

# 데이터베이스를 활용한 CAD/CAM System 개발에 관한 연구

명 태 식\*, 김 태 규\*\*, 김 옥 현\*\*\*

## CAD/CAM System development using the Database

T. S. Myung\*, T. K. Kim\*\*, O. H. Kim\*\*\*

### Abstract

ABSTRACT : In this study we propose a novel approach with which design engineers can define and design free-form surface more easily. Free-form surface is defined as a parametric shape which consists of a set of control points. Parametric shape which not only has the advantage of allowing users to perform design changes efficiently, but also provides designers with a natural design environment in which they can do their work more naturally and creatively. The objective of this study is to develop a PC level freeform surface modeling system which explicitly represents information of part geometry. In this study, freeform surface modeling system consist of three modules: freeform surface modeler, input/output modules and interface with Database. In recent year, there are increasing demands for the 5-axis machining of a complicated shape. This study is the development of a CAM software system (or NC module) for the 5-axis machining of a general shape with a flat-end mill, a round-end mill, a ball-end mill.

Key words : Free-form Surface(자유곡면), Control Point(제어점), NC, CAD/CAM, API(응용 프로그램 인터페이스)

### 1. 서 론

산업의 발달로 인하여 기존의 단순 형상으로 이루어진

부품에 얽매이지 않고 자유곡면으로 이루어진 설계 및 제작이 어려운 형상의 부품 제작이 가능하게 되었으며, 소비자의 욕구와 기능적인 특성을 고려한 해석기하학으로 표

\* 대전산업대학교

\*\* 대덕대학교

\*\*\* 충북대학교

현할 수 없는 부드러운 형상을 설계할 수 있었다. 곡선의 경우에서와 같이 어떤 곡면은 해석적 표현에 의해서 완전히 표현될 수 없다. 이러한 곡면들로는 자동차 차체, 선박의 선각, 항공기 날개 등이 있다.

CAD에 의해 생성된 물체는 기하학적이고, 위상학적인 완전한 솔리드로 정의되고 저장되어 진다. 모델링된 데이터는 제조 계획업무와 무관한 면, 모서리, 꼭지점 또는 primitive volume의 향으로 되어 있기 때문에 모델링 데이터로부터 직접적인 가공 데이터로 완벽하게 활용할 수 없다. 따라서 제조계획에서는 여전히 전문가에게 의존하고 있으며, 제조에 따른 제품정의와 해석을 입력하고 있다. 그럼에도 불구하고 생산자동화의 필수 요소인 구속조건 (constraint), 설계의도(design intent), 공정계획(proc-ess planning)에서 아주 중요한 특성인 표면거칠기, 여유공차, 재료표(BOM, Bill Of Material) 등의 정보를 만족하지 못한다. 이러한 문제점을 해결하고 CAD/CAM의 자동화를 이루기 위해 설계단계에서 생산정보를 다자인과 결부시킨 특징형상 기반 설계(Feature-based design)에 관하여 많은 연구가 이루어지고 있다<sup>(1-4)</sup>.

일반적으로 제품 개발에 있어서 제품의 성능(Performance), 기능성(Functionality), 가공성(Manufacturability), 품질(Quality)을 가능한 우수하게 하기 위하여 반복된 설계과정이 수반된다. 이러한 과정, 즉 초기 설계단계에서 설계한 모델이 점진적으로 형상 설계 변경을 거쳐 최종 제품의 설계를 완성하기까지는 많은 형상 수정이 가해진다. 이처럼 설계활동은 반복적인 설계과정으므로 사용자에게 가능한 한 유연한 제품설계 시스템이 무엇보다도 중요하다. 이러한 유연한 설계과정은 파라메트릭(또는 variational) 설계 기법에 의해서 이루어 질 수 있다<sup>(5-7)</sup>.

이와 같이 설계 및 수정을 보다 쉽게 하기 위해서는 설계의 용이성이 무엇보다도 중요하다. 3차원 자유곡면은 경우의 수가 많아서 일반적인 형상을 제어하는 프로그램을 작성하는 것은 매우 난해하여 모델링이 3차원 자유곡면으로 확장이 쉽지 못하다.

따라서 본 연구에서는 3차원 자유곡면을 보다 쉽게 모델링하고 수정할 수 있는 방법의 하나로써 3차원 자유곡면의 제어점을 데이터베이스와 인터페이스 하여 설계가 가능하도록 하는 프로그램을 작성하는 것이며, 설계와 생산에 필요한 정보들을 종합관리할 수 있도록 하기 위한 DB 구축을 구현하였다. CAD/CAM 시스템은 초보자도 쉽게 설계할 수 있고, 쉽게 가공 및 데이터 관리를 할 수 있는 시스템으로 개발되어야 하므로 (컴퓨터의 성능향상으로

인하여 널리 사용되고 있는) PC 상에서 구현하여 확장성을 도모하는 것을 목적으로 하고 있다.

## 2. 모델링

### 2.1 개요

솔리드와 곡선의 파라메트릭 표현은 그래픽, 특히 CAD에서 확립된 수단이다. 원래는 자동차 차체와 항공기 외형을 모델링하기 위하여 개발된 기법이 지금은 컴퓨터 그래픽의 많은 분야에 응용되고 있다.

