도면을 이용한 3D 모델링 CAD시스템

(CAD System for 3D Modeling using Engineering Drawings)

이창조 김창헌 황종선
고려대학교 전산과학과

ABSTRACT

This paper describes a solid modeling system based on a systematic description of techniques for analyzing and understading on engineering drawings. Main stess is placed on clarifying the difference between the drawing understanding and the drawing recognition. The former, in which we feel major interest, is intrinsically a difficult problem because it inherently contains combinatorial search to require more than polynomial time. Actually, understanding drawings is regarded as a process to recover the information lost in projection 3-D objects to 2-D drawings. But, solid modeling by automatic understanding of the given drawings is one of the promising approach, which is described precisely in the text. Reviewing the studies performed so far, we summarize the future direction of the pro ject and inevitable open problems left.

Keywords Solid Modeling, Combinatorial Search, Engineering Drawings

1. 서론

삼면도 등으로 대표되는 도면은, 기계 부품이나 제품 설계 등에 오래 전부터 이용되어 왔다. 이와 같은 도면을 컴퓨터에 입력하여 해석시키고, 3차원 모델을 컴퓨터내의 데이터로서 재구성하는것이 문제이다.

3차원 솔리드모델(Solid Model)에는 크게 두 가지 데이타 구조가 존재한다. 첫째, 서페이스모델(Surface Model)에 입체정보를 추가함으로써 솔리드 모델을 구축하는 경계표현(Boundary Representation) 또는 B-Rep라고 하는 방법. 둘째, 입체의 요소인 프리미티브(Primitive)를 이용하여 합,차,적 등의 형상연산에 의해 소정의 모델을 형성하는 방법으로 CGS(Constructive Solid Geometry)라고 한다.

이러한 도면을 이용한 솔리드모델링이 가능해지면, 기업 내에 축적, 보관되어 있는 다량의 도면들을 컴퓨터에서 활용할 수 있는 데이터로서 재구축할 수 있으며, 다음과 같은 여러 가지 장점을 얻을 수 있다.

- 부품 데이터의 전자화 창고가 생긴다.
- 부품을 조합하거나, 개선하기가 용이해진다.
- 부품의 치수 변경 등의 수정이 용이하다.
- 강도, 중심계산 등의 자동화.
- 원판이나 재료로부터의 재단, 굽힘, 구멍뚫기 등의 공정계획 자동화.
- 제조 비용의 개선.
- 동적 시뮬레이션에 의한 동작 확인.
- 수치제어정보의 생성과 설계 오류의 예비 검증.
- 투시도, 조립도 등 프리젠테이션용 도면의 출력.
- 설계에 걸리는 시간의 단축.

위와 같은 여러가지 장점이 있음에도 불구하고, 도면이해에 관한 연구가 충분히 실용화 될 수 있는 단계에 왔다고 보기는 어렵다. 본 논문에서는 도면이해 기술의 현황 및 문제점과 도면을 이용한 3D 모델링 CAD시스템 설계에 대하여 고찰한다.

2. 도면의 생성과 이해

2.1 도면확인과 도면이해

도면이해에 관한 논문이나 연구는 많이 진행되어져 왔다. 도면이해는 다면체의 재구성 알고리즘의 개발로부터 시작되어 곡면을 포함하는 물체, 판금물체 등의 목적지향 시스

템, 도면의 수정기능의 연구로 진행되었으며, 이치화상의 원도면의 입력으로부터 시작되는 알고리즘의 보고는 많지 않다.

대부분은 존재하는 2차원 CAD 데이터를 입력도면 대신 이용하여 해석한다. 도면이해의 방법은 와이어프레임, 프리미티브의 분해와 합성, 면을 기본으로 하는 방법 등으로 분류할 수 있으며, 기본적으로는 Combinatorial Search를 내포하고 있다.

도면에 기초한 3차원 형상모델링 CAD시스템의 구성은 그림1에 나타난 것과 같다.

