

# 웹 기반 CAD/CAM

안 성 훈

경상대학교 기계항공공학부

## Web-based CAD/CAM

Sung-Hoon Ahn

School of Mechanical & Aerospace Engineering, Gyeongsang National University

### 1. 서 론

웹 기반 CAD/CAM은 1990년대 중반부터 발전되어 온 웹(World Wide Web)기반의 통신 기술을 기존의 CAD/CAM 영역에 응용하면서 시작되었다. 웹 기반 CAD/CAM은 여러 분야의 새로운 시도를 포함하는 용어로 통용되는데, 대표적인 응용 방법은 다음과 같은 예를 들 수 있다.

1. 웹브라우저를 모델링 도구로 사용하는 CAD/CAM 시스템(CyberCut<sup>(1)</sup>)
2. 기존의 CAD/CAM 시스템을 사용하면서 웹 서버에 위치한 설계 및 생산 관련 자원을 활용하는 시스템(Design Consultant<sup>(2)</sup>)
3. 웹 환경의 가상현실 기술을 사용하여 설계와 가공 시뮬레이션을 구현하는 방법<sup>(3)</sup>
4. 웹을 통한 협업 설계 시스템(DOME<sup>(4)</sup>)

웹 환경의 개선과 함께 여러 분야의 새로운 개념들이 발전되고 있으나 아직까지는 창조적인 시도가 가능한 미개척 분야이다. 그리고 사회적 이슈로까지 다뤄지는 웹의 장점과 단점 역시 웹을 CAD/CAM 분야에 효과적으로 이용하기 위해 해결되어야 하는 영역이다. 한 가지 예로, 네트워크가 연결된 어느 위치에서도 정보에 접근이 가능한 웹의 무소부재성(ubiquity)은 웹 기반 CAD/CAM의 장점으로 작용하지만 또한 중요한 설계 및 생산관련의 기밀의 유출을 가능하게 하여 보안상의 문제를 유발할 수 있다. 본 특집에서는 대표적인 웹 기반 CAD/CAM 시

스템인 버클리대학(UC Berkeley)의 CyberCut과 포드자동차의 Design Consultant의 예로 웹 환경에서 구현된 CAD/CAM의 특징을 다뤄보기로 한다.

### 2. CyberCut의 배경

1970년대 후반 Mead와 Conway는 VLSI의 자동화된 설계 시스템의 기초를 닦았다. VLSI의 소량 제작 위해 발전된 Metal Oxide Silicon Implementation Service(MOSIS)라고 불리는 서비스는 설계규칙을 따라 설계된 VLSI를 제작해서 설계자에게 보내진다<sup>(5)</sup>. MOSIS는 연구소나 기업에서 의뢰하는 VLSI 뿐 아니라 대학의 VLSI 설계와 제조에 관한 CAD/CAM 과목에서 사용되어 설계된 VLSI를 학기 중에 신속하게 제작해 주고 있다. 이러한 ECAD(Electrical CAD) 분야의 성공에 자극을 받아 미국의 과학재단(NSF)은 기계 부품 설계의 분야(MCAD)에도 신속한 생산이 가능한 시스템에 관심을 가지게 되었다. CyberCut은 이러한 배경을 가지고 1997년 NSF 연구 과제로 시작되어, 기계부품을 위한 웹 기반의 CAD/CAM 시스템을 구현하고 절삭 가공으로 신속 제작(Rapid Prototyping) 기능을 제공하는 것을 목표로 발전되었다.

