

구성설계 방법과 설계유니트를 이용한 파라메트릭 설계 시스템

Parametric Design System Based on Design Unit and Configuration Design Method

명세현 (KAIST 기계공학과 대학원), 한순홍 (KAIST 기계공학과)

Se-Hyun Myung (Graduate School, Dept. of Mechanical Eng., KAIST), Soon-Hung Han (Dept. of Mechanical Eng., KAIST)

ABSTRACT

Integration of CAD and CAM information is important in the CIM era. For a CIM system, the feature representation can be a solution to the integration of product model data. There are geometry feature, functional feature, and manufacturing feature in the feature context. This paper proposes a framework to integrate the configuration design method, parametric modeling and the feature modeling method. The concept of design unit which is one level higher than functional feature and parametric modeling concept with functional features have been proposed.

Key Words : CAD (컴퓨터 이용 설계), Configuration Design (구성설계), Design Unit (설계유니트), Functional Feature (기능 특징), Feature-based Modeling (특징형상기반 모델링), Parametric Modeling (파라메트릭 모델링), Design Expert System (설계전문가시스템).

1. 서 론

공학 설계과정에 있어서 컴퓨터의 이용은 필수적인 방법으로 사용되고 있다. 하지만 대부분의 기존 CAD 시스템들은 도면 작성 및 CAM으로의 인터페이스에 치중하고 있는 실정이어서, 초기설계 단계에서부터 구성설계 및 제품의 기능적, 기하학적 모델의 확정까지를 지원하는 어플리케이션은 부족한 실정이다. 공학적 시스템의 초기설계 단계에서 상세설계의 단계까지에는 많은 설계 변경이 필요하게 되며, 일단 제품의 설계가 끝난 후에라도 제품의 기하학적 변경이 필요할 경우가 생긴다. 이러한 경우를 위해 파라메트릭 모델링 기법이 필요하게 된다. 설계변경이 부품단위에서 이루어지더라도 부품이 모여서 이루는 조립체에 까지 영향을 미치게 된다. 이러한 조립체를 본 논문에서는 설계유니트라는 개념으로 정의한다.

제품 개발의 통합의 관점에서 볼 때 CAD 와 CAM 의 통합은 진정한 CIM 시스템 구축을 위해 필요한 과제이다. 이러한 통합화의 주요 관건인 제품 정보의 통합을 위해선 설계, 설계해석, 가공계획 등 설계에서 생산, 폐기, 재활용 등 제품의 전수명주기 (life

cycle)에 걸쳐 사용될 수 있는 표현방법이 필요하다. 이러한 표현법의 대안으로 특징형상기반 표현이 제시되고 있다.

Fig. 1에는 본 논문에서 제안하는 구성설계 방법과 설계유니트를 이용한 파라메트릭 설계 시스템을 구성하기 위해 필요한 혼종하는 기술들의 통합을 보여주고 있다.

본 논문에서는 이러한 특징형상기반 표현, 설계유니트 개념, 파라메트릭 모델링 기법, 구성설계 방법론에 대해 기술하고, 이러한 기술들을 통합한 설계 시스템의 골격을 제시한다. 이 시스템은 구성설계와 형상설계를 통합한 시스템이며, 제품의 초기의 구성설계부터 상세설계에 이르는 설계프로세스를 담당할 수 있게 만들며, 기존의 제품 설계 데이터를 이용하여 재설계 (re-design)도 가능하게 한다.

2. 설계유니트와 파라메트릭 형상설계

Feature-based 시스템 개발⁽¹⁾에 있어서, 시스템에서 다루게 되는 feature의 종류와 수준이 중요하다. 즉, geometric feature를 다룰 것인지, functional feature를 다룰 것인지, 아니면 여러가지 feature들을 혼합하여

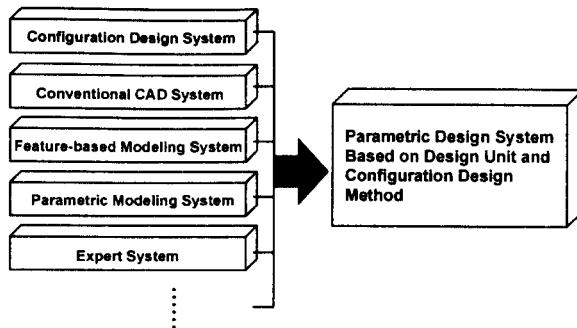


Fig. 1 Integration of the current technologies

다를 것인지를 결정해야 한다. 본 논문에선 여려가지 feature 중에서 functional feature (기능특징)에 중점을 두었으며, design unit (설계유니트)의 개념을 제안하여 기능 특징을 이용한 파라메트릭 형상설계의 시스템 풀격을 제시한다.

