

## VRML과 CORBA를 이용한 웹 기반 CAM 시스템의 구현

서윤호\*, 서석환\*\*, 김대영\*\*\*, 이현수\*\*\*\*

### Implementation of Web-based CAM System Using VRML and CORBA

Seo, Y. H\*, Suh, S. H.\*\*, Kim, D. Y.\*\*\* and Lee, H. S.\*\*\*\*

#### ABSTRACT

In this paper, we present the methods to develop a Web-based CAM system that is capable to simulate machining processes in solid model form through internet. The methods include the dynamic representation on Web of machining operation, workpiece definition on the request of users, interpretation technique of NC part programs through CORBA, and algorithm for efficient machining simulation. Based on the methods, a Web-based CAM system is implemented at <http://virtual.ulsan.ac.kr>. Using the Web-based CAM system, public users can simulate machining processes by own NC part programs.

**Key words :** CAD/CAM, Web-based, machining process, VRML

#### 1. 서 론

가상현실(virtual reality) 기술은 '90년대 초부터 제조공학에 적용되기 시작하여 몇몇 분야에서는 가상제조시스템(virtual manufacturing system)의 구축 및 활용이 실용화되는 단계에까지 이르게 되었다. 이러한 신기술의 이용은 제품 설계 시 설계이후의 제반 생산과정의 시뮬레이션을 통하여 생산의 기술적 타당성 및 적합성을 미연에 검증 또는 최적화함으로써 제품의 시장 출하 기간을 단축시켜 제조시스템의 응답성(responsiveness)을 높일 수 있는 장점이 있다. 특히 최근 급격한 인터넷 통신의 발달로 인하여, 네트워크를 기반으로 하는 가상제조시스템이 기업과 학계에 큰 관심 분야로 부상하고 있다. 이에 관한 연구로 VRML(virtual reality modeling language)이나 Java3D 등의 웹(Web) 가시화 기술을 통한 교육용 모델러나 시뮬레이터의 개발<sup>1,2)</sup>, 네트워크를 기반으로 하는 가상공작기계의 구현, 인터넷을 기반으로 하는 가상가공시스템 및 원격조작시스템의 개발<sup>3,4)</sup> 등이 있다.

그러나 지금까지 개발된 웹 기반 CAM시스템은 인터넷상의 막대한 데이터 처리 및 송수신 속도와 같은 기술적 한계로 인해 공구경보나 최종 형상만 보여줄 뿐, 가공 과정을 솔리드 모델(solid model) 및 실시간으로 표현하지는 못한다. 따라서 본 논문에서 제시하는 웹 기반 가공 시뮬레이션의 구현을 위해서는 가공공정을 웹상에서 3차원으로 가시화하고, 사용자 요구에 따라 공작물을 생성하는 문제를 해결하는 것이 선결 과제이다.

따라서 본 논문에서는 공작물의 동적 가공과정을 웹상에서 가시화 할 수 있는 공작물 표현 방법과 생성 방법, 그리고 웹상에서 NC 코드를 해석할 수 있는 방법을 통하여 가공과정을 검증해 볼 수 있는 웹 기반 CAM 시스템의 개발 방법을 제시한다.

#### 2. 웹 기반 CAM 시스템

아래 Fig. 1에 도시 되어 있듯이 웹 기반 CAM 시스템은 인터넷을 통하여 사용자가 원하는 공작물을 생성하고, 각자의 NC 파트프로그램을 이용하여 공작물의 가공 과정을 검증하기 위한 가공 시뮬레이션 시스템이다. 웹 기반 CAM 시스템의 구현을 위해서 1) 웹상에서 NC 코드에 따라 가공되는 공작물 가공 과정의 동적 표현 방법, 2) 사용자 요구에 따른 공작물 생성 방법, 3) 웹상에서 NC 파트프로그램의 해석 방

