

## 로봇의 자동차 공장에서의 응용

李 仁 沃  
(正 會 員)

現代로보트産業(株) 로보트 開發部

### I. 머 리 말

오늘날 산업용 로봇은 자동차산업에서 식료품산업이나 농업, 의료 부문에 이르기까지 전산업 분야에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있다. 이들 산업부문 중에서도 산업용 로봇이 가장 많이, 활발하게 사용되고 있는 분야는 자동차산업과 전기·전자산업이라 할 수 있다.

국내의 경우도 이들 2개 산업부문을 중심으로 로봇의 보급이 시작되었고, 점차 그 사용범위가 확대되어 가고 있다. 특히 자동차산업의 로봇 수요는 최근 3년간 매년 50% 이상의 성장율을 보일 정도로 급성장되고 있다.

자동차산업과 전기·전자산업은 산업구조가 다른 만큼 적용되는 로봇의 종류도 매우 다르다고 볼 수 있다. 전기·전자산업에 주로 사용되는 로봇은 조립작업에 알맞는 수평다관절형이나 직교 좌표형으로서 이들은 대개 3~4정도의 축수를 가진 수직제어형 로봇이다. 이에 반해 자동차산업에 주로 사용되는 로봇은 용접 작업에 알맞는 다관절형으로서 이들은 대개 5~6정도의 축수를 가진 플레이백형 로봇이다.

로봇의 종류가 다를 경우 주 적용산업이나 응용 분야도 다른 것이 일반적이므로 본고에서는 우선 자동차산업에 적용되는 로봇을 중심으로 응용사례를 소개하고자 한다.

### II. 로봇의 도입현황

국내 자동차 공장에 로봇이 처음으로 도입된 것은 1983년경이다. 이때의 로봇은 용접용으로서 이것은 이후 자동차산업의 설비확장과 함께 그 도입이

지속적으로 확대되어 왔다. 여기에는 용접용 로봇의 적용이 다른 부문에 비해 기술적인 난이도가 적고, 도입효과가 쉽게 파악되는 점 등의 나름대로의 이유가 있다.

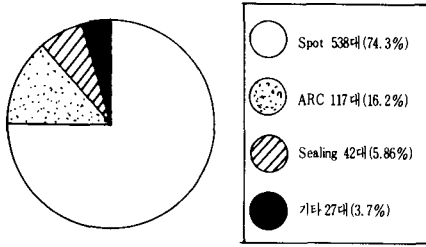
용접부문의 자동화가 로봇에 의해 성공적으로 추진되면서 실링(sealing), 핸들링, 도장 등으로 그 응용범위가 확대되어 왔다.

현재 국내에 도입되어 자동차산업에 활용되고 있는 로봇은 700여대 정도이다. 이의 구체적인 내역은 그림 1과 같다.

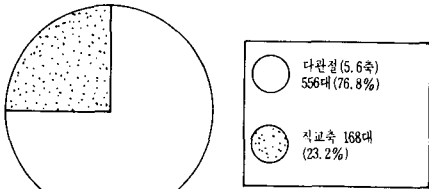
국내에서는 1983년 다관절형 로봇이 처음으로 개발되었다. 이후 몇 차례 개량이 되었으나 신뢰성이 결여되어 있어 양산 라인에의 적용은 아직 어려운 실정이다. 현재 사용중인 다관절형 로봇의 대부분은 외국, 특히 일본에서 개발된 제품이다. 도입 초기에는 로봇을 완성품으로 도입하면서 그 응용기술까지도 외국의 지원을 받았으나 로봇의 수요가 증대함에 따라 로봇 제조회사가 늘어나게 되었고 이에 따라 외국 모델이긴 하나 이를 국내에서 제작·공급하고, 이의 응용기술까지 이들 로봇회사에서 자체적으로 해결할 수 있는 수준에까지 이르게 되었다. 이러한 과정에서 현대로보트산업(주), 현대자동차(주) 등에서 직교좌표형 로봇의 모델을 국내에서 개발, 양산화하는 데 성공하였음은 매우 고무적인 일이라 하겠다.

