한 표준모듈의 복합체인 응용 모듈(예로 네비게이션 모듈, 매니플레이션 모듈, HRI 모듈)들의 표준 인터페이스가 만들어져 제조용 로봇 및 서비스용 로봇의 구분이 점점 희박해질 것임</li> <li>- ISO 로봇운영체제가 출현되어 로봇 소프트웨어와 HW 모듈의 조합을 쉽게 하고 안전을 확인할 수 있는 통합개발도구가 출현</li> <li>- ISO 운영체제에 맞는 다양한 소프트웨어 모듈 및 HW 모듈들의 상품 출시로 로봇가격이 보다 저렴해지고 앱을 통하여 다양한 응용 구입가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 표준 모듈로 다양한 가격의 로봇들이 출현되고, 응용들은 앱처럼 구입하여 활용하게 될 것임</li> <li>- 다양한 응용을 사용자가 만들 수 있는 통합 제어용 모듈과 인공지능 기술과 결합된 로봇이 출현하며 이의 안전을 판단할 수 있는 도구 출현</li> <li>- 필요한 소프트웨어 모듈 및 HW 모듈은 앱을 통하여 구매하고 재구성 가능할 수 있는 로봇 출현</li> <li>- 제조 로봇과 서비스 로봇의 구분이 없어지고 모듈들의 안전기준과 활용 분야에 따라 로봇을 구분할 것임</li> </ul>
디지털 가상생산 기반 제조용 로봇 범용 오프라인 프로그램 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대용량 3D CAD 및 SCAN 데이터를 이용한 가상생산 작업장을 효율적으로 생성</li> <li>- 다양한 로봇 제조사 및 모델, 주변 설비에 대한 기구학적 정의를 쉽게 정의하여 시뮬레이션을 수행할 수 있는 환경을 구축</li> <li>- 다양한 로봇의 작업 용도에 따른 시뮬레이션 환경을 쉽게 정하여 시뮬레이션</li> <li>- 다양한 로봇에 대한 작업 프로그램을 가상작업장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D SCAN데이터를 기반으로 3D CAD 데이터 인식 및 레이아웃 정의가 일부 자동화되어 사용</li> <li>- VR 장비를 이용하여 작업자가 쉽게 가상생산 환경의 레이아웃을 정의하고 시뮬레이션</li> <li>- VR 및 모션 캡처 장비를 이용하여 일반 산업용 로봇 및 협동 로봇에 대한 로봇 교시 작업이 가능</li> <li>- 다양한 로봇에 대한 최적 작업 경로를 자동생성하고 단위 로봇/공정에 대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D SCAN 데이터를 이용하여 3D CAD 환경을 자동으로 생성하고, 관련된 3D CAD 설비 데이터를 이용하여 가상작업장에 대한 레이아웃이 자동으로 생성</li> <li>- 작업자의 동작, 음성, 시각 인식을 통해서 가상생산 환경상에서 로봇 시뮬레이션, 오프라인 프로그램 생성 및 교시 작업이 가능</li> <li>- 가상생산 환경상에서 로봇의 다양한 작업(용접/</li> </ul>

과제명	5년 전망	10년 전망	15년 전망
	<p>에서 로봇 작업경로를 일부 자동으로 생성하고 오프라인 프로그램을 생성하여 Cycle Time에 예측하고 실제 로봇에 다운로드 할 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇 및 주변 설비에 대한 기구학적 캘리브레이션을 통해서 로봇 오프라인 프로그램에 대한 오차를 최소화 하여 로봇을 교시할 수 있음</li> </ul>	<p>한 Cycle Time 예측하여 로봇 오프-라인프로그램을 생성하여 실제 로봇에 다운로드 할 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가상생산 환경 상에서 로봇의 다양한 작업(용접/도장/조립/성능 등) 품질을 사전에 일부 예측할 수 있음</li> <li>- 유선 기반으로 실시간으로 로봇 작업 모니터링 및 데이터 분석을 통해서 로봇진단이 가능</li> </ul>	<p>도장/조립/성능 등) 품질을 사전에 정확하게 예측할 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선 기반으로 실시간으로 로봇 작업 모니터링, 위치인식, 제어 및 진단이 가능</li> </ul>

▶ 로봇 지능화 소프트웨어 분야

과제명	5년 전망	10년 전망	15년 전망
<p>로봇 작업의 집단 학습전이가 가능한 인공지능 소프트웨어 프레임워크</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제조현장에서 인간과 로봇간 자율적으로 협업이 가능한 협동로봇이 작업 대상 물체의 인식과 제어를 통합 학습</li> <li>- 3차원 공간상의 임의의 복잡 물체를 파지하고, 제한적이지만 난이도 높은 동작을 수행</li> <li>- 인식과 제어의 통합 학습으로 물체 파지위치와 엔드이펙터의 포즈가 매 제어 주기마다 개선되어 최적화가 가능</li> <li>- 분산된 여러 대의 협동로봇을 통합 학습하여 트레이닝 시간을 획기적으로 단축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인식과 제어의 통합 학습 능력을 일반화 시킨 아키텍처를 통해 로봇이 비정형 동적환경에서도 작업 수행이 가능하게 되어 재난·재해 현장과 같이 극한 환경에서 로봇의 작업 수행능력이 크게 향상</li> <li>- 분산된 여러 대의 로봇이 복잡 태스크를 서브태스크로 나누거나 동일 물체의 포즈나 주변환경을 변경하며 다양한 형태로 집단학습을 수행할 수 있음</li> <li>- 확보된 작업수행 스킬을 다른 로봇이 공유·이용하여 협력을 통한 다양한 임무수행이 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가정에서 육아로봇이 인간수준의 자율도를 갖고 워킹맘을 대신하여 유치원·초등학생을 돌보는 수준으로 로봇 작업의 지능이 고도화</li> <li>- 전업주부의 손가락 동작을 학습에 의하여 재현 가능하고 변형되는 물체, 잡기 부적합한 물체, 주방도구를 이용한 복잡한 동작도 스스로 취할 수 있는 유연한 작업이 가능</li> <li>- 확보된 작업수행 스킬을 기구학이 다른 로봇도 공유·이용할 수 있음</li> </ul>
<p>지능형 서비스로봇의</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트공장, 물류센터, 공항 안내, 건물 관리등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가사 보조나, 실버타운에서의 사용자 보조, 아파</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재난환경, 험지작업, 우주탐사등의 알려지지 않</li> </ul>