산업의 발달로 인하여 기존의 단순 형상으로 이루어진 부품에 얽매이지 않고 자유곡면으로 이루어진 설계 및 제작이 어려운 형상의 부품제작이 가능하게 되었으며, 소비자의 욕구와 기능적인 특성을 고려한 해석기하학으로 표현할 수 없는 부드러운 형상을 설계할 수 있다.

본 연구에서는 자유곡면을 모델링하기 위한 자유곡면 모델링 모듈은 자유곡면 형상을 갖는 형상 모델링에 이용될 뿐만 아니라 독자적인 표현구조를 갖는 하나의 독립적인 형상 모델로서, 임의의 자유곡면 형상을 모델링 할 수 있는 곡면 모델러(surface modeler)의 역할을 수행할 수 있다. 또한 본 연구에 사용한 블렌딩 함수는 NURBS 함수를 사용하여 모델링의 유연성을 갖도록 하였다.

### 2.2 NURBS 곡면

NURBS(NonUniform Rational B-spline Surface)는 비균일 절점벡터를 가지고 얻어진 유리 B-spline 곡면(Rational B-spline Surface)이다. NURBS는 다른 종류의 곡면 표현을 포용하기 때문에 공학설계에서 가장 많이 사용되는 곡면 표현 방식이다. NURBS를 위한 일반적인 표현식은 Table 1에 있는 유리 B-spline과 동일하다. 다만 사용된 절점벡터가 비균일이라는 점만 다르다.

Table 1. Expression for B-spline surfaces

	B-spline
Nonrational	$P(s, t) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,k}(s) N_{j,l}(t) V_{i,j}$
Rational	$P(s, t) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m w_{i,j} N_{i,k}(s) N_{j,l}(t) V_{i,j}}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m w_{i,j} N_{i,k}(s) N_{j,l}(t)}$

이것은 가중치에 의해서 다른 타입으로 쉽게 변환될 수 있는데 간단히 요약하면 다음과 같다.

Nonrational B-spline	모든 가중치 $w_{i,j} = 1$ 일 때
Rational Bezier	각 매개변수 방향으로 조정점의 개수가 차수와 같고 내부에 중복 절점 값이 없을 때
Nonrational Bezier	Rational Bezier와 같고 모든 가중치 $w_{i,j} = 1$ 일 때

NURBS 곡면은 전체 곡면을 여러 구획으로 나눈 사변형 패치에 의하여 표현되며, 각 패치의 형상을 정의하기 위한 요소들 중 사변형의 꼭지점에 대한 위치 벡터만을 직접 정의한다.

NURBS 곡면은 절점벡터가 균일하지 않은 rational B-spline 곡면을 의미하므로 유리 B-spline 기저함수에 의하여 생성된다. 따라서 유리 B-spline 곡면의 한 부분적인 형태로 다루어진다.

유리 B-spline 곡면은 유리 B-spline 곡선의 텐서 곱으로 정의되며, 유리 B-spline 곡선은 식(1)로 정의된다.

$$P(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} V_i w_i N_{i,k}(t)}{\sum_{i=1}^{n+1} w_i N_{i,k}(t)} \quad t_{\min} \leq t < t_{\max}, \quad 2 \leq k < n+1 \quad (1)$$

$V_i$  : position vector of control point in Euclidean space

$w_i$  : weight value

$N_{i,k}(t)$  : B-spline basis function

$n+1$  : number of control points

$k$  : order of B-spline basis function

계수(order)가  $k$  인  $i$  번째 B-spline 기저함수는 Cox-de Boor 공식에 의하여 식(2)로 정의된다.

$$N_{i,i}(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } t_i \leq t < t_{i+1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$N_{i,k}(t) = \frac{(t - t_i)N_{i,k-1}(t)}{t_{i+k-1} - t_i} + \frac{(t_{i+k} - t)N_{i+1,k-1}(t)}{t_{i+k} - t_{i+1}}$$

여기서  $t_i : i^{th}$  knot vector

식(2)에서  $t_i$ 는  $t_i \leq t_{i+1}$  관계를 만족하는 절점벡터이며, 매개변수  $t$  는 곡선  $P(t)$ 를 따라  $t_{\min}$ 에서  $t_{\max}$ 까지 변한다. 기저함수  $N_{i,k}(t)$ 는 계수가  $k$ 인 다항식으로 정의된다. 또한 곡선  $P(t)$ 는 매개변수  $t$ 가  $t_i \leq t < t_{i+1}$ 인 영역에서  $k-1$  차(degree) 다항식으로 표현되며, 전체 곡선에서  $k-2$  계(order)의 연속성을 갖는다.

유리 B-spline 곡선의 텐서 곱은 식(3)으로 정의된다.

$$P(s, t) = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{m+1} w_{i,j} V_{i,j} N_{i,k}(s) N_{j,l}(t)}{\sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{m+1} w_{i,j} N_{i,k}(s) N_{j,l}(t)} = \sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{m+1} V_{i,j} S_{i,j}(s, t) \quad (3)$$

$V_{i,j}$

position vector of control point.

$w_{i,j}$  : weight value of  $V_{i,j}$

$N_{i,k}(s)$  : B-spline basis function in  $s$  direction

$N_{j,l}(t)$  : B-spline basis function in  $t$  direction

$S_{i,j}(s, t)$  : rational B-spline basis function.