본 논문에서 사용되는 주요 용어들의 정의는 다음과 같다.

- 설계유니트 (design unit) : 공학적 시스템에서 기본적이고 중요한 기능 (function)을 담당하는 하나의 집합이다. 이 design unit 들이 모여 전체 시스템을 이룬다. 제일 하부 구조에 있는 부품 (functional part)은 하나 이상의 functional feature 들이 모여서 구성되며, design sub-unit 들이 모여서 상위 design unit 을 구성할 수도 있다. 즉, 설계자가 필요에 따라 assembly 와 같은 design unit 의 세분화를 결정할 수 있다. 제품을 구성하는 부품 단위의 수준을 나타낸다.

- 기능 특징 (functional features) : 설계기능에 중점을 둔 feature이며, 기하정보 뿐만 아니라 설계의도, 기능에 관련된 내용 등 비기하학적 정보를 포함한다. 해당 전문 분야에 따라 (domain-specific) 같은 형상을 다른 이름으로 부르고, 다른 용도로 사용할 수 있다.

- Form feature 는 기능특징과 같은 수준에 있으나 어떤 응용분야에 의존적이지 않은, 수학적인 (generic) 특징정의를 말한다. Primitive 의 수준을 나타내는 공통적인 기본단위이다.

Fig. 2 는 공학적 시스템에 있어서 설계유니트와 기능특징의 계층구조를 보여주고 있다. 여기서 설계유니트는 필요에 따라 n 개의 레벨을 가질 수 있으며, 각 설계유니트는 실제로 존재하는 물리적 조립체 (assembly)와 매핑된다. 조직도의 제일 하부에 위치하는 기능특징은 형상특징에 매핑된다.

본 연구에서 제안하는 설계유니트와 유사한 개념들이 몇 가지 있는데 그 내용은 다음과 같다. Nomoto⁽²⁾와 그의 동료들은 조선 CIM 에 의한 설계방

법론에서 유니트 오브젝트라는 개념을 제안 하였다. 이 유니트 오브젝트는 선박의 구조 유니트를 구성하는 부재 오브젝트들을 모아서, 개념적으로 하나의 물체로써 설계에서 취급하는 오브젝트이다. 이 유니트 오브젝트의 개념을 이용하면, 설계자는 지정된 파라메타의 값만 입력하면 원하는 부품을 쉽게 설계 할 수 있다. 또한 호주의 Adelaide 대학에서는 건축물의 설계에 있어 design unit 와 functional unit 라는 개념을 도입하여 사용 하였는데, 여기서 이들이 제안한 design unit 은 건축물의 물리적 (physical) 엔티티를 나타내는 것이고, functional unit 은 이 design unit 가 만족 해야 할 기능적 요구사항을 나타내는 것이다⁽³⁾.

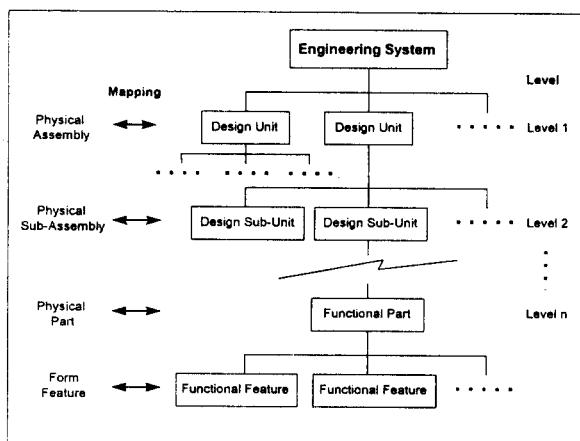


Fig. 2 Hierarchy of design units and functional features

공학 시스템의 설계시 조립체의 개념을 도입하면 이미 설계된 시스템의 설계와 유사한 설계를 할 때, 각 조립체 단위로 재설계가 가능해야 한다. 조립체의 설계를 변경하려면 조립체안에 포함되는 부품들의 기하학적 형상이나 기능들이 일부 또는 전체가 변경되어야 할 필요가 있는데, 이러한 작업이 가능하려면 파라메트릭 설계의 도입이 필요하게 된다. 이렇게 도입된 파라메트릭 설계 방법론은 부품단위의 feature 의 파라메트릭 변경뿐 아니라 조립체의 파라메트릭 변경도 가능하게 허용해야 한다.