\*울산대학교 산업정보경영공학부  
\*\*포항공과대학교 기계산업공학부  
\*\*\*울산대학교 산업정보경영공학부  
\*\*\*\*포항공과대학교 기계산업공학부  
- 논문투고일: 2002. 01. 11  
- 심사완료일: 2002. 10. 10

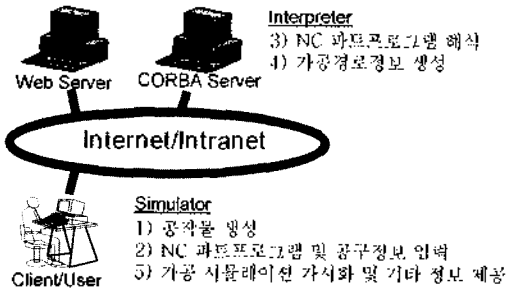


Fig. 1. 웹기반 CAM 시스템 구조.

법, 4) 시스템 효율을 고려한 가공 알고리즘 등을 개발하여야 한다.

첫째, 기존의 CAM 시스템에서 가공 과정 가시화를 위한 공작물 표현방법으로는 Z-map, M-map, Octree, Voxel 방식과 같은 CSG 지향적인 셀 분할 방식이 주로 사용되어왔으며, 그 이유는 가공형상에 대한 계산량과 계산방법이 빠르고 간단하기 때문이다<sup>15)</sup>. 그 중에서도 Z-map 방식은 측벽 형상의 표현이 불가능하지만 구현이 쉽고, 갱신에 따른 계산량이 적고 빠르기 때문에 3축 NC 가공 표현에 많이 사용된다. 본 논문에서는 웹 기반 형상 가시화 언어인 VRML을 사용하여 웹상에서의 가공 과정을 동적으로 표현하기 위해 Z-map 구조 기반 표현방법을 제시한다. VRML은 사용이 간단하고, 플러그인(plug-in) 웹 브라우저(browser)를 이용하여 시각적 표현이 가능하며, 플랫폼에 독립적으로 작동할 뿐만 아니라 EAI 통신을 제공하여 VRML세계와 JAVA 애플릿(Applet)과의 인터페이스를 제공한다는 특징이 있다<sup>17)</sup>.

웹 기반 CAM 시스템의 서버에서 클라이언트의 요구에 따른 공작물을 지원한다면 과도한 통신량에 의하여 가공과정의 표현은 불가능할 것이다. 이를 극복하기 위하여 클라이언트에서 공작물을 생성하고, 클라이언트 측 가공 시뮬레이션 시스템에서는 생성된 공작물 정보만으로 가공과정을 표현할 수 있게 하였다. 이를 위해 생성되는 VRML 파일에 공작물의 형상과 메쉬 정보를 포함할 수 있게 하였다.

셋째, 웹기반 CAM시스템에서 NC 파트 프로그램의 해석을 위해 새로운 해석기를 개발하기 보다, CORBA<sup>18)</sup>를 통해 기존의 CAM 시스템을 이용할 수 있게 하였다. 이런 방법을 사용할 경우 쉽게 시스템을 구축할 수 있을 뿐 아니라 검증된 NC코드 해석기를 이용하기 때문에 코드 해석의 안정성을 높일 수 있으며, 해석기와 독립된 시스템이 개발되기 때문에 시스템 유지보수에 용이한 장점이 있다.

마지막으로 가공 시뮬레이션 알고리즘은 공구의 가공이동 영역과 공작물 영역이 충돌이 일어나는 Bounding box를 계산하여, 가공부위 검색 범위를 줄이는 방법을 사용하였다.

