



입체 형상의 자동생성 및 가공을 위한 CAD/CAM 시스템 개발

CAD/CAM System Development for Automatic Creation and Manufacturing of Three Dimension Objects

조 성 철*
Sung-Chul Cho

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a CAD/CAM system for automatic creation and manufacturing of three dimension objects.

The computer system used in this study made RAM 2M, CPU 80386, VGA graphic card.

The results in this paper are as follows;

1. By interconnect PC(personal computer) and NC(numerical control) milling machine with RS232C connector, we was constructed with CAD/CAM system.
2. The developed algorithm in this study is able to be design of three dimension object on the computer CRT and manufacturing of NC milling machine.
3. Because of design and modifying on the PC of objects, we can be saving time, cost and improvable precision of objects.
4. Essentially, we expect industrial accident to reduce according as we takes advantage of CAD/CAM system.

1. 서 론

컴퓨터를 이용한 자동화 시스템이 도입됨에 따라 여러 생산분야에서는 제품의 정밀도 향상, 개발시간 단축 등과 더불어 산업재해를 극소화시키는 방

향으로 나아가고 있다. 이러한 추세에 따라 조작이 간편하고 가격이 저렴한 PC(personal computer)급 수준의 시스템으로 제품의 설계와 생산을 일괄 처리하는 CAD/CAM시스템(computer aided design and computer aided manufacturing system)의 이용 범위가 날로 확대¹⁾되고 있다. 이에따라 수작

* 충청전문대학 산업안전과

업의 단계에서 생산의 자동화가 이루어짐으로써 CAD/CAM시스템은 첨단기술로써 각 산업분야의 각광을 받고 있으며²⁾, 반복 작업을 수행하는 생산 시스템의 유연성(flexibility)과 생산성 향상 및 산업재해를 본질적으로 줄일 수 있는 중요한 요인으로 등장하였다.

따라서 이에 대한 연구가 수행되어 1950년대 미국 MIT공대 Suther Land I.E의 APT(automatic programed tools)언어 개발³⁾을 시초로, 1977년 Pressman 등은 수치제어와 컴퓨터를 이용한 가공 시스템을 개발⁴⁾한 바 있으며, 1986년 Brigham Young University에서는 기하학적 형상정보를 얻기위한 movive를 개발³⁾하였다. 또한 국내에서는 1980년대초 Turnkey base CAD/CAM시스템을 도입한 이래, Solid modeller인 MEDUSA와 그래픽 시스템인 IGL 등의 CAD/CAM 소프트웨어(software)를 도입하여 이를 이용한 CAD시스템 개발 및 NC part프로그램의 자동생성 등에 관한 연구³⁾를 수행하였다. 1990년대는 자유곡면생성 알고리즘을 개발⁴⁾하여 설계 및 가공 분야에 활용하고 있다. 그러나 이들 연구는 외국의 기술 도입에 의존하였거나, 구입가도 고가인 동시에 PC급 컴퓨터와 interface가 극히 미진하다⁵⁾ 할 수 있다.

따라서 본 연구는 가격이 비교적 싸고 널리 보급되어 있는 PC와 밀링머시인을 interface함으로써 CAD/CAM시스템을 구성하였다. 또한 가공될 물체의 수치를 컴퓨터에 입력하는 대화식 컴퓨터프로그램을 개발하여 실행함으로써, 물체를 자동생성하여 투시하고, 도면화하여 평가한 후 필요에 따라 모양의 크기 및 형상을 수정하여 제품을 가공하고자 한다.

2. 시스템 구성

연구에 사용된 CAD/CAM시스템은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 PC와 NC 밀링 머시인을 RS232C connector로 interface하여 구성하였다.

2.1 PC(personal computer)

컴퓨터는 32bit CPU인 intel 80386과 2M RAM, VGA card을 사용하였다. 역할은 제작된 프로그램이 실행되면 입력된 물체의 수치값을 입체도형으로 모니터에 가시화하고 투시하여 도면화한 후 CAM

프로그램화하여 밀링 머시인으로 출력하는 역할을 담당한다.