유리 B-spline 기저함수에는 균일주기(periodic uniform), 균일개방형(open uniform), 비균일(nonuniform) 형태의 절점벡터가 사용될 수 있으며, 위에서 언급한 바와 같이 NURBS 곡면은 절점벡터가 균일하지 않은 비균일 유리 B-spline 곡면을 의미하므로 NURBS 곡면은 유리 B-spline 곡면의 특정한 경우로 취급될 수 있다.

본 연구에서는 NURBS 곡면을 사용하였으며, 곡면의 기저함수 계수행렬식으로 표현하여 곡면산출 시간을 단축시켰다. 또한 점벡터는 균일개방형으로하였으며, 자유곡면을 국부적으로 수정하고 할 때 일괄수정이 가능하도록 하는 기능과 모델링이 완성된 후에는 디스플레이 화면에서 수정한 데이터를 데이터베이스에 저장하도록 모듈을 포함하고 있다.

### 3. 데이터 베이스

데이터베이스는 커다란 시스템 설계에 있어서 중요한 부분을 차지하는 비율이 점차 증가하고 있다. 어떤 설계 시

시스템이든지 자료구조(data structure)가 잘되어 있어야 추후에 수정 및 유지보수가 쉽게 된다. 따라서 훌륭한 데이터베이스는 그 유지보수가 유연하고 단순화되어 있어 시스템의 내부적인 미비점들에 대해 언제든지 수정과 보완이 가능한 것을 말한다. 이러한 것은 보다 완전한 시스템의 개발에 있어서 기초가 되는 것이다. 아무리 훌륭한 프로그램이라도 불완전한 데이터베이스의 설계를 극복할 수 없게 되면 무용지물이 되고 만다. 즉, 잘 구현된 데이터베이스는 추후에 얼마든지 확장할 수 있으므로 데이터베이스의 선택과 자료구조의 구성은 시스템 설계에 있어서 무엇보다도 중요하다.

데이터베이스 파일을 설계할 때, 고려해야 할 사항들은 여러 가지가 있다. 훌륭한 설계는 어디에서 시작하고 어떤 질문을 해야 하는지 등의 아이디어를 제공하는 것과 같이 각각의 설계단계에 맞게 작성된 데이터베이스가 유효하게 설계되어야 한다. 그러면 본 연구에서 사용한 DAO(Data Access Object)에 대해서 간단히 논하면 다음과 같다.

### 3. 1 DAO (Data Access Object)

Stand Alone System에서 용량이 큰 ODBC 엔진을 사용하면 기존의 단순한 트리구조의 데이터베이스에 비해서 성능이 떨어진다. Stand Alone 컴퓨터에서는 그 환경에 맞게 작은 데이터베이스 엔진이 필요하다. 이런 것을 고려하여 만든 것이 DAO이다. 즉, Stand Alone 컴퓨터에서 데이터베이스를 활용한 프로그램을 개발할 때에 유효한 데이터베이스 엔진이다<sup>(8)</sup>.

ODBC와 DAO는 매우 다른 구조로 되어 있다. DAO는 OLE객체이고 ODBC는 DLL에 의한 데이터 소스의 연결이다. 따라서 용량은 ODBC가 크지만 DAO가 ODBC보다 더욱 강력하고 커다란 개념이라고 할 수 있다. 이것은 직접 실제 데이터를 액세스할 수 있고 여러개의 테이블을 액세스할 수 있기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 DAO 엔진을 적용하여 시스템을 구성하였다. 또한 PC 상에서 모델러를 개발하는 것이기 때문에 ODBC보다 더욱 효율적이다.

## 4. 연구내용

### 4.1 사용시스템

일반적인 모델링 시스템들이 거의 EWS(engineering

work station)에서 개발되고 있는 실정으로서 본 연구에서는 PC버전의 CAD/CAM 시스템 개발에 역점을 두고 있다. 따라서 사용 시스템은 펜티엄 PC, OS는 Win95, 언어는 비주얼 C++, 시뮬레이션을 위한 그래픽 라이브러리는 Open Inventor, 데이터베이스는 PC버전의 DAO 시스템을 지원하는 MS-Access를 사용하였다.

### 4.2 파라메트릭 모델링

본 연구에서는 파라메트릭 기법을 이용하여 3차원 자유곡면 모델링을 수행하며 구성된 자유곡면을 결합하여 보다 쉽게 복합곡면을 구성할 수 있도록 하였다. 기존의 방법은 자유곡면을 수정할 때 조정점(control point)을 1개씩 수정하기 때문에 실제 모델을 생성하는 데에는 어려움이 많았다. 본 시스템에서는 조정점을 1개씩 수정하는 것은 물론 여러 개의 조정점을 한번에 수정할 수 있는 일괄방식으로 하였다. 이 결과, 보다 원활한 곡면 수정을 할 수 있으며 또한 데이터베이스화면과 View창 어느곳에서든지 조정점 1개 또는 일괄수정이 가능하도록 구현하였다.

본 연구에서는 각종 데이터를 추가로 삽입하여 추후 재료표 및 가공에 필요한 가공정보의 삽입이 용이하도록 데이터베이스화 하였다.

