

국내외 기술로드맵을 통해 본 지능형로봇 기술개발의 동향

R&D Trends of Intelligent Robotics on the Roadmap

박현섭[†] · 고경철¹ · 김홍석² · 이호길³

Hyun Sub Park[†] · Kyoung Chul Koh¹ · Hong Suck Kim² · Ho Gil Lee³

Abstract Intelligent Robot is considered as one of the Next Generation Growth Engine in many countries. The application fields are expected to be widen from 80's robotics for manufacturing to many applications such as military, space, medical, personal, etc. To reduce the R&D investment risk Technical Roadmap is prepared by Japan, Europe and Korea. In this paper, the technical Roadmap of the countries was analysed to get the idea of future of Robotics. Robotics is considered as one of solutions of future aged society. Robot can assist and company with elderly people in the near future. On the other hand, Robot is considered as a core technology of manufacturing competitive power. Industrial competitiveness also would be dependent on robot technology. Special Service robot has many application areas and each country has different target based on the situation. With the comparison of technical roadmap, we have suggested some ideas to improve Korea's roadmap.

Keywords: Intelligent Robotics, Roadmap, Next Generation Growth Engine, Project

1. 서 론

최근 로봇산업은 국가의 신산업을 창출하는 차세대 성장동력으로 인식되어 세계 선진 각국에서 연구개발의 투자가 지속적으로 이루어지고 있다. '80년대에는 제조용 로봇을 중심으로 상용화가 진행되었으며, 최근에는 우주, 국방, 사회안전, 의료, 가정용 로봇 등 적용범위가 확대되고 있다.

그러나 많은 분야에서 본격적인 산업화는 아직 불투명한 상황으로 기술개발 방향과 목표 설정이 중요하게 된다. 기술개발 투자의 효율을 높이는 동시에 기술력 경쟁에서 우위를 점하기 위해 각국에서는 기술 로드맵 작

성에 많은 노력을 기울이고 있다.

일본은 경제산업성에서 「기술전략 MAP 2006」^[1]을 작성하여, 정부의 연구개발과제에 대한 예산 책정에 반영하고 있으며, 관련 기업과의 협력을 위한 도구로 사용하고 있다. 유럽은 EURON을 중심으로 「로봇기술 분야의 Research Roadmap」을 4년에 걸친 작업을 통해 '06년 4월 완성하였고, 향후 로봇기술개발 과제를 선정하기 위한 기초자료로 활용될 것이다.^[2] 미국은 로봇분야 전반에 걸친 로드맵 작성은 이루어지고 있지 않으나, NASA를 중심으로 우주용 로봇, DARPA를 중심으로 국방용 로봇기술이 집중적으로 연구되고 있다. 또한 로봇산업의 중요성이 높아짐에 따라 WTEC(World Technology Evaluation Center)에서는 세계 주요국가의 로봇 기술개발 현황이 조사되었다.^[3] 우리나라에서는 한국산업기술재단 주관으로 '05년 「지능형로봇산업기술 로드맵」을 작성하였고, '06년 개정한바 있다.^{[4],[5],[6]}

본 논문에서는 세계 주요 선진국의 로봇기술 로드맵을 통한 로봇산업의 기술개발 방향과 산업을 전망하고 한국의 지능형 로봇발전을 위한 전략을 제안 한다.

[†] 교신저자 : 지능형로봇사업단 기획국장

(E-mail : hsubpark@kitech.re.kr)

¹ 선문대학교 기계 및 제어공학부 부교수

(E-mail : kckoh@sunmoon.ac.kr)

² 지능형로봇사업단 단장, 한국생산기술연구원

(E-mail : hskim@kitech.re.kr)

³ 로봇종합지원센터장, 한국생산기술연구원

(E-mail : leehg@kitech.re.kr)

2. 기술 로드맵

기술 로드맵(Technology Roadmap)은 수요 주도의 기술계획이며, 미래 기술 발전 방향을 예측할 수 있는 기본적인 틀을 제공한다. 기술 로드맵에는 여러 가지 형태가 있으나, 가장 널리 사용되는 것은 EIRMA가 제시한 형태로 그림 1과 같다.^{[7],[8]} 이 구조에서는 시장을 예측하고, 예측된 시장에서 요구되는 제품과 구성기술을 시간 축에 정리한다. 크게 보면, 목표를 정하고, 현재의 위치에서 목표에 도달하는 방법을 정리하는 방식이다.

