

특집 : 로봇기술과 산업현황 기술

제조용 로봇의 기술 전망과 경남 로봇·메카트로닉스센터의 기업지원 현황

하 영 호

(경남테크노파크 로봇·메카트로닉스센터 센터장)

로봇산업은 통섭(統攝, Consilience)의 시각에서 접근해야 할 대표적인 미래지향형 산업이다. 로봇은 단일 제품을 이루는 부품의 설계, 생산, 유통, 관련 소프트웨어, 서비스/콘텐츠 제작·운용뿐 아니라, 건설, 의료, 국방 등 제조영역을 넘어 타산업과 융합해야함은 물론이고, 산·학·연·관의 전 분야에서 협력이 필요한 산업이다. 이 글은 제조용 로봇의 주요 기술 동향과 (재)경남테크노파크 로봇·메카트로닉스센터의 로봇기업지원 현황을 중심으로 우리나라 제조용 로봇산업에 대해서 접근한다.

1. 서론

로봇(Robot)이란 단어는 체코의 극작가 카렐 차페크(Karel Capek)가 1921년 자신의 희곡 'R.U.R.(Rossum's Universal Robots)'에 등장하는 '주인을 공격하는 인조인간'을 로봇으로 지칭한데서 유래하는데, 체코어로 강제노역을 뜻하는 로보타(Robota)에서 그 의미를 찾을 수 있으므로, 최초의 로봇은 인간의 노동을 대신해 주는 어떤 기구 혹은 장치라는 의미로 해석할 수 있다. IFR(International Federation of Robotics)에서는 로봇을 산업(제조)용 로봇, 서비스용 로봇으로 나눈다.^[1] 제조용 로봇은 기계적 구조나 사용목적 혹은 그 용도에 따라 여러 가지로 분류할 수 있는데, 주로 용도에 따라 이적재용 로봇, 공작물 착·탈용 로봇, 용접용 로봇, 표면처리용 로봇, 조립·분해용 로봇, 가공용 로봇, 공정용 로봇, 시험·검사용 로봇, 기타 제조업용 로봇

으로 나눌 수 있다.^[2] 서비스용 로봇은 다시 전문서비스용과 개인서비스용으로 나누기도 한다. 현재 로봇과 관련된 학문 분야는 기계·전기·전자·컴퓨터와 같은 공학이 주를 이루지만, 로봇에 지능을 부여하거나 인간형 로봇을 개발하기 위해서는 의학, 생물학, 심리학, 언어학, 인지과학, 철학뿐만 아니라 인간이 가진 특정한 지식 혹은 기술을 로봇에 적용하는 것이 옳은가하는 윤리학까지도 포함하고 있다.

2. 로봇산업의 기술적 동향

로봇산업은 IT(Information Technology)혁명을 이룬 21세기 최고의 고부가가치 산업이 될 것이라는 데 별 다른 이의가 없다. 이러한 예측을 실현하기 위해서, 세계 주요 국가들은 자신들만의 비전과 목표를 세워, 산업적/정책적 측면에서 지원·육성하고 있다. 주요 국가별 기술동향을 살펴보면 표 1과 같으며 미국의 경우 인공지능과 머신비전 등 원천기술, 일본의 경우 액추에이터와 센서 등 부품 기술, 유럽연합은 인지(Cognition), HRI(Human-Robot Interface)분야, 우리나라는 제조용 로봇 시스템 기술면에서는 동등한 수준이거나 경쟁력을 갖추고 있는 것으로 조사되었다.^[3]

제조용 로봇은 사용목적과 용도가 명확하므로 지금까지 로봇산업과 로봇기술 발전의 견인차 역할을 하고 있으며, 제조·생산성 분야에서 원가절감과 공정혁신의 필수 요소로 그 역할을 확고히 하고 있다. 하지만, 공학적 관점에서 보면 제조용 로봇은 여전히 정밀 위치제어장치로 볼 수 있으며, 기존

