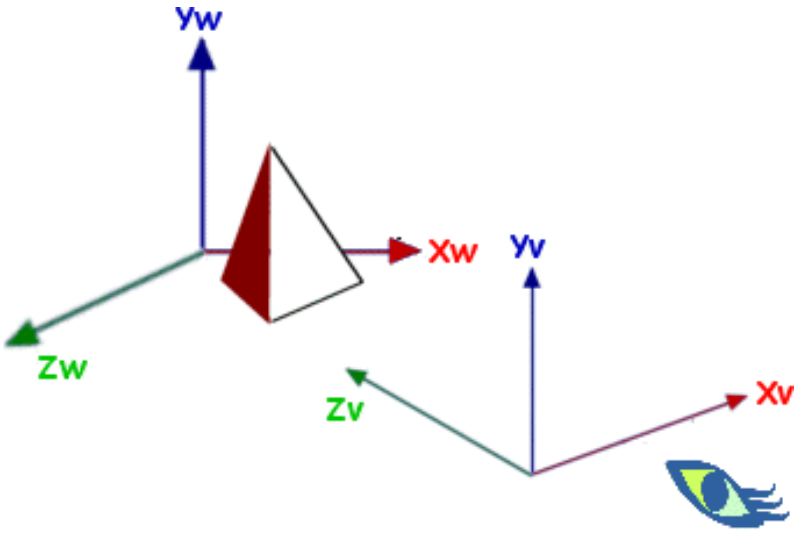
관측 변환 및 은면/은선 제거

관측 변환(Viewing Transformation)

관측면(View Plane)의 지정

- 사용자는 관측면을 정의함으로써 어떤 장면의 특정 관측을 정한다.

- 관측면 : 한 물체를 투영해서 나타나게 되는 평면
  > 마치 원하는 장면을 찍기 위해서 방향을 잡고, 자리를 정한 카메라내에 위치한 필름과 같은 것
  > 관측평면은 관측 좌표체계(viewing coordinate system)를 정의함에 따라서 만들어짐



관측 변환(Viewing Transformation)

관측 좌표 체계

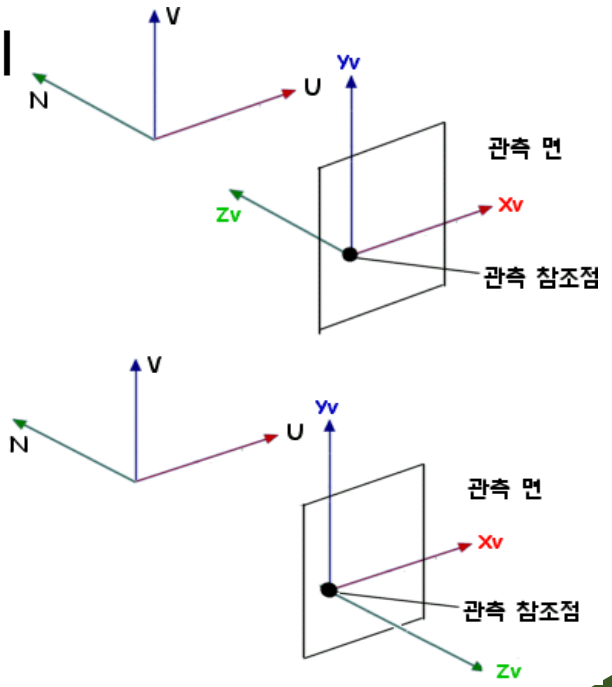
- 관측 좌표를 정하면 세계 좌표위치(world coodinate position)는 이에 따라 재 정의되고, 이 관측 좌표축에 따라서 상대적으로 표현된다.

- 관측참조점(view reference point) : 관측좌표를 만들기 위해서 세계좌표에서 한 점을 선정
  > 관측좌표의 원점

- 관측평면의 방향 : 관측 평면정규벡터 (view plane normal vector) 에 의해서 정의

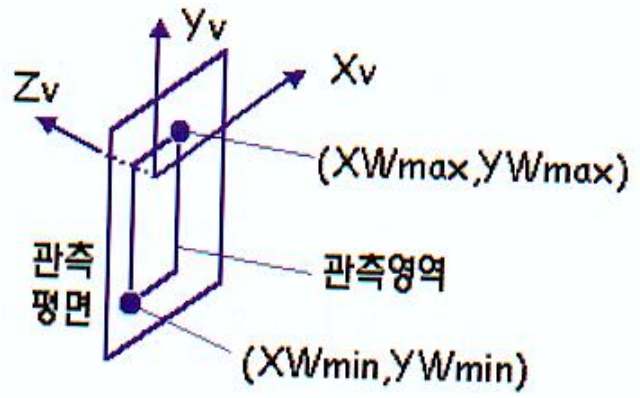
- 관측 평면정규벡터 : 관측좌표체계에서 z축의 양수 방향을 표시한다.

- 관측상향벡터(view up vector)라고 하는 수직벡터 V : y축의 방향에 해당한다.



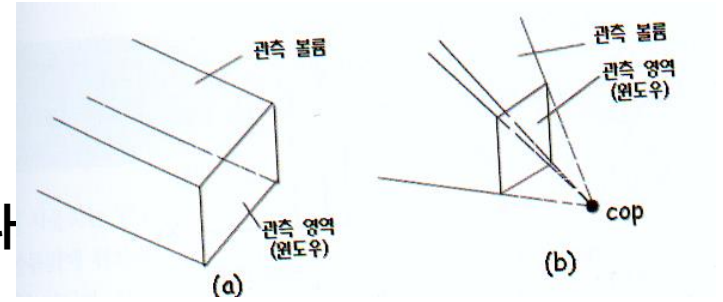
관측 변환(Viewing Transformation)

관측 볼륨(Volume)



- 카메라에서 사용되는 렌즈의 형태에 따라 얼마만한 크기의 장면이 필름에 노출되는 지가 결정되는 것처럼 3D 관측에서는 투영 관측 영역(Projection window)가 같은 효과를 나타낸다
  > 광각렌즈에서 큰 장면을 찍을 수 있듯이, 투영 관측 영역을 조정하여 큰 화면 생성
  > 관측 영역은 3D관측에서는 투영 관측 평면상의 x, y축에서 최소, 최대 값에 의해서 정의