상층부에는 목표와 목표에 영향을 주는 동향과 요인 분석을 통해 기술개발의 배경과 필요성(Why)에 대한 정리가 필요하다. 중간층에는 목표를 달성하기 위한 제품이나 서비스 등에 관련되며 구체적으로 어떤 기술을 개발해서 어느 제품에 적용할 지(What)에 대한 구체화가 필요하다. How에 해당되는 개발자원 부분에는 투자, 인력, 배급망 등 자원이 정리 된다. 이러한 체계적인 접근을 통해 R&D 과제의 기술과 제품의 목표가 시장 수요에 바탕을 두게 되며, 구체성과 일관성을 유지할 수 있게 된다.

로봇산업의 경우 개인서비스용 로봇이 차세대 로봇의 시장성장을 주도할 것으로 예상되나, 아직 시장이 본격적으로 형성되지 않은 상황이다. 따라서 10-20년 이후를 내다보고 기술개발과제를 진행해야 한다. 이에 따라 기술개발 과제의 효용성에 대한 위험요소가 크기 때문에 세계 각국에서는 기술 로드맵을 작성하고 이를 기초로 기술개발과제를 추진함으로써 그 위험도를 최소화 하고 있다.

2.1 일본의 기술 로드맵

일본은 2006년 3월에 책정된 제3기 과학기술기본계획

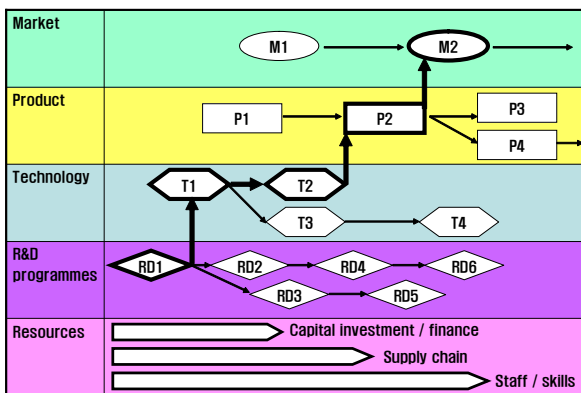


그림 1. 로드맵의 다층 구조

회에서 향후 5년간 약 25조엔 규모의 정부연구개발투자를 담고 있다. 이 계획에는 과학기술, 경제, 사회를 둘러싼 국내외 정세변화와 향후전망 등에 따라 과학기술이 지향하는 구체적인 정책목표를 설정하고 있다. 국민에게 가시적인 성과를 제공하는 것에 주안점을 둔 목표설정과 평가시스템을 확립하여 투자효과를 극대화 하고, 연구개발의 질을 향상 시키는 것을 목표로 하고 있다.

일본 경제산업성의 기술전략은 다음과 같다.

- (1) 경제산업성에서 실시하고 있는 연구개발 투자에 관한 방침, 내용, 성과 등에 대하여 국민에게 설명하고 이해를 구한다.
- (2) 기술동향, 시장동향 등을 파악함과 동시에 국가 혹은 민간에서 시행되어야 하는 주요기술을 선정하고 연구개발 프로젝트를 기획·입안하기 위한 정책인프라를 정비한다.
- (3) 전문화되는 기술, 다양화하는 시장 수요·사회수요에 대응하기위한 타분야타업종의 연계, 기술의 융합, 관련시책의 일체적 실시 등을 촉진함과 아울러 산·학·관의 종합력을 결집한다.

