

산업용 로봇 기술의 현황 및 전망



김 대 원

(명지대학교 제어계측공학과)

- '83 서울대학교 공과대학 제어계측공학과(학사)
- '85 동대학원 제어계측공학과(석사)
- '90 동대학원 제어계측공학과(박사)
- '90-'92 대우중공업(주) 중앙연구소 선임연구원
- '92-현재 명지대학교 제어계측공학과 조교수



이 범 희

(서울대학교 제어계측공학과)

- '78 서울대학교 공과대학 전자공학과(학사)
- '80 동대학원 전자공학과(석사)
- '85 미시건대학 컴퓨터, 정보 및 제어공학과(박사)
- '85-'87 퍼듀대학 전기과 조교수
- '87-'90 서울대학교 제어계측공학과 조교수
- '91-현재 서울대학교 제어계측공학과 부교수

1. 서 론

공장자동화는 흔히 FA(factory automation)로 표현되고 있으며, 일본의 'FA표준화위원회'는 이를 '공장전체의 생산을 종합적으로 유연하게 자동화하는 것'으로 정의하고 있다. 이러한 정의는 기계적으로 고정화된 자동화가 아니라 프로그램에 따라 기능을 자유롭게 변화시킬 수 있는 자동화, 즉 유연자동화 (flexible automation)와 의미 상통하는 것으로서, 특정부문에 자동화된 기계를 도입하여 생산성을 향상시키는 것에 그 의미를 국한시키지 않고, 다양화되고 고급화되어 가는 소비자의 수요특성을 생산 측면에서 대처하기 위한 종합적인 생산자동화 시스템으로 그 의미가 확대되어 가고 있다.

이러한 의미의 변천은 산업사회의 성숙에 따른 사회, 경제적 환경의 변화에 기인하는 것으로 크게 세단계, 즉 70년대 중반이전의 고정형 자동화(hard automation)단계, 80년대 중반까지의 프로그래머블 자동화 (programmable automation)단계, 80년대 중반 이후의 지능형 자동화 (intelligent automation) 단계로 발전하고 있다.

이와같이 공장자동화 개념의 발전에 따라 그 구성요소인 NC공작기계류, 산업용 로봇, CAD/CAM, 자동운송설비 및 기타 자동화 설비 등의 기능과 역할 또한 크게 변화하고 있다. 특히 산업용 로봇의 경우 그 로봇 자체의 기능적인 면에서의 발전은 물론이고, 산업용 로봇과 기타 요소기기와의 결합에 의한 셀(cell) 개념에서, 나아가서는 자동화 시스템의 하나의 구성요소로서의 개념으로 발전함에 따라 산업용 로봇에 관련된 기술 및 응용범위도 변화, 발전되고 있다.

개념의 변화없이 기계 메카트로닉스(mechatronics) 기술의 발달은 산업용 로봇 기술의 발달을 가속화하고 있다. 메카트로닉스란 단어는 1976년 일본의 'Mechatronics Design News'라는 정보지의 간행에서부터 사용되기 시작되어 이제는 21세기를 주도할 산업의 대표적인 분야로 자리잡고 있다. 이는 기계 및 전자산업 발전과 밀접한 연관관계를 맺으며 미래의 하이테크산업을 주도할 핵심모체로서, 최근에는 정보(information)기술까지 포함되면서 매우 포괄적인 의미로 해석되고 있다.

메카트로닉스는 초기에 생산현장의 공장자동화를 기본 배경으로 발전하며, 2차 산업용기기인 NC공작기계나, 산업용 로봇, PLC, 자동창고, 무인운반차 등의 공장자동화 구성기기로 분화되었고, 최근에는 신소재와 마이크로프로세서의 고성능화 및 저가격화에 힘입어 매우 빠른 속도로 발전을 거듭하고 있다. 특히 산업용 로봇은 메카트로닉스 제품 중에서도 가장 뛰어난 유연성을 보유한 제품으로 공장 자동화 개념의 발전 방향에 부합되는 것으로서 그 중요성이 점차 증대되고 있다.

2. 산업용 로봇의 역사 및 도입배경

2.1 산업용 로봇의 역사

오늘날의 산업용 로봇의 역사를 살펴보면, 먼저 1940년대 후반 인간에 의해 움직이는 마스터-슬레이브(master-slave) 형태의 원격조정 매니퓰레이터가 방사성물질을 다루기 위해 Oak Ridge 실험실과 Argonne National 실험실에서 개발되었고, 1950년대 중반 조금 변형된 형태로 General Electric사의 Handyman과 General Mills사의 Minotaur I 이 개발되었다. 그후 1959년에는 미국 Unimation사에서 컴퓨터와 접속된 산업용 로봇을 최초로 상용화하였고, 1963년에는 미국 AMF사에서 산업용 로봇인 Versatran을 발표하였으며, 이어서 여러 형태의 로봇이 보급되기 시작하였다[1]. 일본의 경우는 1968년 Kawasaki 중공업이 미국의 Unimation사로부터 허가를 얻어 기술도입을 하였으며, 그이후 눈부신 성장을 거듭하여 세계 최고의 로봇생산국 및 최다 보유국으로 자리를 굳히고 있고,

로봇 자체의 개발기술과 자동화에의 응용 기술은 미국을 능가하는 것으로 평가되고 있다.