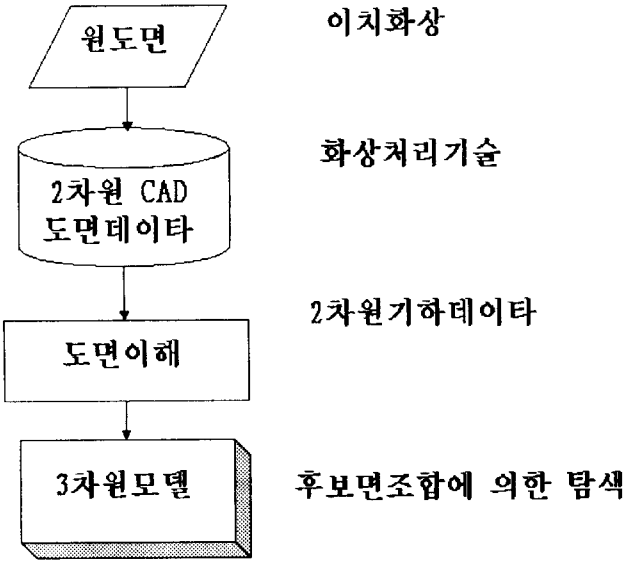


그림 1: 시스템구성도

도면해석시스템에 도면을 입력하는 형태로서, 종이 위에 그려진 도면을 스캐너로 입력하는 방법과 2차원CAD의 도면 데이터로서 주어진 경우의 두 가지로 대별된다. 후자의 경우 그림1의 전반부는 불필요하다.

도면 인식은, 입력된 이치화상으로부터, 선분이나 곡선 등의 기하학적 요소를 추출하고, 그들의 접속 관계 등의 위상적 구조를 명확히 하는 처리과정이다. 따라서, 도면인식은 화상처리기술, 특히 이치화상의 디지탈 기술에 관한 문제이다. 또한, 도면 이해는 인식 결과 또는 CAD 시스템을 이용하여 손으로 만들 수 있는 도면의 구조로 부터 표현되고 있는 3차원 물체의 형상 모델을 복원하는 처리이다. 따라서 처리시간이 많이 소요될 우려가 있으므로 탐색공간의 효과적 축소가 해결할 문제이다.

즉, 조합탐색(Combinatorial Search)기술, 특히 지식을 이용한 해 탐색 공간의 축소 기술에 관한 해를 구하는 문제이다.

2.1.1 도면의 구성 요소

실제의 제도 도면은 많은 구성 요소로 이루어지고 있다. 우선, 물체의 형상 그 자체를 나타내는 도형 부분과 설명 등의 부가정보를 나타내는 도형 부분으로 대별할 수 있다. 전자의 경우 외형을 나타내는 실선, 숨겨진선 등이며, 후자의 경우 치수 관계의 도형 요소(치수보조선, 인출선, 숫자, 직경이나 곡선 등의 기호 등), 중심선, 단면을 나타내는 해칭, 사양 기호 등이다. 이것은 직선이나 인식은 패턴인식의 문제이다.

또한, 형상 그 자체와 보조 부분과 혼재되어 잇는 경우도 있다. 예를 들면, 톱니바퀴의 일부만을 그리고, 나머지는 생략하는 것이 예이다. 본 논문에서는, 특정한 물체의 형상을 이해하는 시스템에 대하여 논하며, 설계도면은 1매에서 6매의 정투영도 즉, 삼면도 및 단면도, 부분확대도 등의 보조도면으로 이루어지는데 기본적인 삼면도에 한정한다.

2.1.2 도면의 모호성

삼면도는 직각으로 마주치는 3축 방향으로부터의 정투영도로 이루어져 있으며, 정면도, 평면도, 우측도면으로 표현된다. 3차원으로 부터 2차원으로 전환한 것이 도면이며, 원리적으로 3차원 정보가 일부 소멸되는 것은 피할 수 없다.