이와 같은 목적을 기반으로 로봇분야의 기술 전략맵이 함께 제시되었다. 저출산고령화, 노동인구 감소, 안전사회 실현, 편리하고 여유있는 생활 실현 등 일본사회가 직면한 문제를 해결하는 수단으로 로봇에 거는 기대가 크다. 또한 기계기술, 전자기술, 소재기술, 정보통신 기술 등 많은 기술이 융합된 시스템산업으로 일본이 강점인 대표적인 수직연계형 산업으로 보고 있다.

일본은 차세대 로봇의 실제적인 보급이 시작되는 시기를 2010년경으로 보고 있다. 보급의 촉진을 위해서는 단순한 연구개발 수준이 아닌 사용자의 수요에 맞춘 개발·도입지원 및 관련제도 정비를 강조하고 있다.

응용분야로는 차세대 산업용로봇, 서비스로봇, 특수 환경용 로봇의 3분야를 선정하고 있다. 로봇의 잠재수요를 감안, 10-20년 후에 요구되는 로봇의 미래상을 예측하고, 로봇이 갖춰야 할 기능·성능에 필요한 요소기술을 정리하였다. 로봇기술의 특징을 감안하여, 각 로봇에 필요한 니즈와 작업에 공통적으로 필요한 기능을 7개 목적·필요기능(환경구조화·표준화, 커뮤니케이션, 조작, 이동, 에너지원·과워 매니지먼트, 안전기술, 운용기술)으로 분류하고, 이를 실현하는 기술을 8개 항목(시스템화 기술, 환경구조화, 인식처리, 센싱, 제어, 기구, 구동기, 표준화)으로 분류하였다.

2.2 유럽의 기술 로드맵

EURON에서는 향후의 로봇기술개발과제를 결정하기 위해 로드맵을 작성하였으며(‘06.4)^[2] 현재기술 수준, 사회경제적 동인, 주요 애로기술, 주요동향과 기회, 기술적 요인 등에 바탕을 두고 있다.

로봇산업분야를 고도 생산시스템, 지능형 가정과 개인서비스용 로봇, 네트워크 로봇, 야외용 로봇, 헬스케어 로봇 등 5개 분야로 구분하였다. 향후 10-20년간 로봇의 적용과 도전 목표에 초점을 두었으며, 과제성과 평가와 실제 사회경제의 수요를 반영하는 것에 주안점을 두고 있다.

유럽은 제조용 로봇에서 세계적 리더이며, 기계공학, 인간공학, 센서기반 인식, 컴퓨터의 기술발전에 힘입어 다양한 로봇적용분야의 개척에 대한 높은 기대를 갖고 있다. 사회적 변화로는 고령화에 따른 노인인구의 생활 지원 로봇과 제조생산성 향상을 위한 제조용 로봇의 적용이 확대될 것으로 예상하고 있다.

2.3 우리나라의 기술 로드맵

기술혁신이 성장잠재력 확충, 고용창출, 양극화극복의 중요한 수단으로 보고 산업자원부와 한국산업기술재단 주관으로 산업별 산업기술로드맵을 작성하였다. (‘06.12)^[6] 선택과 집중에 의한 전략분야 제시 및 기술개발 위험 감소, 성과중심의 연구개발을 유도하고, 신기술 출현, 기술융합 등 신규패러다임을 반영하는 동시에, 산학연 및 정부가 공통으로 사용가능한 플랫폼형 기술개발로드맵을 작성하였다. 20개 산업에서 78개 혁신주도기술을 도출하였으며 지능형로봇산업에서는 홈서비스 로봇, 실버라이프케어 로봇, 사회안전·국방 로봇, 초정밀·초소형제조 로봇 등 4대 주요 응용 분야를 선정하였다.