### 3. CyberCut의 기본개념

그림 1은 CyberCut의 공정을 요약해서 보여준다. 우선 개념 설계 시에 웹 기반의 Manufacturing

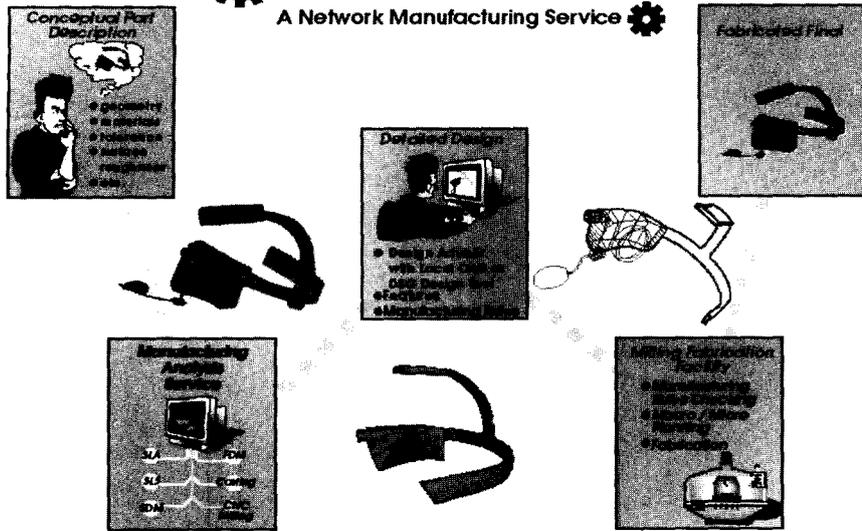


그림 1. CyberCut의 공정도

Advisory Service(MAS)를 사용하여 웹에서 대략적 형상, 사용재료, 공차, 등의 사양을 기준으로 적합한 제조 공정을 결정한다<sup>16,7)</sup>(그림 1의 좌측에서 두 번째). 만약 MAS에서 3축 CNC가 제안되면 WebCAD로 상세설계를 실시하고 시작품을 CNC로 가공하여 며칠 내에 제품을 우송한다. CyberCut은 이러한 개념설계를 도와주는 MAS와 WebCAD, 공정계획, 그리고 가공에 관련되는 일련의 소프트웨어

어와 하드웨어를 포함하는 시스템을 가리킨다. CyberCut은 신속한 설계-제조 공정을 달성하기 위하여 두 가지의 개념을 시도하였다:

- 1) 공정인식 CAD(process-aware CAD),
- 2) 자동 공정 계획(automated process planning).

이 개념들을 사용하는 목적은 제조고려 설계(Design for Manufacturing<sup>18,9)</sup>)를 3축 CNC 밀링 공정에 구현하여 설계와 생산을 밀접하게 연계하고

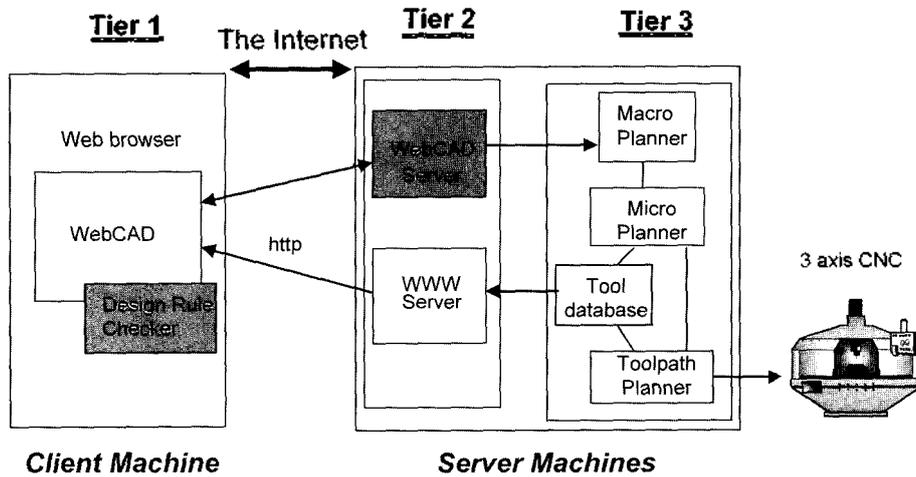


그림 2. CyberCut의 통신체계 - 3 tier client server.

생산 시간과 비용을 단축하는 데 있다.

CyberCut의 개략적인 통신구조는 3 티어 클라이언트-서버구조를 사용한다. WebCAD를 버클리대학의 웹서버에서 다운로드 받고 이를 이용하여 형상을 모델링한다. 완성된 형상은 Solid Interchange Format(SIF)<sup>[10]</sup>이라는 자료형태로서 WebCAD 서버로 전송되고 자동공정계획이 시작된다. 생성된 NC 코드를 3축 CNC로 가공하여 공정을 종료한다.