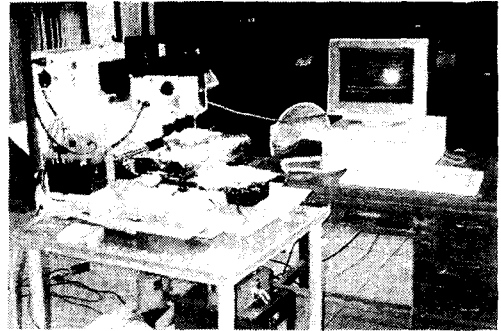


Fig. 1 CAD/CAM system sturcture

2.2 밀링 머시인(milling machine)

밀링 머시인은 제품의 가공을 위해 사용하였다. 사용모델은 미국 DYNA MYTE사의 DM 2200을 사용하였다. 좌표축은 (X, Y, Z)축으로 설정되며 서로 직각을 이룬다. 원점은 세 위치로 정의되며, home zero는 기계를 처음 켜 상 상태, reference zero는 가공물을 가공하기 위해 시작점에 사용자가 셋팅(Setting)한 zero, 그리고 local zero는 작업도중 필요에 따라 지정되는 zero점이 된다. 기계의 최대 가공 범위는 X = 158mm, Y = 127mm, Z = 100mm까지 허용된다.

2.3 컨넥터(connector)

컨넥터는 컴퓨터와 밀링 머시인을 연결하여 데이터 통신에 사용하였으며 구조는 Fig. 2에서와 같다.

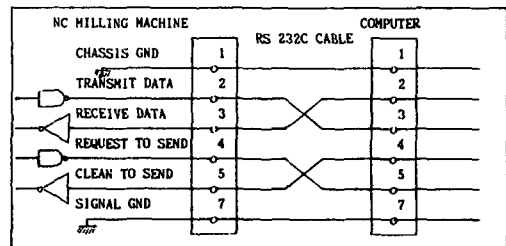


Fig. 2 Connect line of RS232C

3. 입체도형의 수식적 표현

입체도형은 점을 이은 선과 선을 이은 면, 그리고 면의 조합으로 구성되는 3차원 형태이다. 그러나 컴퓨터 화면이나 플로터(plotter)는 2차원 평면에 표현해야 한다. 따라서 2차원 평면에 입체도형을 표현하려면 3차원형태의 각 꼭지점에 대해 2차원 평면 위치로 변환을 해야한다.

변환은 Fig. 3에서와 같이 월드좌표(world coordinate)는 시계좌표(eye coordinate)로, 시계좌표는 화면좌표(screen coordinate)로 변환하여 표현하였다.

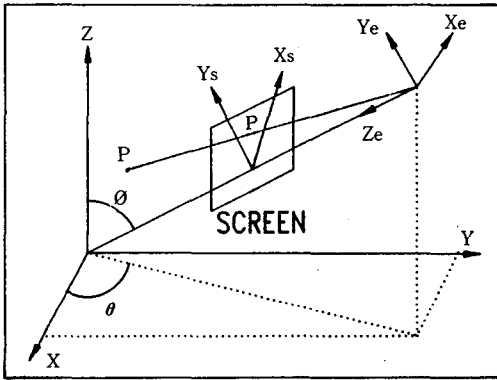


Fig. 3 Perspective projection

3.1 시계좌표(eye coordinate)로의 변환

시계좌표로의 변환은 Fig. 3에서와 같이 관찰점을 원점으로 하는 새로운 좌표를 만들어 변환해야 한다. 따라서 월드좌표계의 원점(0)을 관찰점(0e)까지 이동시키고, 이동한 좌표의 Z축에 대하여 (90°-θ)만큼 시계방향(CW)으로 회전시키고, 회전시킨 X축에 대하여 다시 반시계방향(CCW)으로 (180°-θ)만큼 회전시켜 왼손 좌표계(left handed coordinate system)로 변환시킨다. 따라서 월드좌

$$(X_e, Y_e, Z_e, 1) = (X, Y, Z, 1)$$

$$\begin{bmatrix} -\sin \theta & -\cos \theta \cos \theta & -\cos \theta \sin \theta & 0 \\ \cos \theta & -\sin \theta \cos \theta & -\sin \theta \sin \theta & 0 \\ 0 & \sin \theta & -\cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & D & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (1)$$

표(X, Y, Z)를 알면 시계좌표(Xe, Ye, Ze)로 변환이 가능하며, 이들을 조합하여 행렬로 수식화하면 다음과 같다.