2.4 미국의 기술 로드맵

미국에서는 기술맵이 작성되고 있지 않으나, 로봇기술이 중요하다는 판단 아래 WTEC 주도로 세계의 로봇기술 연구동향 조사와 기술력 평가를 실시하였다. ‘04년 미국내 100개 로봇기술 개발 기관·업체가 참여한 워크숍에서 현황보고 발표를 통해 미국의 로봇기술개발 현황을 파악하였다. 또한 이 센터는 일본과 한국 내 29개, 유럽 6개국 21개의 연구현장을 방문하여 세계주요국가의 로봇연구 현황을 조사하였고, 이를 근거로 「세계 로봇기술연구 평가보고서」를 ‘06년 1월 발표한 바 있다.^[3]

각 나라의 로봇기술 연구주체와 기술수준을 표 1과

표 1. 로봇 연구활동 비교

분 야		연구 정도/수준			
		미국	일본	한국	유럽
연구 투자	기초분야, 대학 중심의 연구	*****	***	***	***
	응용분야, 산업 중심의 연구	**	*****	*****	*****
	국가, 국제 주도 사업	**	*****	*****	*****
	산학연 협력	**	*****	*****	*****
연구 성과	로봇주행·민간/군사용	*****	**	**	**
	우주 로봇	***	***	-	**
	휴머노이드	**	*****	*****	*****
	산업용 로봇	**	*****	*****	**
	서비스용 로봇	***	*****	*****	*****
	개인용 로봇	**	*****	*****	**
	바이오/의료용 로봇	*****	**	**	*****

같이 평가하였다. 미국은 대학 중심의 기초연구가 강한 반면 한국과 일본은 산학연체제로 연구가 이루어지고 있다고 평가하였다. 미국은 군사·우주 분야와 바이오의료분야에서 강하며 한국과 일본은 개인서비스형 로봇에서 앞서 있다고 평가하였다. 유럽은 산업용 분야와 바이오·의료분야에서 강하다고 평가하였다.

3. 로드맵을 통해 본 지능형 로봇의 미래

일본, 유럽, 한국 등의 최근 지능형로봇 기술 로드맵을 통해 알 수 있는 것은 로봇산업을 국가적 차원의 미래기술로 육성하고, 기술 경쟁에서의 우위를 점하기 위한 효율적인 R&D 투자 방안이 필요하다는 사실이다. 이 장에서는 각국의 로봇기술 로드맵을 비교·분석함으로써 미래의 로봇산업에 대한 모습을 그려보았다.

3.1 개인 서비스용 로봇

각 나라의 기술 로드맵에서 공통적으로 언급되는 것은 고령화·저출산 사회 예측이다. 보통 전체 인구 중 65세 인구가 7%를 넘으면 고령화(Aging) 사회, 14%를 넘으면 고령 (Aged) 사회, 20%를 넘으면 초고령(Ultra-aged) 사회라 규정한다. 한국은 2026년 초고령 사회가 될 것으로 예상된다. 또한 2005년도의 출산률(여성이 평생 낳는 아이의 추정 수)이 1.19명으로 세계에서 가장 빠른 고령화 진행 속도를 보이고 있다.

이러한 고령화 시대에 대비하여 2020년경이면 노인 생활지원과 장애인 지원 등 생활지원 로봇과, 독신자의 증가와 생활의 편리성 추구에 의한 일반 가사지원 로봇, 안전을 위한 가정 경비 로봇, 인간과 대화가 가능한 친