### 3.1. WebCAD

공정인식 CAD를 구체화시키기 위해 Java를 사용하여 개발된 WebCAD는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

1. 무료 CAD- 다른 학교나 연구실과의 협력을 위해 상용 CAD를 사용하지 않고 웹에서 무료로 사용하는 CAD를 유저 인터페이스로 사용한다.
2. 자동화를 목표- 연구를 목적으로 개발된 WebCAD는 상용 CAD와의 결합보다는 전 공정의 자동화에 우선순위를 둔다.
3. 설계법칙 제공- 지리적으로 원거리에서 설계를 하는 네트워크상의 설계자에게 3축 CNC로 형상을 가공하는데 필요한 '설계법칙' (Design Rule)을 실시간으로 제공하는 유저인터페이스를 제공한다.

WebCAD는 밀링가공을 위한 공정계획을 염두에 두고 형상의 모델링 범위를 제한 한다. 가공성을 보장하면서도 다양한 형상을 모델링하는 측면과, 웹 환경에서 CAD가 다운로드되는 시간을 단축하기 위해 기능을 최소화하는 측면을 만족시켜 주는 것은 WebCAD를 개발하는데 중요한 이슈가 되었고, 이는 다른 웹환경의 CAD/CAM 소프트웨어에서도 고려해야 할 문제이다.

3축 CNC 머시닝은 구멍가공, 포켓 가공 등을 사용하므로 각 가공 형상들은 Destructive Solid Geometry(DSG)의 형상과 일대일로 대응된다. WebCAD는 자바 애플릿(Java Applet)을 프로그래밍 언어로 사용하여 실시간으로 DFM을 위한 설계 검사를 가능하게 한다. 그림 3의 우측 상단과 같이 구멍(hole) 또는 포켓 가공을 하는 경우 공구 데이

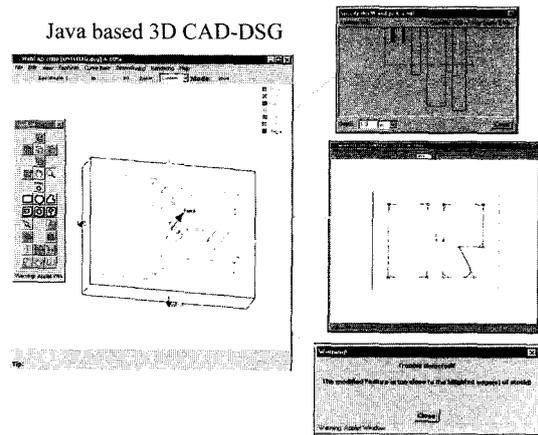


그림 3. WebCAD의 세 가지 DFM 기능들

터 베이스가 설계자에게 제공되어 각 개체를 가공하는데 사용하고자 하는 공구의 길이와 지름을 선택하게 함으로써 공구의 치수가 부정확하여 발생하는 문제를 미연에 방지 한다. 그리고 각 형상을 가공할 경우 공구의 반경으로부터 발생하는 미절삭된 영역(코너 반지름)을 실시간으로 설계자에게 보여주어 최종 가공형상을 제공한다(그림 3 우측 중앙). 설계자는 이를 보고 다른 공구를 선택하여 코너 반지름을 조절하게 된다. 마지막으로 격벽 가공 또는 구멍과 모재의 외벽과의 거리가 너무 작게 설계 될 경우 경고 메시지가 설계자에게 보여서 가공시 일어날 수 있는 문제를 알려준다.

### 3.2. 자동 공정 계획

웹을 CAD로 사용하며 DFM 검사를 설계 단계에서 실시하므로 공정 설계에서 발생할 수 있는 가공 문제를 해결하였다. 그림 4는 일반적인 CAD/CAM의 공정 계획과(좌측) CyberCut의 공정 계획(우측)을 비교하여 보여준다. 일반적 공정계획에 대 화 식으로 사용자의 결정에 따라 진행되는 반면 CyberCut은 완전 자동화된 공정 계획으로 WebCAD로부터 입력된 형상을 매크로플래너, 마이크로플래너로 구분하여 공정 계획을 작성하고, 공구 경로와 픽스처 작업 순서를 출력해 준다. 공정 계획 프로그램은 C++로 작성되어 서버에 위치하며 WebCAD로 작성된 어떤 형상이든지 5분 내에 처리한다.