### III. 응용사례

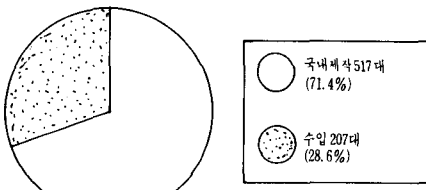
자동차산업에서의 대표적인 로봇 응용부문으로서 용접작업을 들 수 있다. 이 부문은 자동차산업의 성장과 함께 지속적으로 성장할 것으로 기대된다. 큰



(a) 용도별



(b) Type별



(c) 국산화별

그림 1. 국내 자동차 업체의 로봇 도입현황 ('88년 10월 현재)

간 로봇사업에 신규로 참여하고 있는 메이커(maker)의 대부분이 용접용 로봇을 주 상품으로 지목하고 있다.

용접분문은 크게 스폿(spot)용접과 아크(arc)용접으로 나눌 수 있다. 용접분문 이외의 응용분문으로는 실링, 핸들링, 도장등을 들 수 있다. 본 장에서는 이러한 응용사례에 대해 기술하고자 한다.

1. 공장자동화 요소로서의 로봇

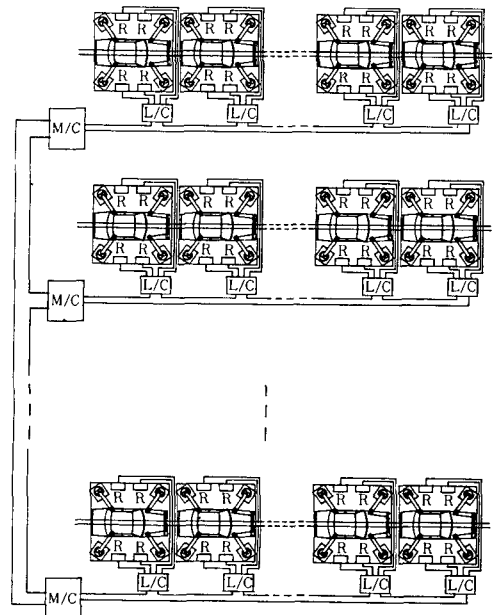
자동차 생산 라인은 크게 프레스, 차체조립, 도장, 의장의 네개의 대공정으로 나뉘어진다. 이들 대공정은 각각의 중공정으로, 중공정은 소공정으로, 소공정은 단위공정으로 세분된다. 현재의 국내 자동차 업체의 자동화 방향은 상기 네개의 대공정을 각각 한 개의 독립된 공장으로 간주하고, 이들을 개별적으로 자동화시켜 나가고 있다. 이들 대공정중 자동화가 가

장 활발히 추진되고 있는 곳은 차체조립공정이다. 이는 프레스 가공된 각종 프레임과 부품들을 정해진 작업 순서에 따라 조립하는 공정이다. 이 공정은 십수 개의 중공정으로 구성되어 있고 각 중공정은 20여 개의 소공정으로, 소공정은 3~6개의 단위공정으로 구성되어 있다.

단위공정은 작업내용에 따라 로봇에 의해 작업되거나 사람에게 의해 작업되는데 이 단위공정의 작업 상황은 소공정 제어반에 의해 모니터링(monitoring)된다. 이렇게 모니터링된 작업상황은 다시 중공정 제어반에 의해 모니터링되고, 이는 다시 대공정 제어반에 의해 모니터링 된다.

이러한 모니터링 체제는 모니터링을 위해 채택하는 컴퓨터나 PLC의 종류에 따라 링크구조나 계층구조를 갖는다. 현대자동차(주)의 차체조립공정의 모니터링 체제 중 링크구조의 예를 그림 2에 나타내었다.