### 3. 웹기반 CAM 시스템 개발

#### 3.1 가공 과정의 동적 표현

VRML의 기하노드 중 ElevationGrid 노드는 XZ면이 변화하는 Y축 높이의 직사각형으로 구성되어 Z-map 구조와 유사하지만 EAI통신에 의해 격자의 높이를 변경할 수 없기 때문에 가공과정을 동적으로 표현하기에는 적당하지 않다. 따라서 본 논문에서는 좌표 영역 안에 있는 정점들을 조합하여 면을 구성할 수 있고 그 면의 높이를 EAI통신을 통하여 동적으로 변경할 수 있는 IndexedFaceSet 기하노드를 사용하였다. IndexedFaceSet노드를 사용해 Z-map구조를 갖는 공작물을 표현하기 위해서는 IndexedFaceSet으로 정의된 정점 중 인근 4개 점을 하나의 메쉬(mesh)로 처리를 한다(이하, VRML형 Z-map). 예를 들어 그림 2(a)의 (0,1,6,5), (1,2,7,6), (2,3,8,7) 등과 같이 4개 점을 하나의 메쉬로 취급하는 것이다. 이렇게 하여 생성된 한 메쉬는 4개 점으로 구성되게 되고 EAI 통신을 통해 메쉬의 Z축 값을 변경하면 가공과정을 표현할 수 있다.

그러나 이 방법은 Fig. 2(a)에 보이는 것과 같이 한 메쉬의 높이를 낮추면 인근에 연결되어 있는 메쉬도 영향을 받아 비스듬한 가공 형상이 생기는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 VRML형 Z-map 방법에 측면을 담당 하는 메쉬를 하나 더 두는 Z-map 방법이

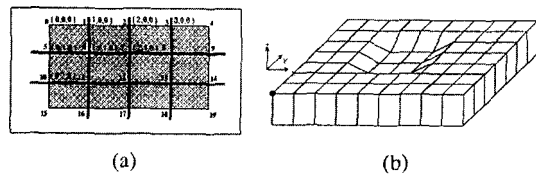


Fig. 2. VRML형 Z-map 구조와 가공형상.

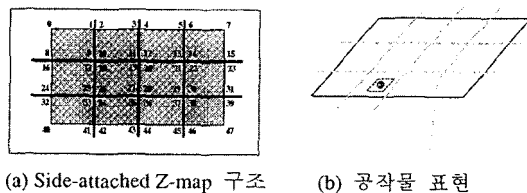


Fig. 3. Side-attached Z-map방법에 의한 공작물 표현.

하, Side-attached Z-map)을 제안한다. 이 방법은 Fig. 3(a)와 같이 (0,1,9,8), (1,2,10,9), (2,3,11,10), ..., (8,9, 17,16), (9,10,18,17), ..., (16,17,25, 24) 방법으로 묶어서 (0,1,9,8), (2,3,11,10), ..., (16,17,25,24) 등은 가공면을 표현하게 하고, 그 외 (1,2,10,9), ..., (8,9, 17,16), (9,10,18,17) 등 메쉬는 측면을 담당하는 역할을 하게 한다. 따라서 이 방법에서 임의의 가공면 메쉬의 높이를 변경시키면 연결된 측면 담당 메쉬의 면적이 없기 때문에 90도 경사를 이루게 된다. 그러나 한 점에 4개의 좌표값을 설정 하고 있기 때문에 생성된 VRML의 파일이 커진다는 단점이 있다.

공작물 크기와 메쉬 간격이 같을 경우 VRML형 Z-map과 Side-attached Z-map구조 사이의 파일 크기와 가공시간을 Table 1에 비교하였다.

Table 1에서 보는 것과 같이 Side-attached Z-map 방법은 VRML형 Z-map 방법보다 VRML 파일의 크기가 약 4배 가량 크며, 파일 전송 속도, VRML 브라우저에서의 가시화 속도, EAI 통신으로 좌표를 조절 할 경우 통신속도 등에 영향을 받아 가공시간은 파일 크기가 커짐에 따라 기하급수적으로 증가함을 알 수 있다.