3차원 요소(정점, 축선, 면)로 부터 도면상의 2차원 요소(점, 선분, 영역)로의 변환할 수 있다. 예를들면, 다각형의 면이 어느면에서는 1개의 선분으로 소멸된다. 기계도면 등에서 물체는 투영방향으로 평행 또는 수직으로 놓여지는것이 보통이다.

이와같이 물체를 특수위치에 놓음으로써 오히려 위와같은 소멸을 발생하도록하고, 도면을 단순화하여 이해하기 쉽게 하고 있다.

따라서, 삼면도에 한정하지 않고 일반적으로 도면은 모호성을 가지고 있는 경우가 많아, 기하학적으로 타당한 재구성 물체를 복수개로 생각하는 경우가 있다. 그러나 인간이 삼면도를 이해할 때는 "가장 자연스럽다" 라고 생각되어지는 상식 또는 경험적 지식을 모방하는 능력이 도면이해 시스템에서 요구된다.

2.1.3 도면이해문제와 해법

도면 이해 문제의 형식적 정의를 부여한다. Δ를 입력 삼면도(Orthographic Views: 정면도, 평면도, 측면도)의 선분 집합으로 한다. 삼면도는 선의 종류, 위치, 접속관계 등의 정보가 부속된 선분의 집합으로 간주할 수 있다.

Φ는 삼면도 로부터 복원할 수 있는 모든 가능한 후보면의 집합으로 한다. 후보면이라는 것은, 모서리로 경계 지어진 평면이나 대수곡면이다. 상이한 곡면 또는 평면이 원활하게 접하여 있는 경우는, 다른 후보면으로서 인식되고 있는 것으로 한다.

후보면의 집합 S가 있고, 이것을 삼면도에 투영하여 얻을 수 있는 선분의 집합을 $proj(S)$라고 나타내기로 하자. 이때, 삼면도 해석 문제는, 다음의 2가지 조건을 만족하는 $S(\subseteq \Phi)$를 구하는 것이다.

<조건 1> (필요조건)S는 3차원 물체를 형성한다.

<조건 2> (충분조건)$Proj(S) = \Delta$이다.

조건1은 S가 3차원 물체의 경계 표현을 구하는 것을 목적으로 하고 있는 것에 주의해야하며, 조건2는 원래의 삼면도와 정합하는 물체가 아니면 안된다는 것이다. 이것은, 현실적으로는 선분의 형태가 일치하는 것을 확인하기 위한 조건이다.

상기의 조건을 만족하는 해는, 삼면도가 정확하여도, 일반적으로 여러개 존재한다. 이것을 $\Sigma = S_1, ..., S_k$ 로 한다. 원래의 삼면도가 의도한 3차원 물체를 T라 하면, $T \in \Sigma$이어야 한다. Σ에는, 같은 3차원 물체를 다른 배치로 투영한 것이 혼재되어 있다. 같은 물체라는 기준으로, Σ를 같은 값으로 나눌 수 있다. 이 동치류의 수가 2개 이상일 때, 진정한 다의 해석 이 가능하다. Σ로 부터 T를 우선적으로 복원하기 위해서는, 다음과 같은 휴리스틱스(Heuristics)가 요구된다.

(1) 윤곽에 가까운 영역을 우선 탐색한다.
(2) 영역에 대응하는 후보면이 적은 부분부터 탐색한다.
(3) 시점에 가까운 면부터 탐색한다.

그림1의 후반 부분 즉 삼면도의 이해 처리는 그림2와같다. 처리는 크게 두 가지 부분으로 나누어진다. 입력된 삼면도 데이타로부터 Vertex, Edge, Face등의 3차원 요소를 가능한한 재구성한다.

재구성된 후보면으로부터 삼면도와 모순되지 않은 문체를 구성하는 면만으로 이루어진 부분집합 즉, 해를 Combinatorial Search에 의하여 찾는다.