구현된 자유곡면 모델러는 데이터베이스와 시스템간의 인터페이스, 시스템에서 조정점을 추가, 수정, 삭제하기 위한 모듈, 구성된 조정점으로 생성된 자유곡면의 검증내용을 디스플레이 해주는 View모듈에 대한 기능을 가지고 있다.

### 4.3 NC 가공 데이터 생성

#### 4.3.1 가공데이터 생성절차

5축 가공을 대상으로 매개변수 곡면모델에서 5축 NC 데이터 생성절차 및 공구경로 계획에 관해 검토하고, 주어진 CC 데이터에 대한 CL 데이터 계산을 한다. CL 데이터가 계산되면 그 CL 데이터로 가공 시뮬레이션을 실시한다. 가공 시뮬레이션을 통하여 가공상 문제점 여부를 검증할 수 있다. 문제점이 없으면 NC 가공데이터를 생성한다.

매개변수 곡면모델에서 CL 데이터를 계산하여 최종적으로 가공용 5축 NC 코드를 생성하는 전반적인 과정을 Fig.1 에 나타내었다.

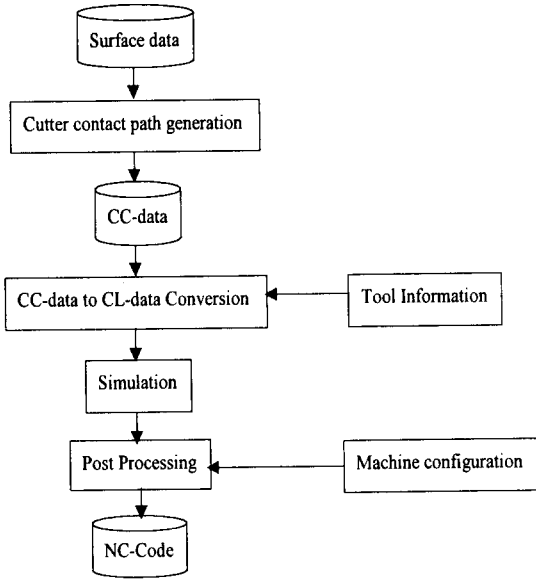


Fig.1 Flowchart of NC Code Generation for 5-axis Machining.

### 4.3.2 간섭처리

기존의 방법은 매개변수 곡면으로 부터 얻은 보조적인 Zmap 모델을 이용하는 복합모델 방식을 채택하였다. 각 CL 데이터에 대한 간섭여부는, 평 엔드밀 바닥면 가장자리 점 n개를 취하여 각 점의 2차원 좌표값 (x, y)에 대응하는 Zmap의 Z값을 계산하고 높이를 비교하는 방식으로 확인하였다.<sup>(9)</sup>

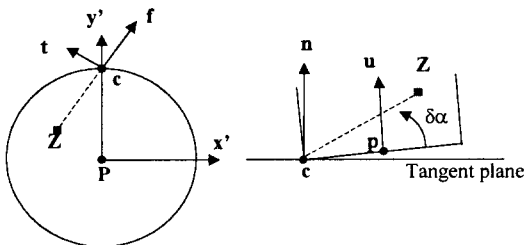


Fig. 2 Calculation of Heel Angle ( $\alpha$ )

이 경우 선택된 점이 오류가 된 경우에는 간섭이 일어나도 체크하지 못 할 수 있을 뿐만 아니라 보조적인 Zmap 모델에 대한 데이터를 별도로 작성하여야 하는 문제점이

있다. 따라서 본 연구에서는 매개변수 곡면만으로 간섭을 체크하는 방법에 대하여 연구하였다. 공구의 중심점과 CL 데이터와의 각도를 계산하여 그 각이 90도를 넘으면 간섭이 일어나게 되는 것이고, 90도보다 작으면 간섭이 일어나지 않는 원리를 적용하였다.

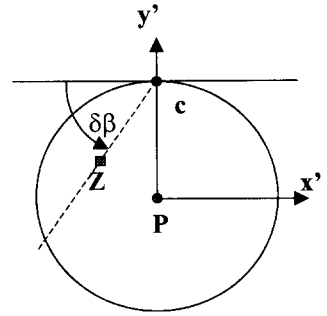


Fig. 3 Calculation of Rotate Angle ( $\beta$ )

이 결과는 보조적인 Zmap 모델을 별도로 만들지 않고 간섭을 체크할 수 있으며 간섭이 일어나면 회전각을 조정하여 간섭을 피할 수 있도록 하였다. 만일 회전각으로 간섭을 피할 수 없으면, Heel angle을 조정하여 간섭을 피한다. 간섭의 처리 효율을 위하여 간섭영역을 Fig.4와 같이 설정하였다.

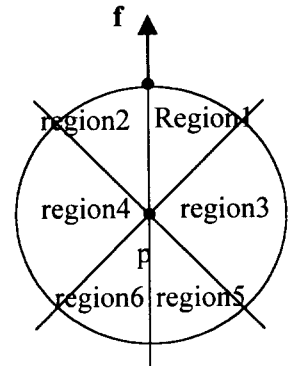


Fig. 4 Separate of Region for Interference Free.