표 1 주요 국가별 로봇 기술 동향

국가	주요 기술 동향
미국	<ul style="list-style-type: none"> · 세계 최고 수준의 원천기술 확보 · 최근 특수목적용 로봇 개발 등을 통해 로봇 응용 기술개발을 강화 · 군사용, 우주탐사/우주개발용, 의료/재활용 로봇 분야 기술개발에 집중 · 인공지능, 센서/센싱 원천기술 분야의 강점을 바탕으로 S/W개발
일본	<ul style="list-style-type: none"> · 제조용 로봇 기술 경쟁력을 바탕으로 서비스 로봇 기술 주도 · 엑추에이터, 센서 등 부품기술력을 바탕으로 휴머노이드 로봇 개발에 집중
유럽 연합	<ul style="list-style-type: none"> · 매니퓰레이터, 핸드제어, 자율주행 기술에 강점 · 고령화 사회에 대비, 실버/복지 로봇 연구
중국	<ul style="list-style-type: none"> · 로봇을 첨단제조기술로 분류하여 집중지원 · 휴머노이드 로봇, 노인/장애인 지원로봇, 구조용, 우주탐사/개발용, 해양탐사용 로봇 개발 추진
UAE	<ul style="list-style-type: none"> · 로봇 조정 낙타경주대회, 국제 로봇 올림피아드 개최 · 휴머노이드 로봇 개발 추진
한국	<ul style="list-style-type: none"> · 제조용 로봇 시스템 기술 경쟁력 보유 · IT기술과 제조/생산기술을 활용한 로봇 연구 · 교육 및 개인서비스로봇 개발 집중

의 수치제어기반의 위치제어장치에 각종 센서를 덧붙여서 유연성과 활용성을 높인 것이다. 따라서, 제조용 로봇의 기술 동향은 구동부에 대한 기술 동향과 주요 센서류에 대한 기술 동향으로 나누어 파악할 필요가 있으나, 이 글은 제조용 로봇의 구동부 기술 동향을 간략히 정리했다.

3. 제조용 로봇 구동부 기술 동향

그림 1은 전형적인 제조용 로봇 모델을 완성하는 과정을 도식화 했다. 모델을 제안하기 전에 우선적으로 원하는 로봇의 기구/기하학적 정보와 모델이 만족해야할 정밀도에 대한 규격이 결정되어야 한다. 다음으로 동일화 과정(Identification Procedure)를 거쳐게 된다. 흔히, 모델링은 크게 구조에 대한 동일화(Structure Identification)과정과 계수에 대한 동일화(Parameter Identification)과정으로 나눌 수 있으며, 데이터 획득 및 신호처리, 계수추정과정을 거쳐 하나의 모델이 제안되고, 제안된 모델에 대한 검증과정을 거쳐서 원하는 규격을 만족할 때까지 동일화 과정을 반복하게 된다. 제조용 로봇

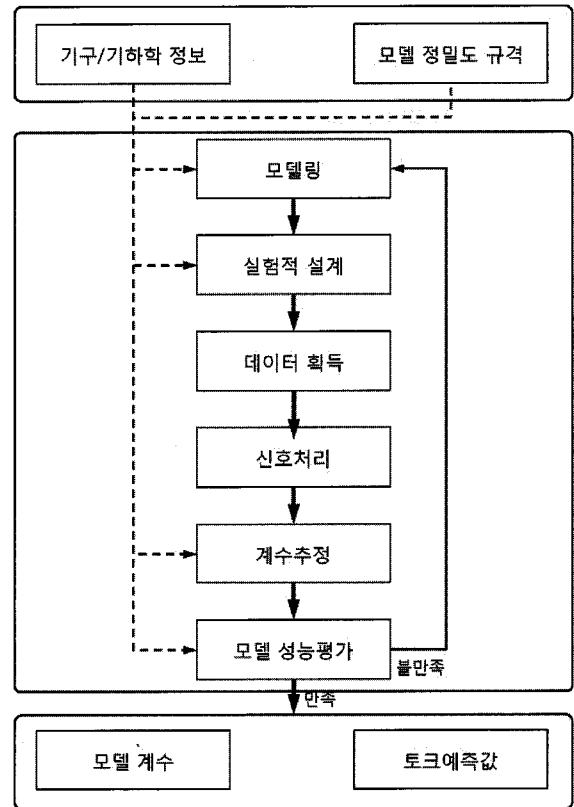
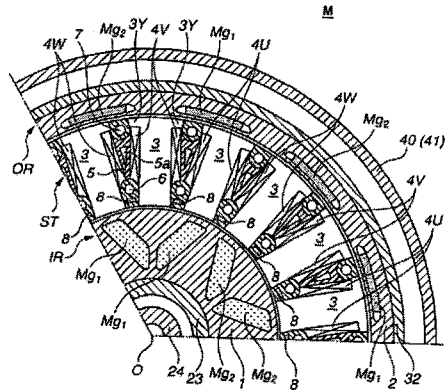