과제명	5년 전망	10년 전망	15년 전망
<p>임무수행지능 소프트웨어</p>	<p>의 환경조건이 사전에 알려진 구조화된 환경에서 장시간 자율적인 임무수행이 가능한 임무수행 지능 소프트웨어의 보급</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주행, 조작, HRI 등의 세부적인 작업에 대해서 스스로 학습을 통해 환경변화 및 불확실성을 극복할 수 있는 임무수행 능력을 로봇이 보유</li> <li>- 재난환경이나 험지 작업 등의 사전에 알려지지 않은 환경에서의 임무를 수행할 때, 사람이 부분적으로 개입하지만 단기간의 임무는 자율적으로 수행할 수 있는 능력을 로봇이 보유</li> </ul>	<p>트나 공단에서의 감시 및 관리등의 임무 이 불확실성 및 동적변화가 있는 환경에서 장기간의 복합적인 임무계획 및 수행이 가능한 수준의 지능을 로봇이 보유</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사람과 협업을 통해 함께 임무를 수행하거나, 다른 로봇과 협업을 통해 공동으로 임무를 수행하는 수준의 임무수행 지능 보유</li> <li>- 사전에 프로그램되지 않은 돌발 상황에 대해 시행착오 및 학습을 통해 자율적 대처능력 보유</li> </ul>	<p>은 환경에서의 임무수행을 스스로 할 수 있는 수준의 지능을 보유</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설, 제조, 감시등의 작업에 있어서 다수의 사람들 및 로봇들과의 협업을 통해 안전하고 효율적인 임무수행이 가능해짐</li> <li>- 인간을 대상으로 한 서비스 및 인간과의 협업에 필요한 사회적·윤리적인 판단능력 보유하여, 사람과 공존하는 로봇이 출현할 것임</li> </ul>
<p>체계적인 인식 전략의 학습 및 추론이 가능한 인식지능 소프트웨어</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 물건들이 정리되지 않고 흩어져 있는 가정 환경에서 로봇이 스스로 물건들을 정리정돈할 수 있음</li> <li>- 주위 환경에 존재하는 물건들의 기능적 속성 및 다른 물건들과의 관계를 스스로 학습할 수 있고, 정리할 물건들의 종류, 위치 및 정리정돈 할 장소를 스스로 인식함</li> <li>- 인식된 물건들의 기능적 속성 및 물건들 사이의 관계를 인식하여 현재 환경의 특성을 파악하고 이해할 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가정에서 새로 구매한 물건들도 기능 및 다른 물건들과의 관계를 로봇이 스스로 인식하여 정리정돈 할 수 있음</li> <li>- 기존 환경에 보이지 않던 새로운 물건이라도, 기존의 지식을 연계 활용하여 물건의 기능적 속성 및 관계를 인식할 수 있음</li> <li>- 환경 변화에 따른 물건들 사이의 관계 변화를 스스로 인지할 수 있고 이를 학습하여 지식화할 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용자가 필요로 하는 물건을 스스로 찾아서 가져오는 심부름을 수행할 수 있음</li> <li>- 현재 위치에서 대상 물건이 보이지 않더라도 대상 물건의 위치 및 상태를 추론하고 인식할 수 있는 방법을 스스로 찾아서 수행할 수 있음</li> <li>- 기존 지식에 포함되지 않은 미지 물건에 대해서도 기존의 지식을 활용하여 기능 및 다른 물건들과의 관계를 추론하여 새로운 지식을 만들어 낼 수 있음</li> </ul>
<p>이종의 기기간 협업을 위한 지능 소프트웨어 프레임워크 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇이 사전에 설정된 로봇 또는 주변기기(센서, IoT 디바이스 등)와 연동하여 작업을 수행할 수 있음</li> <li>- 설정도구 또는 개발도구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇이 사전에 설정된 연결기 뿐만이 아니라 환경변화에 대해서 동적으로 연결 가능한 기기를 찾을 수 있고 협상을 통해 최적의 기기를 선택하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇이 주어진 서비스뿐만 아니라 주변기기의 구성상황으로부터 동적으로 서비스를 창출하고 있음</li> <li>- 상황변화에 대해서 학습을 통해 추론과 예측이</li> </ul>

과제명	5년 전망	10년 전망	15년 전망
	<p>를 통해 협업 소프트웨어를 손쉽게 개발할 수 있으며 실행시간에 사용자에게 동적으로 설정을 변경할 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 IoT 미들웨어 등과 연동이 가능하고 협업 연결시 상호 안전성이 보장됨</li> </ul>	<p>여 작업을 수행할 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주변 기기의 손상이나 배터리 소진 등의 환경변화나 협상에 대해서 동적으로 기기를 연결하여 작업을 수행 할 수 있음</li> <li>- 기기 또는 로봇의 소프트웨어를 클라우드를 통해 검색/탐재/실행할 수 있음</li> <li>- 로봇과 주변기기(센서, IoT 디바이스 등)의 협업연결 시 QoS 등의 신뢰성 보장</li> </ul>	<p>가능하며, 상황변화에 선제적으로 대응할 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주어진 임무에 대해서 주변의 기기들과 임무를 나누어 수행할 수 있으며, 연결된 기기간의 무결성과 신뢰성이 실시간에 보장됨</li> <li>- 다양한 주변 기기의 연결 프로토콜이 국제 표준으로 제정됨</li> </ul>
<p>인간과 교감하는 로봇 시각대화 소프트웨어</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비디오 데이터를 수집할 때 인력( )을 이용할 경우 이를 자동 평가하여 시각대화시스템에 적합한 데이터가 수집되도록 유도하는 시스템이 도입됨</li> <li>- 로봇이 자연에서 입력받는 데이터에서 메타 데이터 정보가 누락되거나 완전하지 않은 부분이 발생할 때 이를 시각데이터 처리 기술로 보완함</li> <li>- 로봇에 기 학습된 지식으로부터 사건들의 시간/인과 관계를 추론, 탐색하여 질의에 대한 응답을 생성하는 기능이 등장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이야기의 흐름을 알기위한 정보에 해당되는 텍스트와 동영상에 해당되는 영상 및 소리 데이터 사이의 의미적 연관성 학습을 위하여 각 모달리티 정보를 통합적으로 나타낼 수 있는 추상화된 표현 방법 과 추상화된 표현으로부터 사실적이고 로봇의 시각데이터를 재생성하는 기술이 개발됨</li> <li>- 로봇의 입력장치에 끊임없이 입력되는 비디오 데이터로부터 어떤 데이터를 저장하고 학습할 지에 대한 판단 및 저장/학습 기술이 도입됨</li> <li>- 실시간으로 입력되는 로봇 시각데이터를 집중 메커니즘 하에 학습하며, 복합적 정보를 인지하고 개념망을 구축함</li> <li>- 로봇이 추상화된 표현 정보로부터 보다 사실적이고 선명한 시각 데이터를 생성하기 시작함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇에 끊임없이 입력된 장시간 시각데이터의 다양한 길이의 시공간적 사건 정보를 압축, 분할, 재조립하여 요약하는 다중수준 기억 시스템이 도입됨</li> <li>- 로봇의 시각 정보로 일생 동안 입력되는 비디오 및 그 메타 데이터에서 세계 지식을 자동으로 추출하고, 이를 정형화된 형태로 구축하는 데이터베이스 상용화</li> </ul>