### 4.3.3 충돌처리

기존의 평 엔드밀 충돌검사는 공구의 shank 바닥 중심점 C에서 공구 축벡터 방향으로 길이가 L(공구길이-반경)인 선분 CQ와 offset Zmap(Ozmap)간의 검사이다 (Fig.5). 즉 이 선분을 Ozmap과 비교하였을 때 겹치는

구간이 있으면 간섭이 발생한 것으로 본다. 볼 엔드밀에 대한 충돌검사는 공구 중심점 p에서 공구 축벡터 방향으로 길이가 L(공구길이-반경)인 선분과 offset Zmap (Ozmap)간의 검사이다(Fig.6). 평 엔드밀과 마찬가지로 공구 축벡터 선분을 Ozmap과 비교하여 겹치는 구간이 있으면, 간섭이 발생한 것으로 보았다<sup>(10,11)</sup>.

본 연구에서는 밀면 간섭처리 공구 축벡터에서 CL 데이터간의 수직거리를 측정하여 그 거리가 공구반경보다 작으면 간섭이 발생하는 것으로 하였다. 그 결과 간섭이 발생하면 새로운 공구축벡터를 계산하며 Fig.7 계산식은

$$d = L \times \sin \epsilon \quad (4)$$

여기서 L : 공구 중심점에서 CL 데이터까지의 거리  
 $\epsilon$  : 공구 축벡터와 CL 데이터와의 각

계산된 d값이 공구 반경보다 작으면 간섭이 일어나므로 공구 축벡터의 각을 변화시켜 충돌을 피하도록 하였다.

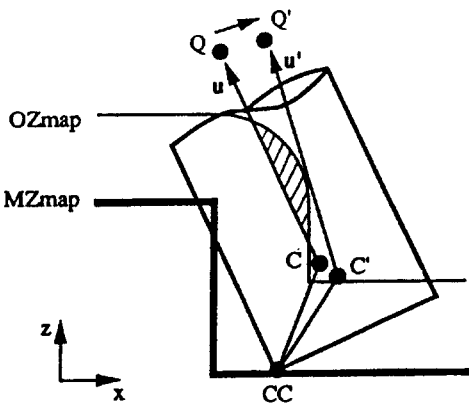


Fig.5 Shank Collision Free of Flat End-mill for Zmap Model.

충돌 체크 영역도 분할한다. 영역 7과 8에서 충돌이 발생하면 heel angle을 조정하여 충돌을 피하였고, 영역 9와 10에서 충돌이 발생하면 공구 진행방향을 중심으로 축벡터의 각을 변환시켜 충돌을 피하도록 하였다.

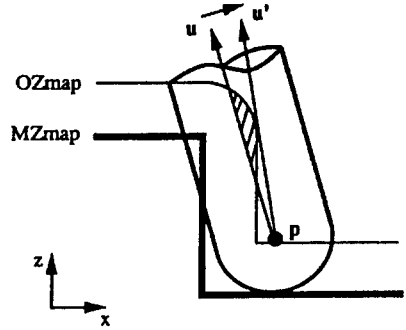


Fig. 6 Shank Collision Free of Ball End-mill for Zmap Model.

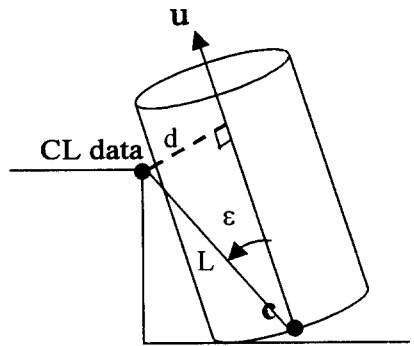


Fig. 7 Shank Collision Free of Flat End-mill for Parametric Model.

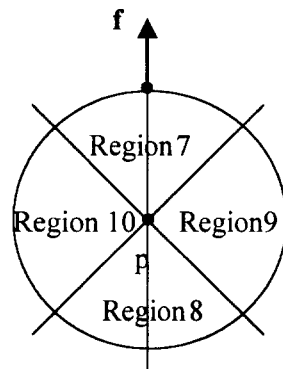


Fig.8 Separate of Region for Collision Free.

## 5. 적용사례

### 5.1 모델링의 예

본 연구에서는 제어점을 임의 한 레코드당 10개씩 입력할 수 있도록 하였으며, 입력할 수 있는 레코드의 한계는 데이터 베이스의 한계와 같으므로 실질적으로 레코드의 한계는 의미가 없다.

실질적으로 제어점을 입력하고 수정하여 자유곡면이 생성되는 과정을 Fig.9 - Fig. 15에 나타내었다.

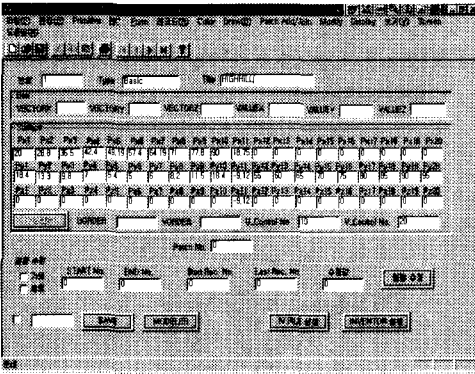


Fig. 9 Initial screen of surface modeling system.

Fig. 9는 곡면모델러를 구동시키면 디스플레이되는 화면이다. 이 화면에서 레코드의 추가, 삭제가 가능하며, 데이터의 입력, 수정, 삭제를 할 수 있다.