원격지의 설계자가 머시닝에 사용되는 다양한 퓹

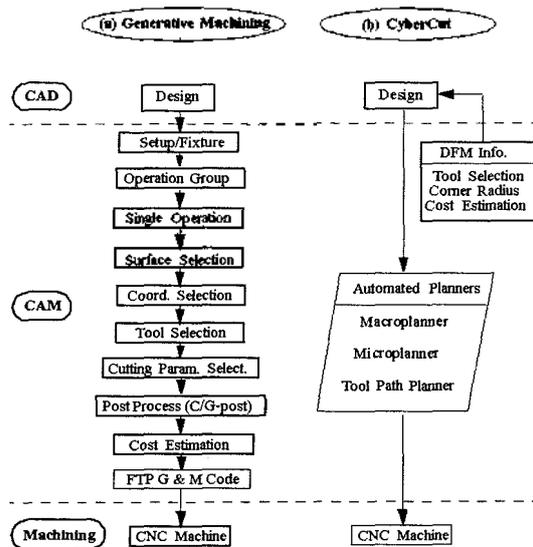


그림 4. 자동공정계획

스처의 기능을 이해하지 못해도 가공이 보장되도록 픽스처공정을 설계자로부터 분리하여 자동화 시켰다. 즉 설계자는 설계 형상이 어떠한 픽스처에 의해 고정될지 모르고 가공자도 형상의 특징을 이해하지 못해도 가공에 영향을 끼치지 않는다. RFPE (Reference Free Part Encapsulation)라고 불리는 만능픽스처(Universal Fixture)는 바이스로 고정이 되지 않는 경우 공정 계획 프로그램이 선택하게 된다<sup>11)</sup>. RFPE 공정에서는 모재와 충전재(encapsulation material)로 구성된 6면체의 가공물을 바이스(vise)로 고정한다. 3축 CNC로 {절삭}-{충진}-{6면체 회전}공정을 반복하여 여섯 면을 모두 가공한 후

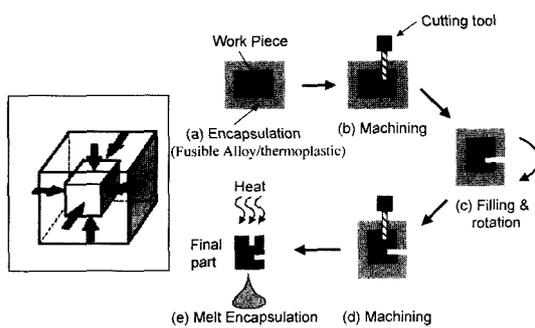


그림 5. CyberCut의 만능픽스처-RFPE.

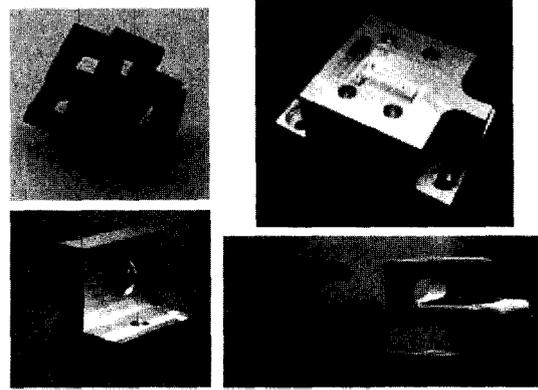


그림 6. CyberCut으로 가공된 형상의 예

충진재에 열을 가해 가공된 형상을 추출한다.

그림 6은 CyberCut으로 가공된 예를 보여준다. 모두 3축 머시닝센터로 가공되었고 바이스 또는 RFPE를 픽스처로 사용하였다.

