

PC를 이용한 3차원 입체형상 모델링 시스템 개발 연구

변 문 현 *

* 충남대학교 기계설계공학과

오 익 수 **

** 충남대학교 대학원

Study on the development of a personal computer aided 3-D geometric modelling system

Moon Hyun Byun and ChungNam National Univ.

Ick Soo Oh ChungNam Graduate school

Abstract

The purpose of this study is to develop a personal computer aided 3-D geometric modeller. To perform this study, we set up a cube, a cylinder, and a prism as a primitive in the first segment of this study. By modelling the 3-D object through their transformation, addition, and subtraction, we proved the validity of the developed algorithm and its computer program. Some examples show the results of applying the program to modelling a few simple shape of the machine parts. These results met the first aim of this study.

형상에 따르는 수치제어 공구경로(NC cutter path)의 생성은 모두 물체의 형상에 근거를 두고 있으므로 CAD/CAM 시스템에 있어서의 형상 모델링 시스템은 필수적인 기본 시스템중의 하나가 된다. 형상 모델링 시스템, 즉 모델러(modeller)로는 GEOMED, ROMULUS 등과 같은 다수의 모델러가 이미 기술선진국에서 개발되어 시판되고 있으나 이의 대부분이 그 구입가가 고가인 동시에 미니(mini)급 이상의 컴퓨터에 맞추어져 있다. 따라서 미니급 이상의 컴퓨터를 보유하지 못한 대다수의 중소기업이나, 사용자에 따라 모델러를 국부적으로 변경시킬 필요성이 있는 경우에는 기존 모델러의 이용이 불가능하므로 목적에 알맞는 염가의 전용 3차원 모델링 시스템의 개발이 필요하다.

본 연구는 이러한 제반 문제의 해결을 위하여 사용목적에 알맞는 전용 3차원 형상 모델링 시스템을 염가의 PC 로 개발할 목적으로, 1차적으로 정육면체(cube), 삼각기둥(prism), 원기둥(cylinder)을 원형(primitive)으로 설정하고 이 원형들의 조합으로 비교적 간단한 형상의 3차원 물체를 나타낼 수 있는 PC 수준의 모델러를 개발하여 예로써 몇가지의 기계부분품을 모델링 하였다.

1. 서 론

기술이 점차 고도화되고 기술집약적 산업의 형태를 지향해 나가는 추세에 맞추어 단일 컴퓨터 시스템으로 제품의 설계로부터 생산에 이르기까지 체계화하여 포괄적으로 처리할 수 있는 CAD/CAM 시스템의 이용범위가 날로 확대되고 있다. 또한 마이크로컴퓨터의 기능향상과 함께 CRT 의 그래픽스기능의 향상에 힘입어 마이크로 컴퓨터 수준의 CAD/CAM 시스템이 상품화되고 있으며 국내에서도 1980 년대에 들어와 널리 보급되고 있는 경향을 보이고 있다. 이와같은 마이크로컴퓨터 수준의 시스템은 용량과 처리시간에 있어서 한정적인 제약을 받지만 시스템이 저렴하므로 비교적 간단한 부품을 취급 하는 중소기업으로의 확산이 기대되고 있다.

이러한 CAD/CAM 시스템을 이용한 물체의 형상설계와 형상설계된 물체의 해석(analysis), 그리고 물체의

2. 이 론

2.1 입체도형의 구성

하나의 입체도형은 다수의 면으로 이루어지며 각 면은 모서리로, 각 모서리는 2개의 꼭지점으로 정의된다. 즉, J개의 면을 가지는 입체도형은 아래와 같은 형식의 순차적 정의에 의해 정의된다.

VOLUME = { SURFACE(I) | I=1, J } (1)

여기서 J 는 입체도형(VOLUME)을 구성하는 면의 수.

$$\text{SURFACE}(J) = \{ \text{EDGE}(J,K) \mid K=1,L \} \quad (2)$$

여기서 L 은 J 면(SURFACE(J))을 구성하는 모서리의 수.

$$\text{EDGE}(J,K) = \{ \text{VERTICE}(J,K,M) \mid M=1,2 \} \quad (3)$$

여기서 EDGE(J,K)는 J 면을 구성하는 K 번째 모서리.

$$\text{VERTICE}(M) = (x, y, z) \quad (4)$$

여기서 x,y,z 는 3차원 공간상의 꼭지점 좌표.

