

제 목: 소형 계산기를 이용한 도면작성에 관한 기초연구

지도교수: 정 재 (현)



선박기계 공학과 4 학년

김
김
김
김
소
이

상
영
정
영
현

섭
원
한
수
현

유
전
장
영
정
영

영
재
병
영
창
영

윤
현
갑
영
영

目 次

1. 서 론
2. 기본 시스템 구성 및 作圖 원리
 - 2-1) 기본 시스템 구성
 - 2-2) 작문축 및 視點 設定
 - 2-3) 3차원 도형의 평면어의 표현
 - 2-4) 투영도 작성법
 - 2-5) 기본 도형 생성
3. 도형의 공간에서의 변환
 - 3-1) 작도변환 이론
 - 3-2) 도형의 회전
 - 3-3) 도형의 확대축소
 - 3-4) 도형의 평행이동
4. 응용 도면의 작성
 - 4-1) 소프트웨어 구성
 - 4-2) 본 시스템에 의한 처리예
5. 결 론

참 고 문 헌

1. 서 론

최근 주변의 생활용품 및 사무기를 포함한 대부분의 기계들이 소형 계산기나 마이크로 칩을 이용한 정보화의 경향이 뚜렷하다. 또한 생산공장에는 기계의 자동화 및 정보화가 괄목할만한 진전을 보이고 있다. 특히, CAD (Computer Aided Design : 계산기 원용 설계), CAM (Computer Aided Manufacturing : 계산기 원용 생산) 등을 이용한 공장의 자동화가 추진되고 있으나, 아직 미흡한 실정이며, 주로 계산기용 자동제도 (CAD : Computer Aided Drafting) 등으로 사용되고 있는데 이러한 시스템들은 가격면에서 고가이며 시설면에서 너무 방대하여 용이하게 구입, 사용할 수 없는 실정이다. 따라서 소형 컴퓨터를 이용한 자동화 시스템 개발이 시급하다.

지금까지 설계, 제도 및 생산공공 등에 이용하기 위하여 각종 시스템에 대한 연구가 진행되고 있으나, 그 대부분이 중형 이상의 계산기를 대상으로 하는 것^{1),2)}이며 소형 계산기를 이용한 시스템에 대한 연구는³⁾ 아직 미흡한 상태 이므로 이에 대한 개발이 절실히 요구되고 있다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위하여 소형 계산기 (personal Computer) 를 이용한 자동 도형 작성 시스템을 개발하기 위한 기본 이론 및 기초 알고리즘을 확립함을 목적으로 연구하였기에 보고한다.

2. 기본 시스템 구성 및 作圖 원리

2-1) 기본 시스템 구성

본 연구를 수행하기 위한 기본 시스템(Hardware) 구성은 그림 1과 같다. 즉, 키보드, 16bit 마이크로 프로세서, 컬러 Display, 프린터 및 외부 메모리인 1Mbit 플로피디스크로 구성되어 있다.

데이터를 키보드에서 입력하면 CPU를 거쳐 Display에 도면이 생성되게 된다. 따라서 인간은 생성된 도면을 보면서 수정을 함으로써 인간이 계산기와 대화하면서 도면을 작성할수있다.(Interactive)

여기에서 Display는 가로 640, 세로 400개의 작은 점(dot)으로 구성되어 있으며, graphic 화면에 도형을 표시할때 최소 단위가 된다.

또한 Digital tablet을 추가함으로써 이와같은 대화기능이 대폭 강화될수 있으며, X-Y plotter의 추가로 프린터의 약점을 보완할수 있는 등 시스템 확장이 가능함을 알수있다.

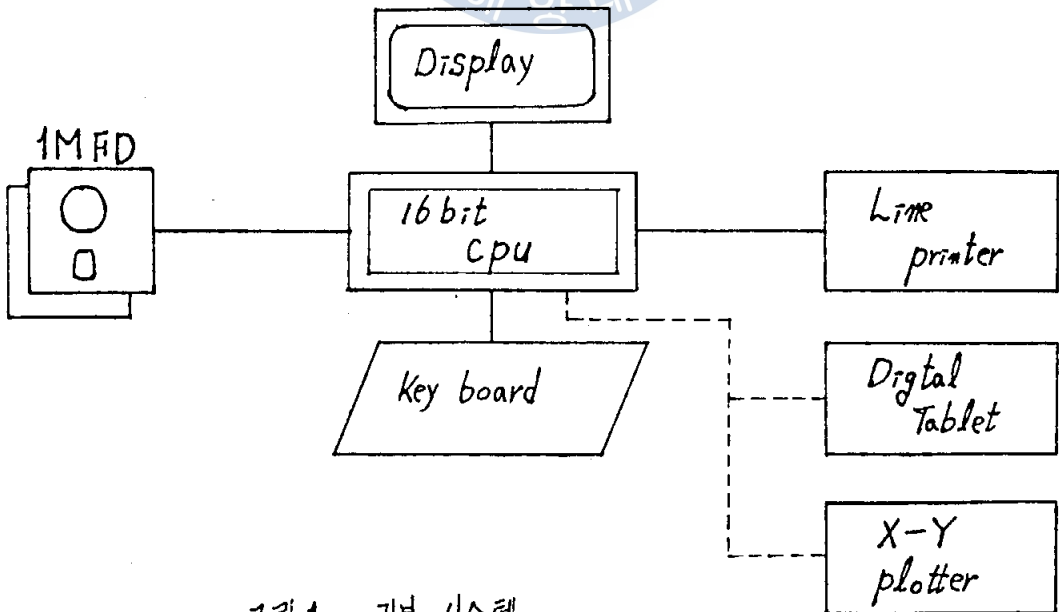


그림 1. 기본 시스템

2-2) 좌표축 및 視 點 設 定

3차원 도형을 생성하기 위한 기본좌표계는 직교좌표계를 사용한다. 그림 2-a와 같이 점O를 원점으로 정하여 이 점을 통하는 직선 OX, OY, OZ를 각각 X축, Y축, Z축이라 하고, 평면 O-XY, O-YZ, O-ZX를 각각 XY평면, YZ평면, ZX평면으로 한다. 또한, 각 축상의 正負는 그림과 같이 표시한다. 따라서 공간에 1點 P가 주어지면 이는 각 축 X, Y, Z에 좌표치가 결정되어 공간에서의 點 P(X, Y, Z)의 위치가 정해지게 된다.

한편, 3차원 도형을 2차원 평면에 표현하기 위하여 필요한 視 點 (Vision point)좌표계는 그림 2-b와 같다. 즉 왼손 좌표계로서 Z축의 연장선상에 視 點이 있어 여기에서 본 도형을 두영면에 표시하기로 한다.