## 〈조직위원 명단〉

순번	성명	소속	직위/직책
1	김성훈	한국전자통신연구원	PL
2	박홍성	강원대학교	교수
3	장병탁	서울대학교	교수
4	이상훈	한양대학교	교수
5	김연호	DST로봇	소장
6	김태주	코아로봇	대표이사
7	이학용	엠텍	연구소장
8	김경욱	아이피엘	대표이사
9	권우영	와이즈넷	-
10	홍석관	이지로보틱스	상무
11	지상훈	한국생산기술연구원	수석
12	장철수	한국전자통신연구원	책임
13	김동환	한국과학기술연구원	선임

## VII. 표준화



## 1) 개요

### ▶ 표준화 필요성

- 로봇산업은 다른 산업과 융합하여 발전하고 있으며, 기존의 산업용 로봇에서 의료로봇, 군사로봇, 가사로봇, 교육로봇, 오락로봇, 경비로봇 등의 다양한 분야로의 연구 개발이 진행되고 있음에 따라 안전, 성능평가, 상호호환성 등의 표준화에 대한 필요성이 요구되고 있음
- 이용환경 및 사용자 관련 표준 확립을 통해 시장을 창출하여 세계 표준을 선도할 수 있는 로봇표준기술의 연구개발, 교육, 보급 및 촉진이 필요함. 이를 바탕으로 국제협력 네트워크 구축 및 기술교류 등 지능형로봇의 해외진출 기반 마련과 기술 경쟁력 강화를 추진하여야 함
- 우리나라는 2003년부터 서비스로봇 분야의 표준화를 ISO에 처음으로 제안하여 이를 주도해 나가고 있으며, 국제표준의 진정한 리더가 되기 위해서는 신성장 동력 및 산업원천기술 분야에 대한 표준화를 전략적으로 추진하여야 함

## 2) 로봇 표준화 동향

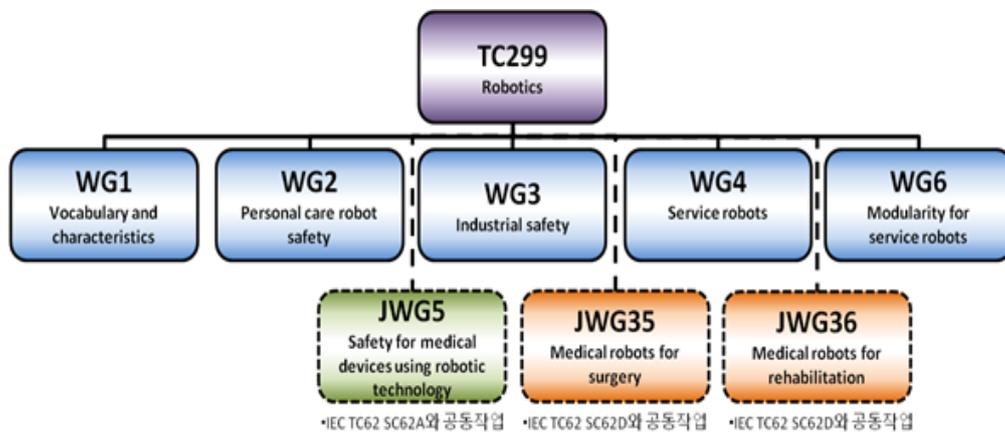
### ▶ 표준화 개발 동향

- 현재 로봇기술에 대한 표준화는 미국, 영국, 독일, 프랑스, 일본, 스웨덴 및 한국 등의 선진국을 중심으로 한 개발이 경쟁적으로 진행중임. 표준을 개발하고 있는 국제기구별로 보면 ISO를 중심으로는 어휘, 안전성과 같은 일반적인 표준이 개발되고 있으며, IEC에서는 특정분야인 청소 및 잔디깎기 로봇, OMG에서는 로봇 미들웨어, ASTM(미국재료시험협회)에서는 구조용 로봇의 표준을 경쟁적으로 개발하고 있음
- 향후에도, 시장의 요구에 부응하기 위하여 위와 같은 국제표준화 단체들이 다양한 로봇분야 표준을 개발할 것으로 예상되며, 특히 ISO 및 IEC에서 개발하는 표준들은 CE 및 UL 인증과 밀접한 관계를 갖으며 시장의 성장에도 일정 역할을 할 것으로 예상됨

## ▶ 국제표준화 기구 현황

### ● ISO

- 로봇 관련 표준화 활동은 ISO TC 299(Robotics)에서 활동 중이며, 현재 5개의 WG과 3개의 JWG(Joint Working Group)으로 구분되어 있음
- 특히 한국의 경희대학교 이순걸 교수와 세종대학교 문승빈 교수가 WG1과 WG4의 의장을 각각 수임하고 있고, 강원대학교 박홍성 교수가 WG6의 공동 의장을 수임하고 있어 전체적인 주도권을 선점하고 있는 상황임