이 식을 시계좌표계와 월드좌표계의 관계식으로 쓰면

$$\begin{aligned} X_e &= -X \sin \theta + Y \cos \theta \\ Y_e &= -X \cos \theta \cos \theta - Y \sin \theta + Z \sin \theta \\ Z_e &= -X \cos \theta \sin \theta - Y \sin \theta \sin \theta \\ &\quad - Z \cos \theta + D \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

가 되며 이때 D는 월드좌표계의 원점으로부터 관찰지점까지의 좌표이다.

3.2 화면좌표로의 변환

시각좌표의 좌표값(Xe, Ye, Ze)가 계산되면 화면좌표(Xs, Ys)로의 변환이 가능하다. 변환은 Fig. 3에서와 같이 점 P(Xe, Ye, Ze)를 화면에 투사하여 화면좌표계의 투사형좌표(Xs, Ys)로 투사시키면 화면에 투사된 물체의 표현이 가능하다.

(Xs, Ys)는

$$X_s = d \left(\frac{X_e}{Z_e} \right) \dots \dots \dots (3)$$

$$Y_s = d \left(\frac{Y_e}{Z_e} \right) \dots \dots \dots (4)$$

로 계산되며 d는 관찰지점에서 화면까지의 거리이다.

3.3 기하학적 모델링

입체도형은 꼭지점 → 모서리(선) → 면을 조합하여 가시화하였다. 꼭지점은 Fig. 4에서와 같이 입체를 구성하는 각 꼭지점에 대하여 번호를 지정하고, 지정한 번호에 좌표값(X, Y, Z)를 부여하여 화면좌표의 좌표값(Xs, Ys)로 표현하였다. 모서리는 인접된 꼭지점을 연결하여 구성하였으며, 면은 물체의 외부를 관찰점으로 볼 때 반시계 방향(CCW)으로 진행이 되도록 하였다. 따라서 이 면들을 조합하면 원하는 물체를 얻을 수 있도록 하였다. 물체의 은폐부는 Fig. 5에서처럼 각 면에 대하여 가시성 테스트(visibility test)을 하여 제거하였다. 이는 은면과 가시면의 구별이 요구되는 각 면에 대한 면법선 벡터(surface normal vector)와 시선벡터(line of sight vector)가 이용된다. 먼저 면법선 벡터 \vec{N} 과 시선벡터 \vec{L} 이 이루는 각도(φ)를 구하고 이의 내적(dot product)를 구하므로써 가시

도 문제를 체크하였다. 이때 내적은

$$\bar{N} \cdot \bar{L} = |\bar{N}| |\bar{L}| \cos \Phi \dots\dots\dots (5)$$

로 표시되며 이 두벡터가 이루는 각 Φ 가 $0 < \Phi < 90^\circ$ 의 범위에서 내적은 양이 되며 은면이 제거되도록 하였다. 또한 은선은 Newell이 개발한 알고리즘⁶⁾을 이용하여 제거하였다.