그림 1 실험을 통한 전형적인 제조용 로봇 모델링과정

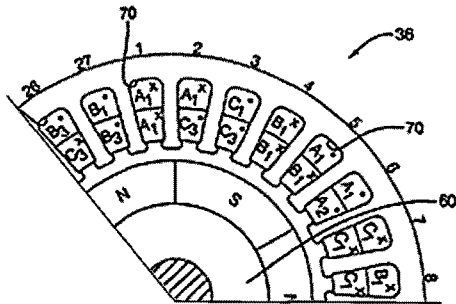
의 모델링과정에서 최종적으로 각 구동부의 토크예측값이 나오게 되는데, 이처럼 제조용 로봇의 성능을 결정짓는 가장 중요한 요소가 구동부이다.

로봇의 구동부는 전동기, 감속기, 엔코더, 제동장치를 포함하고 있으며, 최신 구동기술은 첫째로 소형화, 둘째로 편평(flat)화, 셋째로 고정밀도 및 신뢰성 향상을 목표 관련 기술이 연구/개발되고 있다.

소형화의 경우 로봇의 제조단가를 낮추고, 설치공간을 줄이기 위한 것으로, 제조용 로봇의 경우 로봇 팔을 슬립화하는 것이 핵심이다. 이를 위해서는 구동부, 특히 전동기를 소형화 하면서 동시에 효율도 높여야 한다. 소형화, 고효율이 동시에 충족되어야 하는 이유는 구동부에서 발생한 열을 로봇 팔을 통해 방열시키기 때문인데, 단순 소형화만 할 경우 로봇의 신뢰성과 수명에 문제가 발생한다. 로봇용 전동기의 단면도 예시를 그림 2에 나타내었다. 기존 구동부는 순시 최대토크가 크고, 중공직경을 제거 할 수 있는 GWM(Gap Winding Motor)을 사용했는데, 그림 2(a)를 보면 GWM은 원통형 고정자 코어 내경에 코일을 배치하고 갭직경을 제거 할 수 있는 발생이므로 중공직경을 확보하기 용이하다. 중공직경의 확보를 통해 각종 배선을 중공내부에 배치함으로써, 외부에 별도

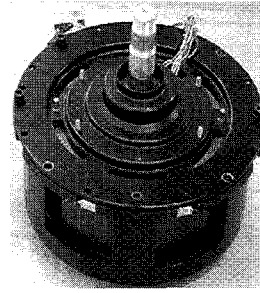


(a) Gap Winding Motor 단면도



(b) Slot Winding Motor 단면도

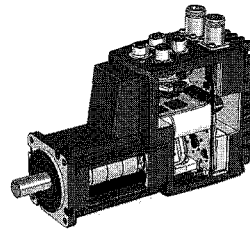
그림 2 로봇용 전동기 단면도 예시



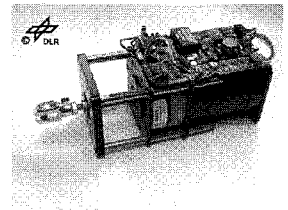
(a) 소형 고성능 스마트액추에이터 (전자부품연구원)



(b) EX-106+ (로보티즈)



(c) MAC400 (JVL)



(d) Linear Driver Cylinder (DLR)

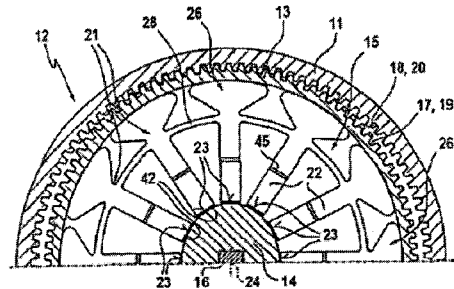
그림 3 스마트액추에이터 예시

의 배선부를 제거할 수 있다. 최근에는 가속에는이 높은 SWM(Slot Winding Motor)를 사용하는데, SWM은 분할코어 집중권선방식을 채택하고, 고성능 네오디뮴(Nd) 자석을 조합하며, 회전자와 고정자의 슬롯수를 최적화함으로써 기존 전동기에 비해 55~70%로 소형화할 수 있다.