실제 공작물의 가공 시뮬레이션에서는 메쉬 간격은 작게 하여 가공형상을 세밀하게 표현하는 것이 일반적이며, 메쉬 간격이 작을 경우 Fig. 4에서 보는 것과 같이 측면의 기울어짐 현상이 보완될 수 있다. 따라서

Table 1. 공작물 크기와 메쉬 간격이 같을 경우(메쉬간격: 1 mm)

공작물크기/ 가로*세로* 높이	VRML형 Z-map		Side-attached Z-map	
	크기 (Kb)	가공 시간	크기 (Kb)	가공 시간
100*100*50	318	3초	1,376	15초
200*200*50	1,398	15초	6,003	2분 33초
300*300*50	3,200	58초	14,143	26분 37초

\*인텔 P-III 550, 부두 3000, 256RAM, Cortona 3.0, 세로 1 mm씩 가로크기 만큼 가공.

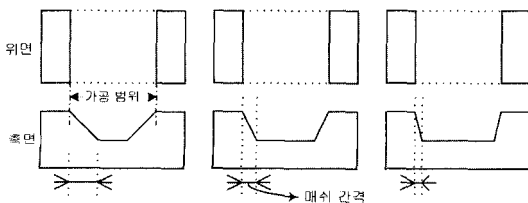


Fig. 4. 메쉬 간격이 다른 VRML형 Z-MAP 가공 형상.

위의 두 경우를 고려해 현재 인터넷 기술로는 VRML형 Z-map 구조가 공작물의 가공과정을 가시화 하기 위해 더 적합하다. 그러나 VRML 브라우저의 가시화 기능이 향상된다면 Side-attached Z-map 방법도 이용 가능한 공작물 표현 방법이 될 것이다.

3.2 공작물 생성방법

클라이언트에 따라 상이한 공작물 형상과 가공 메쉬 간격을 수용하여 웹상에서 가공 시뮬레이션을 원활히 보여주기 위해서, 아래 Fig. 5와 같이 클라이언트의 요구에 따라 VRML파일을 생성하고, 클라이언트 하드디스크에 저장하여, 이를 다시 웹 브라우저로 불러오는 방식을 택하였다. 이때 생성되는 공작물 VRML파일에는 1) 공작물 크기와 메쉬 간격, 2) VRML형 Z-map 구조의 공작물 표현, 공구경로와 같은 정보를 포함하고 있어야 한다. 또한 생성된 공작물 VRML파일을 클라이언트 컴퓨터에 저장 하기 위해서는 전자서명 방식을 사용하였다<sup>9,10</sup>.

이와 같은 정보를 표현하기 위한 VRML 파일구조는 Fig. 6과 같다. 이렇게 생성된 공작물 VRML파일

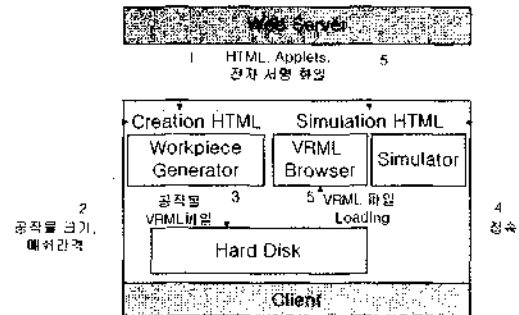


Fig. 5. 가상 공작물 생성.

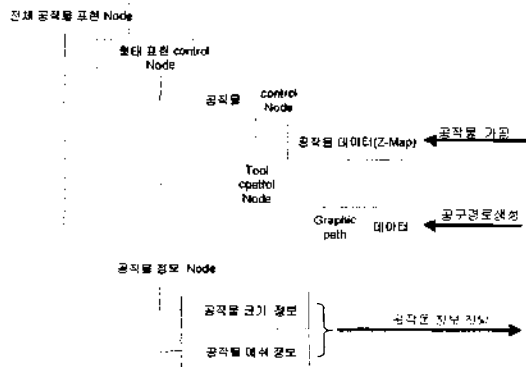


Fig. 6. 공작물 VRML트리구조.