- 관측 볼륨은 투영 관측 영역에 의하여 결정
  > 평행 투영법에서는 관측 볼륨이 4면에 의해서 무한길이의 직육면체 형태로 나타나고 원근 투영법에서는 투영 중심점을 정점으로 하여 사각 추의 행태로 나타남
  > 사각추는 관측영역에 의해서 잘려지고 잘려진 이하가 관측 볼륨이 되고 이를 frustum(각추대)라고 함



평행 투영의 관측 볼륨원근 투영의 관측 볼륨

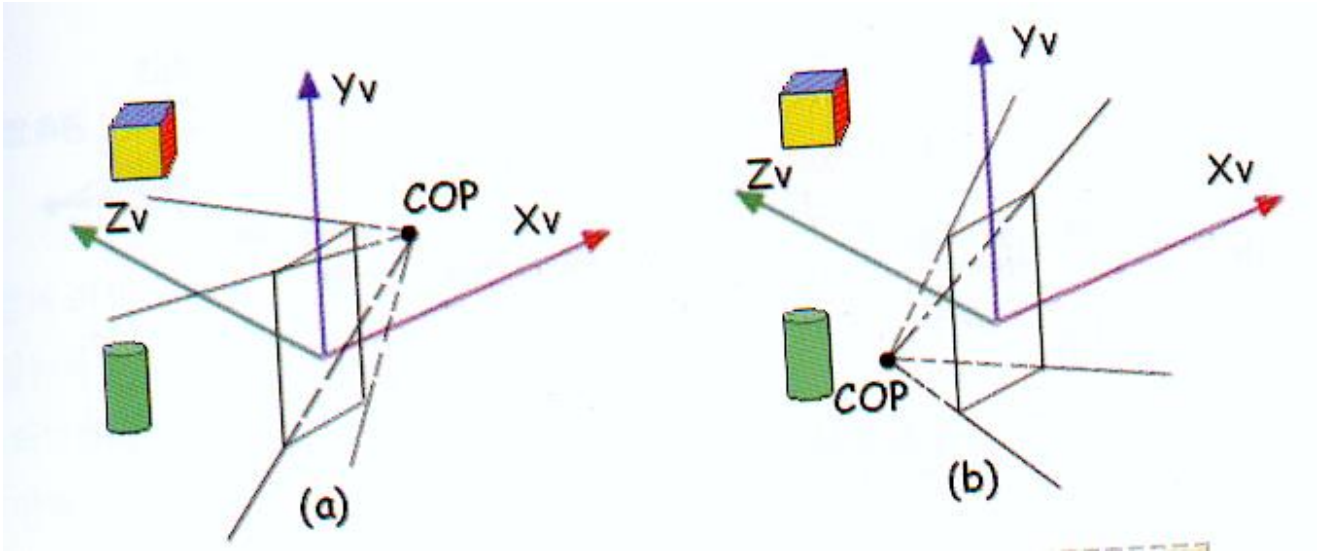
관측 변환(Viewing Transformation)

원근 투영에 의한 관측 볼륨

- 투영 중심점이 관측 좌표 공간에서의 임의의 점에 위치할 수 있다고 하는 경우, 아래 그림은 관측 축을 기준으로 두 개의 다른 방향을 갖는 관측 볼륨 사각 추를 보여 주는 예시

- (a)의 경우는 일반적인 경우

- (b)의 경우는 투영 중심점과 대상 물체가 관측 평면을 기준으로 같은 쪽에 위치하고 있는 경우로 이때 화면에 출력되는 것은 ?

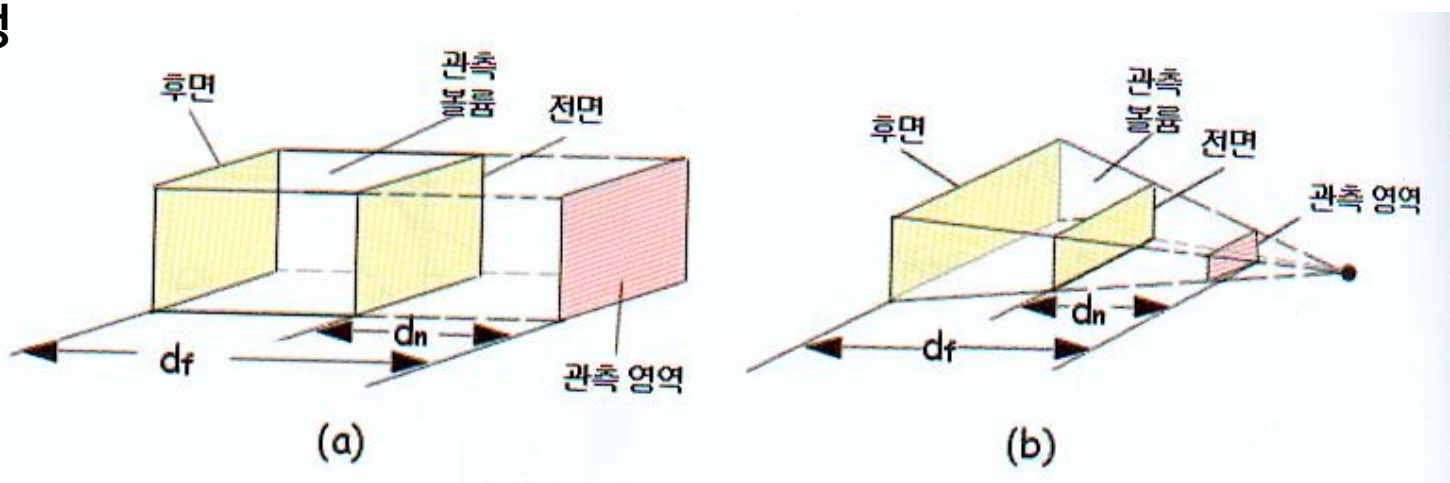


관측 변환(Viewing Transformation)

관측 볼륨: Near plane, Far plane

- 관측 볼륨을 정의하기 위해서 한 두개의 평면이 더 사용되는 경우도 있다.