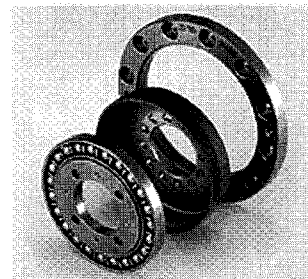
편평화의 경우, 구동부를 구성하는 여러 모듈이 동시에 편평화가 이루어져야 하는데, 전동기의 경우 소형화하는 것이 편평화 하는 것으로 볼 수 있다. 감속기의 경우 저토크를 요구하는 경우 박형을 채택하고, 고토크의 경우 전동기와 감속기를 일체화한 구조를 채택한다.

고정밀도 및 신뢰성 향상은 기존의 전자식 엔코더를 이용한 박형화에서 분해능이 높고 절대위치 검출이 가능한 중공 광학식 엔코더를 채택하고 있다.^[4-5]

이상과 같이 제조용 로봇 구동부와 관련한 여러 요구사항들을 만족시키기 위하여 많은 관심을 받고 있는 분야가 스마트액추에이터와 하모닉드라이브이다. 스마트액추에이터는 전동기, 엔코더, 감속기, 제동장치를 일체화시키고, 전동기 구동부와 통신부까지 포함시켜서 소형 경량화를 이룬 형태로 그림 3은 국내의 대표적인 스마트액추에이터의 예시이다.



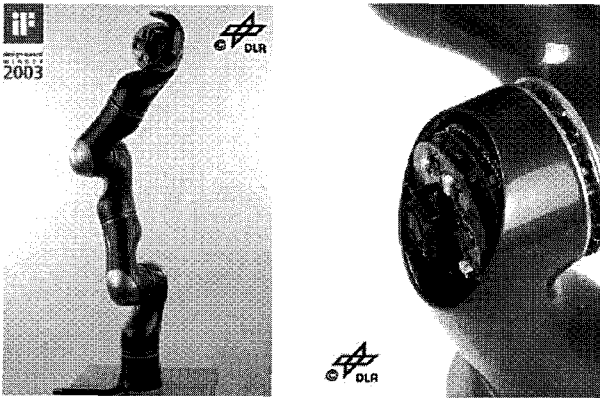
(a) 하모닉드라이브 단면도



(b) 하모닉드라이브 주요부품

그림 4 하모닉드라이브 단면도와 주요부품

하모닉드라이브는 금속의 탄성역학을 응용하는 메커니즘으로 1959년 미국의 Musser가 고안·발명했다. 그림 4에 하모

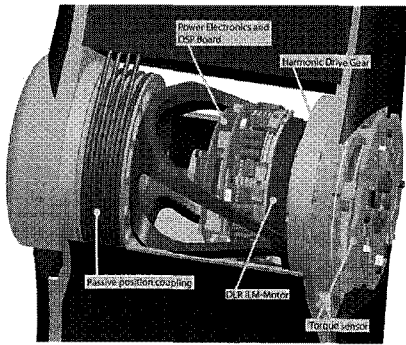


(a) LWR III (b) LWR III 관절부

닉드라이브의 단면도와 주요부품을 나타냈다. 하모닉드라이브는 그림 4(b)에 볼 수 있듯이 단순한 구조임에도 일반 기어의 1/3이하의 부피와 1/2이하의 중량으로 1/30~1/320의 감속비를 실현 가능하며, 백래쉬가 매우 작은 장점을 가진다. 관련 기술은 현재 일본의 Harmonic Drive Systems가 독보적이다.⁽⁶⁻⁷⁾

그림 5는 독일항공우주연구소(DLR)에서 개발한 LWR III이다. LWR III(Light Weight Robot III)는 스마트액추에이터형 하모닉드라이브가 로봇 분야에 적용된 사례로, 하모닉드라이브를 이용하여 정밀 모션제어가 가능하며 일체형 구동부로 그림 5(a)에서 볼 수 있듯이 소형 경량화를 이루었다.⁽⁸⁾

