

2 차원 평행투영도로 부터 3 차원 물체의 구성

(Construction of 3 Dimensional Object from Orthographic Views)

金 應 坤*

(Eung Kon Kim)

要 約

본 논문에서는 2차원 3각 평행 투영도로 부터 3차원 물체를 구성하는 효율적인 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 다면체에 대하여 적용 가능하며, 3각 평행 투영도를 구성하는 꼭지점과 선분 정보를 입력으로 하여 2차원 투영 면 정보와 가능한 3차원 꼭지점, 선분 및 면 정보를 추출한 다음, 3차원 면 정보에 대한 투영 면 정보를 구하여 입력된 2차원 투영 면 정보와 비교하여 입력 투영 면 정보와 일치된 면만을 3차원 면 정보로 하여 3차원 물체를 구성하게 된다. 따라서 기존의 알고리즘에 비하여 간단하여 수행속도가 빠르며, CAD 시스템에서의 형상 설계, 3차원 scene의 분석 시스템에서의 물체 재구성, 실시간 simulation 및 animation 분야에서의 물체의 모델링에 적용 가능하다. 알고리즘 수행결과를 IRIS 3000 workstation상에서 C 언어로 실현하여 그 효용성을 보인다.

Abstract

This paper proposes an efficient algorithm that constructs 3 dimensional solid object from 3 orthogonal views. This algorithm inputs vertex and edge information of 3 orthogonal views and generates 2 dimensional surfaces, 3 dimensional vertices, edges and surfaces and then compares 2 dimensional projections of 3 dimensional surfaces with surfaces from orthogonal views. This algorithm is useful for CAD system, 3 dimensional scene analysis system and object modelings for real-time animation and has been implemented in C language on IRIS workstation.

The effectiveness of this algorithm is shown by examples of aircrafts' models.

I. 서 론

컴퓨터 그래픽스에서 2차원 평면 정보로 부터 3차원 물체를 재구성하는 알고리즘 연구는 CAD시스템, 3차원 scene 분석 시스템, 그래픽스 simulation 및 animation 분야를 위하여 필요하며, 이에 대한 연구

가 계속되었다.

대부분의 기계 도면은 정면도, 평면도, 측면도등의 3각도로써 물체를 표현하며, 이들 그림은 2차원 평행 투영도이다. CAD시스템에서 2차원 평면의 3각도로 부터 3차원 물체를 구성하여 디스플레이 명령어를 사용하여 화면상에 다양한 형태로 디스플레이하면 복잡한 형태의 물체를 설계하거나 설계된 내용을 수정하는데 매우 유용하다. 그러나 상용 CAD 시스템에서는 이러한 tool을 제공하지 못하고 있다.

또한 3차원 scene 분석 시스템에서는 서로 다른

*正會員, 國防科學研究所
(Agency for Defense Development)

接受日字: 1990年 7月 9日

각도에서 촬영한 카메라 영상을 처리하여 3차원 물체를 재구성하는 연구¹⁾가 활발히 진행되고 있다. 이 경우 세 개의 영상이 3각도일 경우 이들 영상으로부터 선분 정보를 추출하여 3차원 물체를 재구성함으로써 3차원 물체의 분석이 가능하다.

Flight simulation을 비롯한 실시간 simulation 및 animation 분야에서는 표현 대상이 되는 3차원 물체를 그래픽으로 표현하기 위하여 3차원 물체 모델링 기법이 필요한 데 다각형의 집합으로 표현하는 polygon mesh 법²⁾을 적용하면 실시간 처리에 매우 효율적이다. 이 때 표현 대상 물체를 모델링 하기 위하여 물체의 3각도를 구하여 물체의 3각도를 구하여 이들 정보로부터 3차원 모델을 구하면 매우 편리하다.

따라서 본 논문에서는 CAD 시스템에서의 형상 설계, 3차원 scene 분석 시스템에서의 물체 재구성, 실시간 simulation 및 animation을 위한 물체의 모델링 등에 유용한 tool인 2차원 3각 평행 투영도로 부터 3차원 물체를 구성하는 효율적인 알고리즘을 제안한다.

기존의 알고리즘은 물체를 구성하는 모든 면 정보를 직접 추출하지 않고 CSG(constructive solid geometry) 기법에 근거를 둔 것³⁾과 개별적인 면 정보를 직접 추출하는 알고리즘⁴⁾의 두가지로 구분된다. 전자의 알고리즘은 육면체, 실린더, 원뿔, 피라미드등과 같은 기본적인 물체를 만들어 이들 입체를 각종 조작 과정을 통하여 최종적인 입체로 생성해내는 방법이다. 각종 조작중에서 기본적인 것으로는 union, difference, intersection 연산 등이 있다. 따라서 물체를 구성하는 개별적인 면 정보를 생성하지 않으므로 실시간으로 은폐면을 처리해야 하는 animation 이나 simulation 분야에는 직접 적용할 수 없다. 반면 후자의 알고리즘에서는 물체를 구성하는 개별적인 면의 정보를 구하기 위하여 입력 선분 정보와 꼭지점 정보로부터 가능한 3차원 꼭지점, 선분 및 면 정보를 추출한 다음, 가능한 subobject를 구하여 subobject들의 조합의 결과 생기는 모든 물체들에 대하여 2차원 선분 정보와 꼭지점 정보를 구하여 입력 정보와 비교하여 일치되는 물체만을 최종적인 해로 결정한다. 따라서 subobject의 수가 많아지면 입력 정보와 비교해야할 물체의 수가 많아지므로 처리 시간이 길어진다.