- 유한 관측 볼륨: 근접평면(전면: NP)과 원접평면(후면: FP)에 의해서 6개의 면으로 구성된 관측 볼륨
  > NP, FP는 항상 관측 평면과 평행이고, 관측 좌표상의 관측 평면과의 상대거리에 의해서 결정



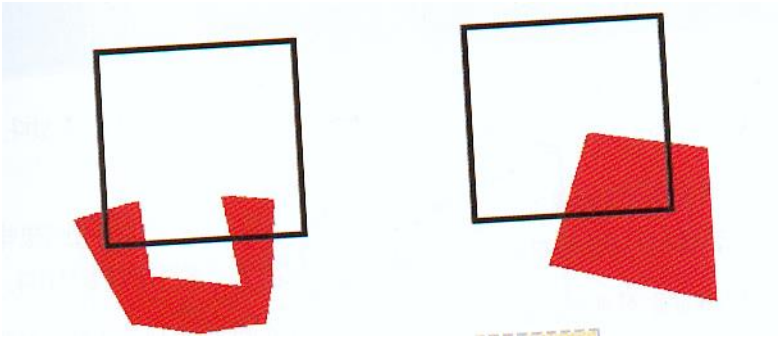
원근 투영시 관측 평면에서 멀리 떨어져 있는 물체는 단지 하나의 점으로 보이게 할 수도 있고, 매우 가까이 있는 물체는 다른 물체에 가려서 보이지 않게 할 수도 있다

관측 변환(Viewing Transformation)

절단 작업 (Clipping)

- 3D절단 작업에 사용하는 알고리듬은 관측 평면에 투영되는 관측 볼륨내의 모든 선분을 알아내어 저장하는 것으로 이때 관측 볼륨밖에 위치하는 모든 선분은 삭제

- 2D 선분 절단 과정의 확장

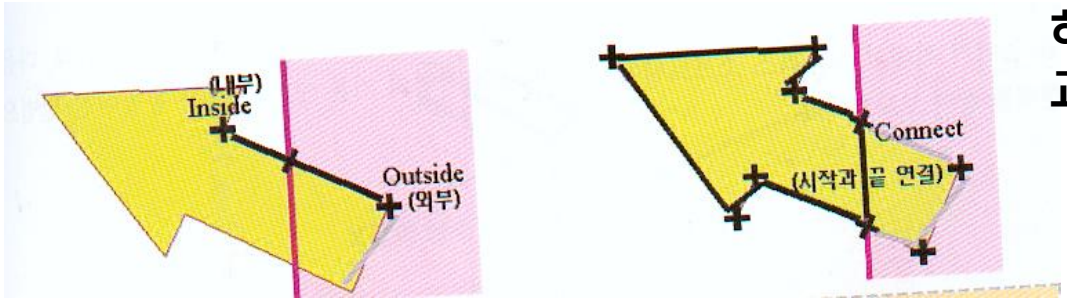


관측 영역에서의 절단

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

선분 끝점의 좌표 값을 다각면 평면공식에 대입하여 선분의 내, 외부를 판단하고 외부에 있는 선분 요소를 절단

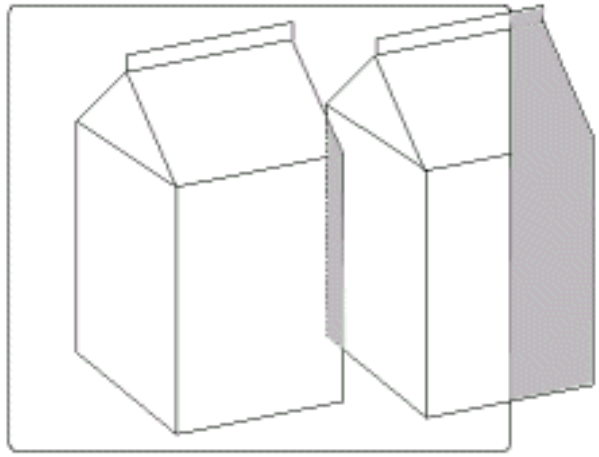
(1) 식이 양수이면 경계면 밖에 위치하는 것이고, 음수이면 내부에 위치. 교차하는 경우는 당연히 0.



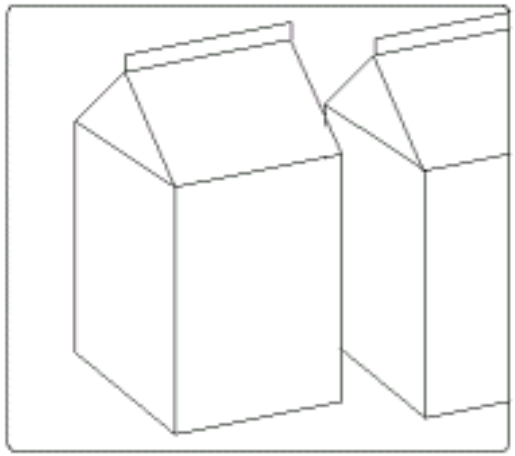
은면 및 은선 제거

은선 제거? 은면 제거?

- 사실적 표현 : 보이지 않는 그림의 부분을 제거
- 은선 제거 : 선으로만 그린 이미지에서 가려진 선을 제거하는 것
- 은면 제거 : 면 자체를 표시한 이미지에서 가려진 면을 제거하는 것



제거할 면



은면을 제거한 결과

은면 및 은선 제거

알고리즘 분류

- 물체공간법(object space method):물체를 정의한 단계에서 적용하는 알고리즘
  > 물체와 물체의 부분들을 서로 비교하여, 어떤 면들과 선들이 보이지 않는가를 결정함

- 이미지 공간법(image-space method): 투영된 이미지에서 은면과 은선을 찾아 처리하는 알고리즘
  > 투영평면에서 각 픽셀별로 가시성 여부를 정한다.

- 대부분의 은면제거 알고리즘은 이미지 공간법을 사용하지만, 어떤 경우에는 물체 공간법이 보다 효과적으로 사용될 수도 있다.

- 알고리즘 배경
  > 정렬방법 : 관측평면으로부터 각각의 선이나 면 또는 물체와의 거리를 오름차순으로 배열 하여 어느 것이 뒤에 위치하고 있는지를 쉽게 알아보는데 사용된다.