4. 경남 로봇·메카트로닉스센터

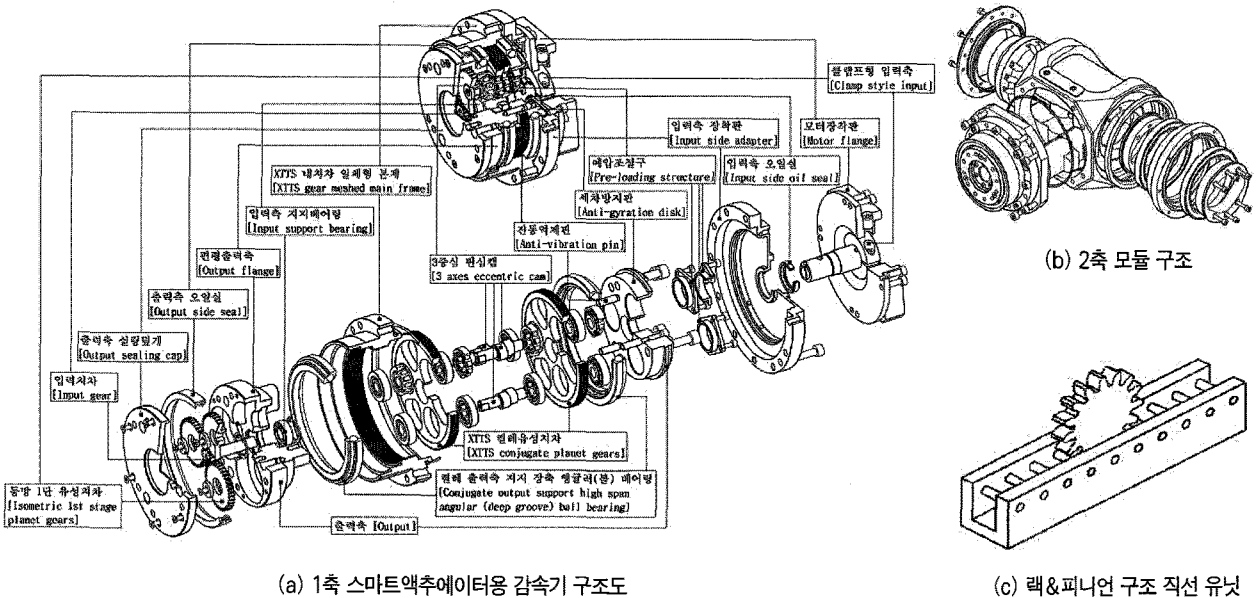


(c) LWR III 구동부

공정 자동화 분야의 제조용 로봇에 대한 의존도가 높아짐에 따라 다자유도 제조용 로봇에 대한 수요가 증가하고 있으며, 생산자동화 시스템과의 결합을 통한 생산관리의 효율성을 높이기 위한 노력이 계속되고 있다. 경남 로봇·메카트로닉스센터는 지역거점로봇센터로서 로봇전문기업 육성 및 고유 브랜드 확보를 위해 다양한 기술개발사업과 기업지원사업을 수행하고 있다.

기술개발사업은 제조용 로봇의 수요에 대한 수입대체 효과와 원가절감, 그리고 성능개선을 목적으로 스마트액추에이터/하모닉드라이브를 관련기업, 연구소 등과 공동개발하고 있으며, 본 센터는 감속기 등 개발품에 대한 정밀측정 및 시험

그림 5 독일항공우주연구소의 LWR III



(a) 1축 스마트액추에이터용 감속기 구조도

(b) 랙&피니언 구조 직선 유닛

그림 6 제조 로봇용 고강성, 고정밀 직선/회전 스마트액추에이터용 감속기 구조도

성능평가를 지원하고 있다. 그림 6은 공동개발사업을 통해 개발 중인 스마트액추에이터용 감속기의 구조도이다.

