

로봇융합부품 산업 및 기술동향

I. 서론

로봇산업은 자동차, PC, 휴대폰 이후 21세기 대표적 엔드유저 제품으로서 국민소득 4만불 시대를 선도할 미래 핵심 성장동력 산업이다. 미래 산업의 주요한 흐름으로 인식되고 있는 제4차 산업혁명은 제조업과 정보통신기술(ICT)을 융합해 작업 경쟁력을 제고하는 차세대 산업혁명을 일컫는 말로서, 이러한 기술 흐름의 중요한 자리를 로봇 기술이 맡고 있음은 주지의 사실이다.

로봇 기술의 산업적 중요성을 대변하듯 세계 로봇시장은 '20년 429억불, '25년 669억불 수준으로 연평균 9% 이상의 성장을 지속할 것으로 예측되고 있다^[1]. 또한, 국내 로봇시장의 경우 2007년 이후 연평균 19% 이상의 지속적인 성장을 나타내고 있으며, 비중 면에서는 제조업용 로봇시장의 비중이 제일 크나, 성장률 측면에서는 전문서비스용 로봇이 제일 높은 상황이다^[2].

로봇 기술은 다양한 요소기술들의 집합으로 이루어지는 시스템 기술로서, 로봇 시스템을 구성하는 로봇부품 기술이 기반기술이자 핵심기술이라 할 수 있다.

본 고에서는 차세대 성장동력 산업으로 부각되고 있는 로봇산업의 국내외 산업현황 및 기술현황을 살펴보고, 로봇 시스템의 성능을 규정짓는 핵심 부품인 로봇융합부품 산업 및 기술 현황을 살펴보고자 한다. 마지막으로 로봇융합부품 산업을 지원하기 위해 운영되고 있는 로봇융합부품지원센터에 대해 소개하고, 결론으로 로봇산업 및 로봇부품산업 발전을 위한 방안을 제시하며 본 글을 맺고자 한다.



정인성
전자부품연구원
로봇융합부품지원센터



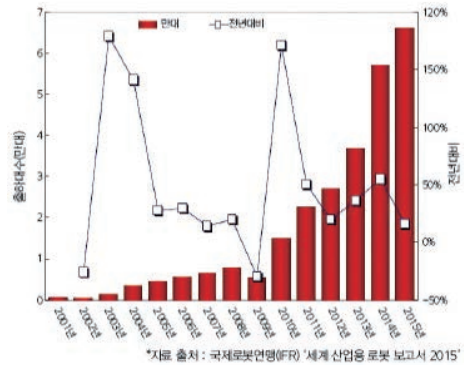
II. 로봇산업 및 로봇부품산업의 현황

1. 세계 로봇산업의 현황

국제로봇협회(International Federation of Robotics, IFR)의 보고서에 따르면, 2014년 세계 로봇시장은 167억불 수준이며, 이중 107억불이 제조용 로봇으로서 64% 가량을 차지하고 있다. 다음으로는 전문서비스용 로봇이 38억불, 개인서비스용 로봇이 22억불을 나타내고 있다. 개인서비스용 로봇은 절대적인 비중은 낮지만 성장률 측면에서는 가장 높은 것으로 나타났다.

2018년에는 세계 로봇시장이 211억불 규모를 형성하여 본격적인 성장단계에 진입할 전망이다. 제조용 로봇은 아시아를 중심으로 전자제품 제조·생산기술 발전에 따라 '15년도 110억불, '20년도 164억불, '25년에 244억불 규모가 될 것으로 보이며, 서비스용 로봇 시장은 개인서비스용 로봇의 모바일 플랫폼의 고성장, 전문서비스용 로봇의 물류시스템, 의료재활보조, 재난복구/안전 등 분야의 로봇수요 증가에 따라 '25년도 260억불 규모로 성장하여 제조용 로봇 시장을 추월할 것으로 전망된다.

세계 로봇시장의 흐름 가운데 주목해야 할 나라는 중국으로서, 중국은 세계 평균 성장률을 훨씬 상회하고 있다.