2.2 산업용 로봇의 도입배경

일본의 경우 산업용 로봇의 도입배경을 살펴보면 다음과 같은 요인으로 요약될 수 있다.

첫째, 1960년대 후반부터 나타난 노동력 부족 현상이다. 당시의 일본의 연평균 인구증가율은 1.1%인데 반해 노동력 성장은 교육기회의 확대등으로 연 0.7%의 성장에 그쳐 노동력 부족이 심각하였다.

둘째, 1973년 10월 1차 오일쇼크 이후 세계적인 스태그플레이션의 영향으로 시장이 위축되어 생산력 향상으로 이를 극복하고자 하는 노력이 나타났다.

셋째, 노동조합이 직업별 조합이 아니라 산업별, 기업별 조합으로 조직되어 있어서 자동화 도입에 따른 노동력 배치 전환이 서구보다는 상대적으로 용이했다는 점이다.

이와같이 복합적 요인에 의해 일본은 1970년대 중반부터 산업용 로봇의 적극활용에 의한 공장 자동화에 주력하여 1980년대 중반에는 이미 FMS단계의 자동화를 실현하게 되었다. 일본에서 전산업 범위에 걸쳐 로봇의 보급이 활발해진 이유는 위험하고 힘든 노동을 로봇으로 대체해왔기 때문이다.

이상에서 살펴본 산업용 로봇의 도입배경 중 일본의 1960년대 말의 상황이 국내에서 직면하고 있는 상황과 유사함을 느낄 수 있으며, 바로 지금이 2000년대 선진국 진입을 위해서 더욱 로봇에 대한 관심을 갖고 부단한 노력이 필요한 시점으로 생각된다.

3. 산업용 로봇의 정의 및 분류

3.1 산업용 로봇의 정의[2,3]

Webster 사전의 정의를 살펴보면 로봇은 사람이 보통 하는 여러 기능을 행하는 자동장치로 되어 있으며, 미국의 로봇협회(R.I.A. : Robot Institute of

America)의 정의에 의하면 로봇은 여러 종류의 일들을 수행하기 위해 프로그램된 동작을 행함으로써 부품이나 장치, 도구 등을 움직일 수 있는 다기능의 프로그램이 가능한 기계장치로 알려져 있다.

일본 로봇협회(JIRA: Japan Industrial Robot Association)의 정의에 의하면 로봇은 감각과 인식의 기능을 소유하고, 그 자신의 행동을 제어하는 인간의 팔과 유사한, 다양한 운동을 수행할 수 있는 기계이다.

3.2 산업용 로봇의 분류[2,3]

로봇을 분류해 보면, 크게 자동화된 공장이나 각종 산업계에서 적용할 수 있는 산업용 로봇과 비산업용 로봇으로 나뉘며, 산업용 로봇은 제조업관련 로봇과 비제조업관련 로봇으로 세분화된다. 흔히 일컬어지는 산업용 로봇은 제조업관련 로봇을 의미하며, 비제조업관련 로봇과 비산업용 로봇은 사람에게 해로운 극한 상황이나 위험한 환경에서 적용할 수 있는 로봇과 인류복지의 증진 차원에서 이용 가능한 로봇을 의미한다.

산업용 로봇에 대한 분류는 여러 관점에 따라 달라지며 본고에서는 두가지 관점에 따른 분류만을 소개한다. 여기서, 입력정보 및 교시방법에 따른 분류는 로봇의 발전 순서와도 같으며, 기구학적 형태에 따른 분류는 동작의 형태에 따라 분류된다.

3.2.1 입력정보 및 교시방법에 따른 분류

- (1) 수동 조작형 로봇(manual manipulator) : 사용자의 조작에 따라서만 충실하게 움직이는 로봇
- (2) 고정작업형 로봇(fixed sequence robot) : 미리 설정된 순서와 조건, 위치를 따라서 연속된 동작의 각 단계를 반복적으로 수행하는 것으로서, 설정된 정보의 변경이 쉽지 않은 로봇
- (3) 가변작업형 로봇(variable sequence robot) : 고정작업형 로봇과 동작 기능은 동일하나, 설정된 정보의 변경이 용이한 로봇

- (4) 기억재생 로봇(playback robot) : 여러가지 작업의 순서, 조건, 위치를 사용자가 로봇을 움직여 가며 교시하여 기억시키고, 필요에 따라 기억을 재생시켜 작업을 반복 수행시킬 수 있는 로봇
- (5) 수치제어 로봇(numerical control robot) : 작업의 순서, 조건, 위치 정보를 천공 테이프나 카드, 디지털 스위치에 저장하여, 저장된 수치 데이터로 지령하여 작업을 수행하는 로봇
- (6) 지능 로봇(intelligent robot) : 시각이나 촉각 등과 같은 감각 기능을 이용하여 작업상황을 스스로 인식하고, 판단하며, 작업을 수행하는 로봇

3.2.2 기구학적 형태에 따른 분류

1) 직각좌표형 로봇 : 서로 직각인 2축 이상 운동의 조합으로 공간상의 한 점을 결정해 주는 로봇으로 기계적 강도 및 정도가 높아 정밀조립이나 핸들링(handling), 검사 등에 사용되거나 작업 공간의 제약이 단점이다.