전처리부에서는 도면간에 공통적인 좌표축에 대해서 같은 좌표값을 갖는 점, 선분, 영역을 기초로 하여 3차원 요소의 후보를 재구성한다. 또한, 탐색처리부에서는 후보면의 Combinatorial Search의 프로세스를 통하여 후보면의 진위판정을한다.

특히 처리의 효율에 크게 영향을 주는 것은 그림2의 후반부, 후보면의 조합 탐색부분이다. 후보면의 조합 탐색에 관하여 다음과 같은 방법을 개발하였다.

(1) 제약 충족 문제로서 정식화하는 방법
(2) 모서리에 관한 면의 조합을 후보으면로서 트리 탐색을 하는 방법
(3) 각 후보면에 대하여 참 또는 거짓을 결정한 후 후보면으로 하여 트리 탐색을 하는 방법

이들 가운데 (2)는 국소적이지만, 후보면의 조합 탐색을 포함하고 있기 때문에 시행 착오에 의한 시간이 걸린다. (3)은 (2)를 개선한 것으로, 후보면을 참 또는 거짓으로 판정한 것에 의해 미결정 후보면의 진위를 결정 할 수 있다. 이와같이 파급효과를 이용하여 많은 후보면은 진위를 판정할 수 있으므로 탐색을 고속화할 수 있다.

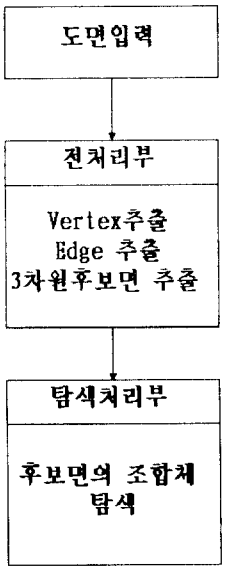


그림 2: 도면이해시스템

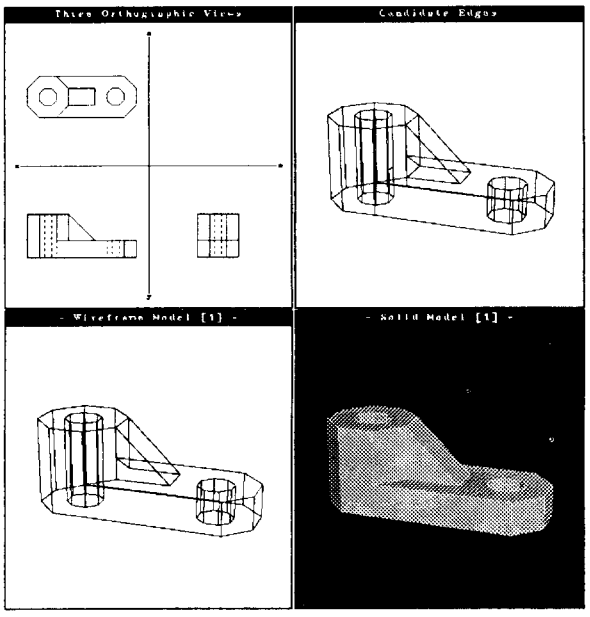
3. 실험

본 논문에서 제안한 시스템의 구현은 SUN SPARCstation 10에서 X라이브러리 및 C언어를 이용하여 구현하였다. 그림3은 삼면도의 예와 그에 대응하는 3차원 형상의 결과를 보이는 과정으로 해석된 3차원 형상에 스캔라인법을 응용한 랜더링을 가한 실험결과를 나타내며,탐색알고리즘은 그림4와 같다. 표1은 처리속도를 비교한 결과로써 종래의 방법에 대하여 향상을 가져왔다.

4. 결론

현실의 3차원 모델은 곡선이나 곡면을 포함하는 경우가 많아서, 곡면을 포함하는 삼면도를 해석하는 알고리즘의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 삼면도를 이용하여 3차원 형상모델링을 행하는 경우, 각 도면내의 단순한 선분의 대응만으로는, 실제로 존재하지 않는 허물체요소(ghost vertex/edge/face)를 생성하는 경우가 많다.