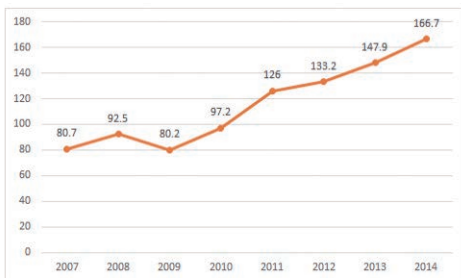


〈그림 2〉 중국의 제조용 로봇 출하대수 추이

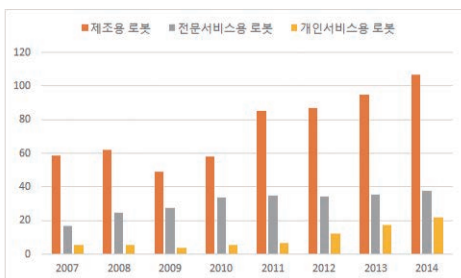
세계 제조용로봇 출하대수는 금융위기 이후인 2011년부터 두드러진 증가세를 보이고 있는데, 중국에서는 2010년부터 급증하기 시작하여 2014년에는 세계시장의 25%를 차지하는 5만 7천대에 달했다. 그 배경에는 로봇이 다수 도입되고 있는 자동차와 전자제조업 등의 급속한 발전과 일손 부족 및 임금상승 등의 요인이 있다. 이러한 높은 수요에도 불구하고 중국 내의 로봇 생산량은 3만대 수준으로 자국의 수요를 만족시키지 못하고 있다. 올해들어 중국의 자본이 독일의 세계적 로봇회사인 KUKA를 인수한 배경에는 이러한 자국내 높은 시장수요가 있었으며, 중국의 이러한 시장 확대는 향후에도 지속될 것으로 전망된다.

2. 국내 로봇산업의 현황

현재 우리나라 로봇의 세계시장 점유율은 11%로 세계 4위 수준이며, 〈그림 3〉에 도시한 바와 같이 국내 로봇시장 규모는 2007년 이후 연평균 19.6%로 지속적으로 성장 추세이다. 〈표 1〉은 로봇산업의 분류별 국내 매출, 생산, 수출, 수입 규모를 정리한 것으로서, 2014년 기준 국

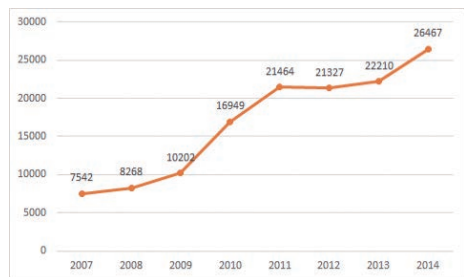


(a) 세계 로봇산업의 연차별 규모



(b) 세계 로봇산업의 종류별 규모

〈그림 1〉 세계 로봇산업의 규모



〈그림 3〉 연도별 국내 로봇시장 규모 (생산액 기준)

〈표 1〉 로봇산업 분류별 2014년 국내 주요지표
(단위 : 억원, %)

구분	매출		생산		수출		수입		
	2014	비중	2014	비중	2014	비중	2014	비중	
제조	21,013	73.6	19,672	74.3	6,313	84.6	1,728	43.8	
서비스	3,565	12.5	3,385	12.8	885	11.9	243	6.1	
	전문	728	2.6	657	2.5	54	0.7	133	3.4
	개인	2,837	9.9	2,728	10.3	831	11.1	110	2.8
부품·부분품	3,962	13.9	3,409	12.9	265	3.6	1,978	50.1	
합계	28,540	100	26,467	100	7,464	100	3,949	100	

(출처: 2014 로봇산업 실태조사 결과보고서, 한국로봇산업진흥원)

내 로봇산업 생산규모는 2조 6천억원 규모이며, 제조용 로봇이 2조원으로 전체 생산액의 74.3%, 개인서비스용 로봇이 2,728억원으로 10.3%를, 로봇부품 및 부분품이 3,409억원으로 12.9%를 차지하고 있다^[2].