2) 원통좌표형 로봇 : 원통좌표 형식의 운동으로 공간상의 한 점을 결정하는 로봇으로 작업영역이 넓고, 작업공간의 유연성이 있으며, 위치결정의 정도가 높아 핸들링용으로 주로 사용된다.

3) 극좌표형 로봇 : 극좌표 형식의 운동으로 공간상의 한 점을 결정하는 로봇으로 작업영역이 넓고, 손 끝의 속도가 빠르며, 팔을 지면에 대하여 상하로 경사진 위치로 이동할 수 있으므로 용접, 도장 등의 작업에 사용된다.

4) 다관절형 로봇 : 회전운동을 하는 관절들의 조합으로 공간상의 한 점을 결정하는 로봇으로 작업면에 대하여 수평운동을 하는 수평다관절형 로봇과 작업면에 대하여 수직운동을 하는 수직다관절형 로봇이 있다. 이중 수평다관절형은 SCARA(Selective Compliance Assembly Robot Arm)라 불리우며 작업공간이 비교적 유연하고 작업 정밀도가 우수하여 조립, 핸들링, 팔레타이징(palletizing)용으로 사용되고, 수직다관절형은 작업공간의 유연성이 매우 높으므로 용접, 실링(sealing), 도장 등의 작업에 주로 사용된다.

4. 산업용 로봇의 기술현황

산업용 로봇은 노동환경의 급속한 변화와 제조업의 자동화에 관심이 고조되면서 연구 및 기술개발이 활발하게 진행되고 있으며, 정부의 지원도 점차 확대되어 가고 있다. 여기서는 로봇 자체기술과 주변기술에 대하여 부문별 기술발전의 동향을 검토해 보고, 차세대 로봇이라 불리는 지능로봇의 현황도 살펴보고자 한다.

4.1 로봇 자체의 기술동향

산업용 로봇 기술은 전기, 전자, 제어계측, 컴퓨터, 기계, 산업공학 등 여러분야의 학문이 종합적으로 결합된 기술이므로 여러 학문분야의 발전에 의해 성능 향상을 이룰 수 있는 특성을 지닌다. 여기서는 로봇을 구성하고 있는 요소들을 중심으로 액츄에이터(actuator), 제어기(controller), 본체(body), 지능 및 센서기술로 나누어 기술발전의 동향에 대하여 서술하고자 한다.

4.1.1 액츄에이터 기술

액츄에이터란 전기나 공압, 유압 등의 에너지를 운동을 위한 동력으로 바꾸어 주는 모터나 트랜스듀서(transducer)를 의미하며, 일반적인 세가지 형태로는 유압식, 공압식, 전기식이 있다. 유압식은 일반적으로 높은 토크 대 중량비를 가지며, 높은 정도와 동력을 만들어 내므로 초기의 로봇에 많이 활용되었다. 그후 응용분야의 다양화 및 제어기술의 발달로 전기식 액츄에이터가 보편화되었다.

로봇에는 다양한 종류의 모터가 사용되며 상용화된 것은 대부분 DC 서보모터, AC 서보모터, DD(Direct Drive) 모터 등이다. DC 서보모터는 기동토크가 크고 효율이 높으며, 제어성이 뛰어나고 속도의 제어범위가 넓으며 가격이 저렴하지만 브러쉬에 의한 마찰과 잡음, 보수의 문제가 있어 1980년대 들어서부터는 AC 서보모터의 사용이 보다 일반적이다. AC 서보모터는 보수가 용이하고 신뢰성이 높으며 고속 및 고토크 특성의 이용이 가능하나 제어성이 떨어지고 회전 검출기가 필요한 단점이 있다. 산업용 로봇에서 요구

되는 관절 출력의 최대값은 15~30rpm에서 발생되며 일반적 서보모터는 1000~4000rpm정도이므로 큰 감속비를 요구하게 되고 그에 따른 백래쉬, 마찰손실, 액츄에이터의 중량 및 부피 증가 등의 문제가 발생한다. 이를 해결해 주는 새로운 방식의 모터인 DD 모터는 1980년 미국 CMU의 Asada 교수에 의해 발표된 이후 최근 들어서는 수평다관절형 로봇에 채용되어 속도 및 정도의 큰 발전을 가져왔다. 한편, 연구단계의 기술로는 형상기억합금(SMA-shape memory alloy)을 이용한 100g 이하의 초소형 액츄에이터에 대한 연구, 초전도체를 이용한 액츄에이터 개발도 추진되고 있으며, 소형경량화의 고출력의 액츄에이터 개발이 여러 방면에서 시도되고 있다[4].

4.1.2 제어기 기술

산업용 로봇의 제어기는 크게 하드웨어부와 소프트웨어부로 나눌 수 있으며, 그 기능은 앞서 분류했던 입력정보 및 교시방법에 따른 분류의 순서대로 발전하고 있다.

제어기의 구조는 로봇의 양대 선진국인 일본과 미국이 서로 다른 면을 보이고 있으며, 일본은 하드웨어 중심의 구조라 한다면 미국은 소프트웨어 중심의 구조라 할 수 있다.

