

# 조선 대조립 용접라인의 CAD/CAM 시스템 적용

김은중<sup>†</sup> · 이시열<sup>\*</sup> · 김병수<sup>\*</sup> · 박진형<sup>\*</sup> · 박영준<sup>\*</sup>

## A Dedicated CAM for Welding Automation System in Assembly Line at Shipyards

Eun-Jung Kim, Si-Youl Rhee, Byung-Su Kim, Jin-Hyung Park and Young-Jun Park

**Key Words :** CAD/CAM, simulation, welding automation, MACRO

### Abstract

For coping with various ship types easily, welding automation using CAD/CAM is demanded and developed. In this paper we propose a dedicated CAM system which generates MACRO files to control robot manipulators. The paper contains CAD interface, virtual simulation, macro generation and job scheduling. At first, it defines and extracts weldline from CAD data, and generates proper MACRO programs. And it obtains optimum job schedules. This system removes the manual work, and consequently reduces the overall lead time. And it reduces costs and time for developing robot welding programs. This can be expanded to virtual factory simulation technology. Moreover, it is possible to apply this system for automation of Cutting and Painting

### 1. 서론

#### 1.1 조선산업에서의 자동화 현황

조선산업에서의 경쟁력은 선형개발과 건조공법개발에 의하여 크게 좌우되는데 건조공법에 있어서 단위 공정의 자동화가 중요한 핵심 과제로 대두되고 있다. 특히 조선산업은 그 특성상 용접공정과 도장공정이 가장 큰 비중을 차지하고 있어 이들 공정에서 생산성을 높이는 일이 중요하다. 90년대 이후 용접공정에 있어서 많은 부분이 간이자동화되고 일부는 시스템자동화되었지만 특정 라인에 있어서의 역할을 대행하기는 힘든 상황이었다. 그 이유는 여러가지가 존재하지만, 작업대상물에 로봇을 진입시키기 힘들다는 점과 선주의 요구사항에 따라 형상이나 배치가 계속 바뀌게 된다는데 그 큰 이유가 있다.

#### 1.2 연구 목적

다양한 선종에 대응하기 위해 CAD 시스템과 연계된 CAM 시스템을 이용한 용접 자동화가 요구

되어 개발되고 있다. Hitachi(CAMEX), Odense (Rob-Mod/Robin) 등의 조선소에서는 10년 전부터 최근까지 CAD 시스템과 연계한 용접 로봇 전용 CAM 시스템을 개발하여 자동화를 추진, 완성단계에 이르렀다. 다양한 선형에 따른 각종 크기, 형상의 부재를 로봇이 동작하여 용접하기 위해서는 다양한 구동프로그램이 필요하게 되며, 필요시 시스템이 유연하게 대응할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 자체개발된 로봇용 전용 CAM 시스템을 이용하여 대조립 용접자동화라인에 적용한 내용을 다루고자 한다.

### 2. CAD 인터페이스

#### 2.1 프로그램 구성

도면을 보고 수동생성한 CAD 데이터 파일이나 상부 CAD 시스템으로부터 인계받은 3D 데이터를 이용하여 내부 구조를 구성하고 이로부터 자체적으로 개발한 용접선 추출 알고리즘에 의하여 작업할 용접선들을 얻는다. 또는 상부시스템으로부터 기초적인 용접선데이터를 인계받아 확장할 수도 있다. 이렇게 생성된 용접선데이터에 용접 정보데이터를 연계시키고 사용자 작업에 의하여 수정, 삭제를 행한다. 이렇게 얻어진 용접선관련 정보는 데이터베이스에 누적되어서 시물레이션시

<sup>†</sup> 삼성중공업 조선플랜트연구소 메카트로연구과

E-mail : eunjung1.kim@samsung.com

TEL : (042)865-4667 FAX : (042)865-4688

<sup>\*</sup> 삼성중공업 조선플랜트연구소 메카트로연구과

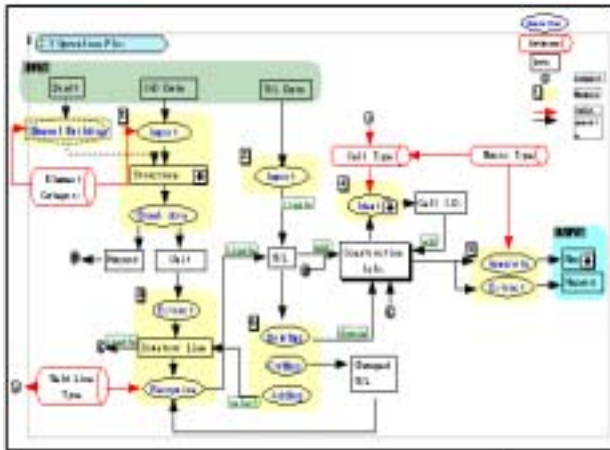


Fig. 1 Flowchart of CAD interface module

에 사용된다.