2.2 투영과 변환

3차원 물체를 CRT 나 플롯터등과 같은 2차원 출력 장치로 표현하기 위하여 투시투영법(perspective projection method)을 이용하였다. 투시투영은 세계좌표계(world coordinate system)에서 눈좌표계(eye coordinate system)로, 눈좌표계에서 화면좌표계(screen coordinate system)로의 변환 과정을 거치며 식(5)와 식(6)은 각각 세계좌표계와 눈좌표계, 눈좌표계와 화면좌표계의 관계를 나타낸다.

$$\begin{aligned} x_r &= -x \sin \theta + y \cos \theta \\ y_r &= -x \cos \theta \cos \phi - y \sin \theta \cos \phi + z \sin \phi \\ z_r &= -x \cos \theta \sin \phi - y \sin \theta \sin \phi + z \cos \phi + D \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 x, y, z 는 세계좌표이며 x_r, y_r, z_r 는 눈좌표이다. θ 는 관찰점(view point)을 세계좌표계의 x-y 평면에 투영된 점과 원점을 연결하는 직선이 x 축과 이루는 각도이며 ϕ 는 관찰점과 원점을 연결하는 직선이 z 축과 이루는 각도를 표시한다. D 는 세계좌표계의 원점으로부터 관찰점까지의 거리를 표시한다.

$$x_r = d \left(\frac{x_r}{z_r} \right), \quad y_r = d \left(\frac{y_r}{z_r} \right) \quad (6)$$

여기서 d 는 관찰점으로부터 화면까지의 거리를 표시한다.

3. 알고리즘

3.1 원형(primitive)의 구성

본 시스템에서 정의된 3개의 원형은 앞서 정의된 입체도형의 구성형식에 의거하여 구성된다. 각 원형의 생성명령은 원형선택명령, 세계좌표계에서의 x,y,z 각 방향으로의 길이를 지정하여 줌으로써 이루어진다.

시스템에서 정의된 원형들중 원기둥은 정다각기둥에 의해 원기둥에 근사시키는 근사방법을 이용하여 표현된다. 정다각기둥에 의해 근사된 원기둥에 있어서 정다각기둥의 각수가 일정하다 할 때, 사용자가 원하는 원기둥의 크기가 클 수록 곡률의 정도는 낮아지며 이를 보완하기 위하여 정다각기둥의 각수를 증가시키면

데이터량과 계산량이 증가하여 컴퓨터 처리시간이 많이 소요된다. 따라서 사용자는 원하는 근사정도와 처리시간을 복합적으로 고려하여 정다각기둥의 각수를 지정한다. 본 시스템에서는 실용상 적합하다고 인정되는 20 각주를 지정값으로 하였다.

3.2 은면제거

다면체의 각 면에 대하여 동일면상에 존재하는 2개의 벡터 \vec{U} 와 \vec{V} 를 정의하고 식(7)에 의하여 면에 수직인 수직벡터 \vec{N} 을 구한후 \vec{N} 의 시작점으로부터 관찰점까지의 시선벡터 \vec{L} 을 정의한다.

$$\vec{N} = \vec{U} \times \vec{V} \quad (7)$$

이때 \vec{N} 과 \vec{L} 이 이루는 각 α 를 산출하여 α 가 $0 \leq \alpha \leq 90$ 의 범위에서 벗어나는 면을 은면으로 결정하고 해당면을 소거함으로써 형상의 해석에 있어서 혼란을 배제한다. 이를 Fig.1 에 나타냈다.