로봇의 제어기 중 하드웨어부는 마이크로프로세서의 등장으로 비약적 성장을 가져왔는데, 내부구조를 살펴보면 대개는 마스터-슬레이브의 계층구조를 형성하여 각 축 서보부의 위치 및 속도제어를 담당하는 슬레이브 부분과, 사용자 및 외부와의 통신, 각종 알고리즘 계산 등을 담당하는 마스터부분으로 나눌 수 있다. 지금까지의 산업용 로봇 제어 알고리즘은 단순하여 동작 중의 동력학적 제어 개념은 고려되지 않았다.

슬레이브부의 최근 동향은 DSP소자, 초고속 마이크로프로세서 및 디지털 소자의 등장으로 과거 아날로그적으로 구현되었던 부분들이 디지털화하고 있으며, 점차 소프트웨어에 의한 구현이 보편화되고 있다. 또한, 정밀조립작업등을 위해 NC 공작기계의 정도 수준에 접근하기 위한 여러 보상 알고리즘이 실현되고 있으며, 하나의 프로세서로 10축 이상을 동시제어할 수 있는 다축 제어구조도

발표되어 하나의 제어기로 여러 대의 로봇을 제어하는 시대가 도래되었다.

메스터부분의 경우 역시 계산전용 프로세서의 등장과 마이크로프로세서의 고성능화등 하드웨어적 환경의 발전으로 보다 편리해진 사용자 환경 구축, 다양한 센서를 활용한 응용환경의 제공, 독립적 외부통신 기능(PLC 내장 기능) 구현, 인공지능을 활용한 제어기법 실현과 범용성있는 로봇언어의 설계가 가능하게 되었다. 더욱이 실험실 단계에 머물러 있던 적응제어, 퍼지제어 등과 같은 제어 알고리즘과 다중 로봇 제어용 로봇언어가 상용화될 전망이다.

소프트웨어부의 경우는 하드웨어적 환경의 발달과 함께 종전 최소용량에 최대의 기능을 발휘하기 위한 제한적 설계에서 벗어나 유연하고, 확장 가능한 구조의 설계가 진행되고 있다. 즉, 사용자의 자유도를 최대한 보장한 사용자 알고리즘 작성이 가능하며, 여러 응용 분야에 대비한 센서관련 기능과 상위 계층의 제어기와와의 통신 기능등을 제공하고 있다. 최근에는 VRTX, VXWORKS, VME-exec 등과 같은 실시간운영체제를 이용하여 보다 효율적인 소프트웨어의 개발과 운영을 도모하고 있다.

4.1.3 본체 기술

산업용 로봇의 본체는 앞서 서술한 동작형태에 따른 분류와 같이 그 용도에 따라 다양하게 발전하고 있다. 이는 아래의 표1과 같이 응용 작업의 종류에 따라 로봇의 기구학적 형태의 적합성 여부가 달라지기 때문이다.

응용분야에 따른 기구학적 형태가 결정되면 본체의 재질과 부하특성, 사용 모터 및 감속기의 특성, 마찰토크, 각 관절의 속도/가속도, 액츄에이터의 위치 등을 고려하여 모델링 및 시뮬레이션 과정을 거쳐 본체를 설계하는데, 현재는 미국이나 일본의 대기업 및 대학을 중심으로 본체의 해석 및 설계 시뮬레이션 패키지가 실용화되어 있으며 국내에도 보급되어 있는 실정이다.

한편으로는 본체의 재질에 대한 연구가 계속되어져 보다 가볍고, 진동 특성이 좋으며, 강성이 우수한 재료의 개발이 추진되고 있다. 현재 연구 단계에 있는 Fiber Reinforced Plastic, Fiber Reinforced Metal, Ceramic 등의 재료가 앞으로 이용 가능할 것으로 예측된다.

4.1.4 지능 및 센서 기술

산업용 로봇에 지능을 부여하기 위해서는 각종 센서를 통한 지각기능과 지각기능을 통한 환경 인식기능, 이에 따른 추론기능이 필요하다. 로봇에 사용되는 센서의 종류는 크게 내부센서와 외부센서로 나뉜다. 내부센서로는 엔코더(encoder), 리졸버(resolver), 포텐시오미터(potentiometer), 전류센서, 기울기센서 등이 있으며, 외부센서는 대별하여 로봇의 손끝(end effector)에 장착하여 응용할 수 있는 접촉센서, 근접센서, 레인지(range) 센서, 압력센서 등이 있고, 팔목(wrist)에 부착하여 응용하는 관절 힘/토크센서가 있다. 또한 주변환경 인식에 사용되는 시각, 청각, 온도, 습도 및 방사선 측정센서류와 이동 로봇의 경우 현위치 및 이동 위치 감지를 위한 감지센서류도 외부센서에 포

표 1. 기구학적 형태에 따른 응용 작업의 적합성

| 기구학적 형태 | 도 장 | 용 접 | 조 립 | 이/적재 | 가 공 |
|------------------|-----|-----|-----|------|-----|
| 직각좌표형 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| 원통좌표형 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 |
| 극좌표형 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| 수평다관절형 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 |
| 수직다관절형 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 여유자유도형 (6축이상) | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 |

* 적합성 여부 : 4(최우수), 3(우수), 2(보통), 1(기준이하)

합된다.

