

차체 스폿트 용접 공정에서의 컴퓨터 이용 로봇 시뮬레이션 및 오프- 라인 티칭 시스템

남 동 길·김 재 선·백 범 만
(현대자동차(주) 생산기술개발부)

1. 서 론

최근 컴퓨터 기술의 발전으로 인하여 고성능 컴퓨터와 워크스테이션을 이용하는 CAD/CAM 및 FMS를 배경으로 하는 컴퓨터 통합 생산자동화(Computer Integrated Manufacturing)에 대한 관심이 고조되고 있다. 특히 공장 자동화(FA)는 이 CIM 구축에 기본이 되는 요소이며 고도의 유연성과 생산성 그리고 신뢰성에 그 기초를 두고 있다. 그간 공장 자동화는 10년의 짧은 연륜에도 불구하고 PLC보급의 확대, SENSER기술의 발전과 ROBOTICS, NC 공작기계, 자동반송기 등의 메카트로닉스 분야의 발전에 힘입어 현재 최적 생산자동화를 위해 박차를 가하고 있으며 이중 ROBOTICS분야는 생산성향상, 생산원가절감, 설비의 유연성 등의 이유로 공장 자동화 기기의 근간을 이루고 있다. 그러나 로봇트가 공장자동화에서 큰 비중을 차지하고 있음에도 불구하고 작업 대상물이나 주변환경을 포함하는 통합적인 관리를 하지 않고 단지 로봇트 단일 기기의 작동에만 치중하여 차체나 치구, 로봇트의 공동 데이터 베이스를 ON-LINE화 하는 완전한 CIM을 구축하기 어려운 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 단순히 로봇트 프로그램의 작성 방법이 아닌, CAD

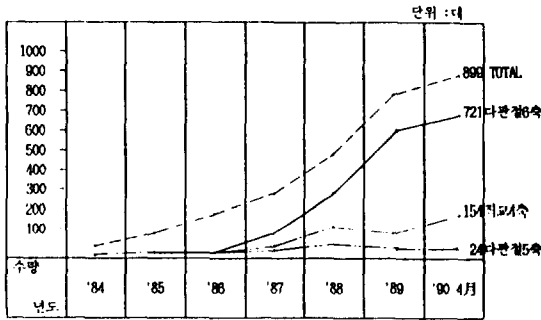
system에서의 제품 설계로부터 생산으로 이어지는 Top-Down 적 flow를 구성하는 중요한 요소로서 Computer Aided Robot Simulation & Off-Line Teaching System을 개발하였다. 이 기법은 CAD system을 이용한 task simulation기법과 실제로봇트 콘트롤러에 적용시킬 수 있는 application program을 작성하는 task application 기법으로 나눌 수 있으며 본고에서는 실제 적용 결과를 바탕으로 본 시스템의 구성 및 절차, 문제점등을 기술하고 향후 연구방향 및 궁극적인 개발과제를 제시하고자 한다.

2. 로봇트 가동현황

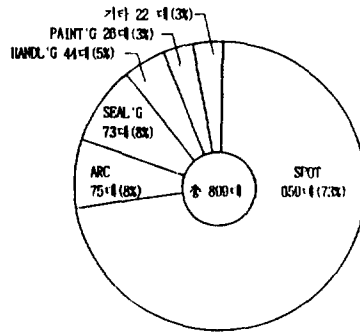
승용차의 차체는 1대당 3000-4000점의 spot용접을 하게 되는데 작업 환경이 열악하고 기술적으로 비교적 적용이 용이하여 1970년경부터 로봇트를 사용하는 시스템이 본격 도입되기 시작하였으며 현재는 user의 다양한 요구에 의한 빈번한 모델체인지, 생산량의 변동에 유연하게 대응하고 품질향상 및 cost down을 목적으로 대량의 로봇트가 사용되고 있다.

Fig. 2.1에서 보는 바와 같이 1980년 초부터 로봇트 도입이 시작되어 1990년 현재는 최근 3년간의 급속한 증가에 의해 900대에 달하고 있으며 이중 spot

울산공장 로봇트 현황



로봇트 도입 추이



용도별 현황

그림 2.1. 현대자동차의 로봇트현황

용접용은 전체 로봇트의 73%를 차지하고 있다.