본 논문에서는 모든 면 정보를 추출하면서 수행속도가 빠른 알고리즘을 제안하며, 이 결과를 wireframe 이나 surface 모델로 디스플레이함으로써 그 유용성을 보인다.

II. 본 논문의 알고리즘

본 논문에서는 3개의 평행 투영도 즉, 정면도(front view), 평면도(top view), 측면도(side view)의 2차원 데이터와 선분 정보를 입력으로 하여 3차원 solid 물체의 꼭지점, 선분, 면의 정보를 생성하여 최종적으로 3차원 solid wireframe이나 surface 모델을 그래픽으로 디스플레이한다.

기존의 알고리즘¹⁾에서는 물체를 구성하는 면 정보를 구하기 위하여 입력된 꼭지점 및 선분 정보로부터 가능한 3차원 꼭지점, 선분 및 면 정보를 추출한 다음 가능한 subobject를 구하여 subobject들의 조합으로 구성되는 가능한 모든 물체를 구하여 각 물체에 대한 2차원 선분 정보와 꼭지점 정보를 구하여 입력된 선분 및 꼭지점 정보와 비교하여 입력 정보와 일치되는 물체만을 최종 해로 결정한다. 따라서 subobject의 수(n)가 많아지면 가능한 물체의 조합의 수($2^n - 1$)는 매우 커져 입력 정보와 비교해야할 물체의 수가 많아지므로 비효율적이다. 본 알고리즘에서는 입력 정보로부터 미리 2차원 투영 면 정보를 구하고 가능한 3차원 꼭지점, 선분 및 면 정보를 추출한 다음 가능한 면 정보에 대한 투영 면 정보를 구하여 입력 정보로부터 구한 2차원 투영 면 정보와 비교한 후 2차원 투영 면 정보와 일치된 면만을 3차원 물체의 면 정보로 한다. 따라서 가능한 면 정보로부터 subobject를 구할 필요가 없으며, subobject들의 조합으로 구성되는 모든 물체들에 대하여 각 물체가 구성하고 있는 모든 면을 입력 정보와 비교하지 않아도 된다. 알고리즘의 주요 흐름도는 그림 1과 같으며, 각 단계별 세부 알고리즘을 다음의 1절에서 7절에 걸쳐 설명한다.

1. 2차원 꼭지점 및 선분 정보 입력

3개의 평행 투영도(정면도, 평면도, 측면도)의 각각에 대하여 꼭지점과 선분 정보를 입력한다. 정면도를(x, y) 좌표로, 평면도를(x, z) 좌표로, 측면도를(y, z) 좌표로 하여 입력하며, 선분 정보는 선분을 구성하는 두 꼭지점에 대한 포인터의 리스트로 표현한다. 입력후 데이터의 오류를 찾아내기 위하여 다음과 같은 consistency check를 한다.

- (1) 중복하여 정의된 꼭지점이나 선분은 없는가?
- (2) 각 꼭지점은 두 개 이상의 선분에서 정의되었는가?

2. 평행 투영도에 대한 면 정보 추출

이 단계에서는 입력된 2차원 꼭지점 좌표와 선분 정보로부터 투영도의 면 정보를 추출한다. 투영도로

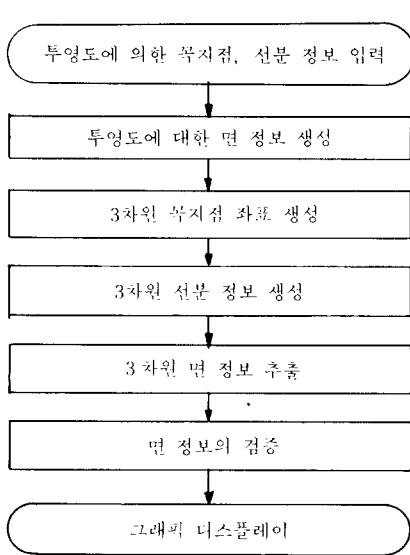


그림 1. 알고리즘 흐름도
Fig. 1. Flow chart of the algorithm.

부터 면 정보를 추출함으로써 5절에서 추출한 3차원 면 정보에 대한 검증을 위하여 필요하다. 두 선분 벡터의 외적(cross product)과 내적(dot product)을 이용하여 다음과 같은 절차에 의해 투영도에 대한 면 정보를 구하며, 이것을 흐름도로 나타내면 그림2와 같다.