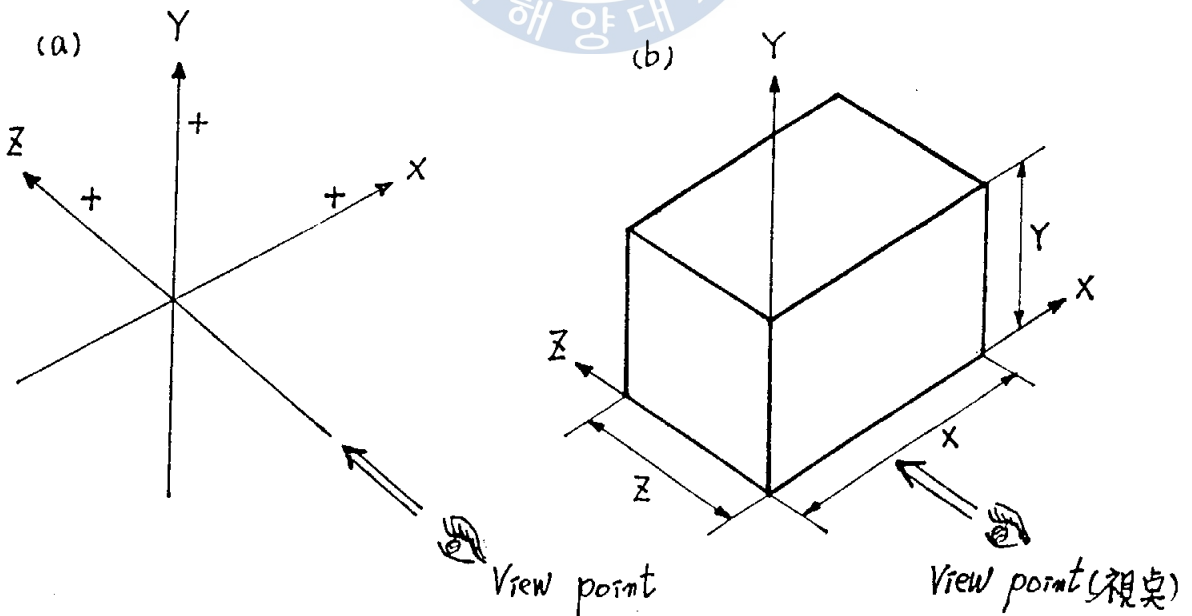


그림 2. 기본 좌표계 및 視 點

2-3) 3차원 도형의 평면에서의 표현

3차원 공간에 위치하고 있는 물체를 2차원으로 표현하는 처리를 투영변환이라 한다. 그림 3은 뷰포트좌표계의 물체를 뷰포트와 물체 사이에 있는 投影面 (display 화면)을 통하여 볼때의 그림이다. 즉, 컴퓨터 화면에 물체의 투영상이 보이는 것으로 생각 한다.

투영상은 물체와 뷰포트를 연결하는선(投影視線)내에 있으며 그림 3과 같은 도형으로 표시된다. 그림 3에서와 같이 뷰포트가 Z축상의 연장선에 있으므로 Z축은 나타나지 않고 직교하는 X, Y축으로 구성되는 2차원 직교좌표계로 표현 되게 된다.

그림 3은 이러한 원리에 입각하여 Y축 수위에 물체를 α 만큼 회전시켰을 때의 도형이다. 이와같이 물체가 놓여있는 뷰포트좌표계를 임의의 축을 중심으로 회전시키면 물체의 어느 면이라도 자유롭게 표현할수 있다. 따라서 공간에서의 좌표축을 임의의 각도 회전 시킴으로써, 실제제도에 많이 이용되는 정면도, 평면도, 측면도, 관성도 등의 도면을 표시 할수 있게 된다.

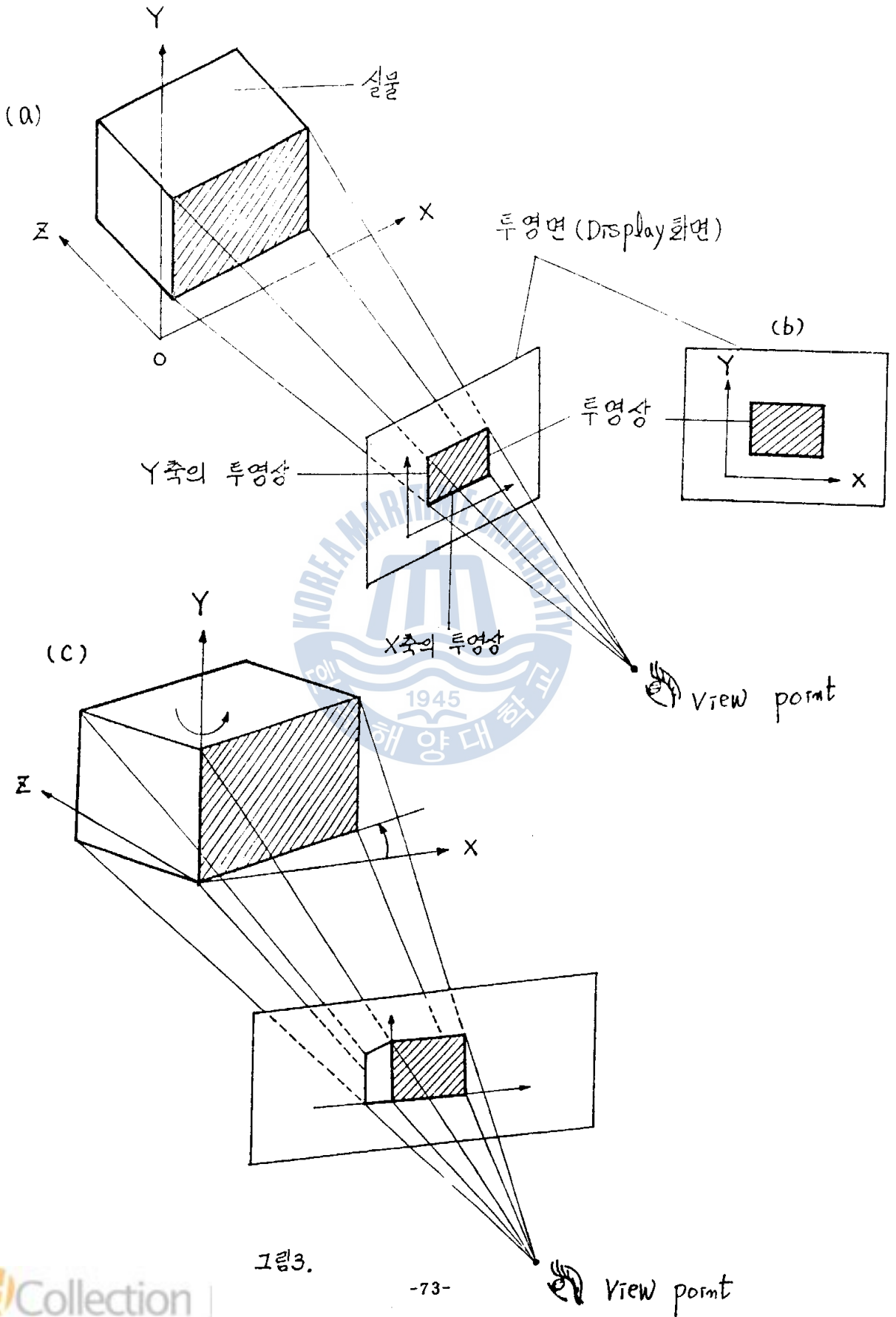


그림 3.