3. 로봇부품 산업의 현황

〈표 1〉에서 제조용 로봇의 생산 비중은 74.3%이며 로봇부품 및 부분품의 생산비중은 12.9%를 나타내고 있다. 그러나, 수입 비중을 살펴보면, 제조용 로봇의 수입비중이 43.8%임에도 불구하고 로봇부품 및 부분품의 수입비중은 50.1%로서, 타 부문에 비하여 로봇부품 및 부분품의 수입비중이 매우 높음을 알 수 있다. 즉, 로봇시스템을 구성하는 로봇부품 산업은 국내 경쟁력이 부족하여 상당 부분을 수입에 의존하고 있는 현실이다.

〈표 2〉는 로봇부품 및 부분품의 자급률(국산화률) 추이를 나타낸 것이다. 연차별로 수입액은 꾸준히 유지되고 있으나, 생산 및 수출은 점진적으로 증가하고 있는 추세여서, 아직까지는 국산화율이 낮은 수준이지만 점차 높아지고 있는 추세이다.

〈표 2〉 로봇부품 및 부분품의 자급률 추이
(단위 : 억원, %)

	2011년	2012년	2013년	2014년
생산	1,909	1,829	2,223	3,409
수출	79	120	207	265
수입	1,877	1,628	2,354	1,978
자급률	49.4	51.2	46.1	61.4

III. 로봇부품 기술동향

1. 로봇융합부품의 정의

로봇은 다양한 부품 및 부분품들의 집합체로서 수백~수천개의 부품으로 시스템이 구성된다. 로봇부품 산업은 로봇산업의 허리로써 산업의 선순환 구조를 구축하는 역할을 담당하여 로봇산업이 주력산업으로 성장하도록 지원하는 중요한 산업분야이다. 로봇부품은 구조부품, 구동부품, 센싱부품, 제어부품, 소프트웨어, 기타 부품 및 부분품으로 세분할 수 있으며, 이중에서도 로봇용 센서, 로봇용 제어기, 로봇용 구동기는 로봇의 3대 핵심부품이라 할 수 있다. 이들 부품들은 로봇의 필요한 기능을 수행하기 위해 하드웨어 및 소프트웨어가 융합되어진 형태로 부품 또는 모듈이 구성되므로 로봇융합부품으로 호칭할 수 있다. 〈그림 4〉는 3대 로봇융합부품의 범위를 도시한 것이다^[3].

2. 로봇용 센서 기술동향

로봇용 센서는 측정하는 물리량의 종류에 따라 시정각 센서, 거리 센서, 역학 센서(힘토크센서/관성센서) 등으로 구분된다.

시정각 센서는 로봇이 영상의 의미(Context)를 이해하기 위하여 필요한 센서로서 다양한 광학계를 통하여 영상을 받아들여 로봇의 시각시스템(Vision System)에 적용하기 위한 센서이며, 단순한 영상 저장 기능을 넘어서 최근에는 3D 정보와 특징(Feature)을 토대로 환경변화에 강한 제스처인식/사람인식/사물인식 등과 같은



〈그림 4〉 로봇융합부품의 범위



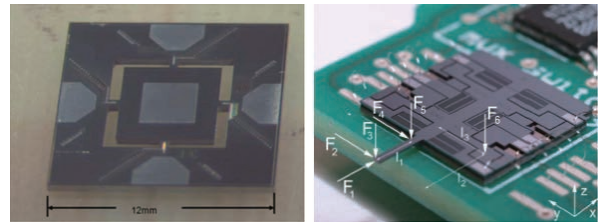
〈그림 5〉 미국 PointGrey사의 Ladybug 옴니카메라 및 Bumblebee 스테레오카메라



〈그림 7〉 캐나다 ATI사의 힘토크센서 시리즈



〈그림 6〉 미국 Leap motion 제스처인식(좌), Dinast사의 제스처인식용 3D센서(우)