- ISO TC299 WG1 (Vocabulary and characteristics)
  - 목적 : 기존 표준의 개정, 서비스 로봇의 새로운 용어표준 연구 및 개발
  - ISO 19649(Vocabulary for mobile robots) 제정(2017년)
  - \* 로봇형 자동차(즉 AGV, 무인 트럭, 무인 자동차 등), 수중로봇 및 비행로봇을 제외한 고형체 표면 위로 이동하는 로봇과 이동성에 관련된 용어 및 정의를 규정
- ISO TC299 WG2 (Personal care robot safety)
  - 목적 : 비의료용 개인지원로봇에 대한 안전 표준을 개발
  - ISO 13482(robots and robotic devices - Safety requirements for service robots - Personal care robot) 제정(2014년)
  - ISO 13482 적용을 위한 ISO/CD TR 23482-1(Part 1: Safety-related test methods, Part 2: Application guide) 제정 추진 중

- ISO TC299 WG3 (Industrial safety)
  - 목적 : ISO 10218 등 산업용 로봇의 안전과 관련한 표준을 개발
  - ISO TS 15066(Robots and robotic devices – Collaborative robots) 제정 (2016년)
  - ISO/NP TR 20218-1(산업용 로봇을 위한 안전요건 – Part 1: Industrial robot system end of arm tooling (end-effector), Part 2: Industrial robot system manual load stations) 제정 추진 중
  
- ISO TC299 WG4 (Service robots)
  - 목적 : 서비스 로봇의 성능 평가 및 시험 데이터 공유 관련 표준을 개발
  - ISO 18646-1(Robotics – Performance criteria and related test methods for service robots – Part 1: Locomotion for wheeled robots) 제정(2016년)
  - 후속으로 Part 2: Navigation과 Part 3: Manipulation 관련 표준 개발 중
  
- ISO TC299 WG6 (Modularity for service robots)
  - 목적 : 로봇의 HW 및 SW 모듈화 관련 표준을 개발
  - ISO/WD 22166-1(Robotics – Modularity for service robots – Part 1 : General Requirements) 표준 개발 중
  
- ISO TC299 JWG5/IEC TC62 SC62A JWG9(Medical electrical equipment and systems using robotic technology)
  - 목적 : 의료로봇 표준에 관한 TR(Technical Report)을 개발
  - IEC/TR 60601-4-1(MEDICAL ELECTRICAL EQUIPMENT – Part 4-1: Guidance and interpretation – Medical electrical equipment and medical electrical systems employing a degree of autonomy) 개발 완료 (2017.2)
  
- ISO TC299 JWG5/IEC TC62 SC62D JWG35(Robotically assisted surgical equipment)
  - 목적 : 수술로봇 관련 표준을 개발
  - IEC/CD 80601-2-77(Medical electrical equipment – Part 2-77: Particular requirements for the basic safety and essential performance of Robotically assisted surgical equipment) 표준 개발 중

- ISO TC299 JWG5/IEC TC62 SC62D JWG36(Medical robots for rehabilitation)
  - 목적 : 재활로봇 관련 표준을 개발
  - IEC/CD 80601-2-78(Medical electrical equipment – Part 2-78: Particular requirements for the basic safety and essential performance of MEDICAL ROBOTS for REHABILITATION, ASSESSMENT, COMPENSATION or ALLEVIATION) 표준 개발 중
- IEC
  - IEC TC59 (Performance of household and similar electrical appliances)
    - 로봇관련 표준화 활동은 IEC TC59(Performance of household and similar electrical appliances)에서 활동
    - 세부적으로 IEC TC59 SC59F WG5(Surface cleaning robots)와 IEC TC59 WG16(Performance evaluation method of intelligent mobile robot platform for household and similar applications)에서 로봇분야의 표준화가 진행되고 있음
    - 청소로봇 성능평가방법과 서비스로봇 성능 관련 표준 개발이 진행중에 있으며, 한국의 경희대학교 임성수 교수가 WG5와 WG16의 의장을 맡고 있어 IEC 표준화를 주도하고 있음
- IEEE
  - IEEE P1873(Standard for Robot Map Data Representation for Navigation)
    - 현재 로봇의 Map Data와 관련한 표준 제정 작업이 P1873/D1 분과에서 진행 중
      - \* 로봇주행을 위한 실내 및 실외 2차원 공간지도에 대한 표준 및 지도교환 표준으로 2015년에 IEEE-SA 승인됨
      - \* 2016년 5월에 3차원 로봇지도에 대한 표준화 착수여부를 결정 후 IEEE RAS IAB SCSEA에 스터디그룹 구성을 위한 제안서를 제출하여 신규 프로젝트로 채택됨
- OMG
  - OMG 내 로봇관련 표준화 활동은 일본 NEDO와 JARA에 의해 설립된 Robotics-DTF에서 주로 진행하며, 한국은 2005년 미국과 함께 회원국으로 추가되어, RTC(Robot Technology Component) 표준과 RLS(Robotic Localization Service) 등의 표준을 제안하며 활동을 주도하고 있는 상황임