- (1) 임의의 선분 하나를 선택하여 반시계 방향으로 탐색을 시작한다.
- (2) 선택한 선분의 한 꼭지점을 공유하는 다른 선분을 찾는다.
- (3) 공유 선분이 하나이면 그 선분을 선택하고 (6)을 수행하며, 두 개 이상이면 (4)를 수행한다.
- (4) 선택한 선분 벡터와 (3)에서 구한 선분 벡터들과의 외적을 각각 구하여 그 결과가 지면 위로 향하는 선분 벡터를 찾는다.
- (5) 선택한 선분 벡터와 (4)에서 구한 선분 벡터들과의 내적을 각각 구하여 두 선분이 이루는 각도가 가장 큰 선분 벡터를 선택한다.
- (6) 시작 선분 벡터가 다시 선택될 때 까지 (2)~(5)의 단계를 반복하며, 시작 선분이 다시 선택되면 이들 선분 벡터의 집합으로 페루프가 형성되므로 이 선분들을 리스트로 하여 면 정보를 만든다.
- (7) (5)에서 선택한 선분을 제외한 나머지 선분 벡터중 두 선분 벡터가 이루는 각도가 가장 큰 선분 벡터를 찾아 이 선분 벡터를 시작 선분 벡터로하여 (5)

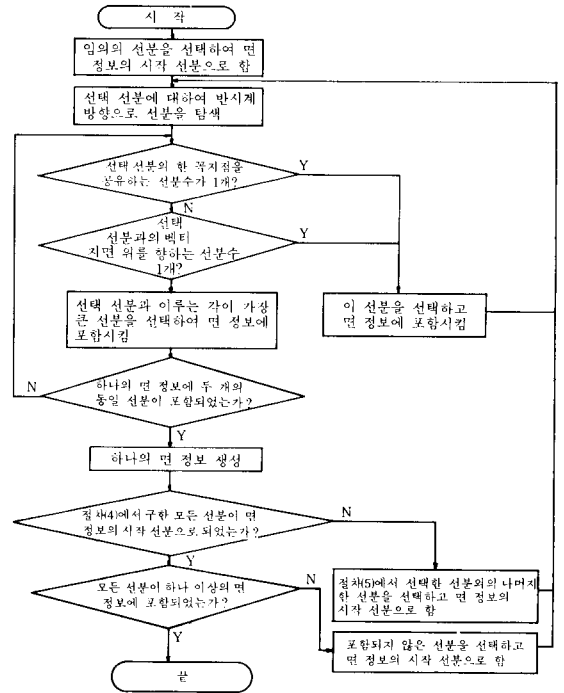


그림 2. 면 정보 추출 흐름도
Fig. 2. Flowchart to generate faces from an orthographic view.

에서의 나머지 모든 선분 벡터가 시작 선분 벡터가 될때까지 (2)~(6)의 과정을 반복한다.

(8) 모든 선분이 탐색될 때까지 (1)~(7)의 과정을 반복한다.

투영도가 그림3과 같을 때 이 평행 투영도에 대한 면 정보 추출 과정을 도시하면 그림4와 같다.

3. 3차원 꼭지점 좌표 생성

이 단계에서는 입력된 2차원 꼭지점 좌표들로부터 3차원 물체를 구성하는 가능한 꼭지점 좌표를 구한다. 다음과 같은 단계를 수행한다.

- (1) 정면도의 (x, y)좌표중 x좌표와 동일한 평면도의 (x, z)좌표를 선택한다.
- (2) x좌표가 동일한 정면도와 평면도의 꼭지점에 대한 (y, z)좌표를 측면도에서 찾는다.
- (3) 측면도에 (2)의 (y, z)좌표가 존재하면(x, y, z)를 3차원 꼭지점 좌표로 한다.
- (4) 정면도의 모든 좌표들에 대하여 (1)~(3)의 과정을 반복한다.

4. 3차원 선분 정보 생성

물체의 선분 정보는 wireframe 형태로 표현하고자

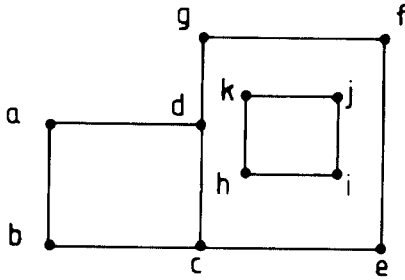


그림 3. 입력 투영도
Fig. 3. Orthographic view.

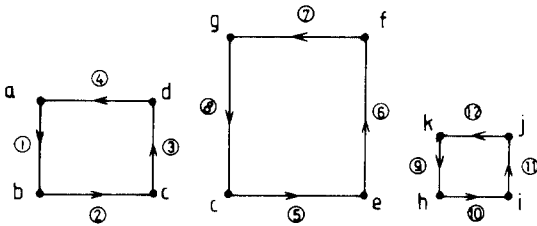


그림 4. 면 정보 생성 과정
Fig. 4. Procedures that generate surfaces from an orthographic view.

할 때 최종결과이며 surface 모델로 표현하고자 할 때 면의 정보를 구하는데 이용되므로 필수적이다.

선분 정보는 3절에서 구한 3차원 꼭지점 좌표들과 입력 투영도의 선분 정보로부터 구할 수 있으며, 다음과 같은 절차에 의하여 생성된다.

(1) 임의의 두 꼭지점을 선택한다.

(2) 두 꼭지점에 대한 xy, yz, xz 평면상의 2 차원 투영 좌표를 구한다.