이러한 센서들은 응용분야에 따라 유기적으로 연계되어 사용되게 되는데, 현재 다양한 종류의 센서로부터 감지된 정보에 따라 지능적 판단을 하기 위한 센서퓨전(fusion) 기술에 대한 연구가 활발하다. 이러한 다중센서 응용에 관한 연구에는 다중센서 정보의 결합구조에 관한 연구와 센서에 존재하는 불확실성의 처리, 센서자체의 모델링 및 센서정보를 이용한 지능적 판단기법 등이 포함된다.

각종 센서를 통한 감지 및 환경인식정보를 지능화하기 위해서는 학습 및 추론과정이 필요하다. 따라서 인공지능의 영역 중 탐색 및 추론, 문제 해결, 패턴 및 음성인식 등이 로봇의 지능화에 이용되고 있고, 인간의 생체모델에 기초한 신경회로망과 불확실한 시스템의 제어에 사용되는 퍼지이론도 학습이나 적절한 의사결정을 하는 데 적용되고 있다.

4.2 로봇 주변의 기술동향

산업용 로봇을 이용한 자동화 시스템의 구성에는 일반적인 법칙이나 이론이 없고 각각의 현실에 적합한 구성요소의 선정과 결합 및 운영이 필요하다. 물론 고속의 기능을 갖춘 로봇이 생산성 향상에 도움은 주겠지만 적용된 로봇의 속도 향상만으로는 생산 시스템 전체의 효율 향상에 큰 영향을 줄 수 없으며, 자동화 시스템 설치에 따른 경제성 문제도 고려해야 한다. 현재 생산라인의 효율성 및 유연성을 부여하기 위해 SIMAN/Cinema, Automod II, SLAM II 등의 시뮬레이션 프로그램이 상용화되어 있어서, 생산라인의 설계 결과를 설치 전에 미리 예측해 보고, 문제점을 검토 후 재설계가 가능하다. 특히, IGRIP 등과 같은 시뮬레이션 프로그램은 로봇 주변환경의 모델링을 통하여 로봇을 위한 자동 프로그램 기능도 갖추고 있어서 자동차 생산공정과 같이 교시에 많은 시간이 소요되는 곳에서는 매우 유용하게 쓰이고 있다.

산업용 로봇의 최대 장점은 유연성이다. 즉, 로봇은 제품이나 작업의 종류에 따라 프로그램을

재작성함으로써 작업변경에 따른 소요시간 및 재투자 비용의 경감을 이룰 수 있기 때문이다. 그러나, 생산시스템 전체의 유연성을 살리기 위해서는 로봇 주변의 피더(feeder), 컨베이어(conveyor) 등의 물류 자동화와 자동공구교환장치, 공정감시 제어장치 등의 주변환경의 개발이 필수적이라 하겠다. 현재는 고속, 고기능의 물류자동화 기기류와 다양한 공구들을 여러개 장착한 다기능 로봇손 또는 고속 자동공구 교환장치등이 개발되어 시스템 성능 향상에 도움이 되고 있다.

4.3 지능 로봇의 현황

제3세대 로봇으로 일컬어지는 지능 로봇의 적용분야는 대체적으로 인류복지증진이나 극한상황에서 작업하는 로봇의 개발로 바뀌고 있다.

지금까지 개발된 결과를 보면 일본 기계연구소에서 개발한 환자용로봇 '멜콩(Mel Kong)', 일본 와세다대학 연구진에 의한 2족 보행 로봇 WL 및 WAP 시리즈 및 인공팔 WAM-6(7 자유도의 팔과 2 자유도의 손), 그리고 피아노 연주가 가능한 WABOT-2 등이 있다. 이외에도 개발이 완료되어 실용화 연구중이거나 곧 실용화될 양털깎기 로봇, 자동봉제 로봇, 벽면보행 로봇, 고압선 활선작업 로봇, 방재 로봇, 원자력 발전소 감시 및 작업용 로봇, 해저광물 채취 로봇 등이 있다[5]. 이러한 지능 로봇은 단순한 로봇 자체의 기술만으로는 실현이 불가능하고 관련산업의 발전 및 센서 기술, 컴퓨터 기술, 극소형을 포함하는 각종 모터 제조 기술, 반도체 기술 등이 고루 발전되어야 한다.

1983년 일본의 통산성 주도하에 수행되고 있는 극한 작업용 로봇 개발 프로젝트는 고도의 이동 기술, 매니플레이션 기술, 센서기술, 동력기술, 자립동작기술, 원격조작기술 등이 주류를 이루고 있다[6]. 여기서 극한 작업용 로봇이란 원자력 발전소나 방재분야에서의 대처작업등 인간에게는 위험한 작업환경하에서 인간과 같이 고도의 작업을 수행하도록 개발된 로봇을 통칭적으로 부른다.

먼저 원자력관련 작업용 로봇은 발전소 내의 방사선 레벨이 높은 곳에서의 각종 계측, 밸브의

개폐, 밸브나 펌프의 분해 점검작업 또는 이상상태에서의 정확한 정보수집을 수행할 수 있도록 기술을 개발하고 있다.