3. 시스템 개요

차체 설계용으로 사용하는 CAD/CAM s/w인 IBM社의 CATIA(Computer-graphics Aided Three-dimensional Interactive Application)는 NC 기능과 함께 로봇트의 동작 simulation 및 동작시의 위치 데이터, 각관절 데이터를 출력할 수 있는 ROBOTICS의 기능을 갖고 있다. 로봇트의 티칭작업에 CATIA를 이용하여 현재까지 현장에서 작업자가 직접 teaching pendant를 가지고 실물을 대상으로 행하던 작업을 컴퓨터 화면 상에서 티칭하여 그 출력 프로그램을 이용하는 기법에 착안하였다.

그림 3.1에 나타난 바와 같이 먼저 작업대상 공정을 선정하여 작업 로봇트를 모델링한다. 다음에 공정별 타점도와 적용 검토도등을 바탕으로 차체 설계 부로부터 필요한 도면(CATIA전산도면)을 전송받아 용접 point를 입력한 후 gun사양 검토도를 기준으로 gun을 모델링한다. 적용 준비의 마지막 단계로 공정 lay-out도와 로봇트 작업 검토도등을 바탕으로 차체에 대한 로봇트의 배치계획을 수립한다.

CATIA[TASK] module의 teaching기능을 이용하여 그래픽 화면 상에서 필요한 동작을 teaching하여 simulation을 행하고 적절한 출력 형태를 지정하면 티칭결과는 로봇트 각 관절의 각도와 동작지령(외부

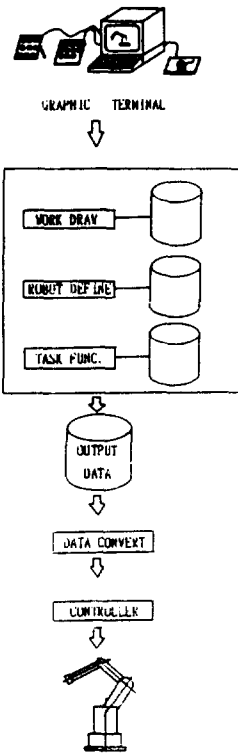


그림 3.1. Working Flow

명령)이 하나의 프로그램으로 출력된다. 이 CATIA task program을 ASCII code화하여 PC로 on-line 전송, 로봇트가 인식할 수 있는 encoder data로 변

환하여 공장에 설치된 로봇에 전송, 원하는 작업을 재생한다.

4. 현장적용

실라인 적용 문제점 및 오차원인의 파악, 단순하고 최적인 적용방법의 모색을 목적으로 SCOUPE car side panel, SONATA car roof panel, J car body respot 용접 공정을 대상으로 현대 로봇 산업(주)의 8000 series 로봇에 적용하였다. 본 절에서는 적용을 위한 사전 준비 및 CAD system에서의 로봇 시뮬레이션, 실제적용까지의 과정에 대해 간략히 기술한다.

4.1 사전준비작업

적용 대상공정을 선정하면 로봇 모델링 및 대상 영역, 주변 로봇과 설비와의 간섭, 차체에 대한 로봇의 배치계획 등을 먼저 고려해야 한다. 이러한 사항들은 공정 lay-out도, 공정별 body 타점도 등의 검토 sheet를 통해 적용 준비 작업량을 줄일 수 있으며 직접적인 적용 상황의 source가 된다. gun의 형식은 gun 사양 검토도를 통해 선정하며 입수된 데이터들을 바탕으로 CATIA에서 차체 전산도면을 전송받아 타점부위에 맞게 각 part를 merge시킨다. 그런데 이 과정에서 body를 단순화시키는 작업이 필요하며 이것은 시뮬레이션 속도 및 memory 문제를 고려해야 하기 때문이다. 다음에는 body의 용접 point가 표시되어 있는 도면에서 car좌표를 읽어 CATIA body 용접 surface상에 point를 입력시킨