〈그림 8〉 프라운호퍼 연구소의 MEMS 기반 2축 힘토크센서(좌) 및 ETH 연구소의 MEMS 기반 6축 힘토크센서(우)

영상의 의미를 이해하는데 도움이 되는 정보를 제공하고 있다. 미국의 PointGrey사에서는 스테레오 카메라인 Bumblebee 시리즈와 옴니 카메라인 Ladybug 시리즈 등 다양한 형태의 다중카메라를 제공하며 우수한 품질로 지능형 로봇 연구에 많이 사용되고 있다. 또한, 게임산업 분야에서 미국 Microsoft사의 Kinect의 성공에 힘입어 최근 저가형 TOF 3D 카메라의 성능과 가격이 획기적으로 개선되었으며, 기존의 2D, 3D 센서에 여러 가지 제스처/얼굴인식 등의 알고리즘을 결합한 형태의 센서모듈 및 칩셋이 개발되어 지능형 로봇에 적극 활용되고 있다.

청각 센서의 경우, 구글 보이스, 애플 시리 등의 영향으로 국내에서도 음성인식에 대한 인식에 많은 변화가 있었고, 다양한 분야에서 최적의 사용자 인터페이스로서 음성인식에 대한 요구가 많아지고 있다.

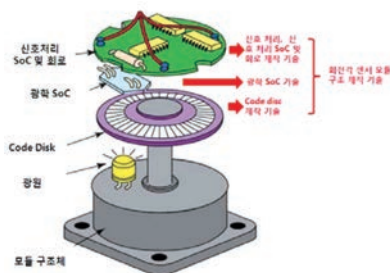
로봇에 사용되는 역학센서로는 힘토크센서가 가장 대표적이다. 스트레인 게이지, 정전센서, 광학센서 등의 계측소자를 정밀 가공한 구조물에 장착하고, 이를 검사하고 캘리브레이션하는 일련의 공정들이 매우 복잡하기 때문에 현재 상용화되어진 힘토크센서는 외산품들이 주를 이루고 있으며 매우 고가이다. 캐나다의 ATI사, JR3사, 독일의 Schunk사가 대표적인 로봇용 힘토크센서 회사들이다.

최근에는 MEMS 기술을 활용하는 초소형 힘토크센서들도 등장하고 있는데, 독일 프라운호퍼 연구소에서는 MEMS 기술을 이용하여 12mm의 크기에 100N, 5Nm의

2자유도를 측정할 수 있는 초소형 힘토크센서를 개발하였으며, 스위스 ETH 연구소에서는 초소형 6축 힘토크센서를 개발하였다. (〈그림 8〉)

흔히 엔코더(encoder)로 호칭하고 있는 회전각 센서는 구동기의 위치(회전각) 제어를 위하여 필수적인 센서로서, 광학식, 자기식 등으로 세분할 수 있다. 〈그림 9〉는 광학식 회전각 센서의 구조를 나타내는 것으로서, 광원 및 디스크 등의 광학기술과 함께 수신한 광학신호로부터 회전각 정보를 얻기 위한 신호처리 기술이 핵심 기술이다.

독일의 Heidenhain, Sick사 등과 함께, 일본의 Mitsubishi, Yaskawa, Omron 등이 기술을 선도하고 있으며, 국내의 경우 광우에서 20bit급 엔코더의 개발에 성공하였으며, RS오토메이션에서는 21bit급 회전각 센서를 개발하여 상용화를 준비중에 있다.



〈그림 9〉 구동기용 회전각 센서의 구조

3. 로봇용 구동기 기술동향

로봇 구동기는 대부분 전기모터와 감속기의 조합으로 구성된다. 일본, 스위스, 독일, 미국 등을 중심으로 모터의 고회전밀도화 및 고정밀화 기술이 선도되고 있으며, 다양한 성능 및 크기의 모터가 개발 및 판매되고 있다. 모터와 제어기가 분리된 형태에서 진화하여 모터 내부에 위치센서, 외부와의 신호교환을 위한 네트워크 기능 및 판단을 위한 연산회로가 패키지 형태로 일체화되는 Smart Actuator로 기술이 진화하고 있다.