기업지원사업의 경우, 로봇·메카트로닉스 산업 실태 조사와 육성계획을 수립하여 체계적이고 지속적인 산업발전이 가능하도록 지원하고 있다. 또한, 표 2에 정리한 것처럼 제조용 로봇의 구동모듈의 시제품을 설계에서부터 제작, 성능과 내구성/신뢰성을 평가할 수 있도록 일괄적으로 지원하고 있다. 시제품을 설계하고 제작할 수 있는 3차원 설계 S/W와 각종 연마기 등 정밀 가공장비, 제품에 대한 정밀 측정과 분석을 위한 3차원 측정기, 광학식 3차원 정밀측정기, 레이저트랙커 등의 측정장비와 소음/진동 측정/분석 장비, 구조해석용 S/W, 그리고 로봇용 감속기와 구동부의 성능과 내구성을 평가할 수 있는 성능시험기를 구축하여 지원하고 있다.

로봇전문기업육성지원을 위해서 산·학·연·관의 유기적인 협력과 지속적 교류를 위한 기술코디네이터 역할과 로봇 관련 기술·정책동향자료를 로봇기업에 제공하고 있으며, 기술주치의제를 도입하여 매년 로봇유망기업 5개사를 선정하여 애로기술을 해결하면서 기술과 인력을 확보하여 로봇전문기업으로 성장할 수 있도록 3년간 집중지원하고 있다. 그 밖에, 로봇관련 기업의 신기술/신제품 개발을 위한 전문가 기술지도, 각종 시제품 제작과 분석관련 지원, 현장인력의 기술력 향상을 위한 기업방문 맞춤형 강좌, 산업현장에 필수적인 기술에 대한 개방형 강좌개설 등의 현장인력의 재교육, 우수예비인력을 조기에 확보하여 인력유출을 막기 위한 기업연계 고용예약 지원업무 등을 수행하고 있다. 최근에는 관련기업들의 설계·해석분야 기술지원요청을 수용하여 로봇의 구조

해석과 잔류진동에 대한 해석 및 해결방안을 제시해 주는 설계·해석실을 구축·운영하고 있다.

5. 결론

로봇은 고부가가치 미래산업으로 주요 선진국을 중심으로 기술적 선점을 위한 다양한 정책적 지원과 전략적 투자가 집중되고 있다. 이 글에서는 제조용 로봇의 기술 발전 방향을 로봇용 구동기를 중심으로 살펴봄으로써 제조용 로봇의 소형화와 경량화를 위한 다양한 노력과 현황을 알 수 있었으며, 이러한 기술 흐름 가운데서 (재)경남테크노파크 로봇·메카트로닉스센터가 수행하고 있는 각종 개발 및 지원사업에 대해 간략히 소개하고, 그 역할을 정리해 보았다.

참고 문헌

- [1] IFR(International Federation of Robotics) website <http://www.ifr.org/>, 2011.
- [2] 로봇산업의 승인통계(통계청 승인 제37302호), 지식경제부.
- [3] 로봇산업실태조사, 지식경제부, 2010.
- [4] 나덕주, "산업용 로봇을 위한 최신 액추에이터 개발 동향", ReSeat 모니터링 분석보고서, 한국과학기술정보연구원, 2009.9.
- [5] 나덕주, "차세대 산업용 로봇을 위한 액추에이터 개발동향", ReSeat 모니터링 분석보고서, 한국과학기술정보연구원, 2009.8.
- [6] 김형모, "하모닉드라이브 시스템", Machinery Industry, 2009.12.
- [7] Harmonic Drive Systems website http://www.hds.co.jp/HDS_hp_english/english/products/hd/index.html, 2011.
- [8] DLR-Institute of Robotics and Mechatronics website <http://www.dlr.de/rm/en/>, 2011.

표 2 제조용 로봇 개발 장비 구축 현황

구분	주요 장비
정밀 시제작	· 정밀 지그보링머신 · 디스크 홀 연마기 · 편심연마기 · 내치연마기 · 전자빔 용접기 · SolidWorks
정밀 측정 분석	· 3차원 측정기 · 레이저트랙커 · 광학식 3차원 정밀측정기 · 완전무향실 및 소음측정 시스템 · NFX
성능·신뢰성시험	· 감속기 성능시험기 · 로봇 구동시스템 성능시험기 · 복합환경진동시험기

〈 필 자 소 개 〉



하영호(河英鎬)

1983년 부산대 기계공학과 졸업. 1989년 한국과학기술원 기계공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 졸업(공학박). 1989년~2004년 대우정밀(주). 2004년~현재 (재)경남테크노파크 로봇·메카트로닉스센터 센터장.