

## 設計圖面の 自動作成

李 壽 淵

光云工大 電子工學科 助教授 (工博)

### I. 설계도면에 관하여

TV의 화면이나 설계 도면이 포함하고 있는 정보를 문자로 표현한다면 과연 얼마만큼의 양이 필요할까?

대략적으로 보아도 몇 천, 몇 만가지의 문자가 필요하리라 생각된다. 이와 같이 사진, 도면등이 갖고 있는 방대한 정보의 처리보다는 문자처리를 중심으로 컴퓨터가 이용되고 발전하여 왔다고 해도 과언이 아닐 것이다.

그러나 최근 컴퓨터를 에워싼 하드웨어 소프트웨어 등의 주변 기술의 급격한 발전으로 인하여 비문자 정보를 효율적으로 처리하는 것이 가능하게 되었고 CAD의 중요성도 재삼 인식되고 연구 발전하고 있다.

CAD는 건축의 설계<sup>[1]</sup>을 비롯하여 LSI의 설계등 각종 공업 설계에 폭 넓게 활용되고 있으며, CAD에 관한 연구는 EDRA(Environmental Design Research Association)가 1969년에 학술대회를 개최한 이래, 매년 그 성과가 발표되고 있다. 그러나 연구의 성과라 함은 부분적인 문제점, 즉 설계과정에 있어서의 부분 모델에 한정된 경우가 많다고 볼 수 있다. 예를 들면 건축 설계에 있어서 공간의 배치문제, 냉난방·조명의 설계, 부지사용계획 등 문제별의 데이터 처리가 이에 해당된다.

또한 CAD가 발전된 형태중 하나인 DA(design automation; 자동설계)는 디지털 장치의 자동 설계 제조 프로세서중에서 제어용 장치 및 설계보조수단으로써 디지털 계산기를 사용하고 있다. 예를 들면 논리회로의 논리합성, 시뮬레이션, 검사 및 실장설계가 자동설계의 대상이 되어 왔으며 실장설계에서는 구체적으로 분할(partitioning), 배치, 배선 등이 이에 포함된다.

여기에서 주로 도면의 처리에 한하여 보면 컴퓨터를 이용한 도면의 처리분야는, i) 도면을 이미지 패턴으로 받아 들여 그 패턴을 인식 이해하거나, 인식결과를 이

용한 도면관리 데이터 베이스의 작성등 주로 도면을 입력하여 처리하는 분야, ii) 설계 도면, 논리회로등과 같은 도면을 돛트 패턴 발생기나 XY프린터등을 이용하여 설계 도면을 작성하는 출력 처리분야와 같이 두 가지 분야로 나누어 볼 수가 있다.

설계 도면의 자동 작성이라함은 위의 ii)의 분야에 속하며, 이들 분야중에서 인간과 컴퓨터의 인터랙티브 방식을 통한 설계 도면의 작성을 제외한 것을 의미한다. 설계 도면의 작성에 있어서 제도시간의 효율화, 동일 정보로부터 서로 상이한 종류의 도면을 자동작성(자동제도, automated drafting)에 관한 연구로서는 Girardi<sup>[3]</sup>, Tohmatsu<sup>[4]</sup> 등의 연구를 들 수가 있다.

설계도면 자체도 논리회로, 플로우차트등 도면을 구성하는 요소간의 접속관계를 중요시하는 접속분위형 설계도면과 건축·선박설계와 같이 구조의 표현을 목적으로 하는 구조분위형 설계도면으로 나누어 볼 수가 있다.

여기에서는 설계도면의 자동 작성이라는 제목하에서 기술해설을 하기 위하여 필자가 일본 경도대학 정보공학과에서 연구(1979~1983) 중 참가한 “도면의 이해 및 자동작성 시스템 (이하 K시스템이라 한다)의 연구 개발이라는 프로젝트”를 선택하여 설명하기로 한다.