### 3. 로봇 시뮬레이터

#### 3.1 작업구성단위

어떠한 작업공정을 표현하기 위해서는 다양한 물체를 필요로 한다. 먼저 작업대상물이 필요하며 이 작업대상물에 대하여 동작할 수 있는 장치를 필요로 한다. 이러한 요소요소들이 모여서 하나의 작업을 구성하게 된다. 여기에서는 하나의 물

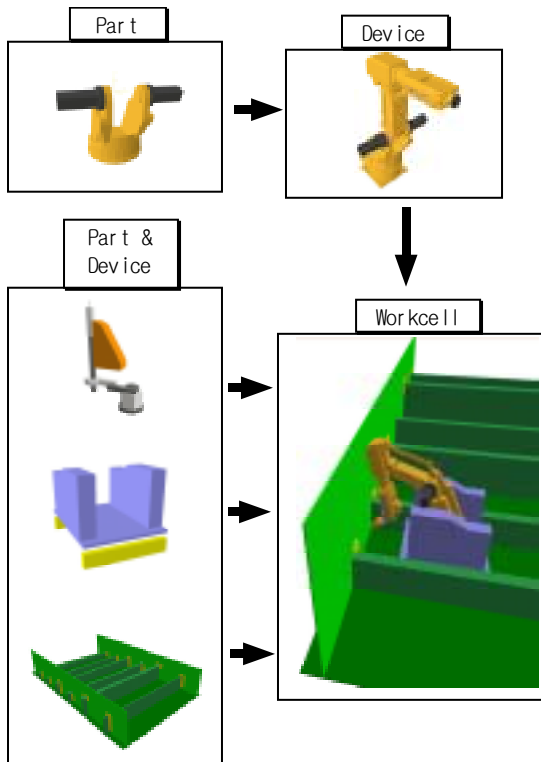


Fig. 2 Workcell components

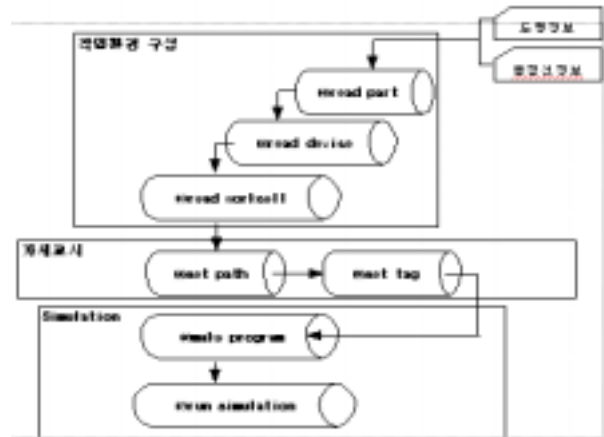


Fig. 3 Flowchart of simulator module

체를 Part 로 표현하는데 물체의 기하학적인 정보와 그 물체의 전체공간상에서의 좌표를 데이터로 담고 있다. 이러한 물체들이 여러 개 또는 단독으로 하나의 장치를 구성하게 된다. 이러한 장치를 Device 라고 부르는데 여기에는 기구학특성을 표현하는 데이터와 이 장치를 구성하는 Part 에 대한 정보 및 Part 사이의 상관관계를 담고 있다. 물론 여기에는 기구학특성이 없는 장치도 포함된다. 이러한 요소들이 모여서 작업을 구성하게 되는데 이를 Workcell 이라 부르며 여기에는 환경데이터, 포함된 장치의 특성치, 장치들간의 상관관계, 충돌체크 특성데이터, 경로데이터 등을 포함하고 있다.