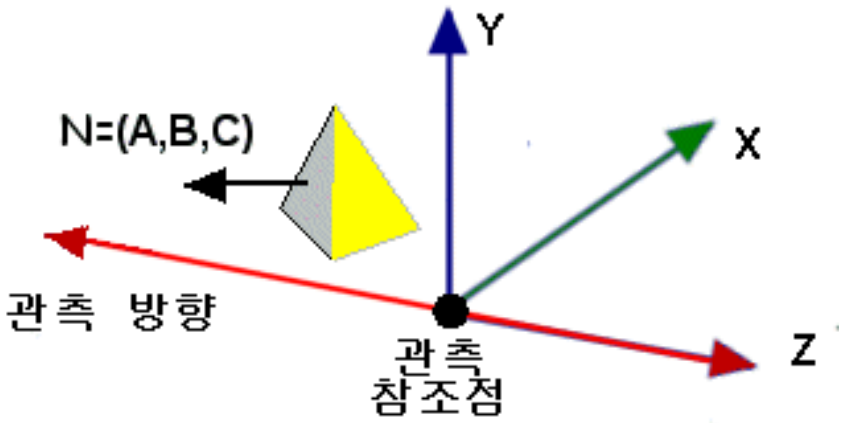
은면 및 은선 제거

뒷면 제거법(Back-Face Removal)

- 물체 공간법, 평면공식을 사용하여 3D 그래픽 객체의 앞, 뒷면을 구분한다.

- 오른손 좌표체계에서 정의된 임의의 한 점(x, y, z)는 다음의 부등식을 만족시키는 경우에 평면의 안쪽(inside)에 위치한다.
  > 만약 점 (x ' , y ' , z ')가 관측점(view point) 또는 관측참조점이라면, 바라보는 평면은 뒷면이다.

$$Ax' + By' + Cz' + D < 0$$



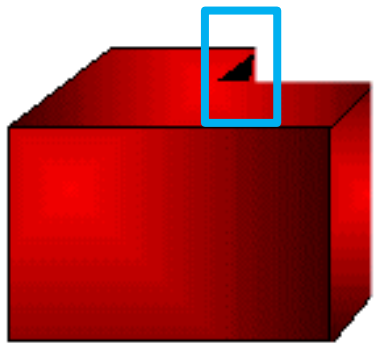
은면 및 은선 제거

뒷면 제거법(Back-Face Removal)

- 한 물체를 이루는 여러 면들에 대한 평면계수를 조사함으로써, 뒷면여부에 대해서 알아낼 수 있다.

- 피라미드 형태와 같은 볼록한 형태의 물체 : 물체의 은면(hidden surface)을 모두 알아 낼 수 있다. 이것은 각 면이 전체가 보이거나, 또는 전체가 보이지 않거나 하는 경우만 존재하기 때문이다.

- 그 외의 물체 : 한 면이 전체로 보이는지 부분적으로 보이는 지의 여부를 더 조사해야 한다. 또한 그 물체가 다른 물체에 의해서 부분적으로 가려졌는지, 전부 다 가려졌는지의 여부를 판단해야 할 경우도 있다.



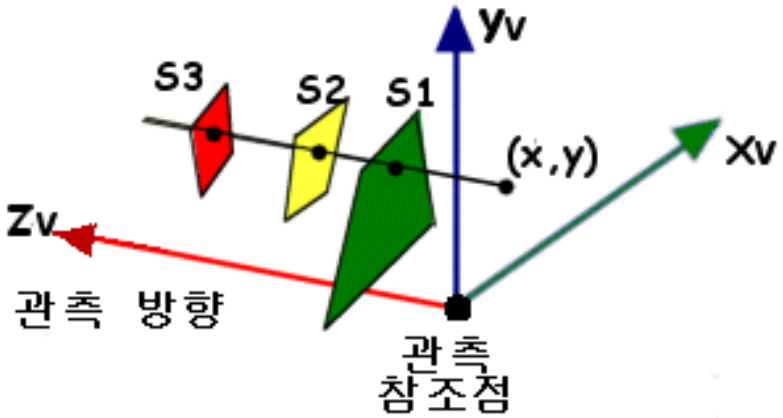
은면 및 은선 제거

Z-버퍼 측정법(Z Buffer, Depth-Buffer)

- 이미지 공간법

- 버퍼심도측정법
  > 한 표면이 보이는지의 여부를 한번에 한 픽셀씩 조사한다. 관측평면상의 각 픽셀지점(x, y)에 대해서 z축 값이 가장 작은 평면이(왼손 좌표계에서) 해당 픽셀 지점에서 보이는 평면이 되는 것이다.

- 아래 그림은 왼손 관측좌표계의 한 점(x, y)에 위치하고, 서로 다른 심도(z값)을 갖는 세 개의 면을 보고 있는 경우이다. 이 점에 표면 S_1이 가장 작은 z값을 갖고 있으므로, S_1에 관계된 밝기 값이 점(x, y)에 할당된다.



은면 및 은선 제거

Z-버퍼 측정법(Z Buffer, Depth-Buffer)

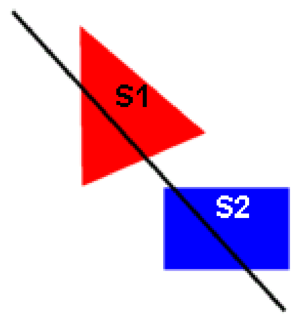
- 2개의 버퍼 필요
  > z버퍼 : 점(x, y)에서 표면들을 비교하기 위한 z값을 저장하기 위한 버퍼
  > 재생 버퍼 : 지점에서의 밝기를 저장하기 위한 버퍼

- 알고리즘 개요
  > 처음에 z-버퍼(심도버퍼)를 모두 1로 초기화
  > 밝기를 저장하는 버퍼(refresh buffer, frame buffer)를 배경의 색과 동일하게 만든다
  > 각각의 표면을 처리하되, 한번에 한 주사선씩, 각각의(x, y)점에 대하여 z값을 계산해 나간다.
  > z-버퍼(심도버퍼)내의 값과 계산된 값을 비교한다.
  > 계산한 z값이 z-버퍼(심도버퍼)에 저장된 값보다 작으면, 새로운 z값 즉 계산된 z값을 저장하고, 그 지점에 해당하는 프레임(재생) 버퍼에다 그 표면의 밝기 값을 저장한다.

은면 및 은선 제거

Z-버퍼 알고리즘 (1)

1. Z(심도) 버퍼와 프레임 버퍼를 초기화 한다. 즉 모든 좌표(x, y)에 대해서 depth(x, y)=1이고 refresh(x, y)=background이다.



1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Z- 버퍼

B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

프레임 버퍼

2. 각 표면상의 점에 대하여 Z(심도)버퍼에 저장된 값과 점의 Z(심도)값을 비교하여 보이는지의 여부를 결정한다.