모니터링 체제가 링크구조이든 계층구조이든 단위공정의 작업이 로봇에 의해 수행된다면, 소공정 제어반은 로봇이 수행해야 할 작업내용을 지시하고 이 로봇이 지시받은 내용을 충실히 수행하는 지를



M/C: MASTER CONTROLLER  
L/C: LOCAL CONTROLLER OR REMOTE I/O PANEL  
R : ROBOT CONTROLLER & INTERLOCK PANEL

그림 2. 링크구조를 갖는 모니터링 체제의 예

감시 감독하게 된다. 이러한 경우 로봇과 소공정 제어반 간의 정보교환을 위한 인터페이스 장치가 필요한데 이를 일반적으로 인터록(interlock)반이라 부른다. 대개의 인터록반 내에는 PLC가 들어 있고, 이 PLC에 의해 로봇과 소공정 제어반 간의 정보교환이 이루어진다. 모니터링 체제가 링크구조인가 또는 계층구조인가 하는 것은 로봇과 소공정 제어반, 소공정 제어반과 중공정 제어반, 중공정 제어반과 대공정 제어반의 정보교환을 위해 선택한 PLC 간의 정보교환 방법 및 확장방법에 의해 결정된다.

로봇과 소공정 제어반 간의 정보교환 내용은 로봇의 작업내용에 따라 다르나, 정보의 성격으로 구분하면

- 1) 차종에 따른 선택신호
- 2) 주변장치와의 정보교환 상황
- 3) 로봇의 동작 상황

등이 포함되어 있다. 스폿용접용 로봇의 인터록반의 입출력 신호의 예를 그림 3에 나타내었다.

| 입 력                                   | 출 력                                   |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. 로봇의 이상, 준비완료, 동작, 동작종료 등의 상태 표시    | 1. 로봇의 이상, 준비완료, 동작, 동작종료 등의 상태표시     |
| 2. 용접기의 이상, 준비완료, 동작, 동작종료 등의 상태표시    | 2. 용접기의 이상, 준비완료, 동작, 동작종료 등의 상태표시    |
| 3. 용접순서의 지령                           | 3. 용접순서의 종료상태                         |
| 4. 팀 드레서, 원점폴 등 주변설비의 상태              | 4. 팀 드레서, 원점폴 등 주변설비의 상태              |
| 5. 차종선택                               | 5. 차종 선택에 따른 프로그램 선택                  |
| 6. 전체 시스템의 이상, 준비완료, 동작, 동작종료 등의 상태표시 | 6. 전체 시스템의 이상, 준비완료, 동작, 동작종료 등의 상태표시 |

그림 3. 스폿 용접용 로봇의 인터록 반의 입출력 신호

2. 스폿용접에의 응용

스폿용접을 성공적으로 수행하기 위해서는

- 1) 전극간의 압력
- 2) 전류치
- 3) 용접시간

등이 적절하게 설정되어야 한다. 이들 조건들은 용

접 개소에 따라 실험과 경험에 의해 결정된다.

스폿용접의 순서는 일반적으로 다음의 4단계로 구분한다.

- 1) 스퀴즈(squeeze)
- 2) 용접(welding)
- 3) 유지(hold)
- 4) 해지(release)

이상의 4 단계는 용접조건이 프로그램되어 있는 용접장치에 의해 자동적으로 수행된다. 용접장치는 대개 다음과 같이 구성된다.

- 1) 용접 건(gun)
- 2) 타이머/컨택터(timer/contact)
- 3) 트랜스포머(transformer)

용접 건은 로봇트 핸드(hand)에 장착되어 타이머/컨택터에 프로그램되어 있는 용접조건에 따라 조작된다. 이 타이머/컨택터의 동작상태 즉 용접의 개시, 용접, 용접종료, 용접이상 등의 상태는 인터록반을 중계하여 로봇트의 지시나 감시를 받는다. 스폿용접 시스템의 블록선도를 표시하면 그림 4와 같다.<sup>1)</sup>

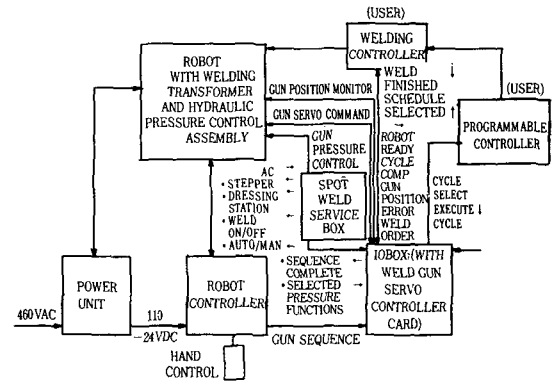


그림 4. 스폿용접 시스템의 블록선도

스폿용접에 주로 사용되는 로봇트의 사양은 표 1과 같다. 스폿용접에의 로봇트 적용시 1 사이클 내에서의 가능한 타점수, 타점을 실행할 수 있는 로봇트의 자세의 가능성 여부, 로봇트와 작업물과의 간섭 여부등이 검토된다.