(3) 두 꼭지점의 투영 좌표를 연결하는 선분 또는 점이 정면도, 평면도, 측면도의 입력 정보에 있는지 비교한다. 3차원의 두 꼭지점을 연결하는 선분을 세 평면상에 각각 투영하였을 때의 결과는 선분 또는 점의 형태로 나타나야 한다. 따라서 두 꼭지점의 투영 좌표를 연결하는 선분이나 점이 입력 투영도에 정의되어 있으면 두 꼭지점을 연결하는 선분을 실제 물체를 구성하는 3차원 선분으로 선택한다.

(4) 모든 꼭지점에 대하여 두 개의 조합을 취하여 (2)~(3)을 수행한다.

가능한 선분 정보가 생성되었으므로 3절에서 구한 3차원 꼭지점의 타당성을 검사할 수 있다. 공간 도

형에서 한 개의 꼭지점은 3개 이상의 선분에 포함되어야 한다. 따라서 어떤 꼭지점이 3개 미만의 선분에 포함되면 삭제한다.

5. 3 차원 면 정보 추출

이 단계에서는 4절에서 구한 선분 정보로부터 물체를 구성하는 면 정보를 추출한다. 면 정보의 추출 과정은 다음과 같다.

(1) 평면의 결정

물체를 구성하는 면 정보를 추출하기 위하여 먼저 하나의 꼭지점을 공통으로 갖는 선분의 쌍을 찾아 두 선분을 지나는 평면을 구한다. 공통의 꼭지점을 갖는 선분들의 쌍을 찾기 위하여 선분 리스트를 탐색한다. 꼭지점 P1(x1, y1, z1), P2(x2, y2, z2), P3(x3, y3, z3)로 구성되는 두 선분 P1P2, P1P3를 지나는 평면 방정식은 다음 식으로 주어진다.

$$ax + by + cz + d = 0 \tag{1}$$

두 벡터 \vec{u}, \vec{v} 를 다음과 같이 정의하여 상수 a, b, c, d를 구하면 식(5)~(8)과 같다.^[5]

$$\vec{u} = (x_2, y_2, z_2) - (x_1, y_1, z_1) = (x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1) \tag{2}$$

$$\vec{v} = (x_3, y_3, z_3) - (x_1, y_1, z_1) = (x_3 - x_1, y_3 - y_1, z_3 - z_1) \tag{3}$$

$$(a, b, c) = \vec{u} * \vec{v} \tag{4}$$

$$a = y_1(z_2 - z_3) + y_2(z_3 - z_1) + y_3(z_1 - z_2) \tag{5}$$

$$b = z_1(x_2 - x_3) + z_2(x_3 - x_1) + z_3(x_1 - x_2) \tag{6}$$

$$c = x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2) \tag{7}$$

$$d = -ax_1 - by_1 - cz_1 \tag{8}$$

두 선분을 지나는 모든 평면에 대하여 a, b, c, d 상수들을 리스트 구조로 표현한다. 이 때 중복된 평면이 생기는 데 상수 값이 같으면 동일 평면이므로 상수값을 비교하여 중복 정의된 평면을 삭제한다. 중복된 평면을 삭제한 후 동일 평면 상에 놓인 모든 선분들의 리스트를 구하여 다음의 단계를 수행한다.

(2) 케루프 선분의 생성 및 면정보의 추출

앞에서 구한 동일 평면을 구성하는 선분들의 집합은 반드시 물체를 구성하는 하나의 면이 되는 것은 아니다. 그림 5와 같이 물체의 경우 하나의 동일 평면을 구성하는 선분의 집합이 그림 6과 같이 나타난다.

이 때 사각형 abcd와 사각형 pijk는 동일 평면상의 면이지만 분리된 별개의 면이다. 이 경우를 찾아내

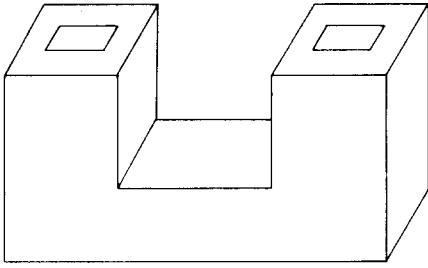


그림 5. 3 차원 물체의 예
Fig. 5. Example of 3D object.

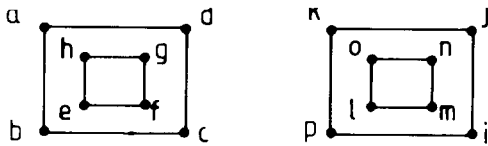


그림 6. 동일 평면상의 선분의 집합
Fig. 6. Edges on a plane.

기 위하여 2절에서와 유사한 방법으로 하나의 페루프를 구성하는 선분들의 집합을 구하여 각각의 면정보를 추출해 낸다. 또한 사각형 abcd와 사각형 efgh는 동일한 면을 구성하지만 사각형 abcd는 그 내부 영역을, 사각형 efgh는 그 외부 영역을 면으로 한다. 이 경우를 찾아내기 위하여 다음 절차와 같이 내부 루프와 외부 루프를 추출해 이들의 포함관계를 조사한다.