2-4) 투영도 작성법

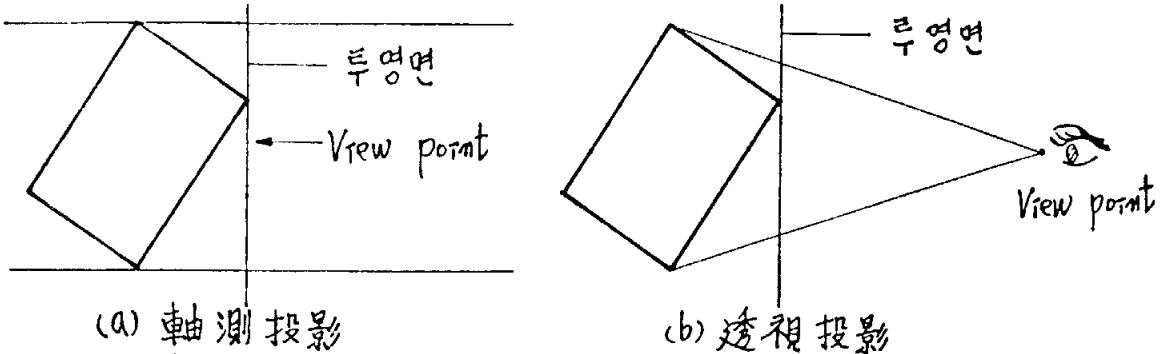


그림 4.

물체를 투영면에 투영한다는 두가지 방법이 있다. 즉, 軸測投影과 透視投影이 그것이다. 軸測投影(그림 4-a)에 있어서는 투영면에 대하여 投射線이 서로 평행인 경우로 투영된 물체의 원근감이 없어지고 좌표축의 회전에도 영향을 받지 않는다. 이에 반해 投視投影(그림 4-b)의 경우에는 視點과 물체와의 거리가 유한하여 投射線은 視點에 수렴하게 되므로 물체와 視點과의 거리에 따라서 投影圖는 변화하게 된다. 投視投影의 경우 視點이 충분히 멀리 있으면 軸測投影이 되므로 投視投影의 개념을 도입하기로 한다. 그림 5는 投視投影의 개념도이다. 그림 5-a는 물체를 Y축과 X축 주위로 회전시켰을 때의 평면도이고, 그림 5-b는 측면도이다. 이 두 그림을 바탕으로 생성된 그림이 그림 5-c의 投視圖이다. 그림 5-a와 같이 원근감이 소개된 도형이 됨을 알 수 있다.

한편 그림 5-d는 모서리 A'E가 투영면에는 어떻게 투영되는가를 구체적으로 나타내는 것이다. 여기에서 Y, Z는 이미 알고 있는 값이며 투영면과 視點과의 거리를 SP라 하면 $\frac{Y}{Y'} = \frac{Z + SP}{SP}$ 가 되므로

$$Y' = \frac{Y \times SP}{Z + SP}$$

가 되어 투영면에서의 A'E'의 값을 얻게 된다. 이러한

방법으로 도형의 전부분을 계산할 수 있어 투시도형을 얻게 된다.

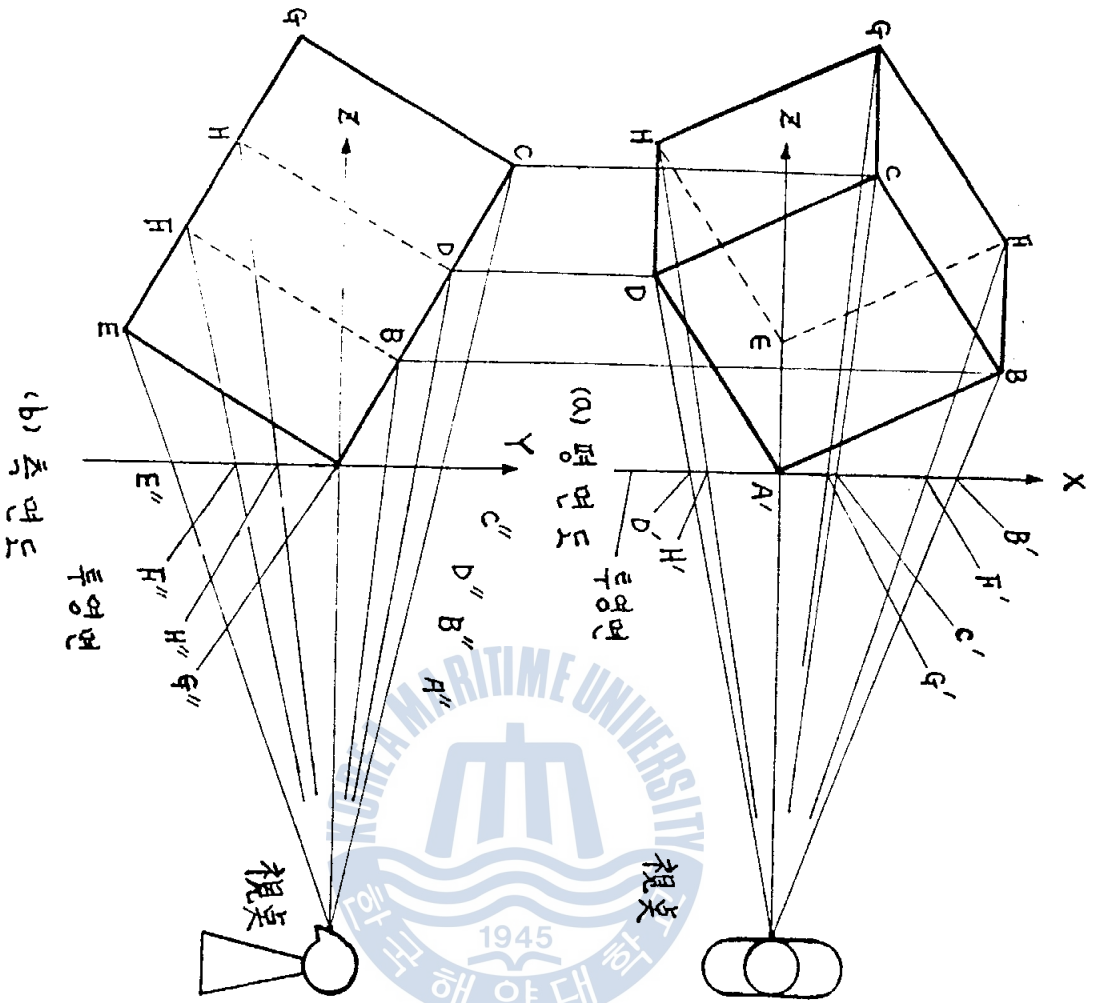
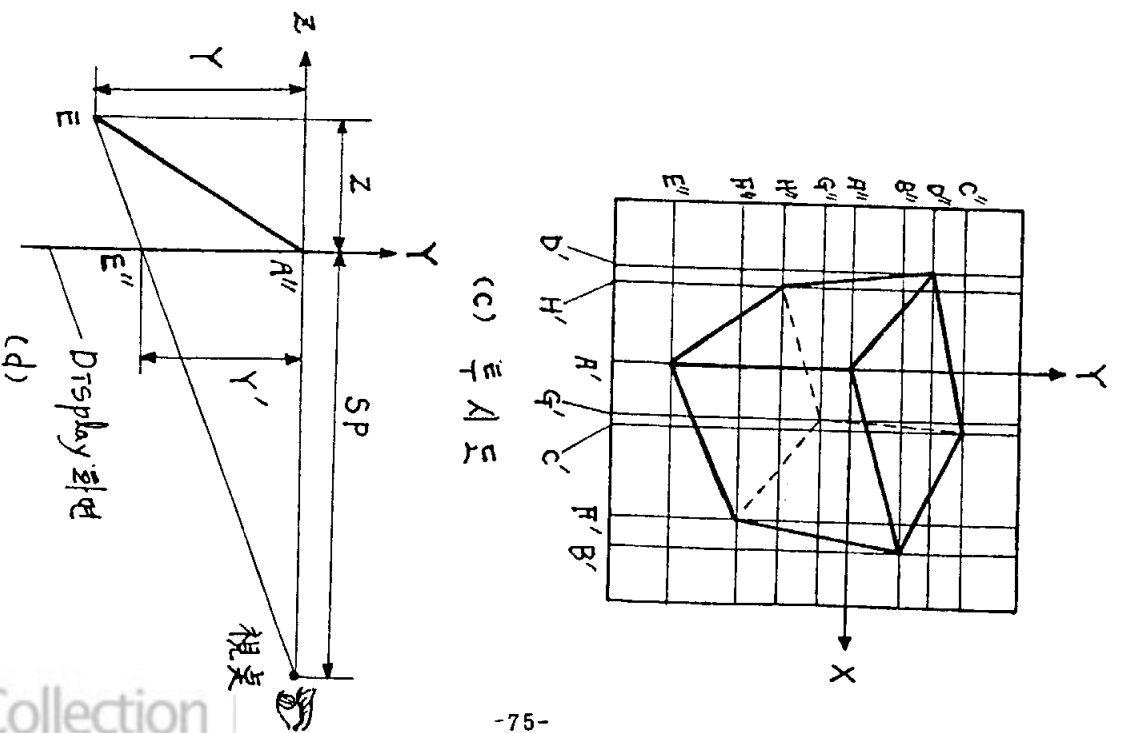