본 논문에서는 도면을 해석하여 자동으로 3차원 형상모델을 생성하는 시스템을 개발하였다. 앞으로의 연구 과제로써는 곡면을 포함한 문체의 처리 및 인간의 지식과 경험을 규칙화 하여 추가하는 문제, 전처리부와 탐색처리부의 융합문제 등을 고려해야하며, 입력도면에 포함되어 있는 에러나 모순의 검출과 수정 보조기능이 요구된다. 또한, 인터페이스의 조작성에 관한 인간적 요소의 연구도 병행되어야 할 것이다.



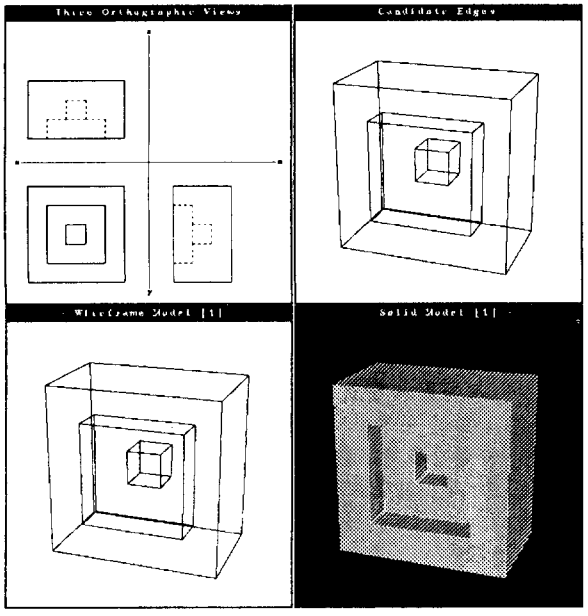


그림 3: 실험 예

참고 문헌

[1] Aldefeld, B., On automatic recognition of 3D structures from 2D representations, Comput. Aided Design,15,2(1983).

[2] 이창조, 김창헌, 황종선., A Solid Modeling Using Engineering Drawings., ICCTA., pp.343-350(1994).

[3] Chen, Z., Perng, D. -B., Automatic Reconstruction of 3D Solid Objects from 2D Othgraphic Views, Patt. Recog., 21.5(1988).

[4] Dori, D.: demensioning Analasys: Toward Automatic Understanding engineering drawings, Comm.ACM, 35,10(1992).

[5] Nishida, J., et al., Understanding three orthographic views by combinatorial Search of Faces(in Japanese), H. JSAI, 6(1991).

[6] Kim,C., Inoue.M., Nishihara.S., Heuristic Understanding of Three Orthographic Views. JIP,15,4(1992).

[7] Markowsky.G., Wesley.A., Fleshing Out Wire Frames, IBM J. Res. Develop.,24,5(1980)

표 1: 실험결과표

Sample id	Number of Solutions	Number of candidate faces	CPU time$mes10^{-2}$sec	
			present method	old method[5]
1	1	47	0.8	136
2	3	36	0.9	1498
3	3	28	1.0	138
4	5	34	4.6	3336
5	6	21	8.7	254
6	9	34	9.0	2301
7	35	20	4.8	566
8	49	42	20.3	4167

```
begin
    T := F := φ : U:= Θ:
    set the first node
    search(T, F, U):
end

prodedure search(T, F, U)
begin
        while (a face f(∈U) matching with DR exists) do
        begin
            decide the state of f(∈U) using the DR, and move f(∈U)to T or F;
            if (any constradiction is found) then return;
        end
        if (U=φ) then T gives a solution;
          else
          begin
              create stack P;
              get a face f(∈ U)
              while(P≠ φ) do
                  branch (T, T, U, f, pop-up(P));
          end
end

procedure branch(T, F, U, f, state)
begin
        move f(∈U)to T or F using state;
        search (T, F, U);
end
```

그림 4: 탐색알고리즘