- 1) 임의의 선분 하나를 선택하여 반시계 방향으로 탐색을 시작한다.
- 2) 선택한 점을 공유하는 다른 선분을 찾는다.
- 3) 공유선분이 하나이면 7)을 수행하고, 두 개 이상이면 4)를 수행한다.
- 4) 선택한 선분이 속한 평면에 대하여 원점으로부터 이 평면을 통과하는 그림 7과 같은 법선 벡터 \vec{OP} 를 다음과 같이 구한다!⁴⁾

평면의 방정식을 $ax+by+cz+d=0$ 라 하면 평면에 대한 법선 벡터 \vec{N} 은

$$\vec{N} = a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k}$$

벡터 N에 대한 단위 벡터 M은

$$M = \frac{a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k}}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$$

$$= q(a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k}) \quad \text{단, } q = 1/\sqrt{a^2 + b^2 + c^2} \text{이고, } \vec{i},$$

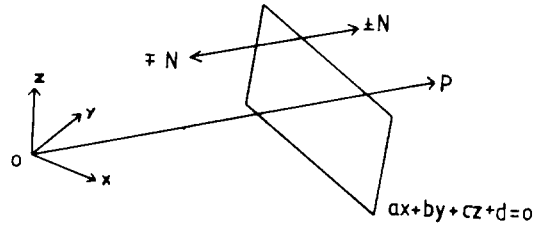


그림 7. 원점에서 평면을 통과하는 법선 벡터
Fig. 7. Surface normal vector pointing a way from the origin.

\vec{j}, \vec{k} 는 각각 x, y, z축상의 단위 벡터이다. 원점을 지나고 벡터 \vec{N} 과 같은 방향을 향하는 직선의 방정식은

$$\frac{x}{qa} = \frac{y}{qb} = \frac{z}{qc} = r$$

$$\frac{x}{a} = \frac{y}{b} = \frac{z}{c} = qr = t$$

가 된다. 따라서 x, y, z는

$$x=at, y=bt, z=ct \tag{10}$$

이며, 이 값을 평면 방정식에 대입하면

$$at+bt+ct = -d$$

$$t = -d/(a+b+c) \tag{11}$$

이 된다. 이것을 식 (10)에 대입하면

$$x = -ad/(a+b+c), y = -bd/(a+b+c), z = -cd/(a+b+c) \tag{12}$$

이다. 따라서 원점을 지나고 평면에 법선인 벡터 \vec{OP} 는

$$\vec{OP} = (x-0)\vec{i} + (y-0)\vec{j} + (z-0)\vec{k}$$

이며, 여기에 식 (12)을 대입하면 구하고자 하는 벡터 \vec{OP} 는

$$\vec{OP} = -d(a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k}) / (a+b+c)$$

이 된다.

5) 선택한 선분 벡터와 3)에서의 선분 벡터들과의 외적을 각각 구하여 그 결과가 법선 벡터 \vec{OP} 와 동일한 선분 벡터를 찾는다.

6) 선택한 선분 벡터와 5)에서 구한 선분 벡터들과의 내적을 각각 구하여 두 선분 벡터가 이루는 각도가 가장 큰 선분 벡터를 선택한다.

7) 이하 2절의 절차 (5)~(8)과 동일한 방법으로 수행한다. 이 결과 완성된 페루프를 내부 루프라 한다.

8) 다시 1)~7)의 절차를 수행하되 탐색 방향을 시계 방향으로 하며, 절차 5)에서는 벡터 \vec{OP} 와 반

대 방향인 벡터를 찾으며, 절차 6)에서는 각도가 가장 작은 선분 벡터를 찾는다. 이 결과 완성된 루프를 외부 루프라 한다.

두 개 이상의 면이 하나의 면을 구성하는 경우는 그림 6 과 같이 내부 루프가 외부 루프를 포함하고 있는 경우이며, 이 경우를 찾아내기 위하여 내부 루프와 외부 루프의 포함 관계 즉, 내부 루프가 외부 루프를 포함하고 있는지를 검사하기 위하여 다음 절차를 수행한다.

- (1) 외부 루프를 구성하는 임의의 한 선분을 선택하여 선분에 대한 직선의 방정식을 구한다.
- (2) 외부 루프를 구성하는 모든 선분에 대한 직선의 방정식을 구한다.
- (3) 외부 루프의 한 선분에 대한 직선과 내부 루프의 한 선분에 대한 직선과의 교점을 구하여 그 좌표를 (X_i, Y_i) 라 한다. 두 직선이 일치하거나 평행하면 교차하지 않는 것으로 한다.
- (4) 외부 루프의 한 선분을 연장한 반직선이 내부 루프의 한 선분과 (X_i, Y_i) 에서 교차하는지 검사한다. 그림 8에서 다음 조건 (13)~(20)을 모두 만족하지 않으면 반직선과 선분은 교차한다.

$$\begin{aligned}
 X_i < A1 & \quad (13) & X_i > B1 & \quad (14) \\
 X_i < C1 & \quad (15) & X_i > D1 & \quad (16) \\
 Y_i < A2 & \quad (17) & Y_i > B2 & \quad (18) \\
 Y_i < C2 & \quad (19) & Y_i > D2 & \quad (20)
 \end{aligned}$$

여기서 $A1 = \min(x1, x2)$ $B1 = \max(x1, x2)$
 $C1 = \min(x1', x2')$ $D1 = \max(x1', x2')$
 $A2 = \min(y1, y2)$ $B2 = \max(y1, y2)$
 $C2 = \min(y1', y2')$ $D2 = \max(y1', y2')$

(5) 내부 루프를 구성하는 모든 선분에 대하여 절차 (3), (4)를 반복하여 외부 루프의 반직선과의 교차 검사를 한다.