각 feature 들, 각 조립체들간의 기하학적 구속조건이나 설계제한 조건 등을 지식베이스 (knowledge base)화 할 수 있다. 파라메트릭 설계의 접근방법에는 크게 수치적 접근방법 (algebraic approach)과 AI (artificial intelligence) 접근방법이 있는데⁽⁴⁾, 본 연구에서는 전문가시스템을 이용한 AI 접근 방법을 사용한다. 기존의 상용 시스템을 이용한 파라메트릭 모델링의 예를 Fig. 3 에 도시하였다. Fig. 3 은 Pro/Engineer

를 이용하여 모델링 된 공작기계 NC Plano Miller 의 외형의 파라메트릭 모델링을 보여준다.

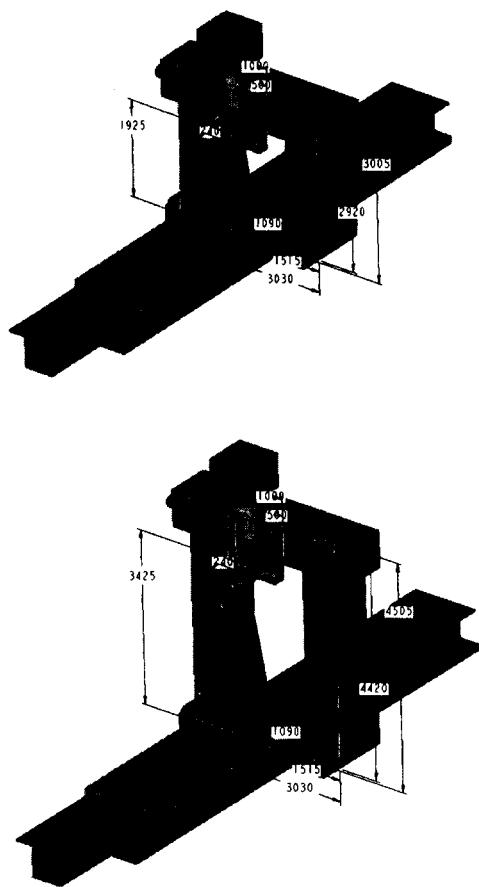


Fig. 3 Parametric modeling of NC plano miller machine

3. 구성설계 방법론의 적용

설계 문제들은 그 복잡성에 따라서 다음과 같이 분류할 수 있다⁽⁵⁾.

- (1) Class 1: 제품의 일반적 구조를 알려져 있지 않다. 기능적 요구조건만 알려져 있다.
 - (2) Class 2: 제품의 구성요소는 알려져 있지만, 특정한 배치는 알려져 있지 않다.
 - (3) Class 3: 제품의 구성요소 부품과 배치가 알려져 있다. 부품트리와 부품의 토폴로지(배치)까지 알려져 있다.
- 위의 분류에서 Class 1은 구성설계, Class 2는 토폴로지 설계, Class 3은 파라메트릭 설계에 해당하게 된다. 큰 범위로 봤을 때 Class 1, Class 2 모두가 구성설

계로 볼 수 있다.

구성설계의 주요 목표는 미리 정의된 부품 라이브러리를 이용하여 해당제품의 부품 집합을 만드는 스키마를 설정하는 것이다. 설계 문제의 일반적 구조로부터 요소와 배치의 결정을 포함하는 즉, 해당 부품에 대한 속성 값을 포함하여 적절한 스키마를 결정하는 것이 가능하며, 이것은 Class 2 설계 문제에 해당된다.

Class 1의 설계 문제는 제품을 개념설계부터 시작 할 경우에 해당한다. 이 경우는 설계요구조건으로부터 제품에 들어가는 부품의 종류, 제품에 전체 외형 및 제품을 구성하는 각 부품들의 토폴로지 (부품들간의 상대 위치)와 기하학적 형태를 모두 설계자가 설계를 해야 하므로 Class 2, 3 보다 어렵다.