● ASTM

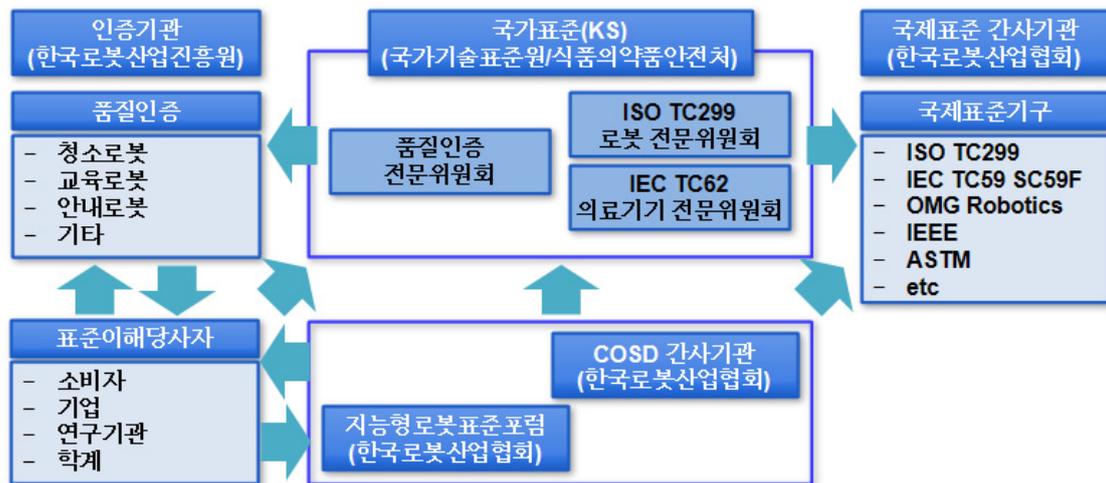
- ASTM에서는 로봇과 관련하여 구조탐색로봇, 무인비행로봇 및 무인수중로봇에 대한 표준화를 진행하고 있음. E54(Homeland Security Applications)에서는 구조탐색로봇에 대한 표준화를 진행하고 있으며, F38(Unmanned aircraft systems)에서는 무인비행로봇에 대한 표준을 개발하고 있고, F41(Unmanned maritime vehicles)에서는 무인수중로봇에 대한 표준을 개발하고 있음

▶ 국내표준화 현황

● KS 현황

- 현재 로봇 분야의 국가표준은 국가기술표준원을 중심으로 '13년 한국로봇산업협회가 표준개발협력기관(COSD)으로 지정되어 개발하고 있으며, 제정된 표준은 총 43종으로 기존 산업용 로봇표준 뿐만 아니라 신규로 서비스로봇 분야에서는 청소로봇 등 28종의 표준을 제정·보급하고 있음. 그 중 청소로봇 관련 KS 표준은 IEC 국제 표준에 주요 내용이 반영되어 현재 최종표준(IEC 62929)으로 발간되어 있음

[ 국내 표준화 추진 체계도 ]

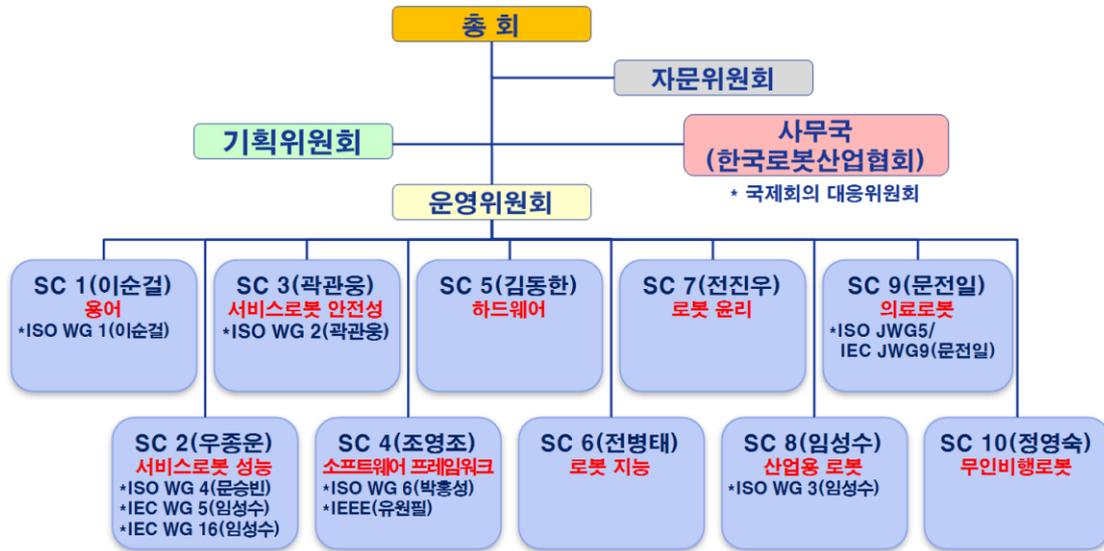


● 지능형로봇표준포럼(KOROS) 현황

- 로봇관련 단체 표준활동은 2005년부터 지능형로봇표준포럼(KOROS)을 중심으로 활발히 진행 중이며, 로봇 기술 및 제품 관련하여 120여 종의 다양한 포럼표준을 개발하였고 그 중 27종을 KS표준으로 등록하였음

- 단체표준 제·개정을 위한 분과위원회, 국제표준 대응을 위한 분야별 국제표준화 대응위원회를 구성하여 운영하고 있음

[ 지능형로봇표준포럼 구성도 ]



### 3) 로봇표준 활용 현황

#### ▶ 표준화 성공 사례

- 국내에서 제정된 한국산업표준(KS) ‘가정용 청소로봇 성능평가방법’이 국제표준 IEC 62929에 반영됨에 따라 해외 시장에서의 시험·인증과 관련하여 국산제품에 매우 유리한 상황임. 국내 대표기업인 S社 모델의 경우 한국에서 제안한 시험방법을 적용하여 독일 옴포리오 테스트에서 유일하게 “Very Good” 등급을 획득하며 위상을 높임. 이러한 결과들을 통해 국산 제품의 해외 시장에서 지속 선전하였으며 2015년까지 국내 청소로봇 수출량이 연평균 60% 이상의 큰 폭으로 향상되었음
- 교구용 로봇의 경우에도 국내 시장의 주요제품들이 KS B 7302 표준에 근거한KS 인증을 적극 활용하고 있음. KS인증 전환 이후 제1호 인증을 획득한 R社의 경우 인증 획득을 위해 지속적인 성능 개선으로 품질을 확보하였으며 연평균 약 70% 수준으로 매출이 확대됨. 이와 같이, 로봇 분야의 표준화 및 인증 연계는 시장 초기 단계에서 기업들의 기술력 향상을 유도하여 경쟁력을 높이기 위한 정책으로 활용되고 있음

〈인증제도 시행 전·후의 제품성능 비교〉

품목	제조사	주요 성능		안전성	
		인증 시행 전	인증 시행 후	인증 시행 전	인증 시행 후
가정용 청소로봇	S	59%	⇒ 85%	부적합	⇒ 적 합
	L	70%	⇒ 83%	부적합	⇒ 적 합
	Y	21%	⇒ 83%	부적합	⇒ 적 합
교구용 로봇	R (1)	부적합	⇒ 적 합	부적합	⇒ 적 합
	R (2)	부적합	⇒ 적 합	부적합	⇒ 적 합
	K	부적합	⇒ 적 합	부적합	⇒ 적 합