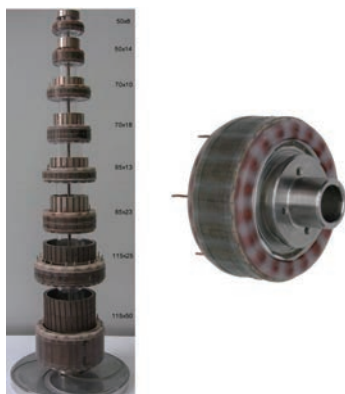
스위스의 Maxon사는 슬롯리스 구조에 기반하여 고회전밀도의 모터를 다양하게 개발/생산하고 있으며(〈그림 10〉), 미국의 Kollmorgen사는 프레임리스(frameless) 형태의 다양한 사양과 출력 시리즈의 모터를 개발하여 판매하고 있는데, 이는 다극 다슬롯의 박형 타입으로 하모닉 감속기와 결합이 용이하여 로봇 관절용 등으로 사용이



〈그림 10〉 슬롯리스 모터 (스위스 Maxon사)



〈그림 11〉 High torque 모터 (미국 kollmorgen사)



〈그림 12〉 다극 박형 모터 (독일 Robodrive사)

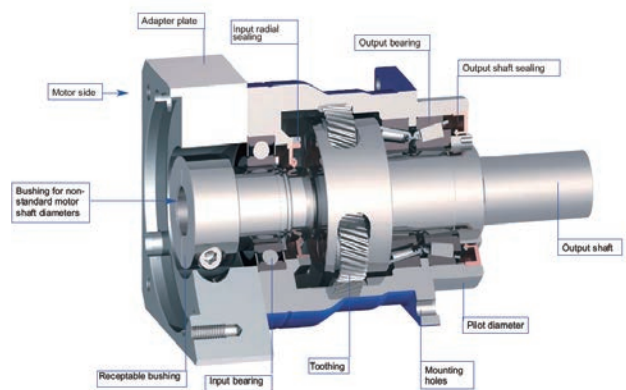
확대되고 있다(〈그림 11〉). 독일의 Robodrive사에서도 로봇 매니플레이터 용으로 분할코어 구조의 다극 박형의 모터를 개발하여 활용하고 있다(〈그림 12〉).

로봇용 감속기로는 주로 2가지의 감속기가 채용되고 있다. 첫째는 인볼류트 기어 유성형 감속기이며, 두 번째로는 하모닉 감속기이다. 하모닉 감속기는 좁은 공간 내에서 고정밀, 고감속비를 효과적으로 구현할 수 있고, 중공형으로 만들기 쉬운 특징을 가지고 있으므로 로봇 시스템을 구성하는 데에 채용이 증가하고 있다.

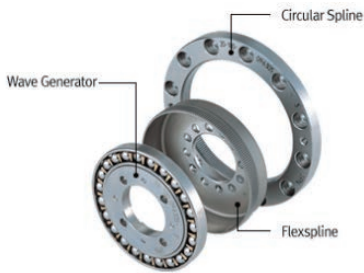
제조 로봇용 유성감속기의 경우 독일의 FATEC, 대만의 APEX 등의 회사가 허용 부하하중 10Nm~2,000Nm 사양의 감속기를 생산하고 있으며, 서비스 로봇용 유성감속기의 경우 독일의 Faulhaber, 스위스의 Maxon 등에서 허용 부하하중 0.002Nm~100Nm까지의 유성감속기를 생산하고 있다. 감속기의 주요 성능사양인 백래쉬(Backlash)는 약 5~10arcmin 수준을 나타낸다.