구성설계 방법은 “제품의 요구 사항과 제한 조건들을 만족시키기 위하여 부품들 간의 상호 관계를 결정하기 위한 것”이다. 구성설계는 초기 설계 단계에서 부품들의 집합으로부터 시작하며, 어떠한 부분적인 관계들은 처음부터 주어 진다. 미리 정의된 부품들의 라이브러리가 주어지면, 설계가 진행되면서 요구된 기능, 성능, 그리고 비용을 만족시킨다. 이 과정에서 사용되는 구성 지식은 부품에 관한 지식, 부품들 간의 연결 관계에 관한 지식, 부품들 간의 속성 값들과 제한 조건들이다.

구성설계는 부품들의 속성에 값을 부여하며,. 부품들은 연결 혹은 위상학적 관계를 위한 내부 규칙들을 만족시켜야 한다. 구성설계는 두 개의 클래스로 나뉘어질 수 있는데, 첫 번째는 순수 구성이다⁽⁵⁾. 이것은 설계 대상 제품의 구성 (configuration) 요소들은 이미 알려져 있고 구성 과정 동안에 변하지 않는다고 가정한다. 두 번째 클래스의 경우에 구성 부품들은 설계가 진행됨에 따라서 대체 될 수 있다. 설계 요구 기능에 적합한 부품이 없을 경우에는 새로이 부품을 생성할 수 있는 구성 방법이다. 또한, 부품들의 공간적 관계 혹은 어떤 주요 치수들이 결정되어야 한다. 구성 과정을 구현하기 위해서는, 체크리스트, 결정 트리 등과 같은 전형적인 알고리즘들이 이용된다⁽⁶⁾. 부품 라이브러리로부터 선정된 다른 부품을 조립트리를 편집하여 손쉽게 대체할 수 있다면, 새로운 설계대안을 쉽게 생성해 낼 수 있다.

Fig. 4는 공학적 시스템의 한 예인 레이저 프린터의 엔진부를 OMT 방법론을 이용하여 기능적으로 분해한 구성설계의 결과를 보여준다⁽⁶⁾. Fig. 5에는 자동차 오디오의 설계에 있어서 구성설계 방법론을 적용한 설계 예를 도시하였다⁽⁷⁾.

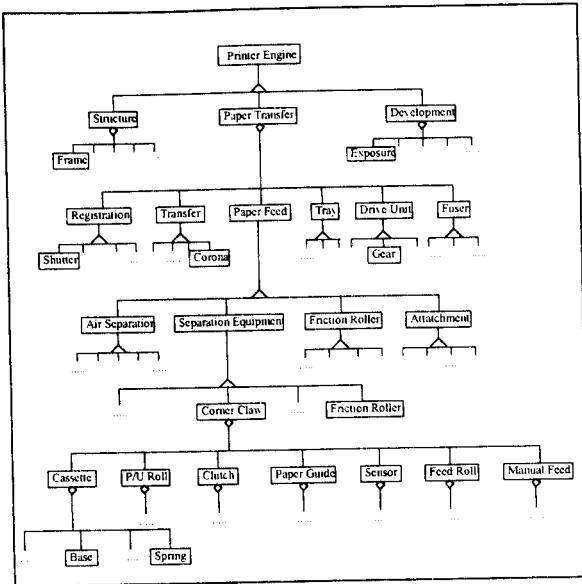


Fig. 4 Functional decomposition of printer engine

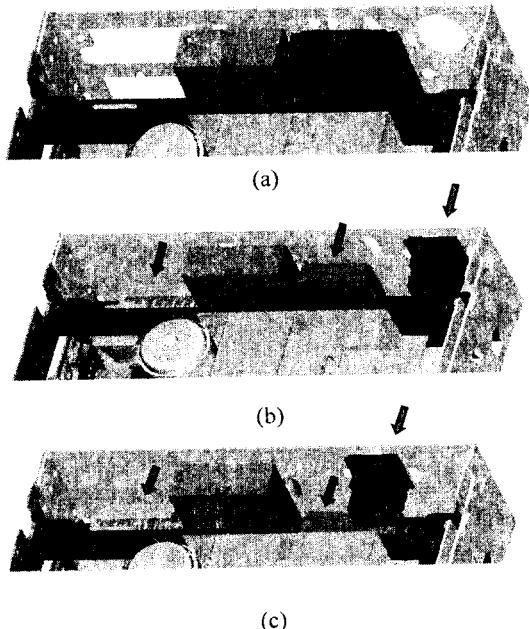


Fig. 5 Configuration design results of a car audio

본 연구의 설계 대상인 공작기계에는 여러가지 종류가 있다. 따라서 설계유니트로 나누는 과정, 즉 기능적 분해의 과정을 거치게 되면 각각의 공작기계의 경우 상이한 결과가 나오게 된다. 하지만 ‘공작기계 설계’라는 영역내에서 쓰이는 표준 부품 라이브러리