#### ▶ 표준화 활용 현황

- 의료로봇 관련 표준은 식약처에서의 의료기기 등록 및 허가시 기준규격으로 적용할 수 있음. 식약처 의료기기 품목분류 고시에 의하면 로봇보조정형용운동장치(3등급)가 재활로봇과 관련이 있지만, 현재 기준규격은 없는 상태임

\* 로봇보조정형용운동장치(A67080.01)의 정의 : 근육의 재건, 관절 운동의 회복 등에 사용되는 로봇 자동화 시스템 기구

- IEC SC59F WG5는 2009년 한국의 제안으로 가정용 청소로봇의 성능평가를 위한 국제표준을 제정하기 위해 신설됨
  - IEC 62929 표준(2014년에 IEC 60312-3에서 IEC 62929로 문서 번호가 변경됨)을 제정하기 위해 2009년 5월 서울에서 열린 첫 회의를 시작으로 매년 아시아, 유럽, 미주 대륙을 번갈아 가며 일 년에 3회의 국제회의를 개최해 옴
  - 4년 이상의 시간 동안, IEC 62929에 대한 CD 회람, CDV 투표, FDIS 투표 과정 등을 거쳐 2014년 7월에, 회원국의 100% 찬성으로 IEC 62929가 국제표준으로 제정되었음

### ▶ 로봇 인증체계

[ 既, 지능형로봇품질인증(R마크) ]



[ 現, KS인증 ]



- 최초의 로봇 분야 인증은 2010년 지능형로봇품질인증(R마크) 제도를 통해 시행되었으며, 2016년 이후 KS인증제도에 통합되었음. 로봇분야 KS인증제도는 ‘지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법 제41조’ 및 ‘산업표준화법 제13조, 제15조’에 의거한 국가 인증마크임. KS인증은 한국산업표준(KS)에서 규정된 수준을 만족한 제품에 대해 국가가 품질을 보증하는 제도로서 국가기술표준원에서 소관하며, 한국로봇산업진흥원이 로봇 분야 인증기관으로 지정되어 있음

### ▶ 인증 추진전략

- 최근 시장에서 물류로봇과 산업용 협동로봇이 이슈화되며 다양한 제품이 출시되고 있음. 또한, 인공지능과 ICT 융합기술 기반의 가정용 소셜로봇과 소방, 구조 등의 재난 재해에 활용 가능한 안전로봇 등이 개발 중임. 이에 따라, 기계, 전기전자, 제어시스템, 소프트웨어, 통신 등의 전방위적인 시험평가방법 표준개발이 진행되고 있고, 단기적으로는 이동형 로봇, 산업용 협동로봇, 의료재활로봇 등의 제품에 대한 표준 개발이 진행 중이며, 현행 KS인증 제도 내에서 인증로드맵에 따라 대상 품목을 단계별로 확대해 나아갈 예정임

[ 로봇 분야 KS인증 확대 전략 ]

구 분	~'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년
표준 개발	-	교육보조 로봇		이동형로봇, 협동로봇	소셜로봇	첨단안전 로봇
인증품목 지정	청소로봇, 교구용로봇	-	교육보조 로봇	-	이동형로봇, 협동로봇	소셜로봇
KOLAS 획득	청소로봇	교구용 로봇	-	-	협동로봇	-

## 4) 각 분야별 표준화 이슈 및 전략

### ▶ 제조업용 로봇

#### ● 표준화 현황 및 주요 이슈 사항

- 산업현장에서 사용되는 제조업용 로봇의 안전에 대한 요구조건은 2011년에 제정된 ISO 10218-1과 ISO 10218-2 두 표준에 의해 정의되어 있음
- 최근 협동로봇(Collaborative Robot)의 사용 증가에 따라 협동작업과 관련된 추가 안전조건을 명확히 할 필요성이 대두되면서, 약 5년간의 국제회의 끝에 ISO TS 15066 (Robots and robotic devices - Collaborative robots)이 2016년 2월에 출간됨
- 위에 언급된 세 개의 표준(ISO 10218-1,2와 ISO TS 15066)은 모두 KS표준으로 부합화되었으며, 최근 협동로봇 제품 규격으로 사용될 KS표준이 제정작업 중에 있음
- 협동로봇의 안전한 사용과 관련하여 매우 중요한 요소로 인식되고 있는 End-Effector 의 안전 요구조건에 대한 문서인 ISO TR 20218-1의 제정 작업이 진행 중이며, 약 2년 내에 마무리될 것으로 예상됨
- 사람과 로봇 사이의 작업공간을 공유하는 대표적 사례인 작업물 Loading/Unloading 과 관련한 안전조건을 규정하기 위해 ISO TR 20218-2의 제정 작업이 진행 중이며, 약 2년 내에 제정 작업이 마무리될 것으로 예상됨
- ISO TS 15066은 협동작업과 관련한 가장 상세한 조건(특히 Annex에 포함된 생체역학적 물리력 임계치)을 담고 있는 가장 최근의 문서로서, 이 문서에 새로이 포함된 협동로봇 안전요구조건에 대한 V&V (Verification&Validation)이 로봇 선진국들을 중심으로 활발히 이뤄지고 있음

- ISO 10218-1, 2는 유럽의 조화표준(EN)에 등재되어 CE인증 기준으로 활용되고 있는 상태이나, ISO TS 15066은 EN에 아직 등재되어 있지 않아 CE 인증 기준으로 활용될 수 없음
- ISO TS 15066은 CE기준 활용 여부를 떠나 협동작업과 관련한 실효적 국제표준으로 인식되어 협동로봇 제조 및 설치에 많은 영향을 미치고 있으며, ISO 10218-1, 2가 개정되는 2~3년 후에 ISO TS 15066의 내용 중 상당부분이 ISO 10218-1, 2의 일부로 포함될 것으로 예상됨