이러한 검토는 로봇트의 적절한 모델을 선정하여 이것이 이상의 조건에 부합되는지를 시뮬레이션할 필요가 있다. 이것은 적용하기를 원하는 로봇트들의

표 1. 스폿용접용 로봇의 일반사항

| 항 목     | 사 양         |
|---------|-------------|
| 축 수     | 3~6         |
| 유 형     | 다관절형, 직교좌표형 |
| 가 반 중 량 | 40~100KG    |
| 속 도     | 0.5~1.5/SEC |
| 반 복 정 도 | 1.5~2m      |
| 위 치 정 도 | ±0.5m       |

기계적 정수들을 데이터베이스화 하여 타점의 위치, 건의 자세등을 입력정보로 하여 수식적으로 처리할 수가 있는데 이러한 기능과 그래픽 기능을 결합시켜 CAD화 하면 이상의 조건들을 쉽게 판별하는 것이 가능하다.

3. 아크용접에의 응용

성공적인 아크용접을 위해 고려해야 할 사항으로서

- 1) 전극선의 이송속도(feed rate)
- 2) 전극선과 작업물(workpiece)간의 거리
- 3) 전극선 자체의 진행속도

등이 있다. 이들 역시 작업물의 종류에 따라 실험과 경험에 의해 결정되긴 하지만 아크용접 중 이상의 조건들이 변동 폭이 거의 없이 일정하게 유지될 것이 요구된다. 이렇게 되기 위해서는 용접장치 자체의 품질이 우수하지 않으면 안된다.

아크용접의 순서는 일반적으로 다음의 5단계로 구분된다.

- 1) 가스공급개시
- 2) 용접사이클 개시, 전극선의 이송개시, 전원공급개시
- 3) 전극선 이송 종료
- 4) 전원 공급 종료
- 5) 가스 공급 종료

이상의 순서는 용접조건이 교시되어 있는 로봇트와 로봇트의 지령에 따르는 용접장치와의 상호교신에 의해 자동적으로 수행된다. 아크용접 시스템의 블록선도를 표시하면 그림 5와 같다.<sup>1)</sup>

아크용접에 주로 사용하는 로봇트의 사양은 표 2와 같다.

위에서 언급한 바와 같이 아크용접의 경우 용접기(power source), 송급모터, 토치(torch)등과 같은 용접장치 자체의 우수한 품질이 요구된다. 이와 함께

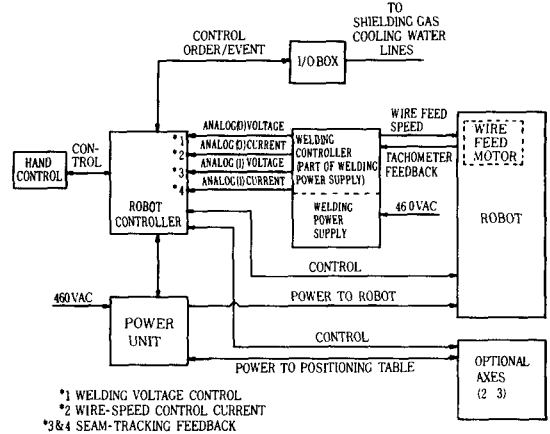


그림 5. 아크용접 시스템의 블록선도

표 2. 아크용접용 로봇트의 일반사항

| 항 목     | 사 양          |
|---------|--------------|
| 축 수     | 5~6축         |
| 유 형     | 다관절형         |
| 가 반 중 량 | 5~10KG       |
| 속 도     | 0.5~1.5m/sec |
| 반 복 정 도 | 0.5~1.0mm    |
| 위 치 정 도 | ±0.2mm       |

원통 용접시의 아래부분을 용접하는 경우등과 같이 로봇트만으로서 용접을 수행하기 어려운 경우 로봇트의 용접자세와 연동시켜 작업물의 용접부위를 적절히 변동시켜 줄 수 있는 포지셔너(positioner)의 개발도 아크용접 응용부문의 중요한 과제가 된다. 최근 들어 작업물 자체의 정도불량이나 작업물의 고정 위치의 변동량을 감지하여 정확한 용접선을 얻을 수 있는 아크센서, 접촉센서 등의 기술이 개발되어 실용화되면서 아크용접 부문의 응용범위를 넓혀가고 있다.