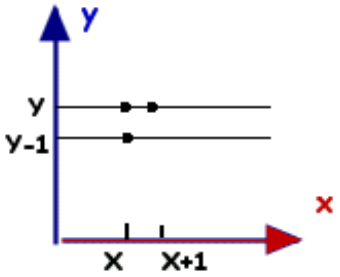
   a. 표면상의 점 (x, y)에서의 z값을 계산한다.
   b. z<depth(x, y)이면, depth(x, y)=z로 하고 refresh(x, y) =i 로 놓는다. 여기서 i 는 점 (x, y)에서의 해당 표면의 밝기를 나타낸다.

은면 및 은선 제거

Z-버퍼 알고리즘 (3)

각 표면의 평면공식에 의하여 한 점(x, y)에서의 z(심도) 값을 계산해 낼 수가 있다.

$$z = \frac{-Ax - By - D}{C}$$



옆의 그림에서 그려진 주사선을 보면, x좌표는 주사선을 따라서 1씩 바뀌고, y축 값은 주사선이 바뀔 때 마다 1씩 바뀐다.
점(x, y)에서의 심도가 z에 의해 결정 될 때에 다음에 위치한 점(x+1, y) 에서의 심도는 다음식에 의해서 결정된다.

$$z' = \frac{-A(x+1) - By - D}{C}$$

$$z' = z - \frac{A}{C}$$

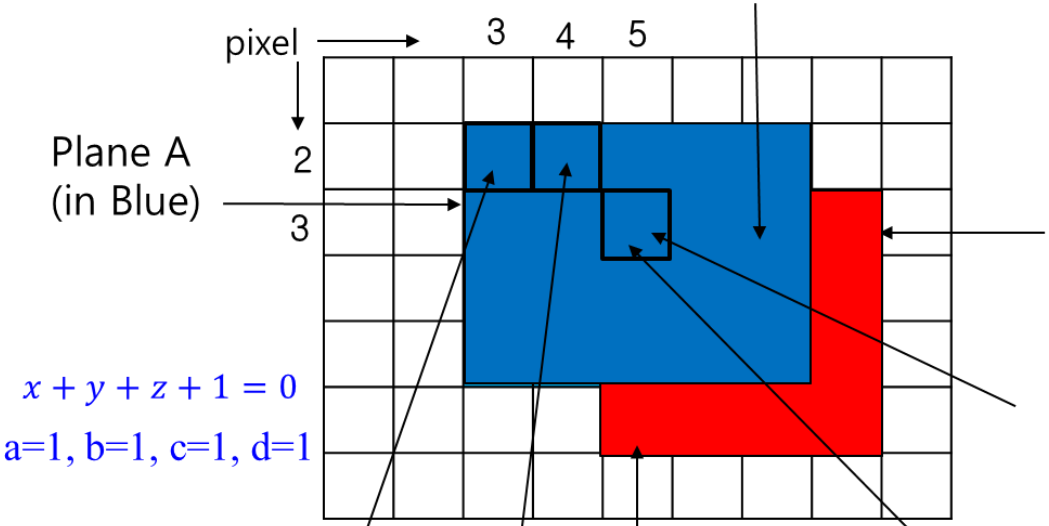
비슷한 방법으로 주사선 사이에서 z(심도)값을 측정할 수 있다. 점(x, y)에서 심도값 z를 갖는다고 하자. 그러면 점(x, y-1)은 바로 다음의 주사선이고, z(심도)값은 평면공식에 의해서 다음과 같이 계산된다.

$$z'' = \frac{-Ax - B(y-1) - D}{C}$$

$$z'' = z + \frac{B}{C}$$

은면 및 은선 제거

Z-버퍼 알고리즘



Three depth values

- Background (z=1)
- Blue plane A
- Red plane B

$x + 3y + z = 0$

a=1, b=3, c=1, d=0

$$Z = \frac{-A(x+2)-B(y+1)-D}{C}$$

$$Z = \frac{-5-9}{1} = -14$$

$x + y + z + 1 = 0$

a=1, b=1, c=1, d=1

at Pixel (3,2)

$$Z = \frac{-Ax-By-D}{C}$$

$$Z = \frac{-3-2-1}{1} = -6$$

$$Z = \frac{-A(x+1)-By-D}{C}$$

$$Z = \frac{-4-2-1}{1} = -7$$

a=1, b=1, c=1, d=1

$$Z = \frac{-A(x+2)-B(y+1)-D}{C}$$

$$Z = \frac{-5-3-1}{1} = -9$$

-9, -14 reflected value: 9, 14
Plane A and Plane B -> unit Z
Background z=1

은면 및 은선 제거

Z-버퍼 알고리즘

- 실제 구현하기가 쉽고, 정렬작업이 필요하지 않다.

- 프레임 버퍼 이외에도 z(심도) 버퍼가 필요.
  > 해상도 1024×1024인 출력장치를 위해서는 z(심도)버퍼를 위하여 백 만개 이상의 자리가 추가로 필요하고, 각 자리를 z축의 수를 충분히 나타낼 수 있는 정도의 비트를 포함하여야 한다.
  > 메모리의 크기를 줄이는 방법중의 하나는 작은 z(심도) 버퍼를 사용하여 하나의 그림을 작은 부분으로 나누어 하나씩 처리하는 것이다. 즉 그림의 한 부분이 처리되면 z(심도)버퍼를 그림의 다른 부분에 적용하여 그려 나가는 것이다.

은면 및 은선 제거

주사선법 (Scan Line Method)

- 이미지 공간법
- 다각형의 내부를 채우는 주사선 알고리즘을 확장
  > 여러 개의 표면을 동시에 취급
  > 각각의 주사선을 처리할 때 마다, 주사선과 교차하는 다각형 표면(polygon surface)을 조사하여 어느 것이 보이는지를 알아낸다.
  > 한 주사선상의 모든 점에 대해서 각 표면에 대한 심도를 계산한 후에 어느 표면이 관측평면에 보다 가까운지를 결정한다.
  > 보이는 표면이 결정되면, 그 지점에 보이는 표면의 밝기를 해당 프레임 버퍼에 저장하는 것이다.
  > 하나의 주사선과 만나는 표면을 쉽게 찾기 위해서, 변 테이블에서 현재 액티브 변에 대한 목록을 만든다.
  > 액티브 목록(active list) :
  .. 현재의 주사선과 만나는 변(edge)들만을 포함
  .. x값에 따라 오름차순으로 정렬되어 있다.
  .. 주사선상의 점이 표면의 내부에 위치하고 있는지를 on/off로 설정하는 표시자(flag)를 포함한다. 그리고 주사선들은 왼쪽에서 오른쪽으로 순서대로 처리한다. 표면의 맨 왼쪽 경계선에 이르면 표면상태 표시를 on 시키고, 맨 오른쪽 경계선에 이르면 off 시킨다.