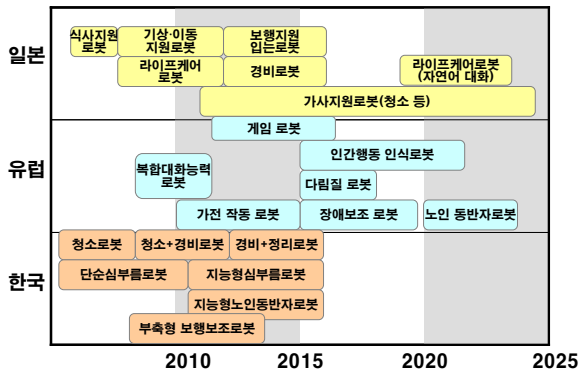


그림 3. 개인서비스용 로봇 로드맵

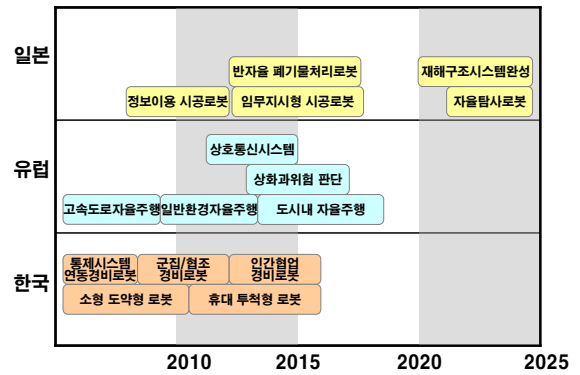


그림 4. 전문서비스용 로봇 로드맵

구로봇 등이 가정에 보급 될 것으로 예상된다.

또한, 20-25년 후의 가정의 모습은 센서와 네트워크를 통해 지능형으로 변화될 것이며, 개인서비스용 로봇과 함께 생활하게 될 것으로 예상하고 있다.

에로기술로는 학습에 의한 적응능력, 성능대비 가격, 안정성 등의 문제를 들고 있다. 인간과의 상호의사교환(HRI: Human-Robot-Interaction) 능력과, 학습, 추론, 인식 및 자율 등 지능분야의 기술이 주요기술로 될 것으로 보여 진다. 일본과 유럽은 10~20년의 중장기적 계획을 세우고 있으나, 우리나라는 이보다 좀 더 단기적인 개발을 계획하고 있다.

3.2 전문서비스용 로봇

주로 야외에서 활동하는 로봇으로 농업, 광업, 건설, 구조, 화재감시/소방, 위해환경 작업, 우주 탐사, 무인주행, 국방, 헬리콥터에 걸치는 광범위한 적용 범위가 있다. 주요개발 기술로는 안전과 자율주행, 실시간 분석, 환경인식 등을 들고 있다.

일본의 경우 산업 전반에 걸친 10개 분야의 다양한 전문서비스용 로봇을 전개하고 있다. 유럽의 경우는 주로 이동수단의 자율 주행에 초점을 두고 있다. 유럽에서는 자동차 사고로 인해 평균적으로 매일 150명의 사망자가 발생하는데 이는 매일 비행기 사고가 나는 것과 같은 규모이다. 유럽 도시간의 잦은 이동에 따른 문제점으로, 석유값 상승, 편리성 추구, 안전성 추구에 대한 해답을 지능형 운송 수단에서 찾고 있다.

한국에서는 안전추구의 수요증가에 따른 사회안전 분야의 시장이 성장할 것으로 보고, 공공기관의 경비로봇의 개발을 계획하고 있다. 또한 국방에 대한 특수환경에 의해 국방관련 로봇을 포함하고 있다.

3.3 제조용 로봇

일본은 차세대 산업용 로봇의 종류를 작업로봇과 반송로봇으로 구분하고, '10년까지 40만대, '25년까지 100만대의 로봇셀 설치를 목표로 하고 있다. '15년경까지 사람과 로봇이 작업을 분담하는 셀을 개발하고, '25년까지는 완전 무인화생산시스템을 개발을 예상하고 있다.

유럽은 20-25년 후 로봇이 제조현장의 주역이 될 것으로 예상하고 있으며, 일본과 미국에 대해 제조기술의 우위를 유지하기위해 제조용 로봇 기술개발이 필요하다고 보고 있다. 다품종 소량생산의 시장변화에 대응하기 위해 효율보다는 유연성과 민첩성이 요구되며 인간과 협동 작업 가능한 로봇 개발이 주가 되고 있다. 요구되는 기술로는 로봇팔의 경량화, 인간과 같은 공간에서 작업하기 위한 안전성, 사용편리성 등을 들고 있다. '10년경에 유연하고 가벼운 로봇팔, '15년경에는 공장수준에서의 인간과 공간 공유, '20년경에는 사용성이 향상된 제조용 로봇을 계획하고 있다.