가 구축이 된다면, 그 라이브러리를 이용하여 공작기계의 구성설계를 할 수 있다.

공작기계에 대한 구성설계 방법의 예를 들어보면 다음과 같다. 대상 공작기계는 NC Plano Miller로 하였으며, NC Plano Miller는 Foundation, Spindle Box, Y-Axis, Table, Bed, Crossrail Column, Control Stand, Lubrication Sys., Coolant, Hyd. Unit, Pneumatic Sys., Loading 등의 11 개의 설계유니트로 분해될 수 있다. NC Plano Miller를 11 개의 설계유니트로 나눈 다음에는 그 것들을 다시 필요한 만큼 설계 서브 유니트로 나누게 되는데, 최종적으로 더 이상 분해할 수 없는 부품 수준까지 나눌 수 있다. 각 설계유니트 또는 설계 서브 유니트의 제한조건들을 만족하는 부품들을 결합하면 전체 시스템을 구성할 수 있게 된다. NC Plano Miller의 구성 트리를 그려보면 Fig. 6 과 같다. Fig. 6에서 분류한 레벨은 Fig. 2에서의 레벨 1 까지 나눈 것이다. Fig. 7 은 NC Plano Miller 의 Cross-rail 과 Column 을 모델링한 예를 보여주고 있다.

4. 전문가시스템의 이용

Feature 를 이용한 모델러의 개발에는 기존에 있는 많은 설계 지식이나 경험들을 저장할 필요가 있다. 특히 파라메트릭 모델링 기법을 적용 시킬 때에는, 설계 제한조건 등의 처리를 위해 이러한 전문가시스템의 도입이 필요하다. 전문가시스템은 추론부와 지식베이스 부분이 분리되어 지식베이스의 추가 및 변경이 용이한 점이 기존의 구조적 언어로 이용한 추론 시스템과 차이점을 갖는다. 본 논문에서 제안하는 시스템에서 전문가시스템을 이용하여 처리하는 부분은 다음과 같다.

- 구성설계를 위한 지식베이스의 구축 (토풀로지 설계, 부품선택, 부품배치)
- 파라메트릭 설계를 위한 설계 제한조건의 지식 베이스화 및 추론
- 특징형상의 속성정보를 지식베이스로 구축
- 설계 지식 및 경험의 지식베이스 구축

본 연구에서 구현할 설계유니트를 이용한 파라메트릭 모델러의 구조는 전문가시스템 쉘과 기하학적 모델링 커널, 그리고 이들을 전체 시스템과 인터페이스 시키는 API (Application Programming Interface)들로 이루어졌다. 취급하는 정보들은 지식베이스들과 feature 데이터베이스, 설계유니트 데이터베이스 등이다. 사용하는 전문가시스템 쉘은 Neuron Data 사의 Intelligent Rules Elements V4.0⁽⁸⁾이며, CAD 시스템은 Intergraph 사의 Solid Edge⁽⁹⁾를 이용했다.