은면 및 은선 제거

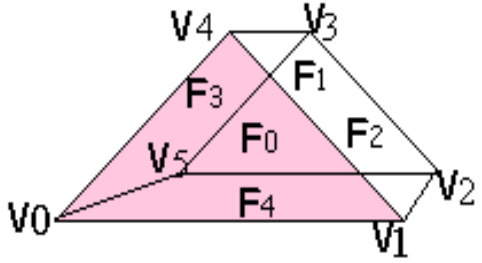
다각형 테이블 (Polygon Tables)

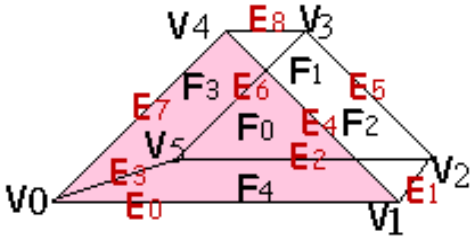
- 다각형 테이블
  > 다각형 표면이 사용자에 의해서 한번 정의가 되면, 그래픽스 패키지는 이 값을 테이블에 저장
  > 이 테이블을 이용하여 한 표면이 처리되어, 화면에 보이게 된다.
  > 대상물체의 기하학적 성질과 속성을 포함하고 있으며, 컴퓨터 내에서의 처리가 용이하게 끔 구성됨
  > 기하학적(또는 도형) 데이터 테이블(geometric data table)은 경계선 좌표와 다각형 표면의 공간에서의 방향을 나타내는 매개변수 값을 포함
  > 물체의 속성에 관한 정보 : 색깔이나 명암등에 관한 것

- 기하학적 데이터를 구성하는 방법
  > 꼭지점 테이블(vertex table)
  > 변 테이블(edge table)
  > 다각형 테이블(polygon table)

은면 및 은선 제거

다각형 테이블 (Polygon Tables)





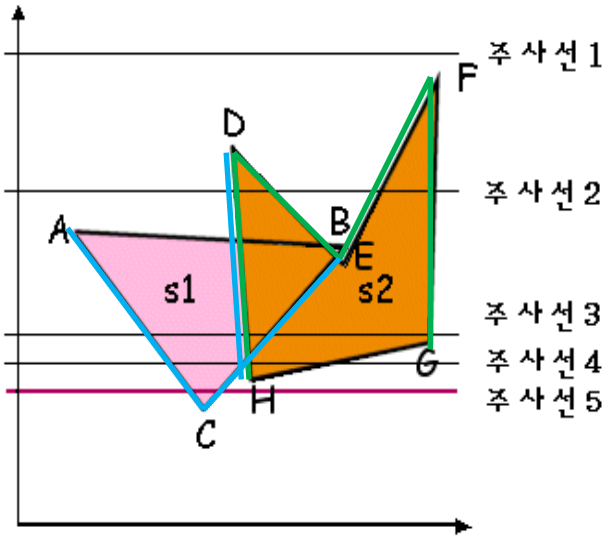
꼭지점 테이블
$V_0 : x_0, y_0, z_0$
$V_1 : x_1, y_1, z_1$
$V_2 : x_2, y_2, z_2$
$V_3 : x_3, y_3, z_3$
$V_4 : x_4, y_4, z_4$
$V_5 : x_5, y_5, z_5$

다각형면 테이블
$F_0 : V_0, V_1, V_4$
$F_1 : V_3, V_2, V_5$
$F_2 : V_1, V_2, V_3, V_4$
$F_3 : V_0, V_3, V_4, V_5$
$F_4 : V_0, V_1, V_2, V_5$

변 테이블
$E_0 : V_0, V_1, F_0, F_4$
$E_1 : V_1, V_2, F_2, F_4$
$E_2 : V_2, V_5, F_2, F_4$
$E_3 : V_0, V_5, F_3, F_4$
$E_4 : V_1, V_4, F_0, F_2$
$E_5 : V_2, V_3, F_1, F_2$
$E_6 : V_3, V_5, F_1, F_3$
$E_7 : V_0, V_4, F_0, F_3$
$E_8 : V_3, V_4, F_2, F_3$

은면 및 은선 제거

주사선법(Scan Line Method)



- 주사선 1
  > 어떤 표면도 지나지 않으므로 주사선의 모든 점에서의 밝기 값(색상)은 배경의 밝기(색)가 된다.

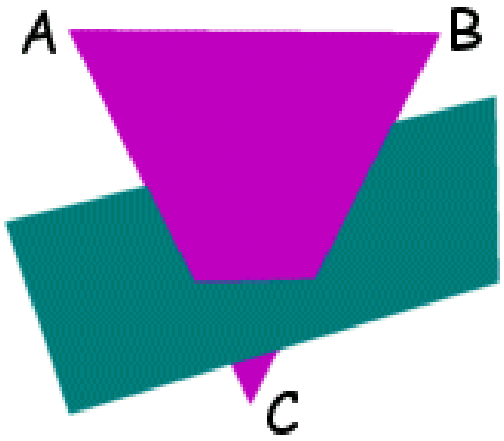
- 주사선 2 : DH, DE, EF, FG
  > 변 DH와 변 DE 사이의 주사선상의 점에서는 표면 S2만이 on, 표면 S2에 대한 밝기 값을 다각형 테이블에서 찾아서 프레임 버퍼에 저장
  > 변 EF와 FG에서는 표면 S2만이 on,주사선 2와 교차하는 다른 표면은 없으므로, 나머지 부분의 점들에 대해서는 배경의 밝기로 된다.