해양작업용 로봇은 해양생물자원의 탐사, 육성이나 미개발상태의 해저유전 및 광물탐사, 해저지질 및 화산 조사 등과 해양석유 개발에 관련된 주요기기의 보수, 점검 등을 목적으로 하며 현재 일본에서는 길이 32m, 폭 2.7m의 계란형 해양작업용 로봇이 설계되어 연구 중에 있다. 또한 일본의 경우는 이미 실용화되어 그 대표적인 예가 미쯔이해양개발과 범용기기개발협회가 개발한 6자유도의 수중잠함 매니플레이터 신카이 2000 로봇이다.

한편, 원격조작기와 로봇의 개념을 합친것으로 조작자의 명령으로 동작하는 장치인 텔레로봇은 원자력이 실용화되기 시작한 1940년대부터 이미 개발되기 시작하였으며, 그 응용분야는 작업환경별로 원자력발전소용, 해저용, 우주개발용으로 나누어 볼 수 있다. 특히, 원자력발전소에서는 텔레로봇을 주요기기의 보수 및 점검작업, 방사성 폐기물의 처리, 원자로해체작업 등에 이용하며, 텔레로봇의 응용이 가장 활발한 분야이다. 해저 응용으로는 항만관련 작업, 송유관의 설치 및 보수, 해난구조 및 인양작업, 해저탐사 등이 있다. 또한, 인공위성에 텔레매니플레이터를 부착하여 우주공간 내에서의 건설 또는 보수작업이나, 행성탐사시의 샘플채취 등은 우주개발에 응용되는 예이다.

텔레로봇의 향후발전을 위해서는 조작자의 부담을 덜어주기 위한 맨-머신(man-machine) 접촉기술, 효율적 작업수행을 위한 컴퓨터 정보체제 운영기술, 센서기술, 통신기술 등이 더욱 개발되어야 한다. 앞으로 이러한 기술들은 산업용 로봇 분야와 매우 밀접한 관계를 갖는 것으로, 텔레로봇 분야와 산업용 로봇 분야는 앞으로 더욱 밀접해질 것으로 예상된다.

또한 1991년부터 9개년 개발계획에 들어간 마이크로로봇 기술도 이제는 단순히 공장에서 산업용으로만 활용된다는 사고를 뛰어 넘어 의료부분, 핵발전부분, 기계정비에 이르기까지 확대되고 있다[5].

5. 산업용 로봇의 국내현황

산업용 로봇이 국내에서 처음 도입된 것은 1978년 현대자동차 차체공장에 일본 도요다기계의 로봇 설치가 효시이며, 그이후 자동차 제조업체를 중심으로 용접용 로봇의 도입이 활발했고, 1980년대 말부터 전자업체를 중심으로 조립용 로봇의 수요가 점차 늘어 현재 이들 두 산업분야가 차지하는 로봇의 수요는 전체의 80% 이상에 이른다.

한편, 국내의 로봇 기술 개발은 1983년도 기업으로는 대우중공업이 최초로 5축다관절형 로봇 개발에 착수하였고, 연구기관 및 학교로는 한국기계연구원(KIMM)과 서울대학교 제어계측공학과가 과학기술처의 지원으로 6축다관절형 로봇 개발을 시작하였다. 또한, 삼성항공(구 삼성정밀)과 금성사, 한국과학기술원 등도 국산화 개발에 참여하였다.

국내 주요 로봇 생산업체를 보면 대우중공업, 현대로보트산업, 기아기공이 그룹내 자동차 계열사의 용접용 로봇 수요를 기반으로 로봇업체의 선두를 유지하고 있으며 삼성항공, 삼성전자, 금성기전 역시 계열사 또는 자사의 수요를 바탕으로 전기, 전자부품 조립용 로봇을 생산하고 있다.

국내 기업별 산업용 로봇의 현황을 살펴 보면[7], 1984년 다관절, 다목적 로봇인 MOVA-10을 자체 기술로 개발한 대우중공업은 고속, 고정도 작업을 구현할 수 있는 수평다관절 로봇을 개발하고 있다. 또한, 자체 개발한 AC 서보모터 및 드라이버를 사용한 저가형 직교좌표 로봇을 개발하고 있고, 로봇 그룹(group) 제어를 위한 통신기능을 가진 제어기도 개발 중에 있다.

삼성항공은 이미 온라인(on-line) 또는 오프라인(off-line) 프로그램이 가능한 DD로봇을 개발하였고, 이러한 기술기반아래 대형운반용 로봇을 개발 공급 하였으며, 현재는 제어기의 국산화에 심혈을 기울여 4축 동시제어용은 물론 12축까지 동시제어가 가능한 제어기를 개발하고 있다.

기아기공은 1987년 일본의 가와사키중공업과 기술 제휴를 맺고 점(spot)용접용 로봇과 관련된 제품을 K.D.(knock down) 방식으로 생산, 로봇산업에 진출하였으며, 현재 독자기술로 2천 만원대의

4축제어용 직교좌표형 로봇을 개발, 올해부터 판매할 계획이다.

삼성중공업은 스웨덴의 ABB사와 기술 제휴, 1990년부터 판매에 들어간 이후 최근 판매신장을 크게 증가하고 있는데, 시스템 응용기술 축적에 노력하고 있다.

두산기계는 1982년 일본 야스카와로봇을 국내에 대리판매 하면서 국내산업에 진출하여, 1989년에는 기술제휴를 통하여 점용접용과 아크용접용 수직 다관절형 로봇을 K.D.방식으로 생산, 판매하고 있으며, 독자모델의 개발을 위한 노력도 경주하고 있다.