#### 3.2 프로그램 구성

먼저 시뮬레이션을 행하기 위한 작업환경을 구성한다. Part 를 읽어서 Device 를 구성하고 Workcell 을 구성한 후에 자세교시를 위한 경로를 생성하고 이 경로안에 로봇자세를 위해 필요한 태그점들을 지정한다. 로봇의 일련의 동작을 위한 프로그램을 생성한 후 시뮬레이션을 행한다. 시뮬레이션은 각 장치의 조인트 동작 및 글로벌 동작에 대해서 개별적으로 테스트할 수 있고 경로안에 태그점들이 포함되어 있으면 이를 장치의 TCP 좌표로 변형하여 동작해 볼 수도 있다. 또한 로봇제어기에 해당하는 로봇언어로 되어 있는 프로그램을 직접 작성하여 확인할 수도 있다. 이 때 TCP 의 경로를 선요소를 이용하여 추적할 수도 있으며 또는 대상물과 로봇의 툴을 선택하여 상호간의 간섭이 일어나는지 충돌확인을 해 볼 수도 있도록 구성되어 있다. 물론 여기에는 일반적인 시뮬레이터에서 제공되는 뷰에 대한 도구들과 카메라 및 라이트 등 환경관련 메뉴들이 제공된다.

## 4. 대조립용접라인에의 적용

### 4.1 대조립 용접라인

대조립 공정은 전공정인 소조립 공정에서 만들어진 여러 부재들과 별도로 만들어진 주판을 조합하여 선체의 외판을 구성하는 블록을 조립하는 공정이다. 트랜스(횡방향부재)는 선체 외판이 되는 주판의 횡방향 강성을 제공하기 위한 것이고 론지,거더(종방향부재)는 선체의 길이 방향 강성을 제공하기 위한 것이다. 전체적으로 선체의 외판은 내부에 격자모양으로 부착되어 강성을 유지하게 되는데 이 때 제조공정 측면에서 문제가 되는 것은 종방향 부재가 횡방향 부재를 관통하면서 발생하는 슬롯홀 부위를 용접하는 것인데 이 부위의 용접은 공간이 협소하고 수직 용접이 많아 애로가 많은 공정이다.

### 4.2 용접선 생성/수정

선형 캐드작업을 통하여 생성된 블록의 3D 데이터를 받아들여서 해당 부재가 어떤 타입에 속하는지를 먼저 얻게 된다. 여기에는 주판(Base)과 트랜스, 거더, 론지가 격자를 이루고 이를 조합하기 위하여 칼라(Collar Plate)가 이용된다. 또한 부족한 강성을 보완하기 위하여 론지나 트랜스위에 보강재(Stiffener)가 붙게 된다. 이러한 각각의 부재정보를 얻은 후에 부재간의 접합체체크알고리즘을 통하여 필요한 용접선들을 추출하게 된다. 다양한 형상과 접합형태로 인하여 부가적인 처리를 필요로 한다. 이렇게 생성된 용접선에 각장, 용접속도, 전류, 전압, 기타 위빙특성치들을 데이터베이스로부터 불러들여서 할당을 하고 사용자의 작업을 통하여 필요한 부분을 수정한다.

이 과정을 통해서 세가지 결과파일을 생성하는데 첫번째로 시뮬레이터에서 사용가능한 파일포맷을 가지는 3D 파일을 생성하며 두번째로 블록정보를 담당하는 데이터베이스에 해당 블록의 정보를 담는다. 여기에는 블록의 트랜스와 론지의 격자구조에 대한 정보가 포함된다. 마지막으로 용접선 데이터베이스에 용접선정보 및 용접특성정보를 담게 되는데 용접선의 경로 뿐만 아니라 용접선을 이루는 두 면에 대한 벡터정보도 포함한다.



Fig. 4 Combination of holes and collar plates

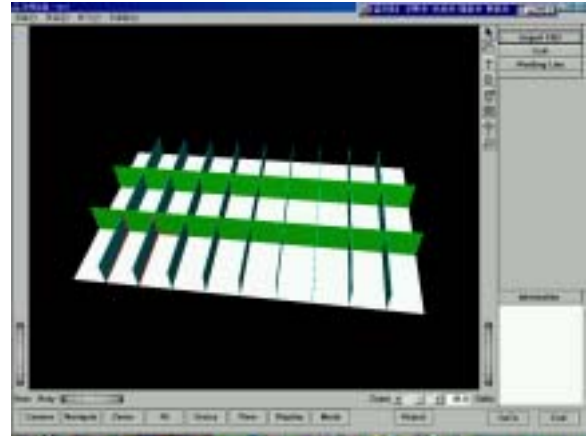


Fig. 5 Weldline creation

이렇게 생성된 정보들은 매크로 생성 작업을 통하여 실제의 로봇매크로정보로 변환하게 된다.