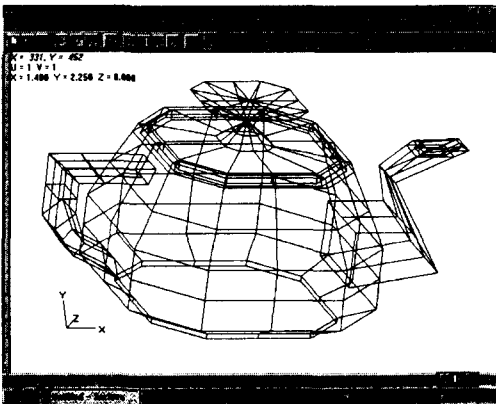


Fig. 10 An examples of teapot modeling with control points.

Fig. 10과 Fig. 11은 NURBS 곡면을 이용하여 teapot 을 모델링한 것으로, 가중치와 절점벡터, 제어점들을 조정함으로써 자유곡면 뿐만 아니라 해석곡면도 표현할 수 있음을 나타낸다. Fig. 12와 Fig. 13은 각각 10개와 20개의 제어점으로 구성된 2개의 패치로 구성된 것이다. 한 개의 패치를 완성한 다음 패치 추가 명령어를 수행하여 패치를 추가한 후 제어점을 수정하여 모델을 완성한 것이다.

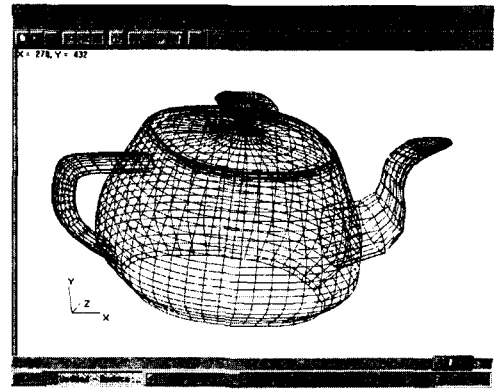


Fig. 11 An example of teapot modeling with NURBS surface.

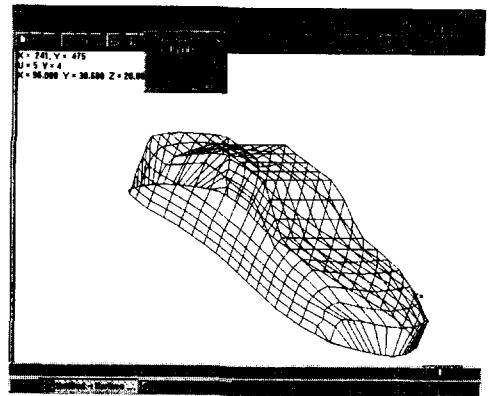


Fig. 12. An example of car body constructed by modifying control points.

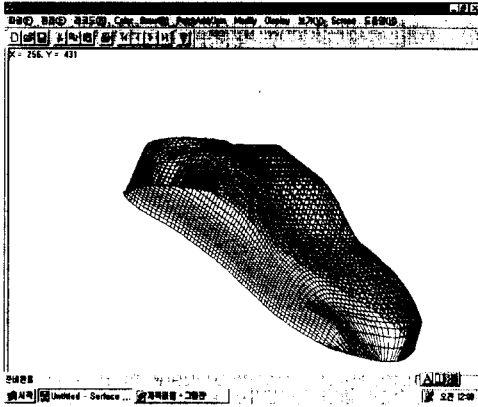


Fig. 13 An example of NURBS surface for a car body.

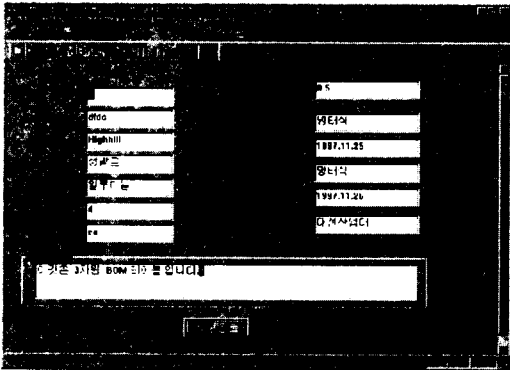


Fig. 14 An example of BOM screen.

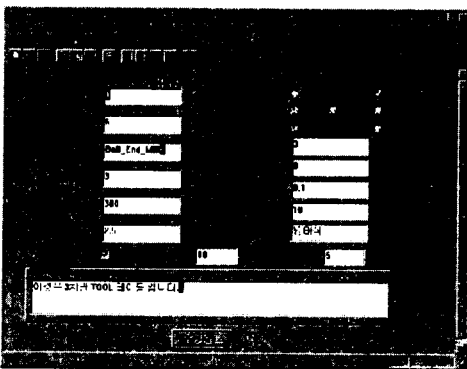


Fig. 15 An example of TOOL screen.

Fig. 14와 Fig. 15는 각각 모델링을 완성한 후 BOM 정보를 입력한 화면이다. 이 데이터는 모델링 데이터와 함께 공유되므로, 추후 다른 엔지니어가 어떻게 제공되고 어떤 정보를 가지고 있는지, 또한 어떤 재질로 제작되었는지에 대한 모든 정보를 알 수 있다.