### II. 도면 처리 시스템의 예

#### 1. 시스템의 개요

K시스템의 주요 목적으로써, i) 손으로 그린 품질이 좋지 못한 도면을 이해·인식하여, ii) 그 결과를 축적 관리하는 도면 데이터 베이스를 만들고, iii) 필요한 때에 데이터 베이스를 검색하여 품질이 좋은 도면을 자동 작성하는 것과 같이 크게 세 가지로 나눌 수가 있다. 이때, 입력 설계도면은 손으로 그렸거나 기계로 작성하였거나 상관치 않으나 연구의 목적상 도면은 논리

회로, 컴퓨터의 블럭다이어그램, 케미칼프판트 등과 같은 접속본위형 설계도면에 한정시키고 있다. 그러나 접속본위형 도면이라해도 그 종류는 아주 다양하므로 범용적인 처리 능력이 요구되고 있다.

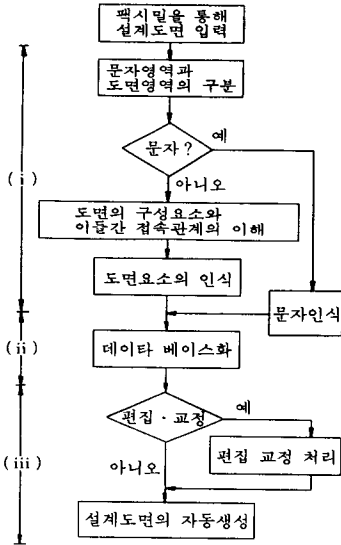


그림 1. K 시스템의 개요

K시스템의 도면처리는 그림 1과 같으며, 도면은 최초 팩시밀등과 같이 이미지(화상) 입력장치를 통하여 입력된 다음, 적절한 기준(정적, 동적 threshold 방법 등)에 의거하여, 농담치의 이미지 (grey picture)는 흑백의 2치 이미지(binary picture)로 변환된다. 그 다음의 과정은 도면속에 포함되어 있는 문자스트링을 도면으로부터 분리시키는데, 분리의 기준으로써는 각각의 이미지(패턴)의 크기(MBR; minimum bounding rectangular)나, 흑백의 변화도(black/white run) 등이 포함된다. 일단, 도면으로부터 문자 영역이 분리된 후에 문자의 인식방법에 따라서 인식된다. 문자를 제거한 도면은 도면을 구성하고 있는 구성요소(이하, 도면요소라 칭하며 예를 들면 논리회로의 게이트, 각종 칩, 전자회로의 저항, 다이오드 등이 도면요소이다.)와 도면요소를 상호 연결하고 있는 접속관계로 이루어지고 있기 때문에 도면의 이해 또는 인식이라함은 도면요소의 인식 및 접속관계의 이해로 해석된다. 이 과정에서 도면에 포함되는 각종 정보가 제어문자 정보의 형태로 변환되어 도면 데이터 베이스에 축적·관계되어진다. 바꾸어 말하면 하나의 도면은 도면내에 포함

되어 있는 문자, 도면요소 및 도면요소간의 접속관계로 표시되므로 K시스템의 데이터 베이스위에서 설계도면은 그림 2와 같은 형태로 표시된다.

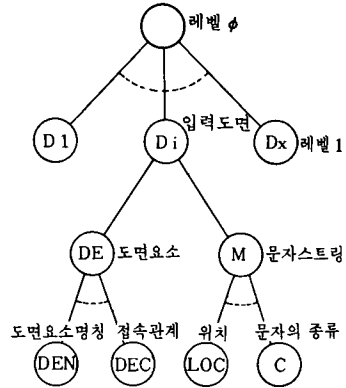


그림 2. 도면의 표현# 1

그림 2에 트리(tree)의 루트(root)는 베이스 데이터의 처리를 위한 엔트리로서 'son'으로서는 팩시밀로 통하여 입력된 개개의 도면에 해당되는 각각의 도면은 문자정보와 문자정보이외의 도면에 관한 정보로 분리되며, 각 문자는 문자의 종류 및 문자스트링에 대한 위치 정보 또는 해당 도면요소간의 상대적인 관계로 표현된다. 또한 문자정보를 제외한 도면의 정보는 도면요소, 각각에 대한 종류 및 타 도면요소간의 접속관계로서 표현되어 있다.