#### 4. Design Consultant의 소개

WebCAD를 사용하여 비교적 간단한 형상을 가공하는 CyberCut과는 달리 포드 자동차와 비스톤(Visteon)에서는 SDRC의 I-DEAS를 유저 인터페이스로 사용하고 CAD/CAE/CAM의 관련지식을 인터넷을 통해 공유하는 Design Consultant 또는 Design Advisor라는 시스템을 1980년대부터 구축하였다. 자동차를 생산하며 수십 년에 걸쳐 축적된 설계, 해석, 제조관련 지식기반(Knowledge Base)을 전산화하는 작업은 지식기반공학과(Knowledge Based Engineering, KBE)라는 부서에서 전담한다. KBE 부서는 각 제조공정에 대한 지식기반 시스템을 기본적으로 개발하고 제품에 대한 지식기반 시스템을 지속적으로 개발하고 보완한다. 예를 들어 사출성형에 관한 기본적인 지식기반 시스템을 구축하고 이를 대쉬보드용 지식기반 시스템의 일부분으로 변형하여 대쉬보드에 사용되는 사출성형 부품을 설계할 때 사용한다.

##### 4.1. 통신구조

Design Consultant의 통신은 CORBA(Common Object Request Broker Architecture)를 이용하여 유

저인터페이스에서 지식기반이 위치한 Core Module Server에 접근한다. CORBA는 I-DEAS와 외부 응용프로그램을 연결하는 API(Application Programming Interface)인 Open I-DEAS의 근간이고<sup>[12]</sup> I-DEAS와 Core Module Server간의 의사소통을 목적으로 전문가 시스템 셸(Expert System Shell)이 사용된다. 비스티온의 전문가 시스템 셸의 세부사항은 Liou와 Rit의 논문에 설명되어 있다<sup>[13]</sup>. 관련된 CAD 데이터 역시 CORBA를 통하여 I-DEAS의 TDM(Team Data Management)에 저장된다.

유저인터페이스를 I-DEAS가 아닌 웹브라우저를 사용하는 경우에도 제한된 범위 내에서 지식기반을

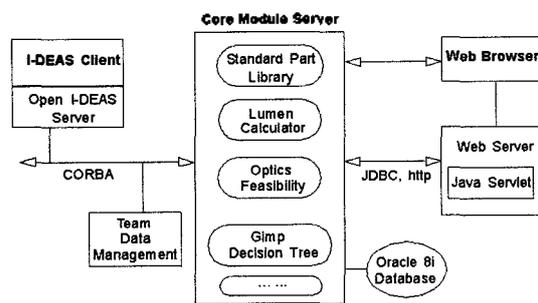


그림 7. Design Consultant의 통신체계. I-DEAS 기반 유저인터페이스와 웹기반 유저인터페이스를 모두 사용함

연결하여 정보를 얻을 수 있다. 웹기반의 모듈들은 자바 서블릿(Servlet), Java RMI(Remote Method Invocation), JSP(Java Server Page), 자바 애플릿(Applet) 등의 다양한 통신 방법을 통하여 Core Module Server와 연결된다. 그러나 CAD를 사용한 경우와 같이 CAD 모델의 형상정보를 실시간으로 수정하거나 검색하는 등의 기능은 웹브라우저로는 수행할 수 없다. Design Consultant의 개략적인 통신구조는 그림 7에 보인다.

#### 4.2. 자동차 라이트 광도 계산기(Lumen Calculator)의 예

광도 계산기는 Design Consultant의 광학용 분석도구의 하나다. 이 소프트웨어는 사용자로부터 렌즈의 투과율, 모양, 초점거리와 필라멘트의 형태, 반사경의 반사율을 입력변수로 읽어낸다. 그림 8은 I-DEAS와 연동되는 광도계산기의 유저 인터페이스를 보여준다. 그런 다음 주어진 라이트에 대한 빛의 광도값(lumen)을 제공한다. 광도값의 계산은 비스티온에서 개발한 광학용 분석 소프트웨어가 소재한 Core Module Server에서 행해진다. 이 도구의 기본 기능은 I-DEAS 기반의 사용자 인터페이스와 웹기반의 사용자 인터페이스에서 동일하나 반사경의 형상을 고려하는 등 CAD 정보를 필요로 하는 기능은 I-DEAS 기반에서만 사용 가능하다.