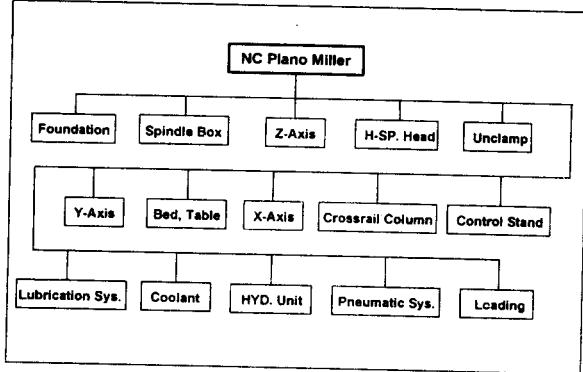


Fig. 6 Configuration of the NC piano miller machine

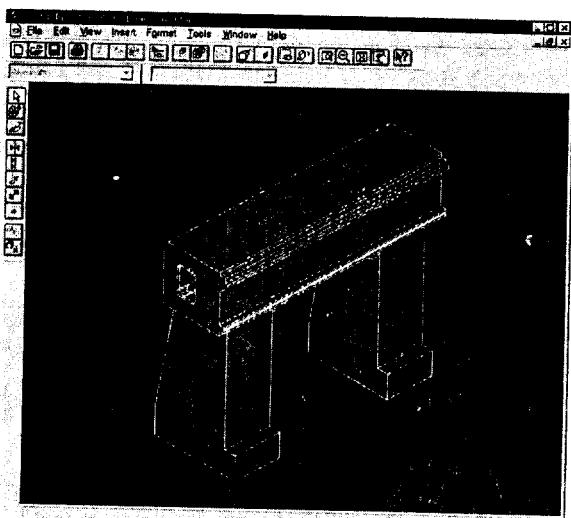


Fig. 7 Modeling of cross-rail and columns of the NC piano miller machine

6. 결 론

본 연구에서는 구성설계와 형상설계를 연결 하므로써 초기설계와 상세설계 프로세스를 연계 시킬 수 있는 방법을 제시하였으며, 기능 특징을 바탕으로 한 설계유니트의 개념을 제안하여, 이를 이용한 파라메트릭 형상설계 시스템의 골격을 제시하였다.

본 연구에서 제안한 시스템을 이용하면 설계의 초기단계인 구성설계 단계에서부터 상세설계 단계에 이르는 전체 설계 프로세스를 한 시스템 내에서 처리할 수 있는 장점이 있으며, 제품의 설계정보를 통합적으로 운용할 수 있게 된다. 또한 특징형상기반 파라메트릭 모델링 기술을 도입하여 제품의 설계변경 및 재설계에 보다 빠르게 대처 할 수 있게 된다.

향후 연구 계획은 다음과 같다.

- 구성설계 중에서 토플로지설계, 부품선정, 부품 배치를 위한 지식베이스의 구축
- 파라메트릭 모델링을 위한 제한조건 들의 지식 베이스화
 - 제한조건들을 표시하는 표준을 정한다.
- 설계자의 설계의도와 형상의 의미를 표현하는 스키마 정의
 - 각 부품이나 기능특징에 설계자의 의도, 형상의 의미를 부여 할 수 있도록 표현 스키마를 정의한다.

참 고 문 헌

1. Jami J. Shah, Martti Mantyla (Editor). *Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications*. John Wiley & Sons, 1995.
2. Toshiharu Nomoto, Kazuhiro Aoyama, Mitsutoshi Tabata, "Computer Aided Information Aquisition System of Design and Manufacturing in Shipbuilding" (일본어), 일본 조선학회 논문집 제 166 호, pp.425-433, 1989.
3. Rob Woodbury, Teng-Wen Chang, "Enclosures in SEED-Config: A Case Study Functional Units, Design Units and Technologies", Dept. of Architecture, Univ. of Adelaide, Adelaide, SA 5005, Australia, Obtained via <http://www-seed.arch.adelaide.edu.au/docs/enclosures/Enclosure-rep.ps>
4. A. Verroust, F. Schonek, D. Roller, "Rule-oriented method for Parameterized Computer-aided Design" *Computer Aided Design*, Vol. 24, No. 10, pp.531-540, October 1992.
5. G. Q. Huang, J. A. Brandon, *Cooperating Expert Systems in Mechanical Design*, John Wiley & Sons, 1993.
6. Do-Yun Koo, Soon-Hung Han, Soo-Hong Lee, An Object-Oriented Configuration Design Method for Paper Feeding Mechanisms, *International Journal of Expert Systems with Applications*, To appear.
7. Choon-Sik Kang, Se-Hyun Myung, Soon-Hung Han, Parametric Design of Products Based on the Configuration Design Method, *Proceedings of Artificial Intelligence in Design (AID '98)*, 20-23 July 1998, Instituto Superior Tecnico, Lisbon, Portugal (In Process).
8. Neuron Data Inc., *Neuron Data Elements Environment: Intelligent Rules Element V4.0 - User's Guide*, 1996.
9. Intergraph Co., *Solid Edge 사용자 안내서*, 1996.