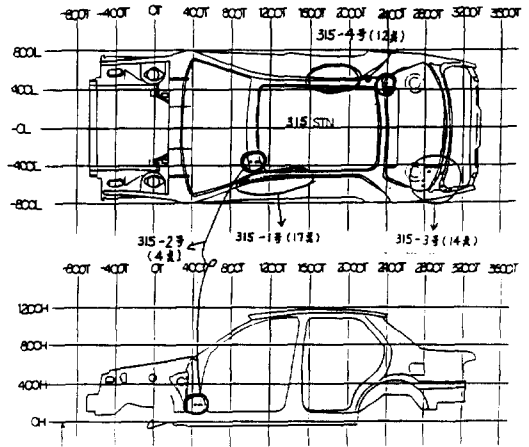


그림 4.1. The Plan of Spot Point Status

다. 이러한 과정을 통해 작업 대상물의 모델링이 끝나게 되며, 이어서 로봇 및 gun의 모델링을 하게 된다. 그림 4.1에 적용 대상 공정중 한 공정의 타점계획도를 나타내었다.

4.2 컴퓨터 시뮬레이션

line lay-out을 참조하여 로봇과 차체의 배치계획을 수립하고 기 작성된 CAD 화면상의 work cell에 robot과 gun을 merge한다. 이때 gun은 로봇이 작업하기 용이한 home position을 고려하여 취부한다. 특히 현장 적용시에 gun취부 방향에 따라 cable 간섭, arm limit-over에 의한 encoder value 변경등 보전상의 문제가 발생하므로 주의해야 한다. CATIA의 [ROBOT] module에서 로봇 각 joint의

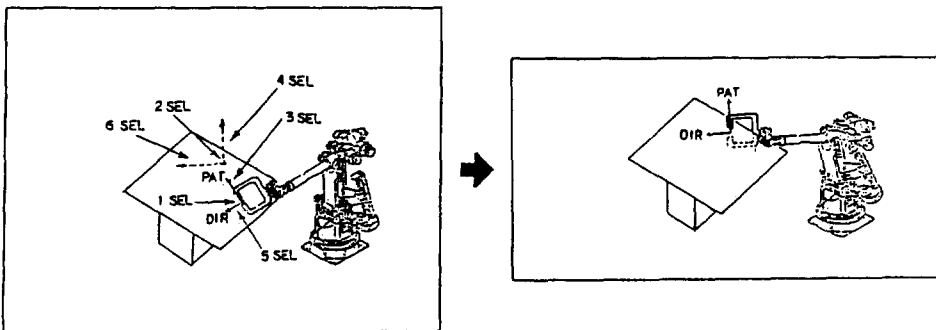


그림 4.2. An Example of Teaching Method in CATIA

Virtual Storage : 대형 컴퓨터 O/S system이 지원 하는 ROSCOE와 TSO tool을 이용하여 host computer에서 pc로 프로그램을 전송한다. 이때 JCL (Job Control Language)의 입력 part에서 출력 형식을 결정해 주어야 한다. 전송된 프로그램의 한 예를 그림 4.4에 나타내었다.

4.3 TRY-OUT

pc로 전송 받은 file은 robot controller에 적합한 language가 아니므로 적용 콘트롤러에 맞는 언어로 변환시켜줄 필요가 있다. 이러한 데이터 변환 프로그램을 흔히 postprocessor라고 하며 여기서는 현대 로봇용 postprocessor인 CAT(Computer Aided Teaching System)를 사용하였다. 이 프로그램의 데이터 변환과정은 크게,

1) CATIA source program을 로봇 실행 프로그램으로 변환

2) 로봇 실행 프로그램을 스텝별 프로그램으로 변환

3) 스텝별 프로그램을 robot encoder program으로 변환

하는 3단계로 구성되고 이들 단계가 완료되면 실라인에 적용 가능한 프로그램을 얻게 된다. 데이터 변환에서부터 콘트롤러에 프로그램을 down loading하기 까지는,