그림 5. 투시투영의 개념



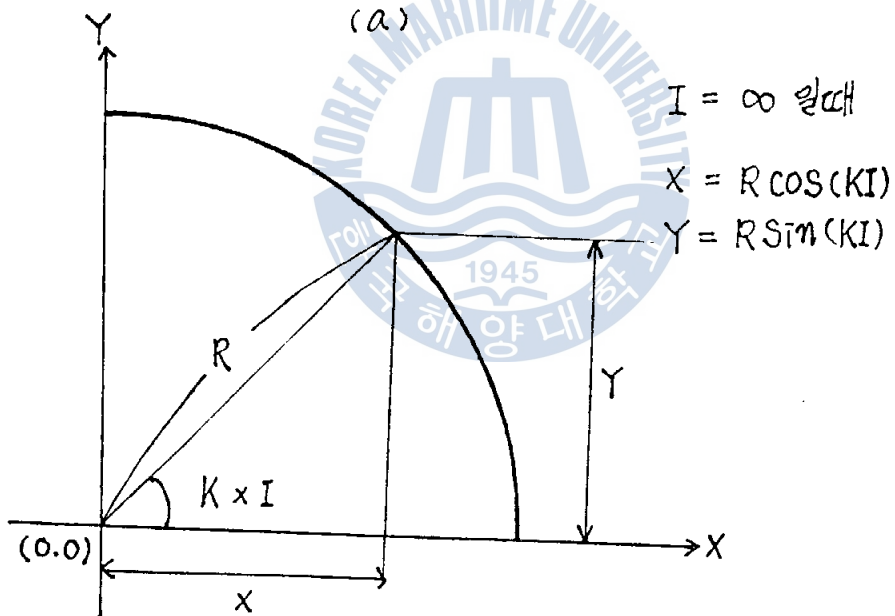
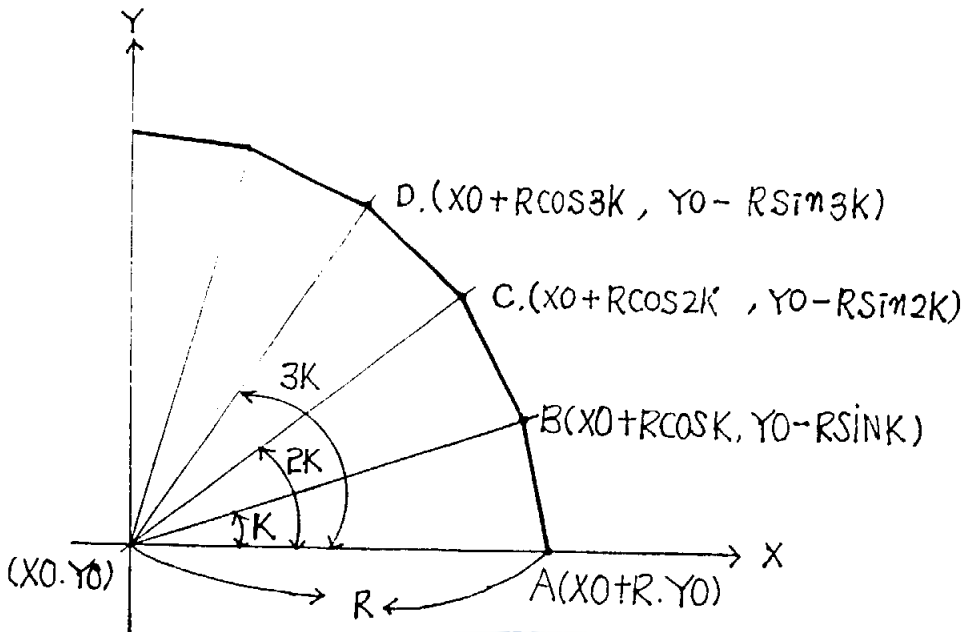
2-5) 기본 도형 생성

• 원의 생성

원의 생성에는 보통의 Circle 등으로도 가능하나 3차원을 대상으로 하는 NC 가공등을 고려하면 원수를 분할하여 3차원 좌표의 데이터를 처리할 필요가 있다. 이러한 관점에서 원을 무수히 작은 직선으로 연결하는 직선 보간 방법으로 표현하고자 한다.

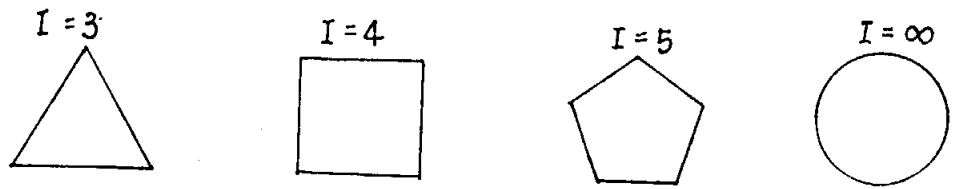
그림 6은 X-Y 평면에서의 원의 생성 방법을 나타낸 것이다. 주요 파라미터로는 원의 중심의 좌표, 원의 반경, 원의 출발점, 원의 끝점, 분할각도 등으로 되어 있다. 즉, 그림에서와 같이 원의 중심 좌표를 (X_0, Y_0) , 반경을 R , 원의 출발점 좌표를 $A(X_0+R, Y_0)$ 라 하면, 중심각 K 만큼 떨어진 점 B의 좌표는 $(X_0+R\cos(K), Y_0+R\sin(K))$ 로 되어 A-B 선을 연결한다.