이에 비해 한국의 로드맵은 구체적인 산업분야를 정하고 이에 필요한 로봇기술을 제시하고 있다. 반도체, 디스플레이와 같은 초정밀 제조현장과, 생명공학 분야

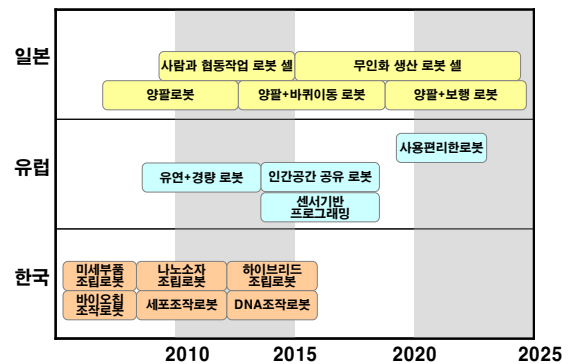


그림 5. 제조용 로봇 로드맵

의 초정밀·초소형 로봇기술을 목표로 하고 있다.

이 밖에 유럽의 로드맵은 네트워크 로봇과 의료용 로봇 분야를 정리하였으나, 한국과 일본에서는 이 분야를 포함하지 않고 있어 비교를 하지 않았다.

지금까지 일본, 유럽, 한국에서 최근 발표된 로봇기술 로드맵을 요약분석하였다. 로봇산업에 대한 기대는 높다고 할 수 있으며 로봇산업을 필요로 하는 사회, 경제, 요인에서는 유사한 점이 많았다.

전 세계적으로 함께 맞이하고 있는 고령화·저출산 추세에 따른 공통적인 해법으로서 로봇을 제시하고 있다. 고령화는 정신적·신체적 기능저하로 이를 지원해 줄 로봇의 등장을 예상하고 있다. 노인의 일상적인 생활 지원과 동반자가 되어 줄 로봇이다. 저출산에 따른 노동력 감소의 해법에도 역시 로봇이 거론 된다. 현재의 3D 작업 이외의 작업에도 지능형 로봇이 사용되어 부족한 노동력을 대신 할 것으로 기대하고 있다. 특히 이 분야는 각국의 제조경쟁력과 직결된다고 볼 수 있다. 인간과 협동으로 작업하는 로봇을 거쳐 궁극적으로는 무인화 공장을 예상하고 있다.

가정과 공장 이외의 일반 사회에서도 로봇의 등장을 예상하고 있으며 이 분야는 각국의 상황에 따라 많은 차이를 보이고 있다. 일본은 사회 전반에 걸친 로봇 적용을 계획하고 있으며, 유럽은 이동 수단의 지능화에 초점을 두고 있다. 한국은 특수한 상황에 의한 국방로봇을 포함하고 있다.

4. 결 론

본고를 통해 세계 선진 각국에서는 지능형로봇을 신산업을 창출하는 성장동력으로 인식하고 있으며, 중장기적인 안목과 계획을 바탕으로 정부차원의 기술개발 투자가 진행되고 있음을 알 수 있었다. 기술 로드맵 작성을 통해 미래사회를 예측하고, 로봇의 목표 시장과 이에 요구되는 제품과 기술을 선정함으로써 기술개발의 집중화와 효율향상을 꾀하고 있다. 기술 로드맵의 내용은 각국의 사회, 경제, 문화 등의 상황에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다.

이와 같은 비교를 통해 우리나라의 로봇기술 로드맵이 개선되어야 할 사항으로 다음과 제언하고자 한다. 우선 로봇 기술에 대한 중단기적인 시각을 들 수 있다. 모든 응용 분야에서 당장의 산업화와 시장 창출에 초점을 두다보면, 신기술에 대한 도전적인 연구개발이 어려울 수 있다. 연구 성과도 단기간 내에 달성 가능한 수준의

기술로만 구성되어 오히려 시장에서 외면당할 수가 있다.