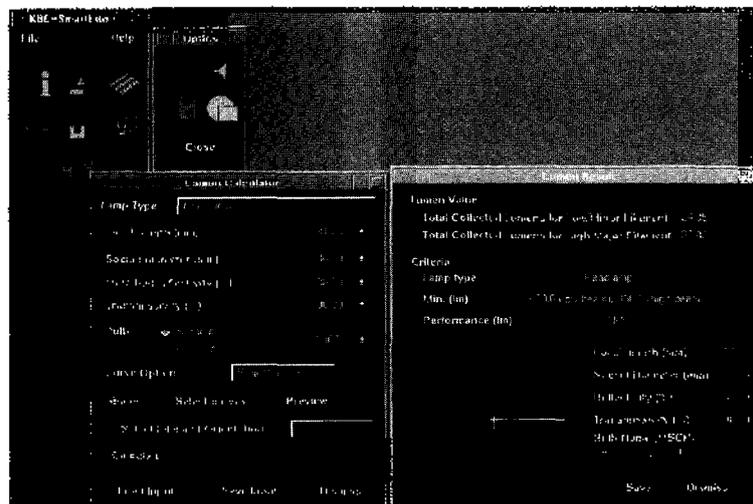


그림 8. 자동차 라이트 광도 계산기의 유저인터페이스

### 4.3. 자동차 라이트 표준부품 라이브러리(Standard Part Library)의 예

방대한 양의 데이터베이스에서 적절한 대상을 검색하는 기능은 포드나 비스톤과 같은 생산 업체에서 제품 개발비용과 시간을 줄이는데 중요하다. 많은 상업용의 Engineering Resource Planning (ERP) 또는 Product Data Management(PDM) 시스템들은 제품개발에 있어서 설계와 생산관련 정보를 공유할 수 있게 하지만 PDM과 ERP는 기업 규모의 표준 도구가기 때문에 좀 더 세부적이고 특정한 제품에 사용되기 위한 다양한 기능을 모두 만족시키기 위해서는 수정이 필요하다.

Design Consultant의 표준부품 라이브러리(SPL)는 I-DEAS에 기반을 둔 사용자 인터페이스와 웹에 기반을 둔 사용자 인터페이스 모두가 인터넷을 통하여 정보에 접근하게 함으로써 많은 사용자들을 수용하도록 설계되어졌다. 그러므로 제품개발에 관계된 사람이면 누구나 이미 존재하고 있는 필요한 제품 데이터에 접속할 수 있다. SPL의 기능적 특징은 다음과 같다.

- 라이트 시스템의 데이터베이스에 모든 표준부품들을 포함시킨다.
- 광축조절기 결정 트리(Adjuster Decision Tree)는 찾고자 하는 조절기의 카테고리를 결정하는데 도움을 주기 위해 사용자들에게 지식지도(Knowledge Map)를 제공한다.
- 원하는 특성을 지닌 부품을 검색하도록 한다. (타입, 크기, 색상, 제조업자 등)
- JPEG/VRML을 이용하여 부품의 모든 특성을 효과적으로 보여준다.
- 설계들에게 3D CAD(I-DEAS)데이터를 검색할 수 있게 하여 설계의 재이용(reuse)을 가능하게 한다.

### 5. 인터넷 기반 CAD/CAM과 세 가지 연결 구도

CyberCut과 Design Consultant의 기본 철학은 DFM과 네트워크의 결합이다. 네트워크를 사용하여 설계와 생산(또는 공학적 해석)을 연결하여 생산시에 발생할 수 있는 문제점들을 공정의 초기(up-

표 1. CAD/CAM의 세 가지 연결 구도

Coupling Mode	Pros	Cons
Loose	Flexible design	Cost & delay for redesign
Stiff	Guaranteed manufacturability	Less design freedom
Strong	Moderately flexible design, guaranteed manufacturability	Some loss of design freedom

stream)에서 방지하여 궁극적으로 제품의 생산비용과 시간을 절감하는 것이다. DFM의 관점에서 CAD/CAM 시스템을 살펴보면 표 1과 같이 구분할 수 있다. 일반 상용 CAD/CAM이 제조공정과 설계사이의 연결이 느슨하다고(Loose) 가정하면, 모델링을 자유롭게 하는 장점이 있는 반면 DFM을 고려하지 않아 재설계를 반복하는 문제가 발생할 여지가 있다. 반면에 CyberCut은 가공공법을 설계와 일대일 대응시키는 경직된(Stiff) 연결을 가지고 있어 가공성이 100% 보장되나 설계의 자유도가 부족한 시스템이다. Design Consultant는 일반 CAD를 사용하여 설계의 자유도를 상당히 제공하면서 제조 가능성을 보장해 주는 견고한(Strong) 연결을 가지고 있다.