이와 같은 방식으로 B-C, C-D 등으로 직선 보간하여 원을 생성해 준다. 여기에서 중심각 K 를 작게하고 I 를 크게하면 그림 6-b와 같은 매끄러운 원이 됨을 알 수 있다. 또한 그림 6-c에서와 같이 I 를 3으로 하면 3각형, 4로 하면 4각형, 5로 하면 5각형 등의 기본 도형 쉽게 얻어진다.



(b)

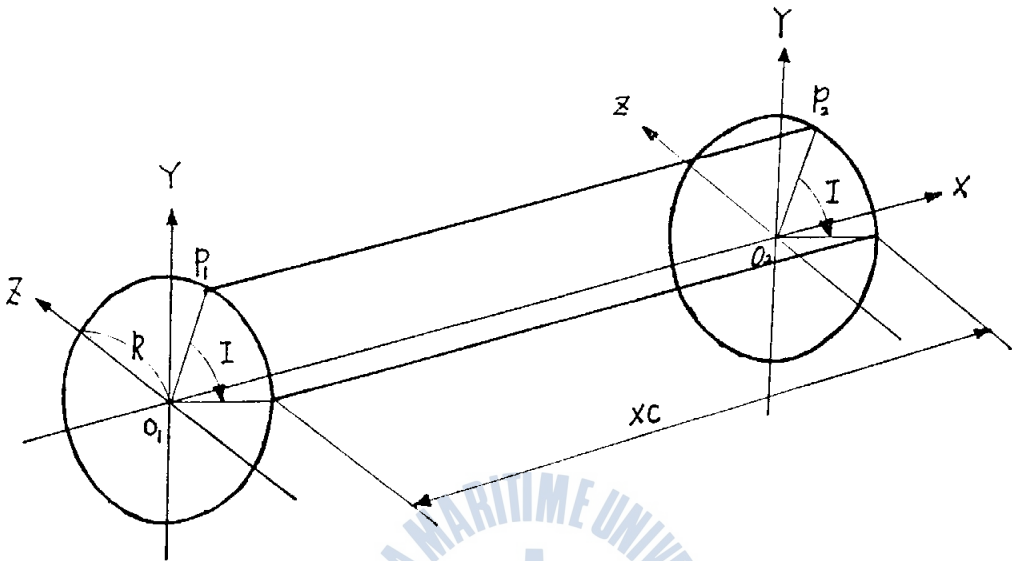
$I = 1, 2, 3, \dots$



(c)

그림 6. 원의 생성

• 円柱의 생성



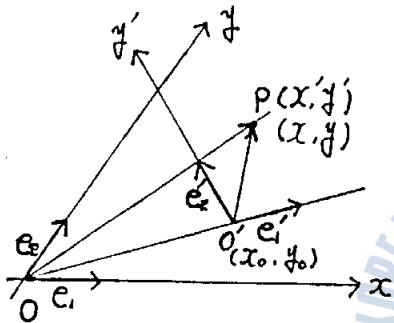
먼저 X축상에 円柱를 표현할 경우, O_1 을 중심(0,0,0)으로 반경R의 원을 작성한 후에 X축상에 XC만큼 떨어진 $O_2(XC, 0, 0)$ 를 중심으로 하는 원을 그린다. 다음에 원 O_1, O_2 의 원주상에 각도가 0에서 2π 까지 $\pi/6$ 씩 떨어진 점에 직선으로 연결하여 표시하면 円柱를 얻게된다. 이렇게 하여 X축상에 O_1, O_2, XC, I 를 패러미터로 하여 円柱를 자유로이 표현할수 있다. 여기서 X축을 중심으로 하는 円柱가 아닐 경우에는 XM, YM, ZM 등의 이동 패러미터를 추가 함으로써 X축상에서와 같이 자유로이 円柱를 생성할수 있다. 같은 방법으로 하여 Y축, Z축상의 円柱도 표현 할수 있어 결국 3차원 공간에서 円柱를 쉽게 생성 할수 있다.

3. 2형의 공간에서의 변환

3-1) 좌표 변환 이론

1. 평면에 있어서의 좌표변환

동일 평면상에 있는 평행좌표계 $(O: e_1, e_2)$, $(O': e'_1, e'_2)$ 에 관한 점 P의 좌표를 각각 (x, y) , (x', y') 라 하고, O' 의 $(O: e_1, e_2)$ 에 관한 좌표를 (x_0, y_0) 라 할때



$$e'_1 = a_{11}e_1 + a_{12}e_2$$

$$e'_2 = a_{21}e_1 + a_{22}e_2 \text{ 라 하면}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \text{ 로 된다.}$$

직교축의 회전

$(O: e_1, e_2)$, $(O: e'_1, e'_2)$ 는 정규 직교좌표계로 e'_1 가 e_1 를 θ 주위로 θ 만큼 회전한 위치라고 하면

$$e'_1 = e_1 \cos \theta + e_2 \sin \theta$$

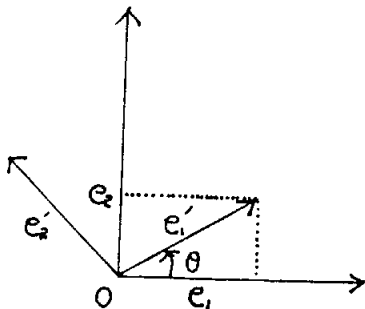
$$e'_2 = e_1 \cos(\theta + \frac{\pi}{2}) + e_2 \sin(\theta + \frac{\pi}{2})$$

$$a_{11} = \cos \theta$$

$$a_{12} = \sin \theta$$

$$a_{21} = -\sin \theta$$

$$a_{22} = \cos \theta \text{ 가 된다.}$$



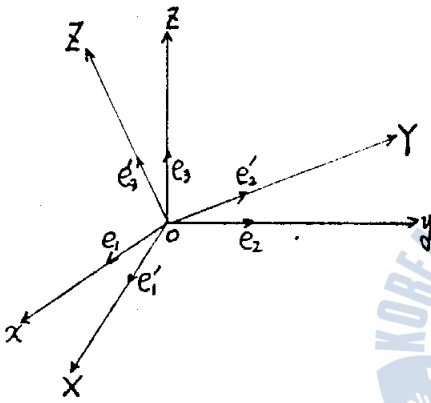
따라서 직교축 $O-xy$ 를 원점 O 주위로 θ 만큼 회전시킨 직교축을 $O-XY$ 라고 했을때, $O-xy$, $O-XY$ 에 관한 점 P의 좌표를 각각 (x, y) , (X, Y) 라 하면