(6) 교차점의 수가 홀수 개이면 내부 루프는 외부 루프를 포함한다

예를 들면 그림 9와 같이 외부 루프를 구성하는 한 선분의 꼭지점에서 시작하는 반직선이 내부 루프를 구성하는 선분들과의 교차하는 점의 수가 홀수개이면 내부 루프가 외부 루프를 포함하게 되며 이 경우 내부 루프는 그 내부를, 외부 루프는 그 외부를 면 정보로 하며, 결과의 면 정보는 그림 10의 빗금분과 같다.

6. 면 정보의 검증

5절에서 구한 면 정보의 타당성을 검사하여 최종적인 면 정보를 얻는다. 타당성을 검사하기 위하여

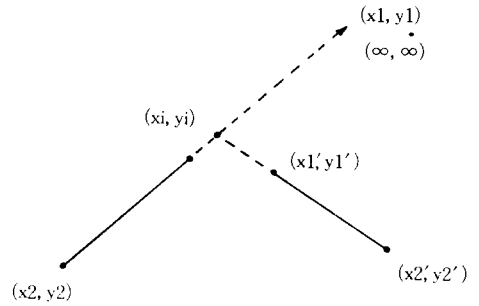
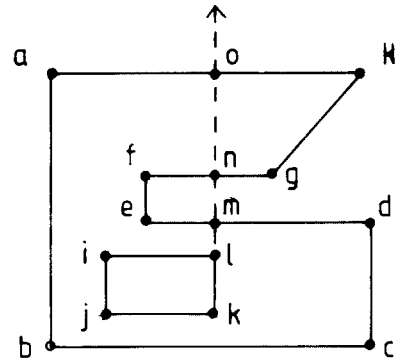


그림 8. 교차 검사
Fig. 8. Intersection test.



내부루프: a-b-c-d-e-f-g-h, 외부루프: i-j-k-l, 교차점: m, n, o

그림 9. 두 루프의 포함 관계 검사
Fig. 9. Containment test of two loops.

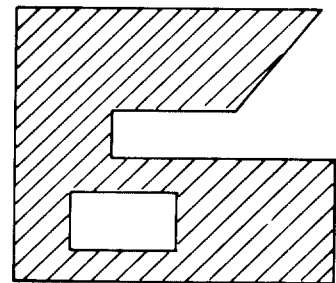


그림 10. 검사 결과의 면
Fig. 10. A surface consisted of two loops.

생성된 3차원 면에 대한 xy, yz, xz 평면에서의 2차원 투영을 구하여 2절에서 구한 입력 투영도로 부터 얻은 면 정보와 비교하면 된다. 그 절차는 다음과 같다.

(1) 임의의 3차원 면을 선택하여 이를 구성하는 각 꼭지점에 대하여 세 평면에서의 투영 좌표를 구한다.

(2) (1)에서 구한 투영 좌표로 구성되는 면의 정보가 2절에서 구한 입력 투영도의 면을 구성하는 좌표와 동일한지 비교한다. 3차원 면에 대한 2차원 투영도는 면 또는 선분으로 나타나므로 투영도가 선분일 경우는 입력 선분 정보와 직접 비교한다.

(3) 3개의 투영도가 모두 입력 투영도에 면 또는 선분으로 나타나면 최종적인 면 정보로 결정하고 그렇지 않으면 면 정보에서 삭제한다.

(4) 5절에서 생성한 모든 면에 대하여 (1)~(3)의 절차를 수행한 후 모든 면 정보를 생성한다.

7. 그래픽 디스플레이

앞에서 구한 면 정보를 이용하여 입력된 2차원 투영도로 부터 3차원 물체를 화면에 그래픽으로 디스플레이함으로써 최종 출력을 얻는다. 그림11은 알고리즘 수행 결과 추출된 면 정보를 입력으로하여 그래픽 화면에 디스플레이하기 위한 주요 흐름도를 나타낸다.

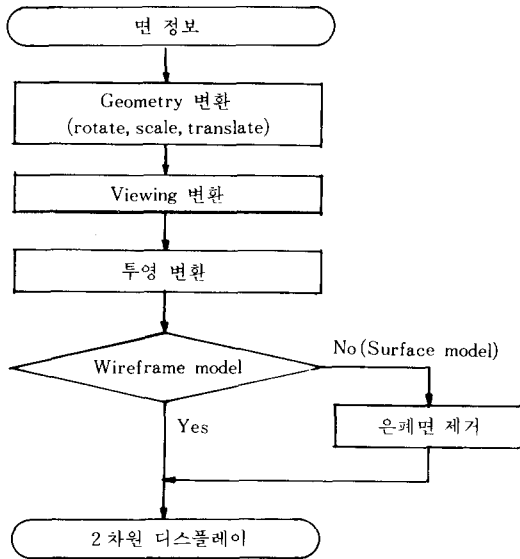


그림11. 그래픽 디스플레이 흐름도
Fig. 11. Flow chart of graphic display.