### 6. 결 론

네트워크 환경, 특히 웹을 적용한 CAD/CAM 시스템은 네트워크의 장점인 정보공유와 웹의 무소부재성 및 유저인터페이스로서의 친근성과 편리성을 활용하여 발전되고 있다. CyberCut은 연구과제로서 개발되어 현재 버클리 대학에서 교육용 CAD/CAM 시스템으로 사용되고 있으며, Design Consultant는 기업의 현장에서 제품의 개발에 중요한 기능을 제공하고 있다. 이러한 선도적인 연구개발의 결과를 효과적으로 이용하면 새로운 시스템을 개발할 때 시행착오를 최소화 할 수 있을 것이다.

인터넷과 웹관련 기술의 발달은 대용량 파일의 전송, 상용 CAD와 웹기반 소프트웨어 도구들의 연결 등의 문제를 해결할 것으로 예상된다. DFM

과 같은 생산성 향상을 위한 개념들을 CAD와 연동시키고 네트워크로 제공하는 일은 여러 명의 숙련된 엔지니어의 시간과 노력이 필요하지만 경쟁력 확보를 위해 대기업에서 개발할 만한 분야이고, 웹 브라우저만으로 설계와 생산에 관련된 지식기반과 정보를 공유하고 제공받는 정도의 시스템은 중소기업에서도 충분히 시도해 볼 만하다고 생각한다.

## 인 용 문 헌

- [1] Ahn, S. H., Sundararajan, V., Smith, C. E., Kannan, B., D'Souza, R., Sun, G., Kim, J., McMains, S., Smith, J., Mohole, A., Sequin, C. H., and Wright, P. K., "CyberCut: An Internet Based CAD/CAM System," *ASME Journal of Computing and Information Science in Engineering*, Vol. 1, No. 1, pp. 52-59, 2001.
- [2] Ahn, S. H., Bharadwaj, B., Khalid, H., Liou, S. Y., and Wright, P. K., "Web-based Design and Manufacturing Systems for Automobile Components: Architectures and Usability Studies," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 15, No. 6, pp. 555-563, 2002.
- [3] 서윤호, 서석환, 김대영, 이현수, "VRML과 CORBA를 이용한 웹기반 CAM 시스템의 구현," *한국 CAD/CAM 학회 논문집*, Vol. 8, No. 1, pp. 35-40, 2003.
- [4] Pahng, G-D. F., Bae, S., and Wallace, D., "Web-based Collaborative Design Modeling and Decision Support," *Proceedings of Design Engineering Technical Conferences*, September 13-16, 1998, Atlanta, Georgia, USA.
- [5] MOSIS website - [www.mosis.org](http://www.mosis.org)
- [6] Smith, C. S., "The Manufacturing Advisory Service: Web Based Process and Material Selection," U C Berkeley Mechanical Engineering Department, PhD Thesis, August 1999.
- [7] <http://cybercut.berkeley.edu/mas2/html/applet/index.html>
- [8] Bralla, J. G. (ed.), *Design for Manufacturability Handbook*, 2nd edition, McGraw Hill, 1998.
- [9] Thompson, B. S., *Creative Engineering Design*, 4th edition, Okemos Press, 1998.
- [10] McMains, S., Sequin, C. S., and Smith, J., "SIF: A Solid Interchange Format for Rapid Prototyping," *Proceedings of the 31st CIRP International Seminar on Manufacturing Systems*, May 26-28, 1998.
- [11] Ahn, S. H. and Wright, P. K., "Reference Free Part Encapsulation (RFPE): An Investigation of Material Properties and the Role of RFPE in a Taxonomy of Fixturing Systems," *Journal of Manufacturing Systems*, Society of Manufacturing Engineers, Vol. 21, No. 2, pp. 101-110, 2002.
- [12] *Open I-DEAS User's Manual*, SDRC, Milford, OH, 2000.
- [13] Liou, S.-Y. and Riff, R., "DFM Design Advisor," *Design Engineering -Concurrent Product Design*, ASME. Vol. 74, pp. 97-106, 1994.