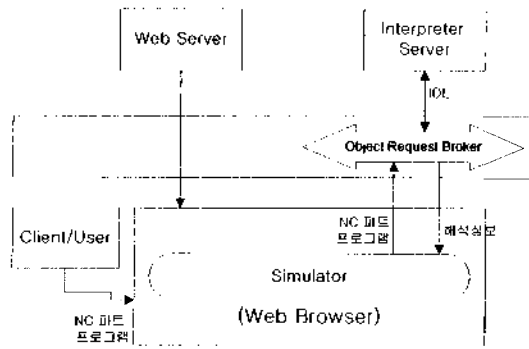


Fig. 7. CORBA를 활용한 NC파일 해석.

의 형상 및 배위 정보는 가공 시뮬레이터에 전달되며, 가공 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 공작물 가공 및 공구 경로 정보가 추가적으로 필요하다.

3.3 CORBA 시스템을 활용한 NC코드해석

본 연구에서는 클라이언트 NC코드를 해석하기 위한 NC코드 해석기를 자바 애플릿을 이용하여 자체 개발하기 보다 기 개발된 CAM 시스템을 활용하였다. 이를 위해서 Fig. 7과 같이 미들웨어 CORBA를 통하여 클라이언트의 NC 파트프로그램을 기존 CAM시스템을 포함하는 해석기 서버에 전송하여 가공 시뮬레이션을 위한 공구궤적경로를 구하는 방법을 사용하였다.

이러한 분산객체 기술을 사용하면 1) Interpreter 서버로부터 형상정보만이 아닌 가공정보만을 받기 때문에 가공물의 형상정보량에 큰 영향을 받지 않으며, 2) 애플릿으로 해석기를 만들 시 발생할 수 있는 서버/클라이언트의 부하를 줄일 수 있고, 3) 기존 검증된 CAM 시스템을 사용함으로써 시스템 개발의 효율성과 검증된 해석정보에 의한 시스템 안정성을 기할 수 있으며, 4) 차후 개발 될 수 있는 공작기계를 제어 및 모니터링 할 수 있는 시스템 개발에도 쉽게 확장이 가능하다는 장점이 있다.

3.4 시뮬레이션 알고리즘

공작물 가공부위 검색방법은 공구의 가공이동 영역과 공작물 영역에 충돌이 일어 나는 Bounding box를 계산하여 검색 영역을 줄이면서 가공될 부분을 찾아 IndexedFaceSet 기하노드로 구성된 배위의 높이를 변경하게 된다.

본 알고리즘은 검증된 CAM시스템인 Interpreter 서버에서 넘어오는 가공정보(i.e., 가공의 시작점, 끝점,

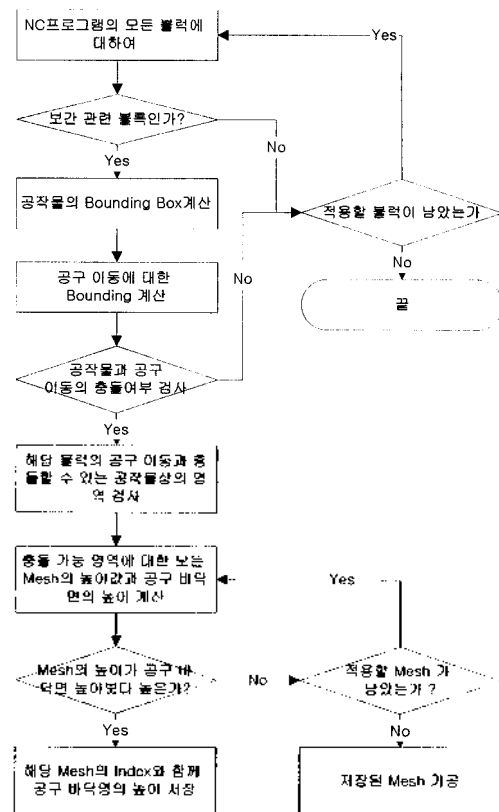


Fig. 8. 가공 시뮬레이션 알고리즘.