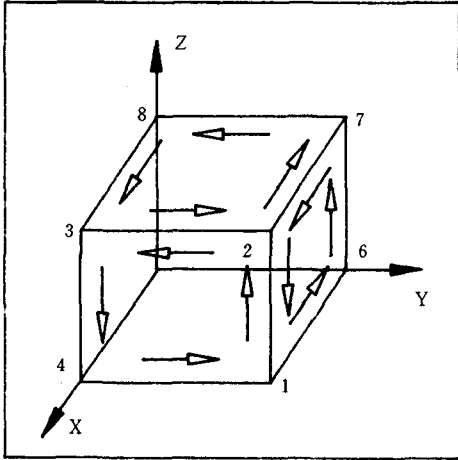


Fig. 4 Structure of model

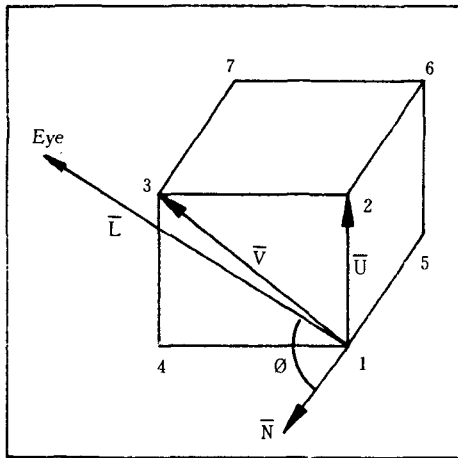


Fig. 5 Principal of normal vector

4. 소프트웨어 구성

소프트웨어(software)구성은 Fig. 6의 흐름도(flow chart)와 같이 구성하였다. data file로부터 물체의 월드좌표(X, Y, Z)값이 입력되며 이 좌표

값들은 시계좌표값으로, 시계좌표값에서 화면좌표값으로 변환된다. 변환된 점들은 부여된 꼭지점의 순서에 따라 선으로 이어져 물체의 면이 구성되며, 물체가 두개 이상일때는 물체의 겹치는 부분을 검색하는 최대 최소 테스트를 실시하여 서로 겹치지 않을 때는 plotting하고 겹치는 부분이 있을 경우에는 물체의 우선 순위를 결정하는 교선테스트를 실시하여 겹치는 점으로부터 어느 부분이 보이고 어느 부분이 보이지 않는가를 결정하는 깊이테스트를 실시하여 서로 겹치지 않을 경우 물체가 다른 물체에 포함되어 있는지를 확인하는 포함테스트를 수행하였다. 위의 사항들이 모두 검색되면 CRT에 물체를 plotting하여 평가하고 이를 CAM programming하여 connector를 통하여 물체의 가공데이터 값을 공작기계에 출력하여 공작물을 가공하도록 구성하였다.