금성기전은 금성사의 로봇사업부를 인수받아, 10여년의 전통에 의해 축적된 노하우로 자체모델을 개발하여 생산, 판매하고 있다. 특히 금성은 자체개발한 DC 서보모터 및 드라이버를 전기중에 채용하고 있으며, 최근에 DD 로봇의 개발과 함께 AC 서보의 국산화, 제어기의 고급화 및 다기능화에 주력하고 있다.

삼성전자는 대외판매보다는 자사의 필요에 의하여 산학협동연구를 통하여 1987년 조립용 수평다관절형 로봇을 국산화하는데 성공하였고, 그후 자체기술을 통하여 제어기의 성능보완 및 신뢰도 향상을 기하여 현재까지 1천대 이상의 로봇을 현장에 배치, 운영하고 있으며, 특히 1992년 VCR라인의 24시간 무인생산체제를 구축함으로써 월간 2만대 생산에서 8만대 생산이 가능하여 4배의 생산성 향상을 가져왔다.

이와같이 국내 로봇 제조업체들은 그동안 축적된 기술로 독자 모델을 개발하거나 기술제휴를 통하여 개발해 나가고 있다. 그러나 국내 생산제품의 국산화율은 매우 저조하여 기종에 따른 차이는 있으나 40~70% 정도이며, 최근 상공자원부의 로봇에 대한 기술개발자금 지원등에 의한 주요 핵심 부품의 개발이 진행됨에 따라 국산화율은 점차 상승될 것으로 전망된다. 또한 수입부품의 국산화 여부는 국내 공장자동화 기기의 보급과 생산에도 큰 영향을 미칠 것으로 보여진다. 국내 로봇의 기술수준은 성장의 단계로 이미 로봇 본체의 설계, 가공, 조립 등은 높은 수준에 이르고 있고, DC는 물론 AC 서보모터 및 드라이버, 제

어기도 개발되어 신뢰도 및 정도를 향상시키는 단계이며, 정밀감속기류등 일부 핵심부품의 국산화는 진행중에 있다. 그러나, 국내 로봇업체들이 로봇을 완전 국산화하여 대량생산해 내는 체제가 아닌 이유로 로봇을 시스템에 통합하여 운영하는 최적생산시스템 구성기술과 네트워크 기술은 상당히 취약한 상태이다. 또한, 로봇의 감각기관인 센서류에 대한 연구는 몇몇 교육 및 연구기관을 통하여 기본적인 내용이 진행되고 있으나 로봇의 응용을 고려하여 로봇 제어 알고리즘과의 연계는 현재 미흡한 것으로 보인다.

현재 대기업들은 대부분 일본의 로봇회사들과 기술제휴를 하고 있다. 이는 서구의 기업들 역시 일본업체들로부터 기술을 이전받을 정도로 일본의 기술이 뛰어나기도 하지만 일본 생산업체들이 일본 내의 과도한 경쟁상태를 의식하여 해외수출시장 개척을 위하여 국내기업들과 기술제휴를 원했다는 것도 중요한 원인이다. 따라서 국내 로봇시장은 일본 로봇시장의 경쟁관계를 그대로 반영하고 있으며, 한국 로봇생산업체의 발전에 큰 장애요인이 될 수도 있다. 다시말해 국산로봇의 수출문제라든가 로봇 도입초기부터 국내 생산업체간의 과잉경쟁, 중복투자 문제 등이 나타날 수 있기 때문이다.

국내 로봇생산업체에서 생산한 로봇은 1988년 280억원에서 1990년 720억원으로 연평균 114% 높은 증가율을 나타냈다. 또한, 1995년에는 약 2000억원 이상의 생산규모에 이를 것으로 전망되며, 비제조업 부문에서의 수요확대로 2000년의 국내 로봇시장규모는 1조원에 이를 것으로 전망된다. 1991년부터 1995년까지의 산업용 로봇에 대한 수급전망은 표2와 같다. 표2에서와 같이 내수에 비하여 수출이 부진한 이유는 핵심부품의 경우 대부분 수입에 의존하고, 기술도입선의 수출금지 계약조건에 묶여 있으며, 품질의 신뢰도 및 정밀도, 가격경쟁 등에서도 열세이고, 마케팅 능력마저 부족하기 때문인 것으로 지적되고 있다.

상공자원부는 이에대한 대처방안으로 로봇을 비롯한 생산자동화기기의 애로기술별 기술개발자금을 올해 1백 90억원을 지원하기로 하였으며, G7 과제로 고기능 조립용로봇기술등을 개발하여 수

입을 줄여나간다는 방침이다. 또한 한·일간의 기술협력 차원에서 로봇부문에 대한 현장기술자의 연수도 확대하고, 시스템 엔지니어링등 고도기술 분야의 전문가 초빙도 확대해 나간다는 방침이다 [7].