공구 직경 등)를 가시화하기 위한 것이다. 자세한 알고리즘은 아래 Fig. 8과 같다.

4. 시스템 구현

본 연구에서 개발된 웹 기반 CAM 시스템의 동작은 Fig. 9에 표현되어 있다. 사용을 원하는 클라이언트가 웹 서버에 접속 한 다음 공작물 생성 Applet을

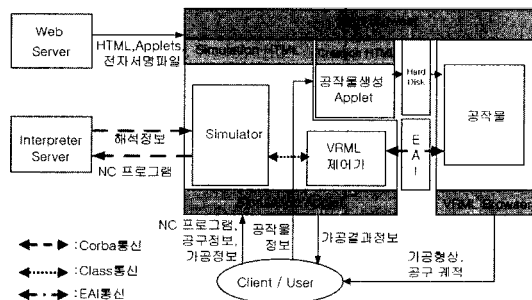


Fig. 9. 웹기반 가공 시뮬레이션 시스템 구조.

통하여 가공하고자 하는 공작물의 크기 및 매쉬 간격을 입력 하면, 생성된 VRML파일은 하드디스크에 자동 저장된다. 그 후 Simulation HTML에 접속하여 실제 가공 시뮬레이션 시스템을 동작 시킬 수 있는데, 이때 시뮬레이터는 VRML Browser안의 설계된 공작물 구조에서 공작물 크기와 매쉬 간격 정보를 가지고 와서 공작물 정보를 인식한다. 클라이언트는 NC 프로그램, 공구 정보, 가공 조건 정보 등을 시뮬레이터에 입력하고, 시뮬레이터는 이 정보를 해석기 서버로 의뢰하여 해석 정보를 받게 된다. 이 해석 정보를 이용하여 시뮬레이터에서 실제 가공 될 매쉬 부분을 추출 하고 VRML 제어를 통하여 공작물을 가공하는 명령을 주게 된다. 이런 과정을 통하여 VRML 브라우저에서는 실제로 가공 되는 모습을 동적으로 가시화 할 수 있게 된다.

본 시스템은 웹 서버로 IIS4.0, Corba는 visibroker 3.3 for C++과 visibroker3.4 for java와 기존에 CAM시스템을 활용 하여 VC++6.0으로 해석 정보를 줄 수 있는 해석기 서버를 만들었다. 전자서명 파일은 IE용은 SDK for Java 4.0을 사용하였고, 클라이언트 측에서는 Cortona 3.0과 웹 브라우저가 필요하다.

본 시스템은 시뮬레이션 시 공구 위치, 공구 정보, 가공시간, 기타 상태 등을 표시할 수 있다. Fig. 10은 실제로 가공 되는 과정을 보는 경우이고 Fig. 11는 최종형상과 툴 경로를 보여주는 화면이다. 그리고 가공 후에는 가공 결과 정보와 가공 단면을 2D로 보여주는 부분으로 구성되어 있다.

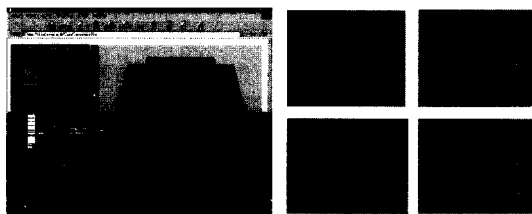


Fig. 10. 초기화면과 가공과정 가시화 화면.

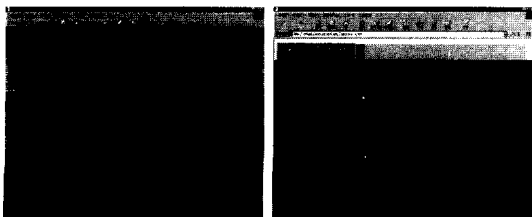


Fig. 11. 최종 가공형상과 공구경로 화면.