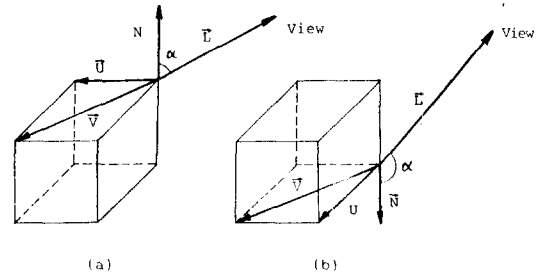


Fig.1 Determine Hidden Surface : (a) Visible Surface $0 < \alpha < 90^\circ$, (b) Hidden Surface $90^\circ < \alpha$

3.3 은선제거

은선제거에는 많은 알고리즘이 있으나 Newell등이 제안한 알고리즘을 이용하였다. 즉, 타물체에 의한 간섭으로 은선이 존재하는지의 여부를 판별한후 타물체의 간섭에 의한 은선이 존재할 경우에는 관찰자로부터 물체까지의 거리를 산출하고 각 물체에 대한 이들 거리를 비교하여 물체의 우선순위(priority)를 결정함으로써 우선순위가 뒤진 물체에 존재하는 은선부를 산출할 수 있다. 이를 Fig.2 에 나타냈다.

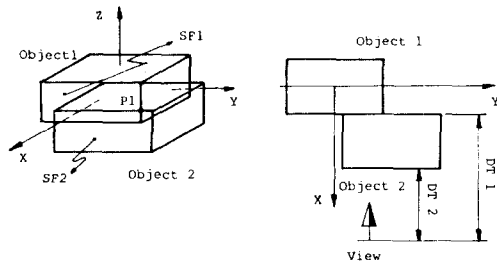


Fig.2 Determine Object Priority

Fig.2 에서, 비교되는 두 물체의 모서리가 교차되는 점 P1 을 포함하는 Object 1 의 면 SF1 과 Object 2 의 면 SF2 로부터 관찰점까지의 거리 DT1 과 DT2 가 비교되어 관찰점과의 거리가 가까운 Object 2 가 물체의 우선순위를 갖게 되며 우선순위가 뒤진 Object1 의 모서리들중 Object 2 에 가려진 부분이 은선부가 된다.

3.4 합체

하나의 완성된 모델은 사용자가 지정하는 원형들의 합체, 혹은 분리과정을 통하여 생성된다. 임의의 형상을 만들기 위한 원형들의 합체는 합체명령과 함께 합체될 요소의 선정, 합체위치 지정에 따라 이루어진다.

합체의 과정을 Fig.3 에 나타냈다. Fig.3(a) 와 같이 합체되는 면에 대응하는 2개의 기준점에 의거하여 합체위치를 지정하면 Object 2 는 적절한 좌표변환을 행한 뒤 새로운 위치로 이동된다. 합체후에 두 요소의 면이 일치하여 하나의 면으로 재생성될 때, 기존 모서리에서 소거되어야 할 소거부의 결정은 은선제거과정을 이용한다. 즉, Object 1 의 모서리와 Object 2 의 모서리를 비교하여 두 모서리의 교차점 P 를 결정한 후 DT1 과 DT2 를 산출한다. 이때 DT1 과 DT2 가 같으면 P 가 속한 모서리에는 면이 일치함으로써 소거되어야 하는 소거부가 존재한다. 이를 Fig.3(b) 에 나타냈다.

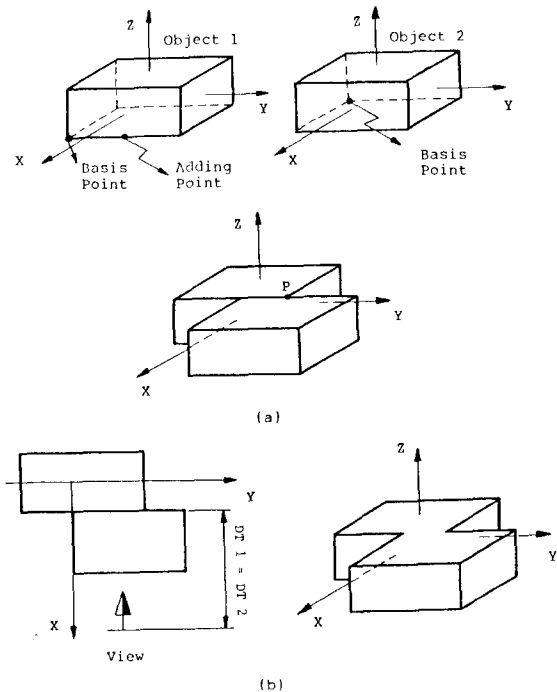


Fig.3 Addition : (a) Transformation according to adding position, (b) Accordant Part Removal

하나의 원형이 기존 요소에 새로이 합체될 때마다 기존 요소들과 새로이 합체되는 요소들간의 간섭으로 인하여 새로운 은선부가 생길 수 있다. 이때 새로이 생기는 은선부를 산출하기 위하여 합체되는 새로운 요소는 기존 요소들과 빠짐없이 비교되어야 한다. 3개의 요소로 구성된 하나의 기존 모델에 네번째의 요소를 합체시킬 경우 그때의 비교순서는 Table.1 과 같다.