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \text{ 이므로}$$

θ 를 $-\theta$ 로 놓으면

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad \text{로 된다.}$$

2. 공간에 있어서의 직교축의 회전



직교축 $O-X'Y'Z'$, $O-XYZ$ 에 관한 점 P 의 좌표를 정하기 위한 정규 좌표계를 각각 $(O; e_1, e_2, e_3)$, $(O; e'_1, e'_2, e'_3)$ 라 하면

$$\begin{pmatrix} e'_1 \\ e'_2 \\ e'_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_1 & l_2 & l_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \\ n_1 & n_2 & n_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{pmatrix} \quad \text{로 된다.}$$

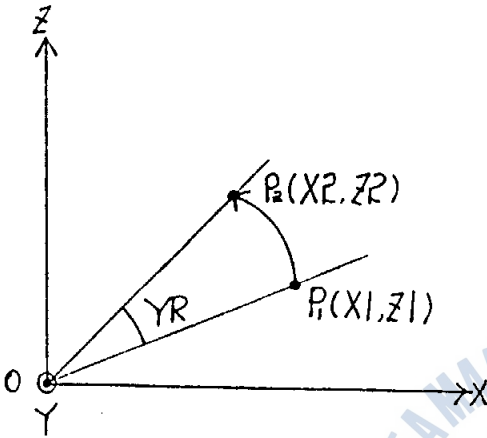
여기에서

$l_1 = \cos X'x$	$l_2 = \cos Y'x$	$l_3 = \cos Z'x$	
$m_1 = \cos X'y$	$m_2 = \cos Y'y$	$m_3 = \cos Z'y$	
$n_1 = \cos X'z$	$n_2 = \cos Y'z$	$n_3 = \cos Z'z$	이므로

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_1 & l_2 & l_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \\ n_1 & n_2 & n_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_1 & m_1 & n_1 \\ l_2 & m_2 & n_2 \\ l_3 & m_3 & n_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \text{로 된다.}$$

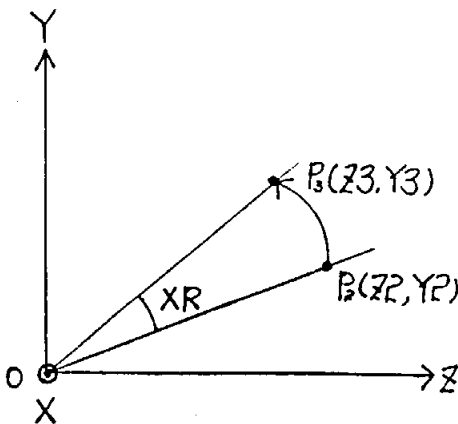
3-2) 도형의 회전



2차원 평면에서의 도형의 회전은 前節의 좌표 변환 이론을 응용함으로써 쉽게 행할 수 있다. 1 방법을 소개하면 다음과 같다.

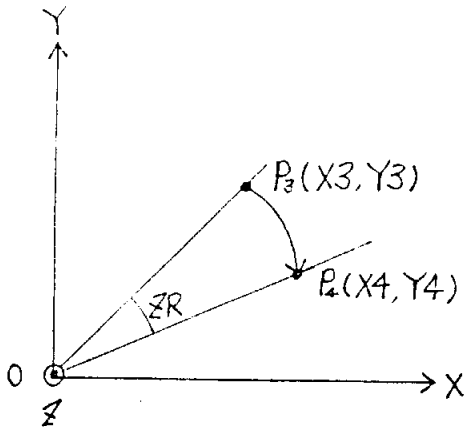
여기에서 X, Y, Z 축 수위의 회전각은 각각 X_R, Y_R, Z_R 로 정의 한다. 먼저 Y 축 수위에 회전각 Y_R 만큼 회전시켰을 때 X-Z 평면상의 점 $P_1(X_1, Z_1)$ 은 그림과 같이 $P_2(X_2, Z_2)$ 로 이동하게 되며, $P_2(X_2, Z_2)$ 의 좌표는 다음식에서 구한다.

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(Y_R) & 0 & -\sin(Y_R) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(Y_R) & 0 & \cos(Y_R) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$



다음에 X 축 수위로 X_R 만큼 회전시켰을 때 Y-Z 평면상의 점 P_2 는 점 $P_3(Z_3, Y_3)$ 로 왼쪽 그림의 좌표와 같이 이동하게 된다. 같은 방식으로 점 $P_3(Z_3, Y_3)$ 의 좌표는

$$\begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(X_R) & -\sin(X_R) \\ 0 & \sin(X_R) & \cos(X_R) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} \text{ 로 된다.}$$



마지막으로, Z축 주위로 ZR만큼 회전시켰을때 점P₃는 점P₄(x₄, y₄)로 이동하게 되며, 좌표치는 다음 식으로 구할수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_4 \\ Y_4 \\ Z_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(ZR) & -\sin(ZR) & 0 \\ \sin(ZR) & \cos(ZR) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{bmatrix}$$

이와같은 방식으로 공간에서의 회전 이동에 의한 도형을 쉽게 얻을수 있으며, 이것을 정리하여 보면 그림 7과 같이 됨을 알수 있다.

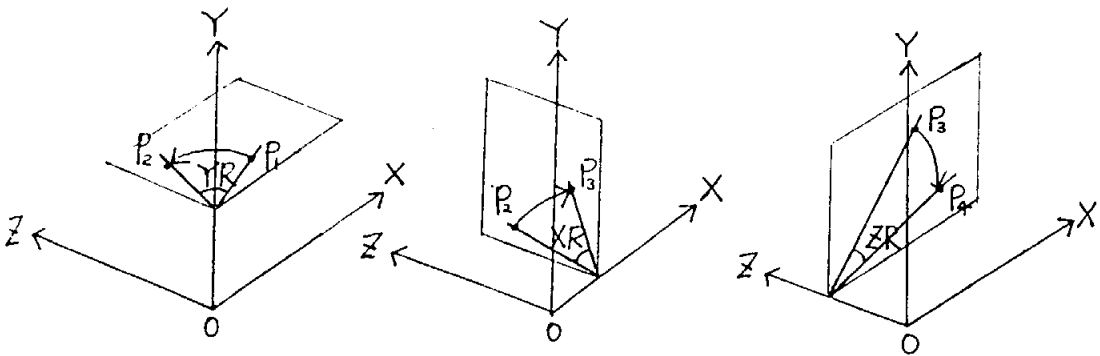


그림 7.

3-3) 도형의 확대 축소

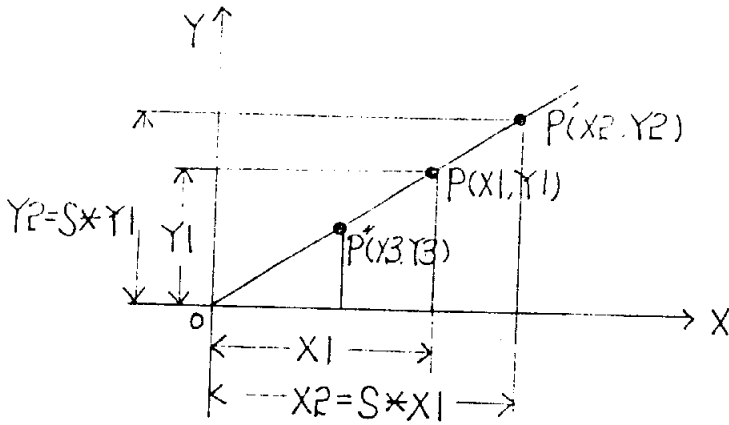


그림 8. 도형의 확대, 축소

그림 8 은 도형의 확대, 축소 기능을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 $x-y$ 평면상에서 원점 O 와 점 $P(x_1, y_1)$ 의 직선을 x 좌표와 y 좌표에 각각 S 배 하면 점 $P'(x_2, y_2)$ 로 이동하게 되어 $O-P'$ 의 직선으로 확대된 도형을 표현할수 있으며, 반대로 $P''(x_3, y_3)$ 로 이동 시킴으로써 축소 시킬수 있어 생성된 도형의 확대, 축소를 효과적으로 수행 할수 있다.