## ▶ 의료로봇

### ● 표준화 현황 및 주요 이슈 사항

- 대표적인 의료로봇이라고 할 수 있는 daVinch(수술로봇)와 Lokomat(재활로봇)이 의료현장에서 15년 이상 사용되어오고 있지만, 아직 의료기기로서의 국제표준은 없는 상황임. 이러한 문제를 인식하여 2015년 4월에 IEC TC62D(의료기기)와 ISO TC299(로봇)가 연합한 JWG가 통과되어 현재 JWG35(수술로봇)와 JWG36(재활로봇)에서 표준화를 진행하고 있으며 2017년 3월 그 첫번째 CD가 발간되었고, 최종적으로는 2018년 11월에 국제표준을 발간할 예정임
  - IEC 80601-2-77 (수술로봇 안전 관련 표준)
  - IEC 80601-2-78 (재활로봇 안전 관련 표준)
- 그러나, 현재 진행중인 IEC의 의료로봇 표준화는 의료기기 공통규격인 IEC 60601-1를 기반으로 기본안전(basic safety)에 대해서 집중적으로 개발하고 있고 개별 제품에 대한 필수성능(essential performance)에 관한 논의는 아직 하고 있지 않은 상태임. 따라서 관련 국내 제품의 글로벌 시장 진출 및 선점할 수 있도록 국내 기업체의 의견을 적극 반영하는 것이 필요함
- 국내 의료로봇의 인허가 주무관청인 식품의약품안전처(MFDS)에서는 최근 성장가능성을 주목받고 있는 의료용 재활로봇이 신속하게 제품화될 수 있도록 팔다리 등 신체 적용부위나 사용대상자, 제품구동형태 등의 특성을 고려한 허가 심사 기준을 2017년 안에 마련할 예정이라고 발표하였음
- IEC에 의한 의료로봇의 표준화가 이루어지게 되면 국내에도 적용될 가능성이 높기 때문에 국내 의료로봇 관련 기업들의 이에 대한 대응이 절대적으로 요구되어지고 있음. 그러나 국내 의료로봇 관련 기업은 기술과 제품화 후발주자로서 핵심 지적재산권을 보유하고 있지 않은 경우가 많고, 표준화 활동하기에는

기업체 규모가 영세한 측면이 있어 국제표준화 활동에 적극적으로 나서지 않고 있는 실정임. 따라서 향후 쟁점이 될 수 있는 지적재산권의 일부 상쇄가 가능하며, 자사 제품의 경쟁력을 보완해 나가고 차별적 요소를 표준 문서에 적극 반영하여 글로벌 시장 진출 및 선점할 수 있도록 국제표준화 활동에 적극 나설 필요가 있음

## ▶ 개인지원로봇

### ● 표준화 현황 및 주요 이슈 사항

- 인간과 지속적으로 상호작용하는 개인지원로봇의 시장 확대에 따라 개인지원로봇 사용과 관련된 안전에 대한 사회적 수요가 증가함. 이에 대응하여 ISO TC 299 WG 2에서 개인지원로봇의 안전요구조건에 대한 세계최초의 국제표준인 ISO 13482를 2014년 2월 제정 공표함. ISO 13482는 개인지원로봇 관련 유일한 안전규정으로 일본에서는 CYBERDYN 社の HAL 시리즈를 비롯한 7종의 로봇이 ISO 13482 인증을 받고 시장을 공격적으로 확대 중이며 유럽에서는 CE인증을 위해 ISO 13482를 CEN 표준으로 harmonize하기 위한 작업 진행 중
- ISO 13482 기반 인증에 대한 기업 수요에 맞춰 인증수행에 핵심적인 안전요구조건에 대한 부합여부를 검증할 수 있는 검증 및 확인 (V&V: verification and validation) 시험 방법에 대한 필요성이 제기되어 안전성 시험 방법에 대한 국제표준을 개발하려는 작업(ISO 23482-1)이 ISO TC 299 WG 2 에서 현재 진행 중
- V&V 시험표준은 세부적인 시험기준과 기준 물리량이 적시되므로 관련 기술을 확보하지 못한 제조사에게 높은 기술장벽으로 작용할 가능성이 높아 개인지원로봇 안전성에 있어 가장 실질적 영향을 미칠 중요한 표준으로 예상됨. 그러나 이 표준은 10여 년 전부터 관련기술을 준비해온 일본의 일방적 주도하에 진행 중으로 V&V 기술에 대한 시급한 대응이 필요함

## ▶ 모듈(HW/SW)의 호환성

### ● 표준화 현황 및 주요 이슈 사항

- 현재 ISO TC299 서비스로봇 모듈화 분과에서는 로봇 개발시 비용을 절감하고 보다 빠른 개발을 위하여 전기적, 기계적 모듈 및 SW 모듈들의 호환성 및

안전성 관련 표준을 개발하고 있음. 특히 이 모듈들은 산업용/개인서비스용 등 다양한 로봇에 활용가능하기 때문에 모듈 개발자들은 모듈들을 다양한 응용에 적용하기 위해서는 안전과 관련된 항들을 준수할 필요가 있음

- 또한 로봇 시스템 제작의 효율을 위하여 기계·전기적 인터페이스와 SW 인터페이스에 대한 내용이 빠르게 표준화가 될 것으로 생각되며, 이러한 인터페이스가 표준화되면 안전성에 대한 이슈가 본격화될 것이므로 이에 대한 대비가 필요함. 모듈의 종류는 크게 basic과 composite로 구성되는데, 로봇 시스템 역시 composite의 한 부분이며 참고로 서브모듈이 composite 모듈의 한 예임. 이러한 다양한 모듈들이 조합롭게 연동되기 위해서는 인터페이스와 기능에 대한 인터페이스 관련 호환성도 매우 중요한 부분임
- 현재 기계적 인터페이스는 일부분(그리퍼 부분)이 표준으로 사용되고 있고, 통신을 포함한 전기적 신호는 IEC 등에서 많은 표준이 정해져 있어, 이를 활용하는 방향으로 갈 예정이며, SW 인터페이스는 OPRoS, OMG, ROS에서 일부 정해져 있어 이를 활용하는 방향으로 갈 것으로 예상됨
- 이러한 내용을 종합해보면 앞으로는 모듈 개발자는 모듈의 활용성을 높이기 위해서는 안전 관련 표준과 인터페이스 표준도 고려하여 설계해야 하며, 또한 이와 관련된 시험 표준과 인증기준도 중요시될 것으로 생각됨