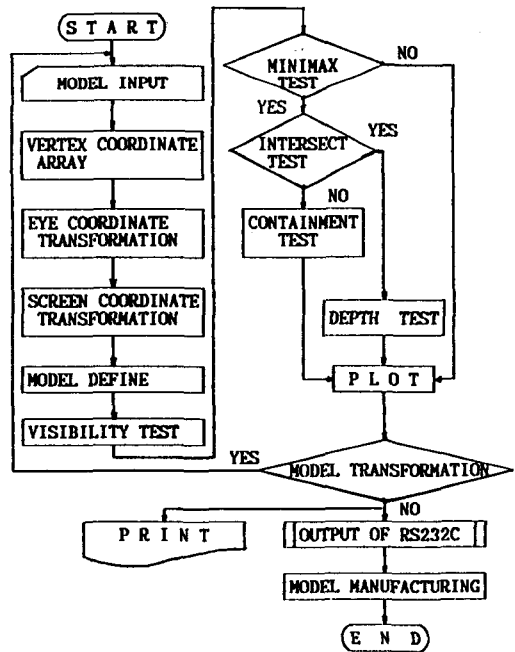


Fig. 6 Program flow chart

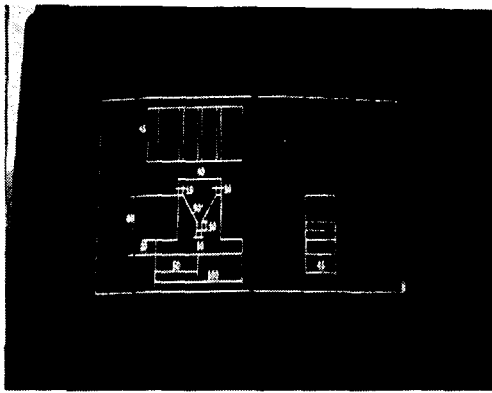
5. 응용결과

실험은 가공 물체의 모양을 구상하여 Fig. 6의 흐름도로 구성된 프로그램을 실행시킴으로써 컴퓨

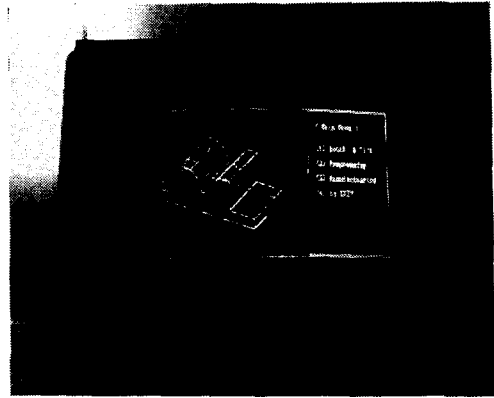
터 CRT에 그 물체를 모델링하고 CAM program된 데이터(data)를 공작기계로 출력하여 가공함으로써 CRT상의 모형과 실제의 모형을 비교검토하고 가공물체의 정확도를 확인하기 위하여 실시하였다. 실험을 수행한 결과 Fig. 7에서와 같이 도면화

(a), 투시(b), 입체로 모델링(c)되었으며 CRT의 물체가 정확히 가공(d)되었음을 알 수 있었다.

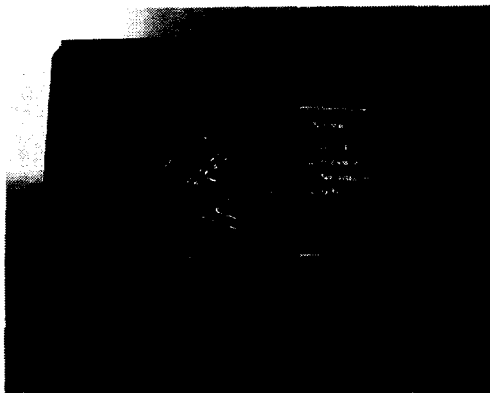
Fig. 8 CAM Program 가공물은 기계의 특성을 고려하여 본 연구를 위해 제조한 석고를 사용하였다. 또한 가공공구는 플랫 앤드밀(flat endmill)을 사용하였다.



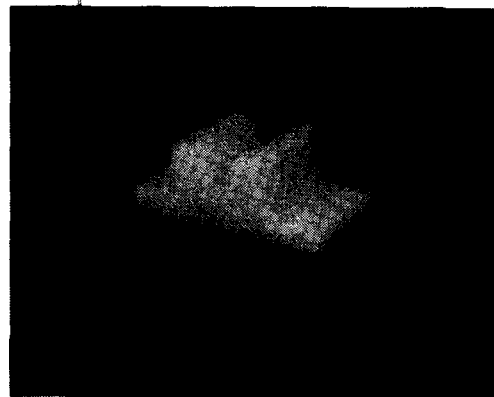
(a) Draft



(b) Perspective projection



(c) Stereoscopic view



(d) Manufactured model

Fig. 7 Result of application

```
000 START MM 01
001 TD STR$(TD)
002 FR XYZ=10
003 SET UP ... ZXC YU
004 SPINDLE ON
```



program number, unit
foal diameter, feedrate, set up.