### 5.2 CL 데이터 생성

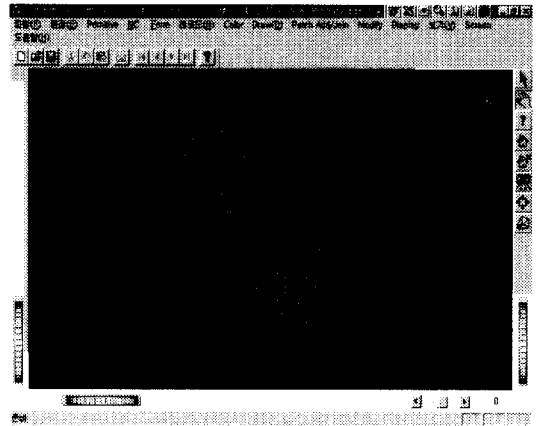


Fig. 16 CL Data Display Window

앞절의 방법으로 간섭과 충돌을 피하게 하고 X, Y, Z값과 A, B 회전각으로 CL 데이터를 생성하여 서피스와 함께 화면에 나타내도록 하였다. CL 데이터 생성시에 평 엔드밀 공구의 초기 Heel angle은 대부분 2~3°로 설정한다. 또한 공구의 초기 회전각은 모든 경우에 0°로 한다.

개발된 모델링 시스템에 의하여 모델링을 시행한 후 개발된 윈도우에서 확인 결과 모델이 희망하는 형상이 되었으면 CL 데이터를 생성한다

공구정보 화면에서 입력된 정보로 간섭과 충돌을 피하여 CL 데이터가 생성되면 Fig. 16와 같이 생성된 CL 데이터가 디스플레이 된다.

### 5.3 시뮬레이션

CL 데이터를 생성한 후 데이터에 문제점이 없는지 다시 한 번 검증하는 단계이다.

Fig. 17는 생성된 CL 데이터와 공구정보 데이터에 의해 공구길이 및 반경이 그대로 화면에 디스플레이 되어



시뮬레이션을 실시하고 있는 것이다. 시뮬레이션을 실시하면서 다시 한번 간섭과 충돌이 없는지 확인할 수가 있다.

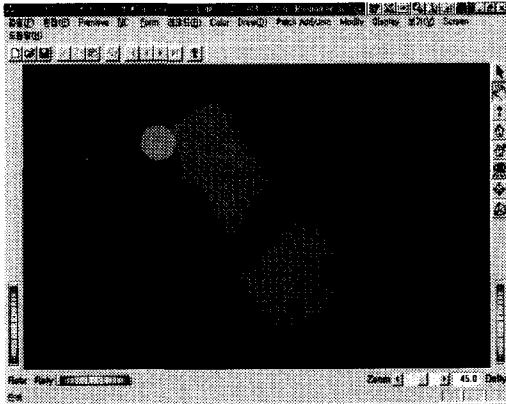


Fig. 17 Simulate Window with Given Data in Tool Information Database.

### 5.4 NC 데이터 생성

공작기계마다 특성이 달라서 범용 5축 NC 데이터 생성은 어렵다. 각 종 공작기계에 데이터베이스가 구축되면 어느 정도는 가능하리라 본다. 본 연구에서는 삼성 5축 수직머시닝센터인 모델 PLC-50을 기준으로 NC 데이터를 생성하였다. 정상 NC 데이터 생성시에 공구정보에서 입력된 황삭가공 정보에 의하여 황삭가공 NC 데이터도 동시에 생성된다. 따라서 별도로 황삭데이터를 생성하지 않아도 된다. 파일이름을 입력하게 되면, 정상가공 NC 데이터는 확장자가 nc로 작성되게 되고, 황삭가공 NC 데이터는 확장자가 roughnc로 작성된다. 작성된 결과와 같다(Fig. 18).

```
O1234
G40 G80 G49
G91 G28 X0.0 Y0.0 Z0.0 A0.0 B0.0
G90 G55 G00 X0.0 Y0.0 M08
G43 H01 Z140.000 S300.0 M03
G00 X0.000 Y0.000 Z140.000
G01 F2.5
X-20.682 Y0.000 Z0.034 A0.000 B3.000
X-19.255 Y-9.251 Z-0.443 A5.884 B3.016
```

```
...
X29.449 Y61.423 Z-1.977 A-10.456 B8.136
X32.301 Y54.182 Z-1.112 A-5.820 B9.047
X35.898 Y45.000 Z-0.937 A0.000 B10.393
G00 X0.000 Y0.000 Z140.000
G40 G80 G49 Z0.0
G91 G28 X0.0 Y0.0 Z0.0 A0.0 B0.0
G90
M05
M19
M30
%
```

Fig.18 NC Data Generated by Kinematics with CL Data.

## 6. 결론

본 연구에서는 곡면 모델러를 기반으로 하여 보다 쉽게 자유곡면으로 이루어진 부품을 모델링할 수 있는 PC 수준의 곡면 모델링 시스템 개발과 5축 NC가공을 수행할 수 있는 CAD/CAM 시스템을 개발하였다.