4. 실링에의 응용

실링은 자동차의 앞뒤 유리와 도어등에 접착제를 도포하는 작업등을 말한다. 이 경우 접착제의 점도, 공급속도 등이 중요한 요소인데 이들은 접착제 공급장치에 의해 제어된다.

실링에 응용되는 로봇트의 사양은 대개 아크용접

에 응용되는 로봇의 그것과 같다. 다만 실링의 경우 도포량이 항상 균일할 필요가 있으므로 로봇가 코너를 이동할 경우, 교시된 궤적과 근사하게 추적할 수 있는 기능을 보유하고 있어야 한다.

5. 핸들링에의 응용

로봇을 특정 작업물을 이동시키는 데만 사용할 수 있음은 주지의 사실이다. 핸들링이라면 이러한 것을 우선 뜻하겠지만 로봇의 가동 효율을 극대화시키기 위한 방편으로서의 핸들링이 고려되기도 하는데 이 절에서는 이러한 것을 소개하기로 한다.

예를 들어 로봇가 실링작업을 직접 수행하고 있는 기간이 전 작업시간(즉 한 사이클 타임)의 50% 이하인 실링공정을 생각해 보자. 이 경우 나머지 작업시간은 작업물의 이동이나 준비에 필요한 시간으로 이 기간동안 로봇은 정지 상태에 있으므로 다른 작업을 수행토록 하는 것이 가능하게 된다. 이 경우에 작업물의 이동 등을 로봇으로 수행토록 함으로써 로봇의 가동효율을 높일 수 있다.

위와 같이 이질적인 작업내용을 동일 로봇으로 수행토록 하거나 동일 작업내용이라 하더라도 작업조건이 현저히 다를 경우 툴(tool)을 변경시킬 필요가 있다. 이때 툴 변경장치(tool changer)를 사용하면 편리하다.

실링 및 핸들링을 동시에 수행할 수 있는 로봇시스템의 블록선도를 표시하면 그림 6 과 같다.

6. 도장에의 응용

도장용 로봇인 경우 차체 전체를 로봇에 의존

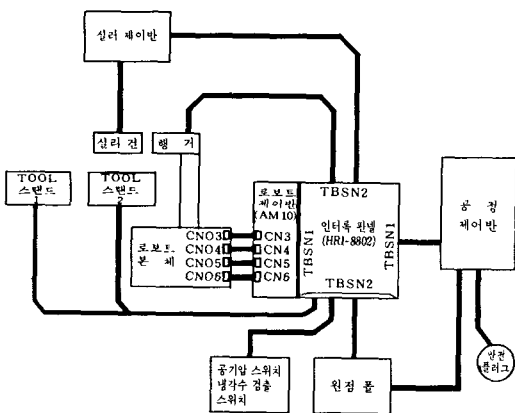


그림 6. 실링 및 핸들링 시스템의 블록선도

하는 방식보다는 전용도장 설비로 대개의 도장을 하고 터치 업(touch up)을 로봇으로 수행하는 방식이 주로 검토되고 있다. 이러한 경우 작업물이 놓인 위치가 균일하지 않는 경우가 대부분이므로 작업물의 위치 변이량을 검출하는 기술과 컨베이어가 이동하는 동안에 도장을 해야하므로 컨베이어의 속도와 동기시키는 기술등이 도장용 로봇의 응용에서 특별히 요구된다.

IV. 향후과제

이상에서 자동차 산업에서 활용되고 있는 대표적인 응용사례들에 대해 고찰해 보았다. 이 장에서는 이러한 응용범위를 더욱 확대시켜 나가기 위해 해결해야 할 과제에 대해 기술하고자 한다.