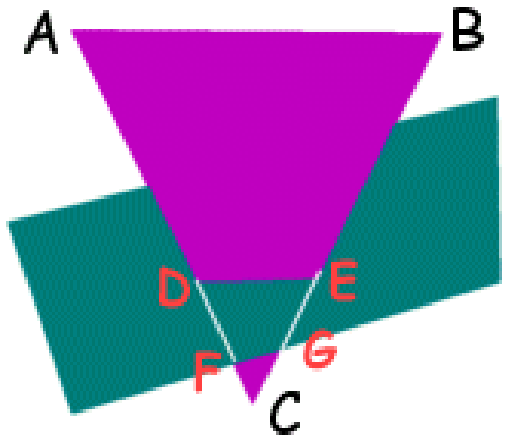
- 주사선 3 : AC, DH, BC, FG
  > AC에서 변 DH까지는 표면 S1만이 on으로 정해지고 변 DH와 BC사이에는 표면 S1과 표면 S2 모두 on으로 된다. 이때에는 두 표면에 대한 평면공식을 이용하여 심도계산을 하여야 한다. 이 예에서는 **표면 S2의 심도가 표면 S1보다 크다고 가정하면 표면 S1의 밝기 값이** 경계선 BC를 만날때 까지 프레임 버퍼에 저장된다.

은면 및 은선 제거

주사선법(Scan Line Method)

- 상대방의 표면을 가리는 경우
  > 표면을 나누어서 생각
  > 각각을 별개의 평면으로 취급하면 어느 두 평면도 상대방을 보이고 안보이게 하는 경우가 생기지 않는다.





은면 및 은선 제거

심도정렬법(Depth-Sorting Method)

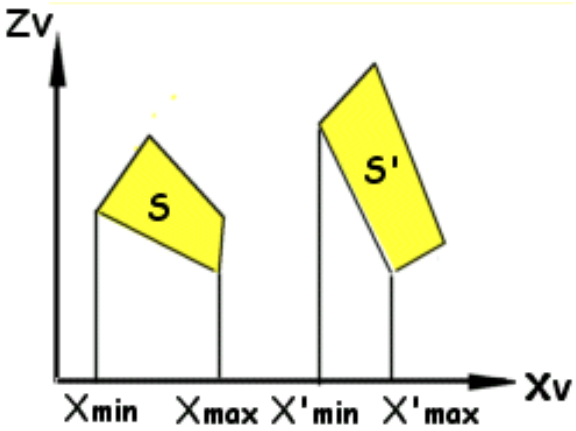
- 이미지공간법과 물체공간법
  1. 내림차순의 심도값에 의하여 표면을 정렬한다 -> 이미지공간법
  2. 가장 큰 심도값을 갖는 표면을 시작으로, 표면을 순서대로 주사하여 그려나간다
     -> 물체공간법

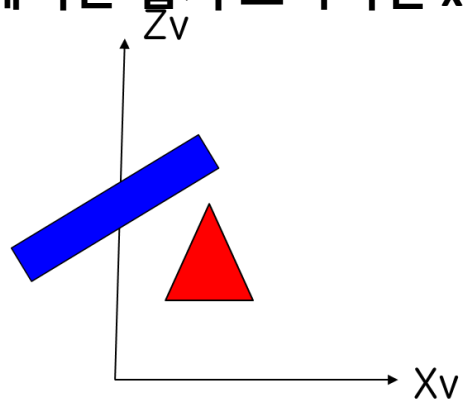
- 화가의 방법 (Painter's Algorithm)
  > 캔버스에 먼저 배경의 색을 칠한다. => 가장 먼 곳에 위치한 물체를 그림=>
  마지막으로 가장 근접한 물체를 좀 더 멀리 떨어진 물체 위에다 그려나감
  > 관측평면으로 떨어진 거리에 따라서 표면들을 배열시킨다. =>가장 멀리 떨어진
  표면의 밝기를 프레임 버퍼에 저장시킨다. => 다음의 표면 밝기를 프레임 버퍼에
  저장시켜 나감
  ..결과적으로 한 표면의 밝기를 바로 전에 처리한 표면의 밝기 위에다 프레임
  버퍼 상에서 덧칠하는 효과.

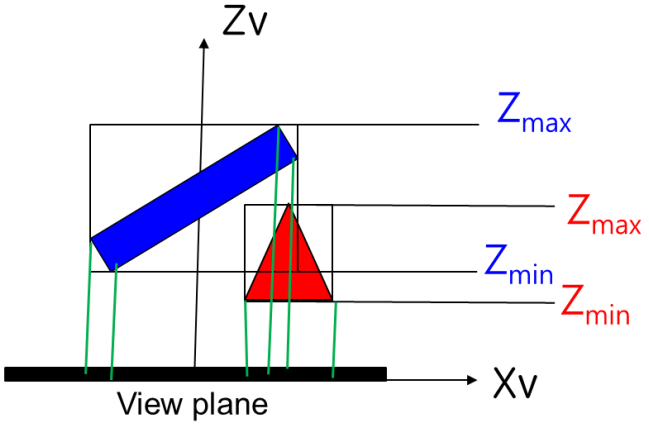
은면 및 은선 제거

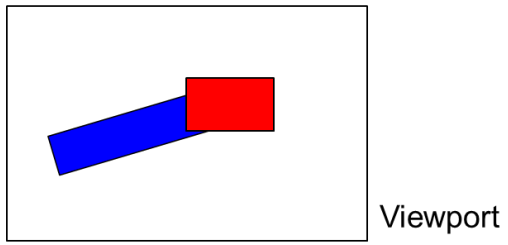
심도정렬법(Depth-Sorting Method)

- xy평면상에서 생기는 둘레(한계사각형 Minimum Bounding Rectangle: MBR)가 서로 겹치지 않는 경우
  > x축 방향에서 겹치는지 여부를 조사하고, 다음에 y축 방향에서 조사한다.
  이 양방향에서 서로 겹치지 않으면, 두 평면은 서로 상대방을 가리지 않고 있다.
- 다음 그림은 z방향에서는 겹쳐 보이지만 x방향에서는 겹쳐지지 않는 두 평면의 예이다.