곡면 모델러를 개발하기 위한 첫 단계로, 그 기본이 되는 자료구조(data structure)를 구성하는 것이 중요하다. 최근 동향을 보면 PDM(product data management), CALS(commercial at the light speed)등의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이 때 자료구조는 중요한 위치를 차지하기 때문에 모델러 개발시 자료구조도 중요하다 할 수 있다. 개발된 곡면 모델러는 기존의 조정점을 활용하여 직접 입력하여 모델링 할 수 있고, 기존의 모델없이 직접 데이터를 조정하여 모델링 할 수 있도록 하였다. 따라서 독립적인 하나의 완전한 곡면 모델러로서 이용될 수 있도록 하였다. 곡면 모델러는 B-spline 과 NURBS 함수를 이용하여 자유곡면을 표현하도록 하여 추후의 확장성을 도모하였다.

곡면 모델러는 복잡한 형상을 모델링하고자 할 경우에만 한 번에 모델링하기 어려우므로 곡면을 분할하여 작업한 후 곡면 결합명령에 의해 결합시킬 수 있도록 하였다. 또한 Tool 정보에 입력된 데이터에 의해 5축 NC 데이터를 생성하도록 하였다.

본 논문에서 제시한 자료구조는 가공조건과 재료표(BOM), Tool 정보 입력으로 다른 특성들을 표현하고자

할 경우, 용이하게 확장될 수 있다.

본 연구의 결론은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 1) 자유곡면 모델링을 하는데 있어서 파라메트릭 기법을 적용함으로써 빠른 모델링이 가능하며, 기존에는 조정점을 한 개씩 조정하며 서피스를 모델링 하였으나 본 연구에서는 한 개씩은 물론 국부적인 선택을 통하여 보다 쉽게 모델링 할 수 있도록 하였다.
  - 2) 조정점을 조정하면서 곡면의 형상을 예측하기 어려운 경우에는 조정점을 선택하고 곡면 명령어를 수행한 후 수정을 하게되면, 곡면이 직접 변형되는 것을 보면서 모델링할 수 있도록 하여 추후 고도의 자유곡면 모델러를 개발하는데 기술적인 기초를 마련하였다.
  - 3) 곡면 모델러는 복합곡면을 이루고 있을 때 더욱 쉽게 모델링할 수 있도록 곡면의 추가와 곡면 결합명령어를 구현하였다.
  - 4) 기존의 모델링이 있는 경우에는 기존의 데이터를 사용하도록 하였고, 임의의 형상에 대한 것은 직접 모델링을 할 수 있도록 하였다. 따라서 서피스 형상의 기하학적 형상을 표현하는 기본 역할 이외에 임의의 형상을 독자적으로 모델링할 수 있도록 개발하여 모델링 시스템의 가용성을 높였다.
  - 5) 간섭을 피하는 5축 CL 데이터 생성, 생성된 CL 데이터에 의해 가공 시뮬레이션을 실시하여 가공성을 검증한다. 그리고 공작기계의 configuration에 맞게 후처리를 실시하여 5축 NC가공 데이터를 생성한다. 기존에는 파라메트릭 곡면으로 5축 NC 데이터 생성시 Zmap 모델을 별도로 생성하였으나, 본 연구에서는 파라메트릭 곡면만으로 간섭을 피할 수 있는 5축 NC 데이터 생성기법을 연구, 성공하였다.
- 이상과 같이 개발된 PC 수준의 곡면 모델링 시스템은 데이터베이스와의 연계를 통한 개발이므로 현재 활발히 추진되고 있는 CAPP, PDM, Digital Mock-up, CALS 등 최근 연구개발 분야에 이용될 수 있을 것이다

## 참 고 문 헌

1. Chang, T. C., 1990, "Expert process planning for manufacturing", Addison-Wesley Press, Massachusetts.
2. Turner, G. P., 1988, "An object-oriented approach to feature-based design", MS Thesis, Purdue Univ.
3. Shah, J. J. and Rogers, M. T., 1988, "Expert form feature modeling shell", Computer-Aided Design, Vol. 20, No. 9, pp. 515-524.
4. Shah, J. J. and Mathew, A., 1991, "Experimental investigation of the STEP form-feature information model", Computer-Aided Design, Vol. 23, No. 4, pp. 282-296.
5. Hillyard, R. and Braid, I., 1978, "Analysis of dimensions and tolerances in computer-aided mechanical design", Computer-Aided Design, Vol. 10, No. 3, pp. 161-166.
6. Light, R., Lin, V. and Gossard, D., 1981, "Variational geometry in CAD", Computer Graphics, Vol. 15, No. 3, pp. 171-178.
7. Aldefeld, B., 1988, "Variation of geometries based on a geometric-reasoning method", Computer-Aided Design, Vol. 20, No. 3, pp. 117-126.
8. KMK 정보산업연구원, 백정렬, 곽준기, 정도진, 성상훈, 1997, "Visual C++ 4.x : Technical Programming", 도서출판 삼각형.
9. Choi, B. K., J. W. Park and C. S. Jun, 1993, "Cutter-Location Data Optimization in 5-axis Surface Machining", Computer Aided Design, Vol. 25, No. 6, pp.377-386.
10. 조현덕, 1993, "자유곡면을 위한 5축 정밀가공에 의한 연구", 박사학위 논문, 한국과학기술원.
11. 박정환, 1994, "금형의 5축 NC 가공을 위한 CAM 시스템 개발에 관한 연구", Ph.D Thesis, KAIST.