## 5. 결 론

본 논문에서는 웹상에서 가공과정을 동적으로 표현하기 위한 Z-map 구조의 VRML 표현 방법, VRML 트리구조와 이를 생성 하는 방법, 그리고 서버용 NC 코드 해석기를 CORBA를 통하여 클라이언트 시스템에서 이용할 수 있는 방법 등을 제안하였으며, 이를 바탕으로 VRML과 CORBA를 이용하여 Web기반 CAM시스템을(<http://virtual.ulsan.ac.kr>) 구현하였다.

기존의 CAD/CAM 시스템이 stand alone환경을 선제로 한 반면, 본 시스템은 인터넷 기반이라는 점에서 기존시스템과 차별성을 가질 뿐만 아니라 그 활용성이 높다. 본 시스템을 활용한다면 CAD/CAM 소프트웨어가 없이도, CAD/CAM관련 교육이 가능하다. 제안한 방법론 및 제반의 이론, 구현기술은 이 분야의 연구나 소프트웨어 기술 개발에 활용될 수 있을 것이다. 추후 본 연구를 바탕으로 웹에서 실제 공작 기계를 제어하고 모니터링이 가능한 시스템으로 발전시킬 계획이다.

## 참고문헌

1. 김경철, 박준영, "웹 기반의 가상 선반 가공 시뮬레이터 개발," 대한산업공학회 2000추계 학술대회, Section A04-1, 2000.
2. Rohmeier, M., "Web Based Robot Simulation Using VRML," Simulation Conference 2000, Vol. 2, pp. 1525-1528, 2000.
3. 성영수, "인터넷을 이용한 머시닝센터의 모니터링과 원격조작에 관한 연구," 서울대학교 공학석사학위논문, 1999.
4. 정광식, 서석환, 서윤호, 이현수, "Web 기반 가상 공작기계의 구현," 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제6권, 제4호, pp. 236-243, 2001.
5. Hook, T. V., "Real-time Shaded NC Milling Display," *Proceeding of SIGGRAPH in Computer Graphics*, Vol. 20, No. 4, pp. 15-20, 1986.
6. Hsu, P. L. and Yang, W. T., "Real-time 3D Simulation of 3-axis Milling Using Isometric Projection," *Computer Aided Design*, Vol. 25, No. 4, pp. 215-224, 1993.
7. Marrin, C., "Proposal for a VRML 2.0 Informative Annex, External Authoring Interface Reference," Silicon Graphics, Inc., 1997.
8. Evans, E. and Rogers, D., "Using Java Applets and CORBA for Multi-user Distributed Applications," *IEEE Internet Computing*, pp. 43-55, May/June 1997.
9. Microsoft Corp., "Microsoft SDK for Java, version 4.0," <http://www.microsoft.com/java/sdk/40/>, 2000.
10. Netscape Corp., "Object-Signing Tools," <http://developer.netscape.com/docs/manuals/signedobj/>, 1999.



**서운호**

고려대학교 산업공학과 학사  
펜실바니아주립대학교 석사, 박사  
현재 울산대학교 산업정보경영공학부 부  
교수  
관심분야: 제조시스템 자동설계, 사례기반  
추론, 가상제조



**김대영**

울산대학교 산업정보경영공학부 학사,  
석사  
현재 (주)더존디지털웨어 연구원  
관심분야: 제조시스템설계, 웹기반 시스템,  
ERP



**서석환**

1976년 고려대학교 산업공학과 학사  
1978년 KAIST 산업공학과 석사  
1978년~1981년 현대자동차(주)  
1986년 Ohio State Univ. 생산공학 박사  
1986년~1987년 Univ. of Michigan, 통  
합생산연구소 연구원  
1987년~현재 포항공과대학교 산업공학과  
교수  
관심분야: STEP-NC, e-manufacturing,  
CAD/CAM



**이현수**

1997년 성균관대학교 산업공학과 학사  
2002년 포항공과대학교 산업공학과 석사  
2002년~현재 삼성 SDS  
관심분야: e-manufacturing, STEP-NC