6. 향후 로봇기술의 전망 및 제언

현재 산업용 로봇은 아크용접, 점용접, 프레스,

도장, 조립, 검사, 주조, 다이캐스팅, 수지성형, 열처리, 단조, 이재/적재 등 제조업 중심의 용도에 90% 이상이 사용되고 있으나, 앞으로는 표3에서와 같이 원자력, 우주, 의료, 방재, 청소 서비스, 농업, 임업, 해양개발 등 그 이용도가 다각도로 발전하여 다양한 지능 로봇의 개발이 실현될 것으로 예상된다[3].

국내 실정은 특수 환경이나 용도를 위한 로봇 기술의 개발이 현재 정부 및 특정 기관의 지원으로

표 2. 산업용 로봇의 수급전망

(단위: 백만원, %)

| | '91 | '92 | '93 | '94 | '95 | 연평균 증가율('91~'95) |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|
| 생 산 | 67,244 | 90,779 | 122,551 | 159,317 | 207,112 | 33.0 |
| 수 입 | 51,250 | 64,063 | 80,078 | 96,094 | 115,313 | 23.0 |
| 수 출 | 7,142 | 9,285 | 12,070 | 15,691 | 20,399 | 30.0 |
| 내 수 | 111,351 | 145,556 | 190,559 | 239,719 | 302,025 | 28.8 |
| 수출비율(%) | 10.6 | 10.2 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | - |
| 수입의존도(%) | 46.0 | 44.0 | 42.0 | 40.1 | 38.2 | - |

자료: 한국공작기계협회 추정('92년도)

표 3. 차세대 지능로봇

| | | |
|----------|---------|------------------------------|
| 제 1 차 산업 | 농 업 | 수확, 경작, 재초, 자동교배로봇, 양털깎기로봇 등 |
| | 임 업 | 벌채, 운반로봇 |
| | 어업·수산업 | 낚시로봇, 수중목장용로봇 등 |
| 제 2 차 산업 | 광 업 | 채굴로봇, 광도이동로봇, 광맥탐사로봇 |
| | 건 설 업 | 목공로봇, 건물청소, 도장로봇 |
| | 제 조 업 | 각종 산업용 로봇 |
| 제 3 차 산업 | 소 매 업 | 지능판매로봇, 운반로봇 |
| | 운 수 업 | 무인자동차, 자동착륙유도로봇 |
| | 통 신 | 우주개발로봇 |
| | 에 너 지 | 원자로보수로봇, 가스검출로봇 |
| | 수 도 | 정비로봇 |
| | 서 비 스 | 간호원로봇, 수술용로봇, 안내로봇 |
| | 의 료·교 육 | 청소로봇, 경비로봇 등 |
| 공 무 행 정 | 공 무 | 서류정리로봇, 소방로봇 |
| | 행 정 | 호적로봇, 경찰로봇 |

진행되고 있으나 당분간은 제조업 중심의 로봇 수요가 계속 증가하여 자동화기기 산업에서의 주력 유망 품목으로 자리를 지킬 것이다. 또한 당분간은 수출보다는 내수 위주의 성장이 지속될 전망이다. 기능의 고급화 및 기종의 다양화, 센서응용에 의한 지능형 로봇 시스템의 개발 및 도입, 주요 핵심부품의 국산화, 조립용, 사출성형기용, 이재/적재 로봇의 보급 증가 등이 예상된다.

국내 산업을 전반적으로 살펴보면 공장자동화의 보급이 전산업 분야로 확산되면서 산업용 로봇을 비롯한 자동화기기류의 기술발전이 가속화될 전망이다. 선진국의 발전방향인 컴퓨터통합생산(CIM: Computer Integrated Manufacturing) 시스템을 구축하려는 방향으로 추진되리라 생각된다.

지금까지 대기업 편중도가 극심하여 자사나 계열사 및 관련 중소기업에서의 소비율이 80% 이상인 국내 로봇 산업은 첫째 중복투자 및 과잉경쟁을 지양하고 전문분야 및 주력기종의 육성을 위한 다각적 모색이 필요하며, 둘째 사업영역의 확대를 위해 대기업위주의 사업편개에서 탈피하여 중소기업 대상의 수요창출과 저가형 모델 개발이 필요하고, 세계 핵심요소 기술개발을 적극화해야 하며, 마지막으로 국내기업간의 기술

제휴나 컨소시움을 통하여 공통의 애로기술들을 극복하고, 응용기술을 개발하여 선진국이 지향하는 CIM시스템 구축을 위한 시스템 기술개발이 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] K. S. Fu, et. al., Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence, McGraw-Hill, 1987.
- [2] 이범희, "로봇의 역사와 기술개발 그리고 이용현황", 자동화기술, pp.2-9, 1988년 4월.
- [3] 대한전자공학회 편집부, 로봇틱스 특집호, 전자공학회지, Vol.15, No.6, 1988년 12월.
- [4] 김대원, "로보트용 액츄에이터의 제어기술", 제어계측, pp.14-19, 1992년 2월.
- [5] 이범희, "지능로봇", 전자신문, 제1043호, p.10, 1992년 1월.
- [6] 이범희 외, "전력회사의 로보트 적용방안에 관한 연구", 산학협동연구보고서, 서울대학교, 1990년 10월.
- [7] 생산자동화신문 편집부, "특집 산업용 로봇", 생산자동화신문, 제28호, pp.5-9, 1993년 4월.
- [8] P.Lammineur and O. Cornillie, Industrial Robots, Pergamon Press, 1984.