1. 사용기술의 개발

로봇은 특정작업을 수행하기 위한 수단에 불과하다. 예를 들어 스폿용접은 사람에 의해서도 충분히 수행될 수 있으나, 작업환경, 작업자의 숙련도, 작업자의 피로도 등에 구애없이 일정한 작업을 수행하기 위해 로봇으로써 이를 수행토록 하는 것 뿐이다. 이러한 로봇가 특정 작업을 훌륭히 수행할 수 있기 위해서는 각종 주변 설비등의 품질 수준이 양호해야 한다. 로봇의 도입 초기에 부딪히는 사용상의 문제의 많은 부분이 로봇의 능력을 과신하여 로봇가 동작할 수 있는 여건에 대한 검토가 충분하지 않은 데서 발생한다.

로봇 도입시 충분히 검토되어야 할 사항으로서 다음을 들 수 있다.

1) 로봇 사양의 적·부

-사이클 타임의 만족, 로봇가 보유하고 있는 기능의 한계 등을 검토

2) 적용 툴의 타당성

-툴의 중량, 지그와의 간섭, 로봇과의 장착 방법, 신뢰성 등을 검토

3) 설치 환경의 적·부

-공간의 확보, 진동, 전력, 온도, 접지조건 등의 타당성 검토

4) 보수·유지 능력

-로봇의 조작기술, 사전·사후 보수능력의 확인 등

로봇의 도입시 이의 설치기간을 단축할 수 있는 방법 역시 로봇의 사용기술 중 주요한 부분이다. 한 라인에서 생산해야 할 차종이 수십종일 경우 한

대의 로봇에 교시해야 할 프로그램의 종류도 수십 종에 이르게 된다. 이를 교시하여 수정하는 데에는 숙련자가 작업하더라도 십수일이 소요된다. 신설라인일 경우 이러한 상황은 큰 문제가 되지 않을 수 있으나, 기존 라인에 이를 적용할 경우 라인을 정지시키지 않으면 안되거나 라인이 정지되어 있는 시간에 만 교시해야 하는 어려움이 따르게 된다. 이러한 문제를 해결해 보고자 오프라인 티칭법이 개발되어 실용화되고 있다.

오프라인 티칭법에도 몇 가지가 있으나 퍼스컴을 활용하여 로봇의 작업내용을 교시하고 교시된 프로그램을 로봇 내에 재생하여 활용하는 비교적 간편한 방법들이 시도되고 있다. 아직은 이들 프로그램을 실 작업에 바로 적용하지 못하고 다소 수정하여 사용해야 할 상황에 있으나 로봇의 설치시간을 줄이기 위해서는 이의 활용기술을 적극 개발할 필요가 있다. 오프라인 티칭시스템의 한 예로서 당사에서 발매하고 있는 CATS (computer aided teaching system)를 사용할 경우의 조작 개념을 그림 7에 나타내었다.

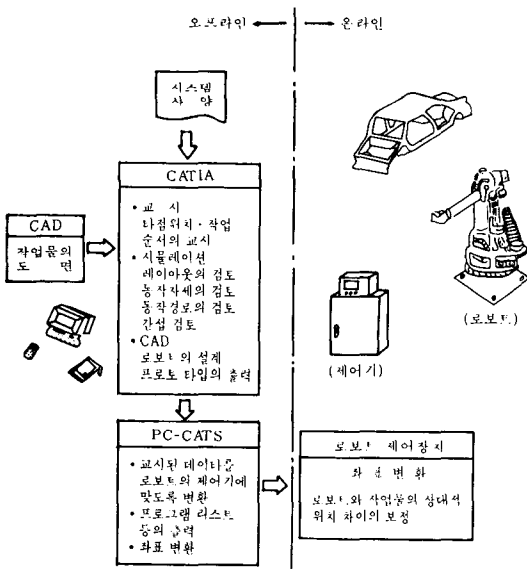


그림 7. CATS의 조작개요

2. 응용기술의 개발

로봇이 수행해야 할 작업내용이 단순하고 주변 설비의 영향을 거의 받지 않을 경우 로봇의 도입

은 비교적 쉽게 이루어질 수 있다. 현재 국내에서 가동되고 있는 로봇의 대부분은 이러한 범주에 속한다고 본다. 그러나 작업물의 위치정도가 균일하지 않거나 작업내용이 보정 (compliance)을 필요로 할 경우에는 로봇을 적용하기 위해서 센서나 특별한 툴등을 채택해야 하는 난점이 따르게 된다. 이러한 난점은 로봇의 응용기술을 개발하여 적용범위를 확대시켜 나가기 위해서는 반드시 해결해야 할 과제라고 본다.