- 1) encoder data화
- 2) 위치보정을 위한 좌표변환
- 3) pc와 robot간의 interface

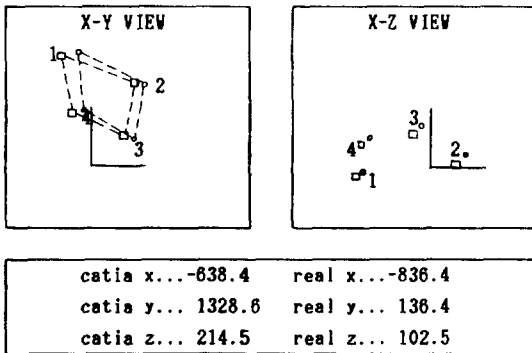


그림 4.5. Coordinates Transformation between CAD and Real Environments

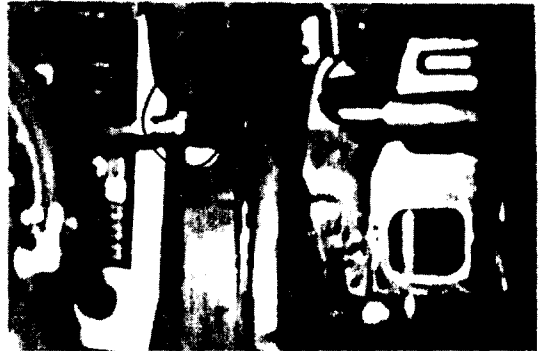


그림 4.6. An Example of J car Application

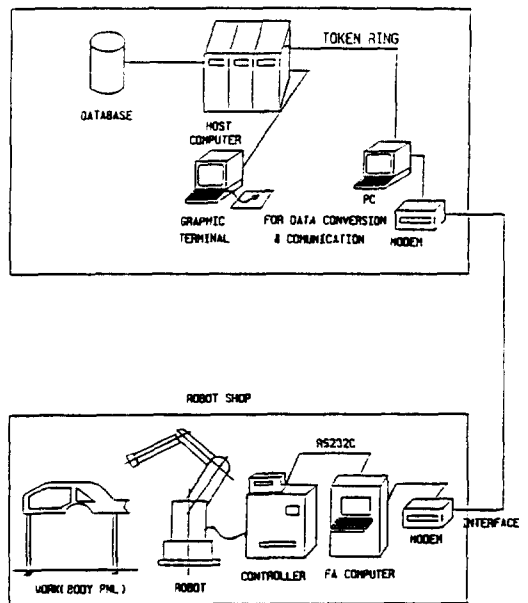


그림 4.7. System Configuration

의 3과정으로 나눌 수 있는데 비록 source program을 encode화 시켜 직접 실라인에 적용할 수는 있지만 line set-up 오차, fixture 가공오차등 Off-Line Teaching기법과 실제 현장조건 사이에는 피할 수 없는 오차 요인 들이 존재하기 때문에 이러한 환경을 극복해야만 한다. 오차를 최소로 하기 위해 현재 사용하고 있는 방법은 CATIA simulation시 차체상의 기준 4점을 선정하여 하나의 프로그램으로 teaching한 후 현장 적용시 그 기준 4점과 matching 되는 point들을 teaching하여 CATIA와 현장 데이터 간의 관계식을 풀어 source program을 transformation 하는 방법을 채택하고 있다. 그림 4.5에

computer와 실제 환경과의 차이의 예를 나타내고 있는데 이 방법은 기준점 선정 및 3차원적 자유곡면의 형상을 지니는 차체에 기준점을 표시하기가 어렵고 현장에서 단지 데이터 변환을 위한 4점 teaching을 해야하는 이중 작업등 실제적용상 try-out을 지연시킨 결정적인 단점이 많아 다른 새로운 방법을 연구 중에 있다. pc와 로봇 컨트롤러간의 인터페이스는 컨트롤러에 지원되는 parallel port(tape recorder용)와 serial port(RS-232C용)를 사용하는데 SCOUPE 및 J car 적용시에는 RS-232C를 사용했으며 SONATA 적용시에는 tape recorder를 이용했다. 이것은 적용상의 장단점을 고려하여 선택할 문제이다. 또한 로봇에 취부되는 gun의 형상오차는 현장 10점 teaching에 의한 자동정수 설정을 행하므로써 최소화하여 작업 정도를 향상시킬 수 있다. 작업오차는 SCOUPE의 경우 max. 4mm까지 발생하였는데 spot welding이 아닌 高精度를 요하는 작업에는 문제가 될것으로 예상된다. 그림 4.6과 그림 4.7에 실제 현장적용 모습과 본 시스템의 H/W 적 Configuration을 나타내었다.