Table 1. Sequence of comparison

Object	1	1	1	2	2	3
Object	2	2	3	4	3	4

3.5 차감(subtraction)

이미 생성된 모델로부터 정의된 원형의 분리, 혹은 차감은 차감명령과 함께 목표물체의 선정, 목표물체내의 차감위치를 지정하여줌으로써 이루어진다.

차감과정을 거친 기존 모델에 새로이 생성되는 면은 다음과 같은 원칙하에 생성되며 이러한 원칙을 이용하여 새로이 생성되는 면을 표현할 수 있다.

- (1) 기존모델에서 차감하기 위하여 선정된 원형일 이루는 모든 면은 기존모델에 새로운 면을 생성시킬 수 있다.
- (2) 기존모델에서 차감하기 위하여 선정된 원형을 구성하는 면들중 기존모델의 가시면(visible surface)과 일치하는 면은 기존모델에 새로운 면을 생성시킬 수 없다.
- (3) 선정된 원형의 가시면이 기존모델에 새로이 생성시키는 면은 은면이 되며 그 면을 경계짓는 모서리들중 기존모델의 가시면에 존재하는 모서리는 가시 모서리가 된다.
- (4) 선정된 원형의 은면이 새로이 생성시키는 면은 가시면이 된다.

이상과 같은 원칙을 이용하여 기존모델내에 새로이 생성되는 면은 다음과 같은 과정으로 표현된다. 이 과정을 Fig.4 에 나타냈다.

- (1) 차감명령과 차감될 목표물체의 선정, 목표물체내의 차감위치에 따라 선정된 원형의 적절한 변환작업이 수행된다 (Fig.4(a)).
- (2) 목표물체의 면과 선정된 원형의 면에 대하여 일치 여부를 판별하여 선정된 원형의 면들중 목표물체의 면과 일치하는 면을 제거하고, 그 면을 경계짓는 모서리와 일치하는 기존모델의 모서리에서 일치하는 부분을 소거한다 (Fig.4(b)).
- (3) 선정된 원형의 은면에 의하여 기존모델내에 새로이 생성된 가시면을 플롯한다. 이때 기존모델내에 새로이 생성된 은면과의 간섭여부를 고려하여 플롯한다 (Fig.4(c)).

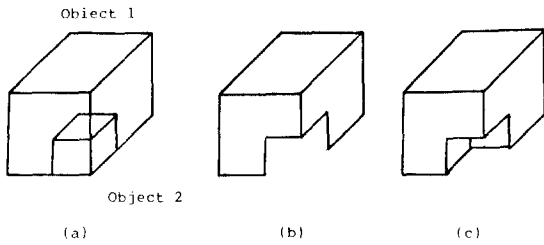


Fig.4 Procedure of subtraction

이상에서 언급한 과정들에 대한 시스템의 전체적인 흐름도를 Fig.5 에 나타내었다.