### 4.3 매크로 생성

매크로란 로봇제어기상에서 로봇이 인위적인 동작을 수행할 수 있도록 개별적인 동작 및 제어들을 하나로 묶어서 처리한 것이다. 이러한 매크로는 로봇 제어기에서 사용되는 로봇언어에 맞추어서 형성되어야 한다.

4.2 절에서 얻은 정보들은 매크로를 생성하기 위하여 수정작업을 거치게 된다. 매크로는 블록의 격자구조에 있어서의 하나의 셀에 대한 작업을 담당하게 되므로 블록에 속한 모든 용접선을 셀별로 분리하는 작업을 필요로 한다. N 번째 트랜스와 M 번째 론지가 이루는 조인트영역에서의 용접선들은 (N,M), (N+1,M), (N,M+1), (N+1,M+1)의 셀 중 하나에 속하게 되는데 이를 결정짓기 위하여 적절한 경계조건들을 필요로 한다. 이러한 경계조건들을 통하여 각각의 셀들에 배정되며 이러한 용접선들은 자기의 생성과정에 대한 정보도 가지고 있다. 이 생성과정에 대한 정보란 어떤 부재와 어떤 부재가 만나서 생성되었는지를 의미한다. 위에서 언급한 정보들을 통합하여 각각의 용접선들은 특정 셀의 특정 매크로에 소속되게 된다. 주판과 트랜스가 만나서 생긴 수평용접선은 칼라와 주판이 만나서 생긴 수평용접선과 통합되어 하나의 아랫보기용접을 수행 할 수 있는 매크로의 구성요소가 되게 된다. 이와 같은 방식으로 각각의 용접선들을 대응하는 매크로에 배정토록 처리를 한다. 현재 대조립용접라인에 적용되는 용접용 매크로는 크게 보아서 수평아랫보기용접용 매크로, 수직용접용 매크로, 오버헤드용접용 매크로, 론지부위 수평 아랫보기용접용 매크로, 칼라용접용 매크로, 보강재용접용 매크로로 나뉘며 각각은 내부적으로 다양한 종류를 포함하고 있다.

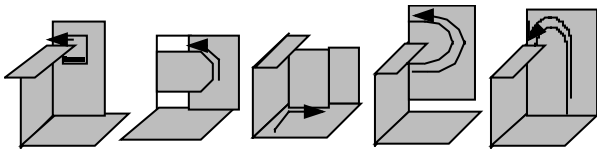


Fig. 6 MACRO types

또한 여기에서 용접용 매크로 이외에 추가적으로 처리를 하여주어야 하는 부분들이 있는데 로봇이 해당용접선을 용접하기 위해서는 로봇을 이동시키는 캐리지의 움직임에 대한 매크로가 추가되어야 하며 셀 내의 장애물을 인식하기 위한 환경인식작업에 대한 매크로도 자동으로 결정해 주어야 한다.

4.4 시뮬레이션

시뮬레이션을 위해서는 3장에서 언급한 로봇 시뮬레이터의 작업구성을 하여야 한다. 대조립 용접자동화 시스템의 경우 다양한 장치들을 포함하고 있는데 용접작업을 위한 6축 다관절 로봇과 용접선을 추적하기 위한 레이저 비전 센서, 환경인식을 통한 장애물 추출을 위한 환경인식 센서, 로봇의 셀내에서의 이동과 론지승월을 위한 캐리지, 이 캐리지를 승월이 불가능한 트랜스를 넘기기 위한 갠츄리 등으로 이루어져 있다. 매크로의 시뮬레이션을 위해서는 작업대상물인 블록(기구학적 특성을 가지지 않는 Device), 용접작업을 행하는 6축다관절로봇(Puma-Type Device), 주행을 행하는 캐리지(7-DOF Device)를 작업공간에 포함시켜주어야 한다. Fig. 7은 구성된 형태를 보여준다.