5. 적용 문제점 및 대책

5.1 CAD simulation 과정

1) 타점 point 입력

차체 spot타점 표시도에서 타점 좌표를 읽어 CATIA에 입력하므로 정확도가 떨어지며 용접부위의 panel은 여러 part로 형성되어 판독하기에 어려운 점이 많다. 따라서 이러한 문제점을 해결하고 작업효율을 향상시키기 위해서는 body structure design시 spot 타점을 입력하는 것이 좋다.

2) 모델링의 한계

CATIA에서 작업한 프로그램으로 현장에 적용시킬 때 body 전산 도면에는 없었던 부위가 실제의 차체에는 돌출되어 있는 경우가 있고 고려하지 않았던 JIG 등 예상치 않은 간섭이 발생하기도 하였다. 이는 사전 현장 확인을 통해 개선해 나갈 것이며 확실한 WORK 모델링에 치중해야 할 것이다.

5.2 TRY-OUT과정

1) 좌표변환 작업의 간단화/고정도화

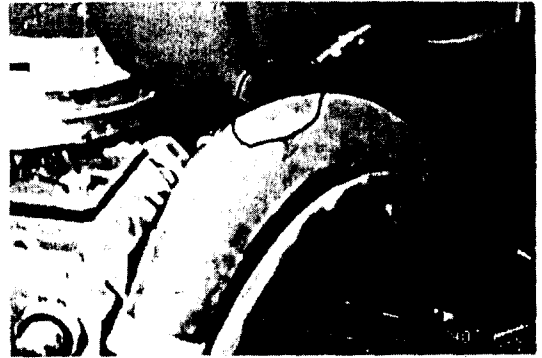


그림 5.1. Interference between Wrist part and Cables

좌표변환을 위한 기준점을 선정할 때 용접 타점중에서 선정하게 되면 좌표변환후 robot자세가 원하는 대로 나오지 않는 경우가 많고 별도 임의의 점을 선정하면 작업준비 시간이 많이 소요되며 오차 check 용 타점을 추가 선택해야 하는 단점이 있다. 이 좌표변환 부분이 Robot Off-Line Teaching System의 작업정도 및 시간에 가장 큰 영향을 주는 critical한 부분으로서 집중 노력해야 할 분야이다.

2) cable등 기계적 간섭문제

CATIA에서 작업하기 용이한 자세로 gun을 취부하기 때문에 현장 로봇의 limit값과 unmatching되는 경우가 발생한다. 따라서 wrist축이 어느 한 방향으로만 회전하여 cable의 꼬임 및 간섭문제가 발생하기도 하였다. 이는 gun 사양검토 및 gun 취부계획 협의시 반드시 참석하여 해결해야할 문제이다. robot wrist와 cable이 서로 간섭되는 경우를 그림 5.1에 나타내었다.

6. 결 론

Computer Aided Robot Simulation & Off-Line Teaching System개발은 CIM의 중추적 역할을 담당하고 제품설계 단계에서부터 생산으로 이어지는 Top-Down적 flow를 구축했다는데 의의가 있으며, 본 적용 과정을 통해 Off-Line System의 문제점 및 한계를 인식하고 반드시 극복해야될 과제를 얻었다는 성과가 있었다. 5절에서 문제점으로 제시한 사항들의 선결이 Off-LINE Teaching System의 보급화, 일반화의 첩경이며 타기종 로봇 적용을 위한 다양

한 Postprocessor의 개발, CATIA open architecture를 이용한 장애물 회피 algorithm의 추가, welding gun auto-graphic s/w의 개발 및 spot welding 외의 painting, cutting 등 다양한 작업에의 적용 등이 앞으로 연구해야 할 주과제이다.

참 고 문 헌

- [1] R.P. Paul, "Robot Manipulator : Mathematics, Programming and Control", MIT Press, 1981.
- [2] Arthur J. Critchlow, "Introduction to Robotics," Macmillan Publishing Company, 1985.
- [3] Soimon Y. Nof, "Handbook of Industrial Robotics" Wiley, 1985.
- [4] Nachi-Fujikoshi Corp, "Nachi Robot 8000 AM10 Controller Maintenance Manual," 1985.
- [5] Jhon J. Craig, "Introduction to Robotics : Mechanics & Control" Addison Wesley Pub. Company, 1986.
- [6] 시스템 사이언스 연구소, "RS-232C 핸드북", 세운출판사, 1988.
- [7] Dassault Systems, "CATIA Training Robotics" 1989.