Geometry 변환, viewing 변환, 투영 변환등의 각종 변환과 디스플레이 루틴이 필요한데, IRIS workstation에서 제공하는 graphic library^[6]를 이용하였으며, 디스플레이 형태는 CAD 및 visual simulation 에

응용할 수 있도록 wireframe 모델이나 surface 모델이 가능하도록 하였다. 특히 surface 모델로 디스플레이할 때는 면마다 다른 color 정보를 입력하여야 하며, 은폐면 제거(hidden surface removal) 알고리즘이 필요한데 실시간 전시가 가능하도록 본 논문의 저자가 개발한 은폐면 제거 알고리즘^[7]을 이용하였다.

III. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘을 IRIS 3000 workstation에서 C 언어로 실현하였다. 그림12와 13은 두 가지 항공기의 입력 투영도이며, 이들로 부터 알고리즘을 수행한 결과를 표 1에 나타내었다. 입력 투영도가 복잡할수록 수행시간이 오래 소요됨을 알 수 있다.

추출된 면의 정보로 부터 디스플레이 프로그램을 통하여 wireframe 및 surface 모델로 표현한 것이 그림14~17에 각각 나와 있다.

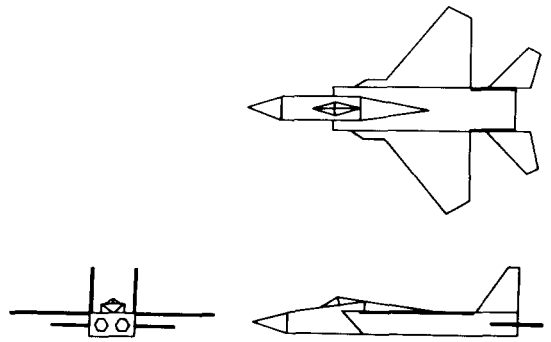


그림12. F-15 3각도
Fig. 12. Orthographic views of F-15.

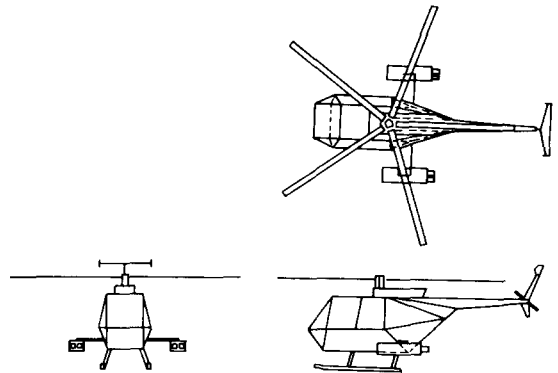


그림13. 500MD 3각도
Fig. 13. Orthographic views of 500MD.

표 1. 실험 결과

Table 1. Experimental results.

입력 투영도	입 력		출 력			
	꼭지점 수	선분 수	꼭지점 수	선분 수	면수	수행 시간(m:s)
그림12	112	120	63	205	54	1:02
그림13	219	232	111	318	81	1:56

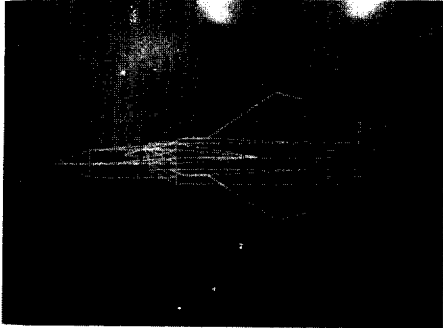


그림14. F-15의 wireframe 모델
Fig. 14. Wireframe model of F-15.

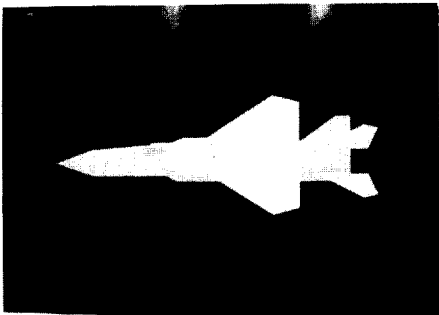


그림15. F-15의 surface 모델
Fig. 15. Surface model of F-15.

기존의 알고리즘¹³⁾은 물체를 구성하는 면 정보를 직접 추출하지 않고 CSG(constructive solid geometry) 기법에 근거를 두고 물체를 구성하는 것과 면 정보를 직접 추출하는 것¹⁴⁾으로 나뉘어진다. 전자는 CAD 응용에는 적합하지만 면의 정보가 직접 추출되지 않으므로 실시간 처리용 simulation이나 animation

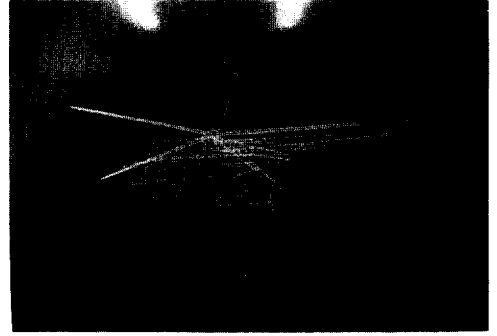


그림16. 500MD의 wireframe 모델
Fig. 16. Wireframe model of 500MD.