## ▶ 가정용 로봇

### ● 표준화 현황 및 주요 이슈 사항

- 009년에 한국에 의해 최초 제안된 건식 청소로봇 성능평가 표준인 IEC 62929 (Cleaning robots for household use - Dry cleaning - Methods of measuring performance)는 4년 이상의 제정 작업과 회원국 투표를 거쳐 2014년 7월에 국제표준으로 발간되었음
- IEC 62929은 2016년 2월에 국가표준 KS B IEC 62929(가정용 청소로봇 - 건식: 성능 측정방법)로 부합화되었으며, 이 표준의 평가방법을 활용하여 건식 청소로봇 제품규격인 KS B 7303(건식 가정용 청소로봇)이 제정되어 KS인증 기준으로 활용되고 있음
- 특히, EU의 에너지 정책(근거 문서 - EU Regulations 665/2013, 666/2013과 Standardisation Request)의 일환으로 추진되고 있는 Energy Labeling/Eco-design 규제는 2018년 3월부터 청소로봇에 대한 Energy Labeling/Eco-

design 규제를 적용하기 위해 CENELEC에 청소로봇 관련 평가 기준 제정을 의뢰하였으며, CENELEC은 IEC TC59 SC59F WG5 공동으로 이 기준을 제정하려고 협의 중임

- IEC 62929는 2018년에 첫 번째 개정주기(stability date)를 맞는데, 현재 IEC TC59 SC59F WG5 (Surface Cleaning Robot)에서 2018년 후반기를 목표로 이 표준에 대한 개정작업이 진행 중이며, EU Energy Labeling/Eco-design 규제에 대비하기 위해 에너지 효율, 소음 등이 추가 평가 항목으로 포함될 예정임
- 청소로봇을 비롯한 모든 가정용 이동 로봇의 성능평가에 적용할 것을 목표로 개발된 IEC 62849 (Performance evaluation methods of intelligent mobile robot platform for household and similar applications)는 약 4년간의 제정 작업을 거쳐 그 초판이 2016년 8월에 출간되었음
- 현재 가정용 서비스로봇 시장은 청소로봇이 주를 이루고 있는 현실을 감안하여, IEC 62849 Ed.1 제정 과정 및 IEC 62849 Ed.2 제정 과정에서 IEC TC59 SC59F WG5와 정기적인 공동회의를 통해 청소로봇에 관련된 평가사항에 대한 의견을 교환하고 있음
- 2020년에 개정될 IEC 62849 Ed.2에 새로이 포함될 평가항목 중 Annual Energy Consumption of Robot은 주로 청소로봇 사례를 기준으로 평가법이 개발되고 있으며, 이 평가법은 EU의 Energy Labeling/Eco-Design 규제에 대응하기 위한 표준화 작업에 매우 중요한 항목임

## 5) 단기(5년) · 중장기(10/15년) 전망

	5년 전망	10년 전망	15년 전망
제조업용 로봇 표준화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 협동로봇 안전 표준 V&amp;V</li> <li>- End-Effector 안전 표준 (ISO TR 20218-1)</li> <li>- Loading/Unloading 안전 표준 (ISO TR 20218-2)</li> <li>- 산업용로봇 안전 표준 개정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 충돌감지 및 작업자 모니터링 표준 추가/확대</li> <li>- Power &amp; Force Limit 협동작업 안전 조건 기준 추가/확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업도구 형상에 대한 안전 조건 기준 추가/확대</li> </ul>
의료 로봇 표준화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 의료 기기/로봇(수술, 재활) 개별 안전 표준 개발 및 확립 (IEC 80601-2-77/78)</li> <li>- 국내 KS 표준 제정/부합화</li> <li>- 식약처 허가/심사 체계 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 개별 성능(필수성능 포함) 표준화 확대</li> <li>- 제품 시험 및 평가방법 확립</li> <li>- 국제 상호 인증체계 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 의료 기기/로봇 통합 표준 확립(공통표준, 보조규격 통합)</li> <li>- IEC 의료로봇 공통표준 확립</li> </ul>
개인지원 로봇 표준화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개인지원로봇 안전성 인증을 위한 V&amp;V 표준 개발 (ISO 23482-1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동형 도우미 로봇, 탑승 로봇, 신체지원로봇 종류별로 세분화된 안전요구조건 표준 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동형 도우미 로봇, 탑승 로봇, 신체지원로봇 종류별 안전요구조건에 대한 V&amp;V 표준 개발</li> </ul>
호환성 표준화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SW 모듈 인터페이스 표준</li> <li>- 전기적 신호 인터페이스 표준</li> <li>- 모듈 안전 표준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SW 모듈간 상호운용성 표준</li> <li>- SW 모듈 안전 표준</li> <li>- 기계적 모듈 인터페이스 표준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 복합(Composite) 모듈 안전인증</li> <li>- 기계적 모듈 상호운용성 표준</li> </ul>
가정용 로봇 표준화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EU Energy Labeling /Eco Design 기준 대응</li> <li>- 건식 청소로봇 성능평가 V&amp;V</li> <li>- 가정용 이동로봇 성능평가 V&amp;V</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 습식 청소로봇 성능평가 표준</li> <li>- 가정용 이동로봇의 정적/동적 장애물 대응 능력 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가정용 이동로봇의 intelligence 및 human interaction 성능 평가</li> </ul>

## 〈조직위원 명단〉

순번	성명	소속	직위/직책
1	문승빈	세종대	교수
2	서준호	한국로봇산업협회	팀장
3	이순걸	경희대	교수
4	홍영기	로보테크	전무
5	박성주	유진로봇	부사장
6	문전일	대구경북과학기술원	교수
7	박홍성	강원대	교수
8	문인혁	동의대	교수
9	정영숙	한국전자통신연구원	책임
10	임성수	경희대	교수
11	곽관응	세종대	교수
12	김동한	경희대	교수
13	유원필	한국전자통신연구원	책임
14	백형택	한국로봇산업진흥원	선임