기술의 발전 속도와 시장이 형성되는 성과와 가격을 고려하여 단계별 기술개발투자 전략을 고려할 필요가 있는 것 같다. 단기적으로는 제조업용 로봇의 시장을 확대하고, 중기적으로는 고기능/고가격의 제품이 가능한 전문서비스용 로봇을 목표로 하고, 장기적으로는 일반 소비자를 대상으로 하는 개인서비스용 로봇을 목표로 하는 것도 한 예가 될 것이다.

둘째로는 로봇산업의 창출을 위해 단순한 기술 확보 정책뿐만 아니라 산업화 기반 조성이 함께 진행되어야 하는 점이다. 공공 분야의 시범적인 로봇도입 등을 통해 로봇의 초기시장을 열어 갈 수도 있다. 개인 서비스용 로봇은 업체의 다양한 아이디어가 시도 될 수 있는 제도적 뒷받침도 필요할 것으로 보인다.

마지막으로 로봇의 응용 분야는 산업 전반에 걸쳐 있다. 따라서 로봇 기술 개발 정책도 범부처적인 역량을 집결할 수 있도록 검토되어야 할 것이다. 산업, 복지, 교육, 국방, 농수산, 건설 등의 분야를 통합하는 총괄적인 마스터플랜을 세우는 것이 시급하다고 본다.

참 고 문 헌

- [1] “기술전략 MAP 2006”, 일본 경제산업성, April, 2006.
- [2] “DR.1.1-Research Roadmap V.1”, EURON, April, 2006.
- [3] George Bekey, Robert Ambrose, Vijay Kumar, Art Sanderson, Brian Wilcox, Yuan Zheng, “WTEC Panel Report on International Assessment of Research and Development in Robotics”, WTEC, January, 2006.
- [4] “차세대 성장동력 Roadmap -지능형 로봇” 한국산업기술재단, 지능형로봇 성장동력 사업 단, 12.2005.
- [5] “2006 산업기술로드맵-지능형로봇” 지능형로봇 사업 단, 11.2006.
- [6] “2015 산업기술 비전 및 신산업기술 R&D 전략”, 산업자원부, 한국산업기술재단, 12. 2006.
- [7] EIRMA, “Technology Roadmapping - delivering business vision”, European Industry Research Management Association, Working Group Report No.52, Paris, 1997.
- [8] Marie L.Garcia, Olin H. Bray, “Fundamental of Technology Roadmapping”, SAND97-0665, April, 1997.
- [9] “신경제성장전략”, 일본 경제산업성, 6. 2006.

- [10] “로봇정책연구회 보고서 -RT 혁명이 일본을 비약시킨다-”, 일본 로봇정책연구회, 5. 2006.
- [11] “제조정책에 있어 로봇정책의 위치 및 향후 방향성에 관한 조사연구보고서”, 일본 기계공업연구회/UFJ종합연구소, 3. 2005.



박 현 섭

1984 서울대학교 기계설계학과 (공학사)
1989 한국과학기술원 정밀공학 (공학박사)
2006~현재 한국생산기술연구원 지능형로봇사업단
관심분야 : 로봇틱스 및 감성엔진, 얼굴표현



고 경 철

1982 연세대학교(공학사)
1984 한국과학기술원 기계공학 (공학석사)
1994 한국과학기술원 정밀공학 (공학박사)
1998~현재 선문대학교 교수
관심분야 : 로봇틱스 및 지능제어, 자율이동, 머신비전



김 홍 석

1980 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1990 서울대학교 제어계측공학과(공학박사)
1991~현재 한국생산기술연구원 지능형사업단장
관심분야 : 로봇틱스 및 S/W 개발환경



이 호 길

1980 한양대학교 기계공학과 (공학사)
1986 오사카대학교 제어공학과 (공학석사)
1989 오사카대학교로봇공학과 (공학박사)
1991~현재 한국생산기술연구원 로봇종합지원센터장
관심분야 : 로봇틱스 및 안드로이드