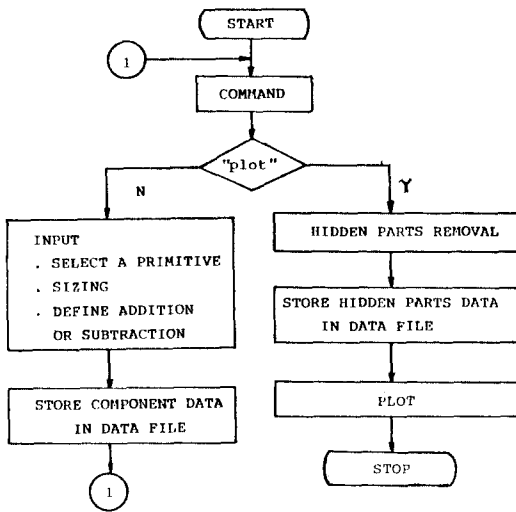


Fig.5 Logic of 3-D Modelling

4. 응용 결과

본 시스템을 이용하여 몇가지 기계 부품의 모델을 생성시킨 결과를 Fig.6 과 Fig.7 에 나타내었다. Fig.6 은 약식 유니버설 조인트의 유사모델을 정육면체와 원기둥을 조합하여 모델링한 결과이며 Fig.7 은 본 시스템에 정의되어 있는 3개의 원형을 이용하여 베어링축의 부품을 모델링한 결과이다.

베어링축 부품의 경우, 컴퓨터 처리시간은 약 10sec 내외가 소요되었으며 컴퓨터 언어의 교체와 알고리즘의 개선을 통하여 컴퓨터 처리시간을 단축할 수 있으리라 생각된다.

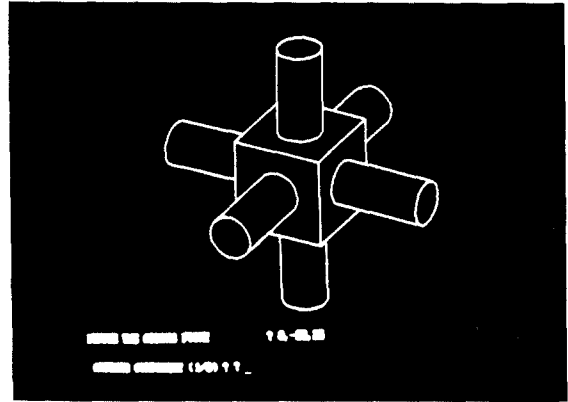


Fig.6 Model 1 ; universal joint

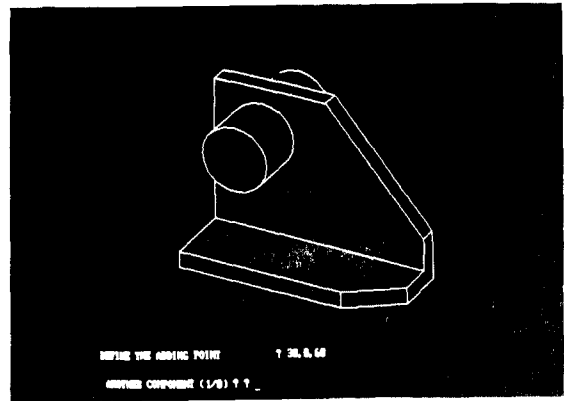


Fig.7 Model 2 ; parts of a bearing axis

5. 결론

PC 수준의 전용 3차원 형상모델링 시스템을 개발할 목적으로 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) PC 를 이용하여 정육면체, 삼각기둥 및 원기둥을 원형(primitive)으로하여 3차원 입체형상을 모델링하는 알고리즘과 함께 그 컴퓨터 프로그램을 개발하여 이를 이용한 결과 간단한 형상의 기계 부품들을 형상설계할 수 있게 되었다.

(2) 보다 복잡하고 다양한 형상을 설계할 수 있는 모델러를 개발하기 위하여는 다양한 각종 원형들을 더 만들고 이의 적용 및 응용기술을 개발하여야 한다.

6. 참 고 문 헌

- (1) John K.Krouse,1982,'Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing', MARCEL DEKKER.INC
- (2) C.B.Besant,1983,'COMPUTER-AIDED DESIGN AND MANUFACTURE', Ellis Horwood Ltd.
- (3) 변문현,1894,'자유곡면의 절삭가공(1)-절삭가공을 위한 자유곡면 입체형상도의 발생",충남대학교 공업연구소 논문집 Vol.1,NO.1,pp.59-64
- (4) 한국과학기술원,1985,"기계의 CAD/CAM 및 MECHATRONICS화 기술개발"
- (5) DAVID F.ROGERS and J.ALAN ADAMS,1976,'Mathematical Elements for Computer Graphics',McGRAW-Hill,New York
- (6) Yvon Gardan and Michel Lucas,1984,'Interactive Graphics in CAD',Kogan Page