작업구성이 이루어진 후에는 매크로 파일을 불러들여 다양한 작업을 테스트하여 본다. 기본적인 조인트의 움직임뿐만 아니라 매크로로부터 생성된 경로를 움직이기 위하여 내부적으로 포함된 Inverse-kinematics 를 이용하여 글로벌 좌표로의 움직임도 처리한다. 이 때 추가 되는 물체

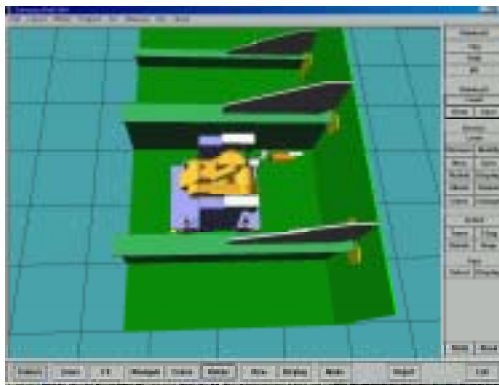


Fig. 7 Application to welding automation system of assembly line

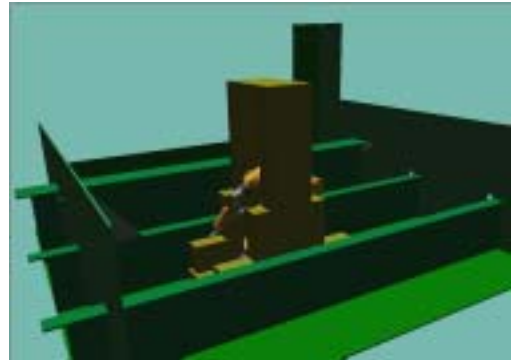


Fig. 8 Simulation of carriage movement



Fig. 9 Simulation of vertical welding

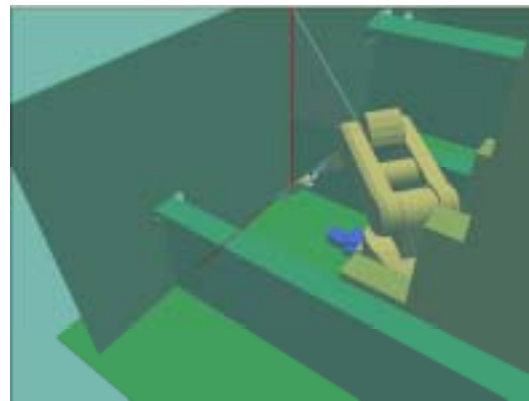


Fig. 10 Simulation of horizontal welding

(Master)와 보조가 되는 물체(Slave)를 설정하여 로봇동작시의 충돌체크도 확인해 볼 수 있다. 시뮬레이터를 통하여 테스트할 수 있는 작업들은 Fig. 8에서 볼 수 있듯이 캐리지의 이동, 캐리지의 승월, 로봇의 용접동작 등이다.

4.5 작업순서 생성

위와 같이 각각의 셀에 대해서 매크로 생성이 끝나고 시뮬레이션을 통해서 이상이 없다고 판단이 되면 전체적인 시스템의 흐름을 결정하여야 한다. 대조립 용접자동화 시스템의 경우 3대의 캐리지

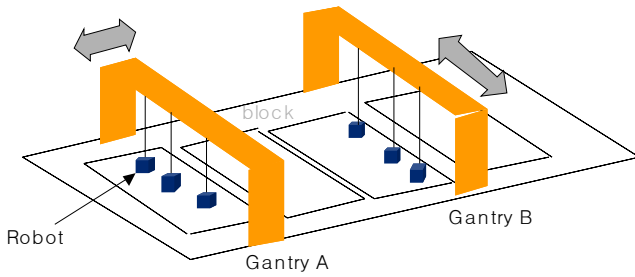


Fig. 11 Welding automation system of assembly line

가 하나의 갠츄리에 부착되어 있으며 이러한 갠츄리가 2 세트 설치되어 있다. 각각의 갠츄리는 자유롭게 X 방향으로 이동할 수 있으며 갠츄리상부에는 Y 방향으로 이동할 수 있는 3 대의 트롤리가 설치되어 있으며 이 각각의 트롤리에 다시 X 방향으로 움직일 수 있는 호이스트부착부가 달려 있다. 이 호이스트 끝단에 캐리지가 매달려 있는 것이다. 대략적인 시스템 구성은 Fig. 11 과 Fig. 12 에 도시하였다. 각각의 호이스트가 독립적으로 움직일 수 있는 게 아니라 갠츄리에 매달린 상태이기 때문에 작업순서를 결정짓는 부분이 전체 시스템 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 같은 갠츄리에 매달린 2 번 로봇이 작업을 진행하고 싶어도 1 번 로봇이 한참 뒤떨어진 상태에 있다면 2 번 로봇은 계속 대기하여야만 하는 상황이 발생되게 된다. 또한 캐리지가 론지 부분은 자동으로 승월할 수 있지만 거더나 트랜스는 작업자가 갠츄리 호이스트를 이용하여 들어올려서 다음 영역에 넘겨주어야 하기 때문에 구속조건이 까다로워진다.