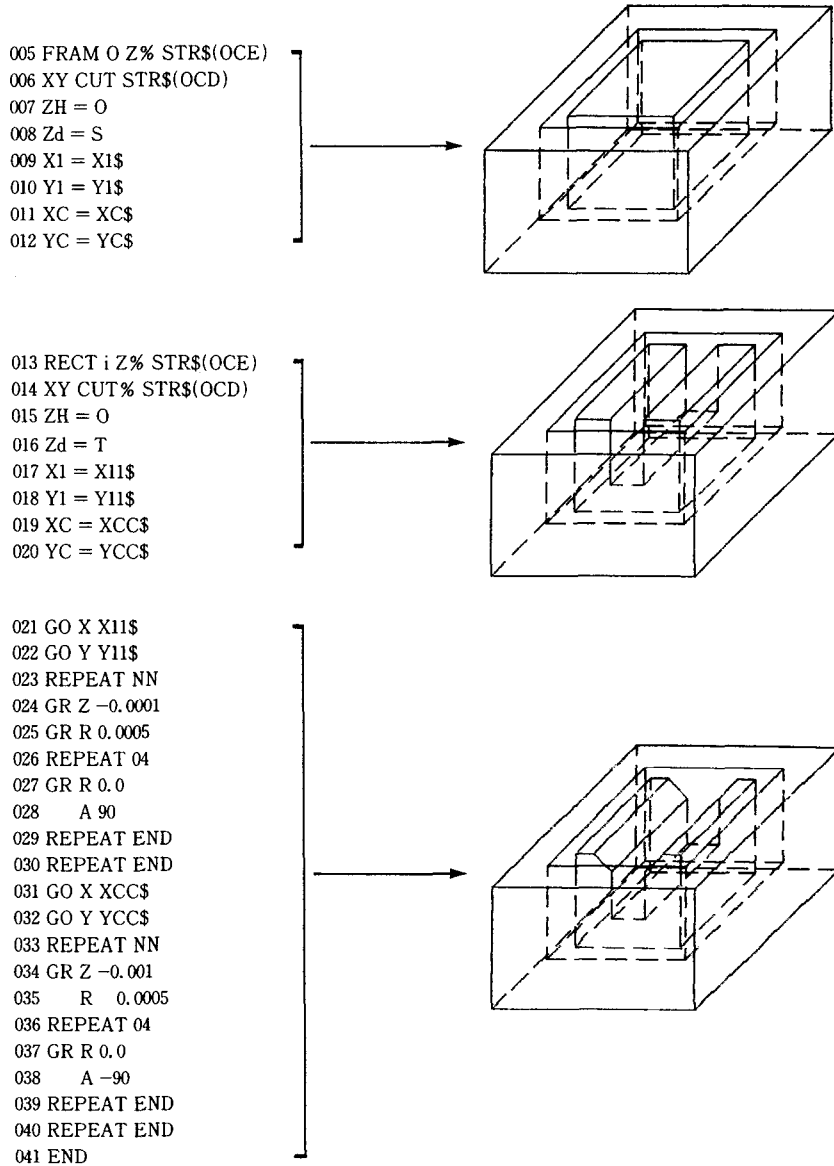


Fig. 8 CAM Program

6. 결 론

본 연구를 수행하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 가격이 싸고 널리 보급되어 있는 PC와 NC

(numerical control) 밀리 머시인을 interface하여 CAD/CAM 시스템을 구성하였다.

2) 입체도형을 기하학적으로 모델링하여 투시 및 도면화하고, CAM 프로그램화하여 가공하는 알고리즘을 개발하여 물체를 가공하였다.

- 3) PC의 모니터에 물체를 디스플레이(display)하여 밀링 머시인으로 출력, 가공함으로써 재래식 방식에 비해 시간단축, 경비절감, 정밀도를 높일 수 있었다.
- 4) CAD/CAM시스템을 활용함으로써 산업재해를 본질적으로 줄일 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

- 1) 배석훈, 이건우 : 기계조립체의 초기설계용 CAD 시스템, 대한기계학회 '91년도 춘계학술대회 논문집(I), pp. 339~342, 1991.
- 2) 변문현, 오익수 : PC에 의한 3차원 형상 모델링 연구(I), 충남대학교 생산기술연구소 논문집 Vol. 3, No.2, pp.82~88, 1988.
- 3) 이종원, 김지환, 이 혁 : CAD/CAM개론, 청문각, pp. 30~50, 1990.
- 4) R. S. Pressman and J. E. Willms, Numerical Control and Computer Aided Manufacturing, John Willy & Sons, pp.1~303, 1977.
- 5) 김찬봉, 양민양 : 입체 캠을 위한 CAD/CAM시스템 개발에 관한 연구, 대한기계학회 '91년도 춘계학술대회 논문집(I), pp. 315~318, 1991.
- 6) Ibrahim Zeid, CAD/CAM Theory and Practice, McGraw-Hill, Inc, pp.153~176, pp.1002~1018, 1993.