이 기능은 실제 프로그램에서는
$$\begin{cases} X(I) = X(I) * RT \\ Y(I) = Y(I) * RT \end{cases}$$
와 같이 표현 되어 있다. 여기에서 RT 는 배율이다.

3-4) 도형의 평행이동

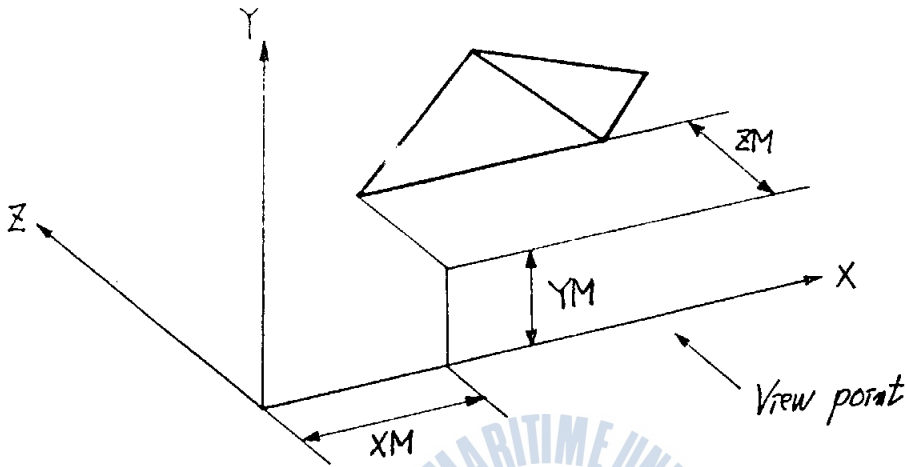


그림 9. 도형의 평행이동.

그림 9 는 도형의 평행 이동을 보인 것이다. 즉, 도형에 X, Y, Z 의 좌표에 각각, XM, YM, ZM으로 표시되는 이동량을 더함으로써 얻어지게 된다. 이 기능은 소프트웨어 구성상 축소, 확대나 투영 변환 전에 이동을 행하기로 한다. 이 기능을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$X(I) = X(I) + XM$$

$$Y(I) = Y(I) + YM$$

$$Z(I) = Z(I) + ZM$$

4. 응용 도면의 작성

4-1) 소프트웨어 구성

본 연구의 소프트웨어 주요구성을 나타낸것이 그림 10 이다. 여기에서 표시화면의 분해능은 640×400 dot 이므로 X방향의 1mm 당 dot 수는 $640/247 = 2.591$ dot/mm 이며 Y방향은 $400/147 = 2.721$ dot/mm 이다. 또한 Text 화면은 80자 \times 25행으로 설정 하였다.

본 알고리즘은 대체로 3부분으로 나누어 진다. 즉, 데이터 입력부, 도형 변환부, 도형 작성부로 되어 있다. 첫째로 데이터 입력부에서는 도형작성 및 변환에 필요한 각종 데이터를 입력한다. 주요 데이터로서는 다음과 같다. 물체를 판독하는 위치가 어디인지를 정하는 시점 위치를 입력하며 축측도형 또는 투시도형 표시를 결정한다. 본 연구에서는 주로 도형의 가공, 시뮬레이션에 목표를 두므로 축측도형을 선택한다. 생성도형의 크기를 배율(RT)로써 정하고 RT=1을 기준으로 축소(RT<1) 및 확대(RT>1) 기능을 수행할수 있다. 그리고 도형이동 및 회전 에 대한 입력을 행한다.

두번째로 도형변환부를 데이터 입력부에서 주어진 데이터에 의거하여 도형의 화면내의 이동회전 축소,확대 등이 각 routine에 의해 선택적으로 행하여 진다.

세번째로 도형 작성부는 지금까지의 도형변환 결과를 배열로부터 차례로 불러내어 도형을 생성해 가는 routine 이다. 먼저 초거점을 정한다음 되돌아 하면서 직선 변으로 도형을 생성한다. 하나의 도형의 생성이 끝나면 다음 process 로 넘어가 또다른 도형의 생성에 들어간다. 즉, 원, 삼각형, 원주, 사각형 등의 기본 도형을 생성하여 전체 도형으로 형성해 간다. 이와같이 생성된 도면으로 부터 자유롭게 장면도, 평면도, 측면도, 완성도가 얻어져 자동 도형 작성이 가능하며, 장차 NC 기계 등의 공구 경로 시뮬레이션 등의 응용이 기대된다.