하모닉 감속기는 Wave Generator, Flexspline, Circular Spline이라는 3개의 기본부품만으로 구성되어 단일 감속으로 1/20~1/100 가량의 높은 감속비를 얻을 수 있으며 백래쉬가 1~3arcmin 정도로 매우 우수한 특성을 지니는 감속기이다. 일본의 Harmonic Drive Systems사와 독일의 Harmonic Drive AG 등이 압도적인 시장 점유율을 보이고 있으며, 국내에서도 최근에서야 국산화가 일부 이루어지고 있는 상황으로서 매우 높은 기술력을 요하는 기계부품이다.

최근들어 인간과의 협업이 가능한 형태의 다관절 로



〈그림 13〉 유성 감속기의 구조 (독일 FATEC사)

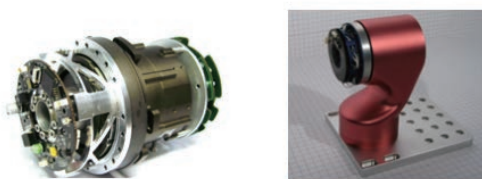


〈그림 14〉 하모닉 감속기의 구조

로봇 시스템이 활발하게 개발되고 있다. 이러한 다관절 로봇 시스템은 관절부에 힘토크센서를 탑재하여 인간과의 충돌시 즉각적으로 움직임을 멈춤으로써 안전성을 확보하고 있다. Universal Robots사의 UR3, UR5, UR10 시리즈가 대표적인 사례이며, 독일의 KUKA, 일본의



(a) 융합형 구동모듈의 구조도



(b) 조립된 1축 구동모듈 (c) 외형이 조립된 구동모듈

〈그림 15〉 다관절로봇용 융합형 구동모듈



〈그림 16〉 국내 KETI에서 개발된 다관절 로봇의 사례

Yaskawa 등에서도 인간과의 협업이 가능한 양팔 또는 단팔 형태의 다관절 로봇들을 다수 출시하고 있다. 이러한 로봇 시스템에 요구되어지는 구동기는 모터, 감속기와 함께, 힘토크센서, 회전각 센서, 제어기, 네트워크 기능이 일체화된 융합형 구동모듈이다.

4. 로봇용 제어기 기술동향

로봇 제어기는 로봇 구동기를 제어해 주는 모듈로서 전력변환 H/W부와 제어 S/W부로 세분된다. 해외에서는 델타타우, MEI, NI, Beckhoff 등 선진 기술업체가 모션 네트워크에 기반한 새로운 개념의 Soft Motion 제어 기술에 대한 배탈을 수행하여 시장 진입을 시도하고 있는 상황이며, 미국의 Motion Engineering사의 MEI Motion Controller는 자체 산업용 고속 네트워크 Synqnet을 기반으로 PC와 연계하여 다축 실시간 모션 컨트롤러를 개발하였으며, Delta tau사는 uMac 등 사용자 편의성을 강화한 H/W 기반 범용 다축 모션 제어기를 개발하였다.

이스라엘의 ACS Motion사는 자체 실시간 S/W 기술을 기반으로 PC 및 S/W 기반의 개방형 산업용 네트워크인 EtherCAT을 기반으로 한 다축 실시간 S/W 기반 모션 컨트롤러를 개발하였으며, Elmo Motion사는 고신뢰성 서보 드라이브 및 단축 제어기 기술을 기반으로 네트워크 기반 다축 모션 제어 시스템을 개발하였다.



〈그림 17〉 Beckhoff사의 TwinCAT(좌), Delta tau사의 UMAC(우)