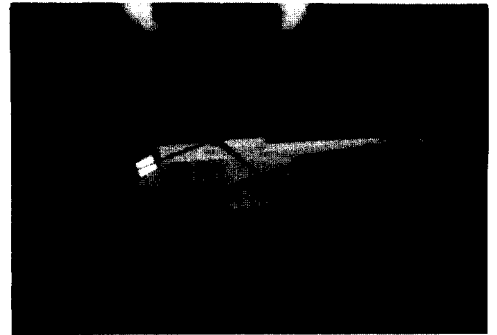


그림17. 500MD의 surface 모델
Fig. 17. Surface model of 500MD.

을 위한 모델에는 적합하지 않으며, 후자는 모든 면의 정보를 직접 추출하기 위한 것으로 가능한 3차원 면 정보를 추출하여 이들 면들의 조합에 의한 subobject를 구성한 다음 다시 subobject들의 조합으로 생긴 모든 물체들에 대하여 각각 2차원 선분 정보와 꼭지점 정보를 구하여 입력된 선분 및 꼭지점 정보와 비교하여 입력 정보와 일치되는 물체만을 최종해로 결정한다. 이 경우 subobject의 수가 n개라면 가능한 물체의 수 N은

$$N = \binom{n}{1} + \binom{n}{2} + \binom{n}{3} + \dots + \binom{n}{n} = 2^n - 1$$

이므로 입력 정보와 비교해야 할 알고리즘의 시간복잡도는 subobject의 수 n에 대하여 $O(2^n)$ 이된다. 반면

본 논문에서는 가능한 3차원 면 정보를 추출하여 추출된 면에 대한 투영면을 구한 후 입력 정보로부터 구한 투영면과 비교하여 입력 투영면 정보와 일치된 면만을 물체의 면 정보로 결정하므로 subobject를 구할 필요가 없으며, subobject들의 조합으로 구성되는 모든 물체들에 대하여 각 물체가 구성하고 있는 모든 면을 입력 정보와 비교하지 않아도 되므로 수행 속도가 매우 빠르다. 추출된 가능한 면의 수가 n 개 라면 입력 정보와 비교해야 할 알고리즘의 시간 복잡도는 추출된 면의 수 n 에 대하여 $O(n)$ 이 된다.

본 알고리즘은 다면체인 물체에 대해서만 적용 가능하며, 곡면인 물체에 대해서는 계속 연구되어야 할 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 3개의 2차원 3각 투영도로 부터 3차원 solid 물체를 구성하는 알고리즘을 제안하였다.

기존의 알고리즘중 CSG 기법을 근거로 하는 것은 CAD 응용에는 적합하지만, 실시간 simulation 이나 animation을 위한 모델에는 적합하지 않으며, 면 정보를 직접 추출하는 것은 모든 응용에는 적용 가능하지만 입력 투영도가 복잡해지면 매우 많은 시간이 소요된다.

본 알고리즘에서는 3개의 3각 투영도를 입력으로 하여 2차원 투영 면 정보와 가능한 3차원 꼭지점, 선분 및 면 정보를 추출한 다음 3차원 면 정보에 대한 2차원 투영 정보를 2차원 투영 면 정보와 비교하여 최종적인 면 정보를 구하므로 처리 속도가 매우 빠르다. 3차원 선분 정보로부터 면 정보인 벡터 선분을 찾아내는 데 선분 탐색 방향을 결정하기 위하여 두 선분 벡터의 외적과 내적을 이용하였다.

알고리즘 수행 결과를 항공기를 예로하여 그 효용

성을 보였으며, 당 연구소에서는 flight simulation 프로그램을 위한 항공기 모델링⁸에 이 알고리즘을 적용하였으며, 도면 인식을 위한 CAD 시스템의 개발에도 적용할 예정이다. 향후 연구 과제로는 곡면으로 구성된 물체의 구성에 관한 문제이다.

參 考 文 獻

- [1] King-Chu Hung, Rong-Nam Chiou, "Polyhedron Reconstruction Using Three View Analysis," *Pattern Recognition* vol. 22, no. 3, pp. 231-246, 1989
- [2] Donald Hern and M. Pauline Baker, *Computer Graphics*, Prentice-Hall, 1986.
- [3] Zen Chen & Der-Perng, "Automatic Reconstruction of 3D Solid Objects from 2D Orthogonal Views," *Pattern Recognition*, vol. 21, no. 5, pp. 439-449, 1988
- [4] Uday G. Gujar and I.V. Nargendra, "Construction of 3D Solid Objects from Orthogonal Views," *Computers & Graphics*, vol. 13, no. 4, pp. 505-521, 1989.
- [5] Chan. S. Park, *Interactive Microcomputer Graphics*, Addison-Wesley Publishing Company, 1985.
- [6] IRIS User's Guide Volume I Graphics Programming, *Silicon Graphics Inc.*, 1986.
- [7] 김응곤, 박종안, 송 철, 김준현, "실시간 처리를 위한 3차원 그래픽스 은폐면 제거," 대한전자공학회 논문지 제26권 제12호, 1989.
- [8] 김응곤, 최치룡, 김대식, "그래픽 전시를 위한 표적 항공기 모델링," 국방과학연구소 기술보고서, AGSD-509-88284, 1988.

著 者 紹 介

金 應 坤 (正會員) 第26卷 第12號 參照

현재 조선대학교 전자공학과
박사과정 및 국방과학연구소
연구원