이와 같이 일반의 설계도면을 계산기에 입력시켜서 설계도면의 작성이 필요한 최소한 정보만 관리함으로써 소규모의 계산기로서 대량의 도면을 축적관리가 가능하나, 최소한의 정보만으로서 양질의 출력도면을 작성, 특히 자동작성하는 것이 어려워지는 특징이 있다.

## 2. 도면의 자동생성 및 편집기능

그림 2를 기준하여 볼때 도면의 작성이라함은 기본적으로 레벨 1중에 속하는 하나의 도면에 해당되는 정보의 집합(subtree)을 이용하여 정전프루터또한 XY프루터를 사용하여, 실제도면을 출력하기 위한 과정을 뜻하며, 자동작성이라함은 도면의 작성과정에 있어서 출력기기등의 하드웨어적인 조건을 포함한 주변환경의 변화(편집기능도 포함됨)에 대하여 적응하면서 자동적으로 도면을 작성하는 것을 뜻한다. 물론 도면의 자동작성을 위하여서는 문제해결법등의 인공지능적 방법의 도입이 필요하다. 이에 관하여 III에서 간단히 접하기로 한다.

이상과 같은 팩시밀로 입력된 개개의 도면의 작성이 외에도 실제에는 도면을 부분적으로 변경하거나, 몇 개의 도면을 통합하는등의 처리도 필요하며 이를 위하여서는 K시스템에서는 범용 입력장치를 이용하여 도면을 변경할 수 있는 편집기능을 도입하고 있다.

편집기능중에는 도면의 부분적인 변경, 예를 들면 도면요소의 일부 삭제, 변경등과 같은 변경과 도면요소의 속성(구성요소의 크기등)을 변경하는 것도 포함되며, 전체적 변경으로서에는 도면의 통합, 도면크기의 변경(지정)도 포함된다.

도면처리에 대한 순서로 보아서 편집기능은 자동작성의 사전처리 과정이 해당되므로 실제 도면의 편집에 따른 대상 및 결과도 그림 2와 같은 서브트리의 형태이므로 편집처리 기능의 효율화를 기할 수가 있다.

### 3. 데이터 형식

그림 2에서와 같은 도면의 각각에 관한 정보의 표현은 구체적으로 그림 3과 같이 표현된다.

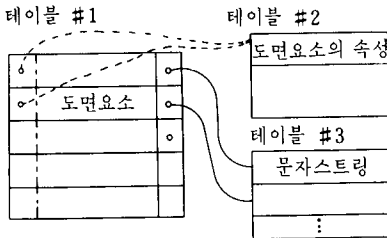


그림 3. 도면의 표현 # 2

테이블 # 1은 입력도면의 각각에 대한 표현으로써, 테이블의 행(row)은 하나의 도면요소에 관한 정보의 집합에 해당되고, 이는 도면요소의 중심좌표, 식별번호, 다른 도면요소와의 접속관계, 해당 도면요소를 수식하는 문자스트링을 관리하기 위한 테이블 # 3에 관한 포인터(pointer)로 구성된다.

테이블 # 2는 도면에 포함된 도면요소의 속성을 정의하는 테이블로서 도면요소의 크기, 터미날의 갯수와 방향등에 관한 데이터를 갖고 있다.

이때 테이블 # 1과 # 2의 관계는 테이블 # 2의 각 행에 포함되어 있는 식별번호로서 암시적으로 표현되며 (즉 테이블 # 1의 식별번호는 테이블 # 2의 행번호와 같다.) 테이블 # 1의 몇 개의 구성요소가 동시에 테이블 # 2의 하나의 행과 결합할 수 있다.