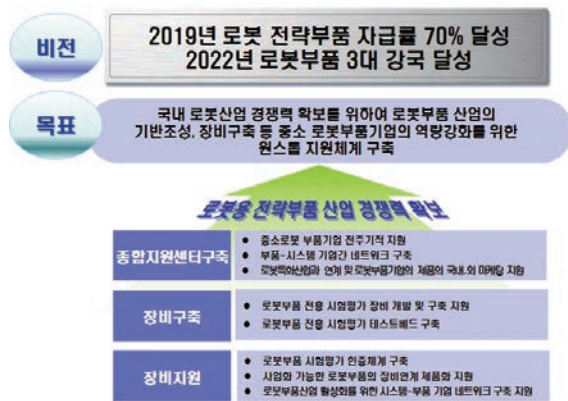


〈그림 18〉 이스라엘 ACS Motion사의 소프트웨어 기반 모션 제어기

VI. 로봇융합부품지원센터의 운영

전자부품연구원에서는 로봇융합부품 산업의 경쟁력 향상을 위하여 산업통상자원부의 지원을 받아 산업기술개발기반구축사업으로 2014년 9월부터 2019년 8월까지 5년간 “로봇융합부품 고도화 기반구축 사업”을 수행중에 있다. 본 사업을 통하여 로봇부품 산업의 기반조성, 장비구축 등 중소 로봇부품기업의 역량강화를 위한 지원체계를 구축하여 기업들을 지원하는 것을 목표로 하고 있다.

로봇융합부품지원센터는 부천시의 부천테크노파크 403동 14층에 위치해 있으며, 부천산업진흥재단이 참여기관으로 함께 지원활동을 수행함으로써 장비구축, 기술개발 지원, 전시회 참가지원, 기업간 네트워크 등을 활발히 진행하고 있다. 현재까지 구축한 장비는 <표 3>과 같이 7종이며, 향후 지속적으로 로봇부품 기업들이 필요로 하는 장비들을 구축해 나갈 계획이다. 장비별 세부사양의 확인이나 사용신청은 로봇융합부품지원센터 홈페이지 www.helprobot.kr에서 가능하다.



<그림 19> 로봇융합부품 고도화 기반구축사업의 비전 및 목표

<표 3> 로봇융합부품지원센터에서 구축한 시험평가 장비 리스트

번호	장비명
1	50Nm급 로봇 액추에이터 성능분석기
2	3D 환경 실측용 Reference 센싱시스템
3	2kHz급 네트워크 모션동기제어 성능측정시스템
4	150Nm급 로봇 액추에이터 성능분석기
5	6자유도 로봇 머니플레이터 성능측정 시스템
6	비접촉 광학식 3차원 스캐너
7	복합소재 3D 프린터

V. 결론

로봇융합부품은 로봇 시스템의 성능과 가격을 결정짓는 핵심 기반성 산업으로서, 로봇 산업의 경쟁력 강화를 위해서는 로봇부품 산업의 경쟁력 강화가 선행적으로 필요하다. 우리나라의 로봇산업은 세계 4위를 점유하고 있으나 구동기, 제어기, 센서 등의 핵심 로봇융합부품들에 있어서는 기술력 및 산업경쟁력이 아직은 많이 부족한 실정이다. 그러나, 무에서 유를 창조해 온 대한민국의 저력을 살려 산·학·연 전문가들이 효과적으로 협력하고 융합한다면 로봇융합부품 분야에서도 세계 강국이 충분히 가능할 것으로 보며, 그러한 과정에서 전자공학인의 큰 역할을 기대한다.

참고 문헌

- [1] World Robotics Industrial Robots 2015, International Federation of Robotics (IFR), 2015.
- [2] 2014 로봇산업 실태조사 결과보고서, 한국로봇산업진흥원, 2015. 08.
- [3] 스마트 로봇부품 2022 추진전략, KETI, 2012.



정인성

- 1993년 2월 한양대학교 전기공학과 졸업
- 1995년 8월 한양대학교 대학원 전기공학과 석사 취득
- 2000년 2월 한양대학교 대학원 전기공학과 박사 취득
- 2000년 1월~현재 전자부품연구원
지능메카트로닉스연구센터 수석연구원
- 2008년 2월~현재 전자부품연구원
지능메카트로닉스연구센터 센터장
- 2011년 2월~현재 전자부품연구원
부천메카트로닉스연구단 단장(겸직)
- 2016년 5월~현재 로봇융합부품지원센터 센터장

<관심분야>
전동기, 로봇, 전기자동차