이러한 유형의 과제로써 현재까지 당사에서 채택되어 활용되고 있는 기술을 소개해 보면 다음과 같은 것이 있다.

1) 아크센서 : 아크용접시 교시 궤적에 대해 작업물이 그림 8과 같이 임의의 각도로 기울어져 있을 경우 이의 기울어진 정도를 추적하여 보상해 주는 것으로  $\theta$ 가  $\pm 5^\circ$  이내인 경우까지는 양호한 결과를 얻을 수 있다.

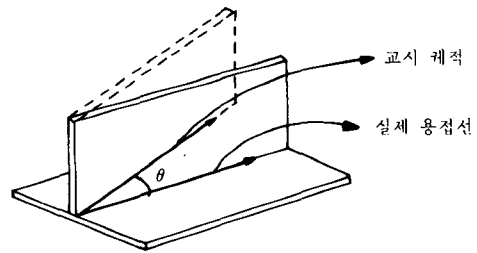


그림 8. 교시궤적과 실제 용접선

2) 레이저 센서 : 로봇 핸드에 레이저 센서를 부착하여 작업물의 상대적 위치를 검출한 뒤 이 정보를 로봇에 피이드백 시켜 작업물의 이탈량을 감지하고 이에 의해 원 교시 프로그램을 수정하여 정확한 작업이 가능토록 한다. 실 예로 이를 차체의 전후 그라스 장착부 모서리의 스테드 볼트 (stud bolt) 용접에 적용하여  $\pm 2\text{mm}$ 까지의 작업물의 오차를  $\pm 0.3\text{mm}$  이내의 정도를 보정하는 것이 가능하였다.

이 외에 작업물의 높낮이를 검출하여 토치 (torch)의 길이를 조정하여 작업물과 토치 선단의 거리가 항상 일정하도록 유지시켜 주면서 플라즈마 컷팅 (plasma cutting)을 할 수 있는 기법과 RCC를 사용하여 디버링 (deburring) 공정에 적용할 수 있는 기법, 비전


시스템을 활용하여 실링의 정도를 개선하는 기법등을 실현시켜 가고 있다.

V. 맺 음 말

본 고에서는 자동차 산업을 중심으로 한 로봇의 응용사례들을 소개하였다. 본 고에서는 개괄적인 내용을 소개하되 현재 국내에서 사용되고 있는 로봇 응용에 대해서는 약간씩이나마 언급하기 위해 노력하였다. 로봇 응용은 간단한 예라고 하더라도 나름대로의 기술적인 깊이가 있으므로 본고에서 간단히 언급된 각 내용들이 기술적으로 상세하게 다루어져야 할 것으로 생각한다. 이에 대해서는 다른 기회를 갖도록 하겠다. 근년 들어 로봇의 도입이 활발

해지고 전문회사들이 설립되고 학계의 뜨거운 열기가 고조되고 있으나 로봇의 응용에 대한 기술은 지속적으로 개발되어 나가야 한다고 생각한다. 이와 함께 어떤 종류의 로봇을 어떻게 선택할 것인지, 선택된 로봇을 어떻게 사용할 것인지에 대한 연구도 병행되어야 할 것으로 생각한다. 이러한 과제의 해결에 산·학의 관심과 협력이 요청된다고 본다.

參 考 文 獻

[1] S.Y.Nof, Handbook of Industrial Robotics, Wiley, New York, pp. 899-935, 1985. 

筆 者 紹 介



李 仁 沃  
1958年 5月 11日生  
1980年 서울대학교 공과대학  
전기공학과 졸업  
1982年 한국과학기술원 전기전자  
공학과 졸업

1988年 현대로봇산업(주) 로봇 개발부 근무