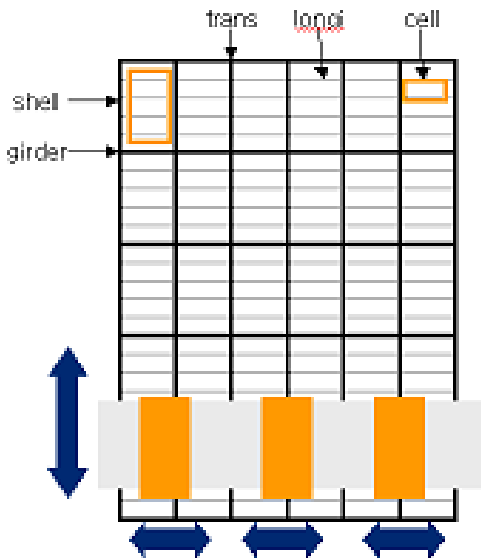


Fig. 12 Top view of system

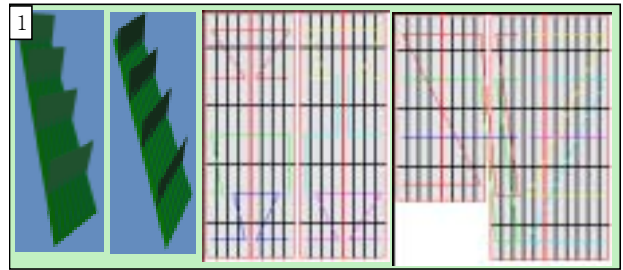


Fig. 13 Work order generated by scheduling module

이러한 작업순서를 결정함에 있어서 몇 가지 기본적인 규칙을 정하고 이 규칙사이에서 변형을 주어 작업순서를 결정하도록 하였다. 또한 작업시에 몇가지 가중치를 설정할 수 있도록 하여 작업이 빨리 끝나게 하는 것을 우선으로 할지 작업자의 개입을 최소화하는 것을 목표로 할지 결정짓도록 하였다. 이와 같이 하여 각각의 로봇에 대한 작업순서파일을 생성한다. 이렇게 생성된 작업순서파일은 전단계에서 생성한 매크로파일과 함께 자동으로 로봇제어기에 다운로드되어 작업되게 된다.

5. 결 론

조선용접에 있어서 가장 많은 구속조건을 가지고 있는 대조립용접라인의 경우, 일반적인 방식으로 자동화할 경우 지속적인 관리 및 개발이 필요할 뿐만 아니라 효율적인 공정을 달성하기가 매우 어렵다. 하지만 대조립용접라인에 전용 CAM 을 적용함으로써 로봇시스템의 생산성을 증대시키고 다양한 선종에 따라 변할 수 있는 로봇의 용접 프로그램 개발에 소요되는 시간 및 비용을 최소화하며, 조선소에서 자체 개발중인 차세대 CAD 에 연계시켜 운영함으로써 일괄처리를 할 수 있게 된다.

또한 개발된 CAM 시스템은 용접 공정뿐만이 아니라 다른 공정, 예를 들면 도장공정이나 가공공정에 확장 적용할 수 있도록 설계되어 있어 조선 전체공정의 생산성향상에 크게 기여하리라 생각된다.



## 참고문헌

- (1) Zhai, Wenbin, Fan, xiumin, Yan, Juanqi, and Zhu, Pengsheng, " An Integrated Simulation Method to Support Virtual Factory Engineering", International Journal of CAD/CAM, Vol.2, No.1, pp. 39-44 (2002)
- (2) Yuji Sugitani, " CAD/CAM Welding Robot System in Steel Bridge Panel Fabrication ", Quarterly Journal of Japan Welding Society, Vol.13, No.1, pp 28-38 (1995)
- (3) Yasuhisa Okumoto, " Application of Welding Robot System to Ship Hull Assembly", Tech. Report of IHI, Vol.33, No.6
- (4) Joise Wernecke, "The Inventor Mentor", Addison Wesley Publishing Company