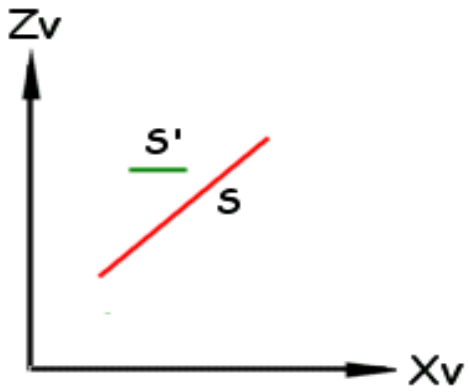


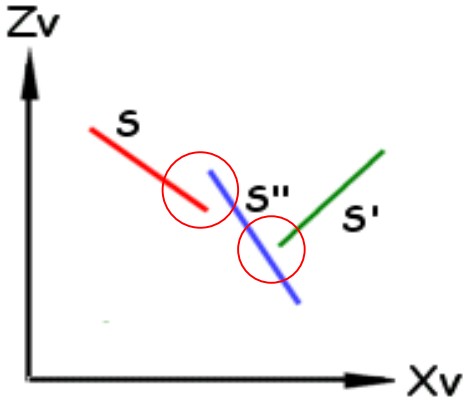
은면 및 은선 제거

심도정렬법(Depth-Sorting Method)

- 하나의 중첩표면 S ' 에서, 위 4 개의 조사결과가 모두 실패하면, 표면 S와 중첩표면 S ' 를 정렬된 목록에서 순서를 바꾸어준다.

- 왼쪽그림은 이와 같은 절차에 의해서 순서를 바꾸어 주어야 할 두 표면의 예: 표면 S는 z(심도)는 크지만 표면 S'를 가리고 있다.

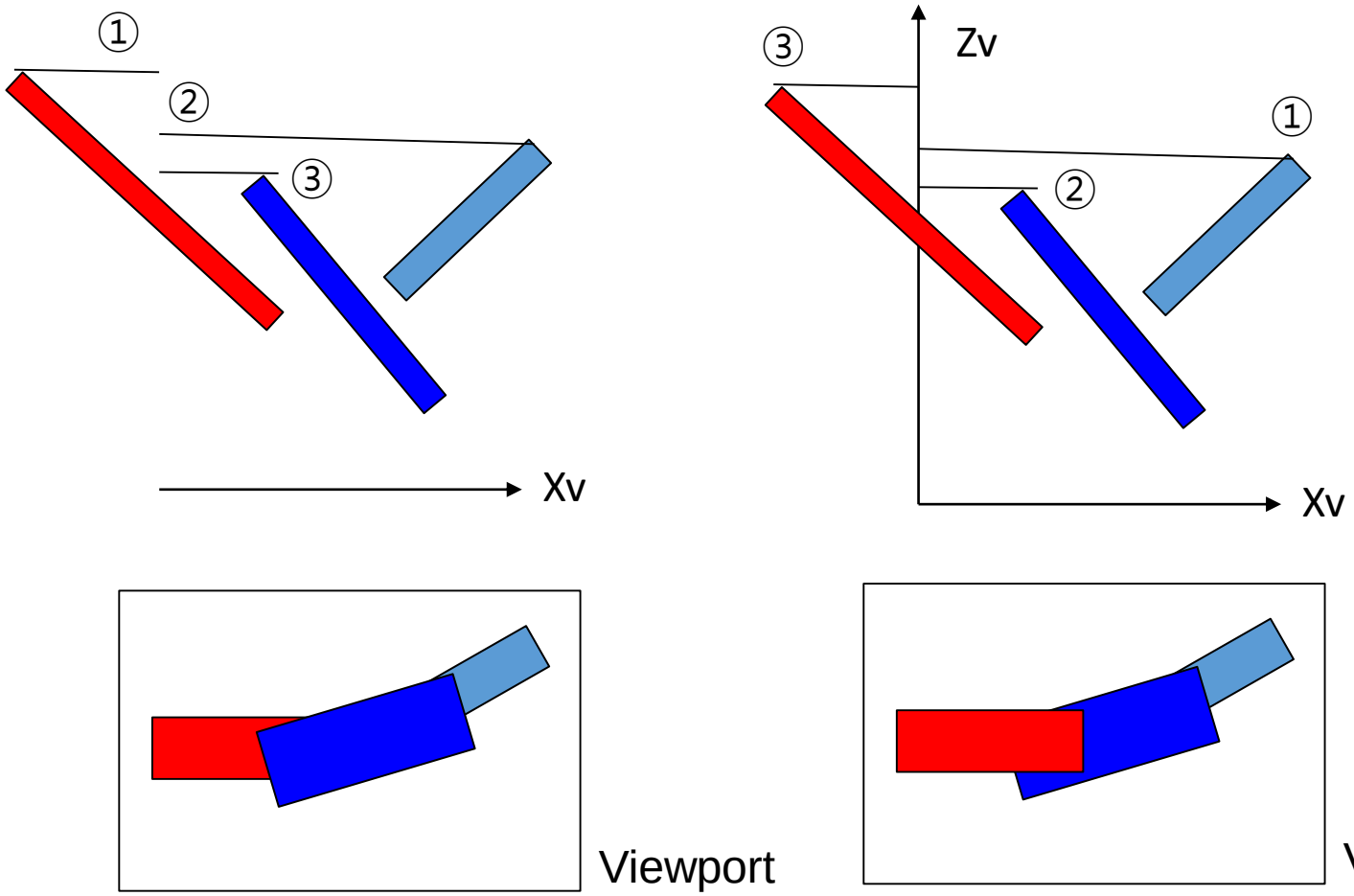




- 오른쪽 그림에서 먼저 S와 S”을 바꾸어야 한다. 그러나 S " 은 S ' 의 부분을 가리고 있으므로, S " 과 S ' 를 다시 바꾸어야 만, 3개의 표면이 목록에서 제대로의 순서로 정렬이 된다. 따라서 목록에서 자리를 바꾸는 경우에 바꾼 표면에 대해서 다시 위의 조사과정을 재 반복하여야 한다.
- S,S',S"로 정렬되지만 실제로는 S',S",S로 정렬되어야 한다.

은면 및 은선 제거

심도정렬법(Depth-Sorting Method)



은면 및 은선 제거

은면 제거법 비교

- 은면 제거법의 효율성은 응용분야의 특색에 좌우된다.
  > 한 장면에 있는 표면들이 z축 방향에서 퍼져있고, 서로 중첩되는 경우가 거의 없는 경우 => 심도 정렬법
  > 표면들이 수평적으로 분산되어 있는 경우 => 주사선 법
  > 많지 않은 표면들이 하나의 장면을 구성할 때, 서로 겹치는 표면이 거의 없으므로 => 심도 정렬법
  > 하나의 장면이 적은 수의 표면으로 구성되어 있는 경우 => 주사선 법
  > 수 천개의 표면에 의하여 하나의 장면이 구성되거나, 복잡한 그림을 표현하고자 할 때 => Z-버퍼 법