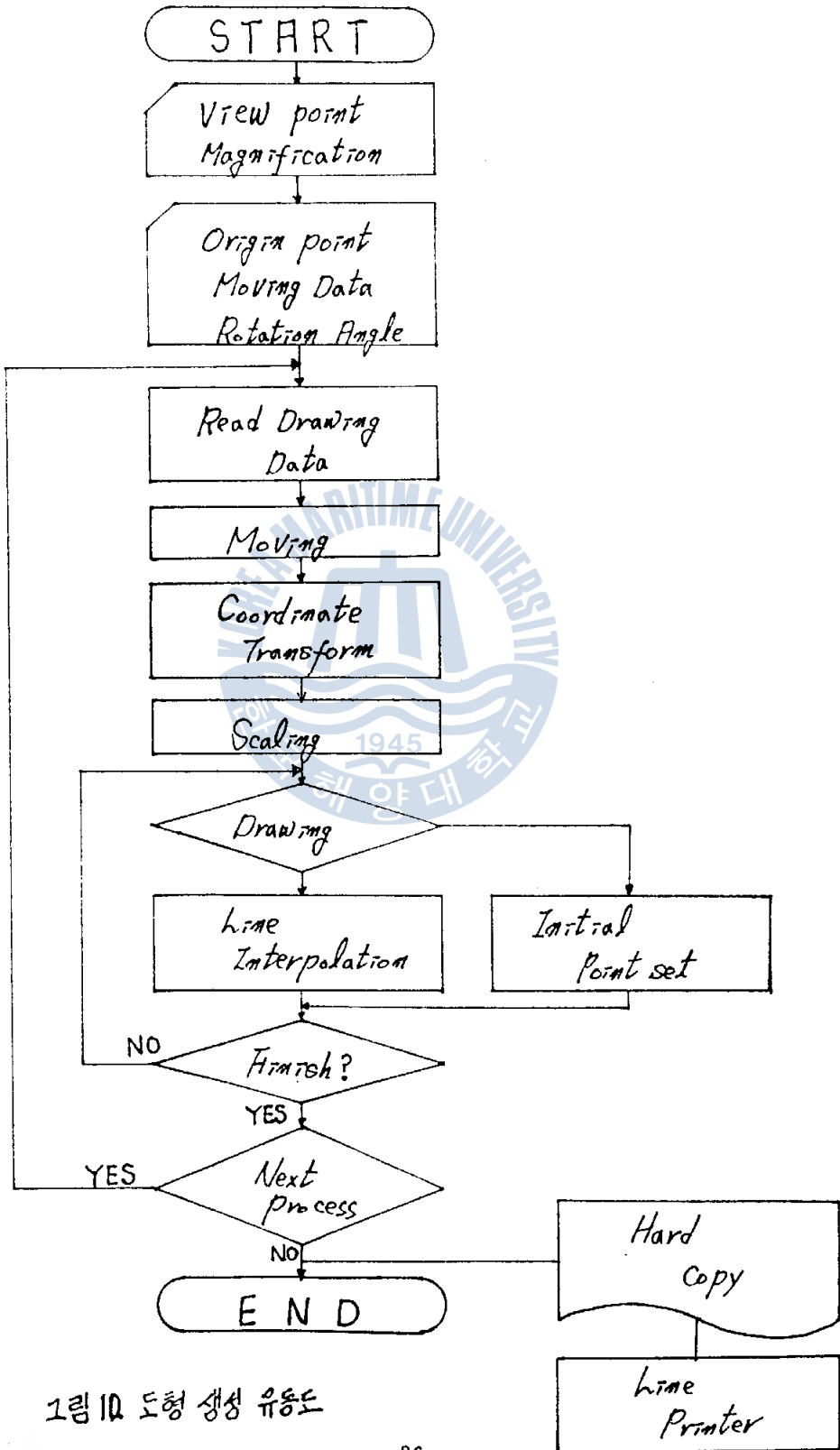
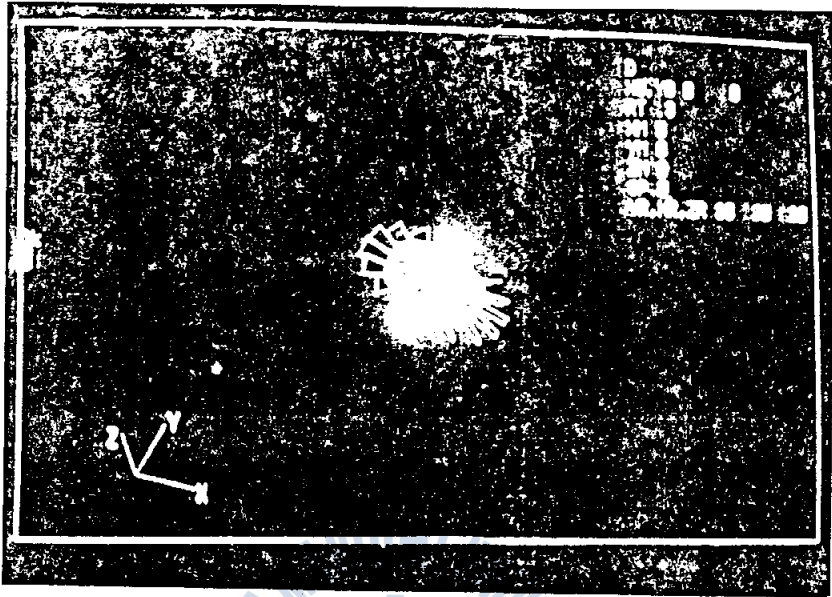
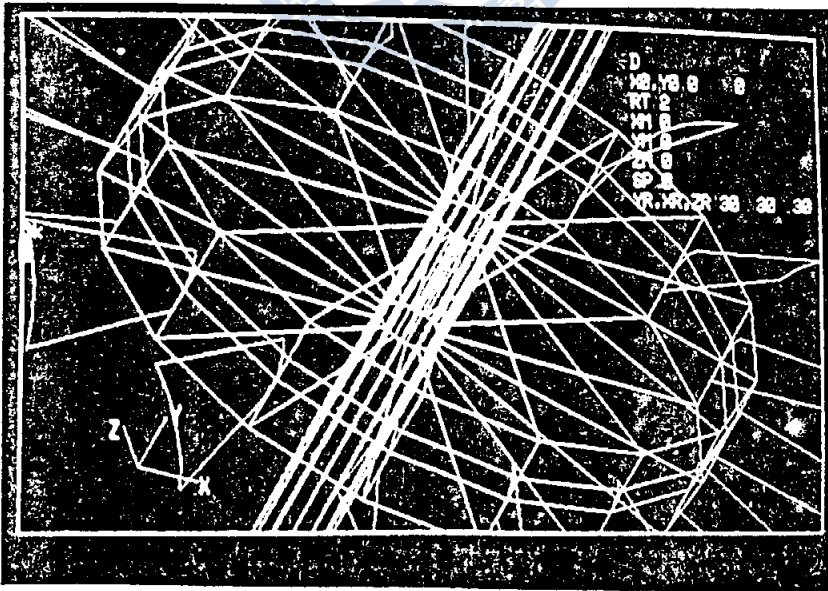


그림 10 도형 생성 유행도



< 그림 11 >



< 그림 12 >

4-2) 본 시스템에 의한 처리예

그림 11 ~ 14는 본 시스템에 의한 도형처리예를 나타낸 것이다. 그림 11은 $RT=0.3$ 으로 축소한 도형의 처리예이며, 그림 12는 $RT=2$ 로 확대한 도형의 예이다. 그림 13은 X, Y, Z의 각 축 주위로 30° 회전시켰을 때의 도형이다. 마지막으로 그림 14는 정면도(左下), 측면도(右下), 완성도(左下), 완성도(右下)를 동시에 나타낸 것이다.

5. 결 론

이상과 같이 소형계산기를 이용한 도형의 자동작성에 관한 이론 및 알고리즘을 확립하였다. 이는 기본적인 설계 제도 뿐만 아니라, NC 공작기계의 공구경로 시뮬레이션 등에서의 응용이 기대되며 장차 컴퓨터 그래픽스 및 CAD/CAM 등으로 시스템 발전을 기대할 수 있을 것이다.

앞으로의 과제로는 CAD/CAM 시스템 등으로 발전시키기 위한 데이터 구조의 확립, 자유곡면 등을 표현할 수 있는 기능 등의 개발이라고 볼 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 이 종 원, 국내 CAD/CAM 기술의 활용실태 및 전망, 대한기계학회지, Vol. 26, No. 4 (1986) P. 278 ~ 283
- 2) 이 건 우, 전산기 원용설계 연구의 전망, 대한기계학회지, Vol. 26, No. 5 (1986) P. 360 ~ 362
- 3) 김 호 용, 원을 포함한 설계수면의 입체 도형으로의 자동변환, 대한기계학회 87년도 춘계대회 P. 136 ~ 139.

CAD SYSTEM을 이용한最適 관성
Gear 체이 관한 연구

지도 교수 : 차 命 초



선박기계공학과 4년

심 종 응