테이블 # 3은 각각의 도면요소를 기술하고 있는 문자스트링을 관리하는 것으로 테이블 # 1과는 포인터로

결합되며, 테이블 # 1의 각각의 도면요소에 관한 문자스트링의 상대적 위치관계, 문자스트링의 속성 (몇 문자들이 몇 행으로 구성되며... 등) 등이 포함된다.

### III. 설계도면의 자동작성

K시스템에서 도면의 자동작성은 그림 3과 같은 데이터를 기준하여 이루어지고 있으나 실제 시스템의 설계시에 고려된 사항과 자동작성 시스템의 개략도는 그림 4와 같다.

- 1) 손으로 그린 도면이 입력되어 그중에서 필요한 정보만 추출하여 관리되므로, 양질의 출력도면을 얻기 위하여 도면요소의 위치를 재비치하거나 동일 도면상의 처리를 동일한 크기를 갖게 하는등의 처리를 하였다. (출력 도면의 고품질화)
- 2) 도면관리용 데이터베이스의 정보는, 특히 접속정보는, 후술하는 바와 같이 간단한 형식으로 관리되므로, 실제 도면의 작성시에는 접속관계 (예, 전자회로의 배선도등)을 자동적으로 생성하기 위하여 문제해결적 방법을 하였다. (접속관계의 자동작성)
- 3) 접속본위형 설계도면중에서 포함되는 도면요소의 그래픽한 속성(크기, 모양 등)은 아주 다양하며, 또한 그 종류도 많으므로 자동생성에 필요한 도면요소를 간단히 정의하고 관리할 수 있는 기능을 도입하였다. (표준 패턴의 정의 관리를 위한 인터프리터 기능)
- 4) 일단 정의된 도면요소(표준패턴)의 속성이 출력도면에 적합한 것으로 변환시키는 것을 자동적으로 하였다. (표준 패턴의 관리)
- 5) 자동작성 시스템이 운용되는 하드웨어적 환경 (예, 도면의 출력장치, 해당 컴퓨터등)에 가능한한 제한을 받지 않도록 범용성을 갖게 하였다. (도면의 분할출력 및 실제작성)

그림 4에서 도면의 동적제어부는 상기 1), 2) 등의 기능을 수행하여 표준패턴의 변환부를 상기 4)를 수행한

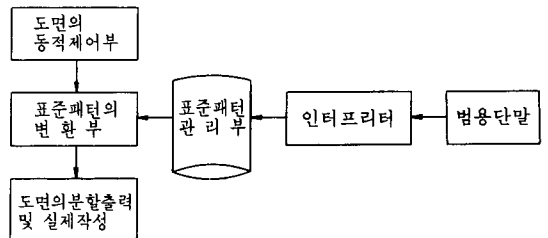


그림 4. 자동작성시스템

다. 인터프리터는 상기 3)의 기능을 수행하며 범용 단말을 통해 입력되는 도면요소를 정의하기 위한 제어문을 해석, 실행(인터랙티브 방법)하는 기능을 갖고 있으나 제어문의 형식등에 관하여서는 언급하지 않기로 한다.

표준 패턴 관리부는 인터프리터를 통하여 정의된 도면요소를 오픈 화일형식으로 관리하는 부분으로 화일의 구성방법은 가변장 레코드를 관리하는 인덱스 방법을 채택하고 있다. 도면의 분할출력 및 실제 작성은 상기 5)의 기능을 수행하는 부분으로, 패턴 작성의 원리는 2차원의 보간곡선(interpolation curve)<sup>[5]</sup>의 발생과 같다.

이하 자동 작성 시스템의 제어기능중 가장 핵심적인 기능, 도면의 동적제어부를 중심으로 설명한다.

1. 도면작성의 동적제어

도면작성의 제어순서는 그림 5와 같으며 이하 각각에 대하여 설명하기로 한다.

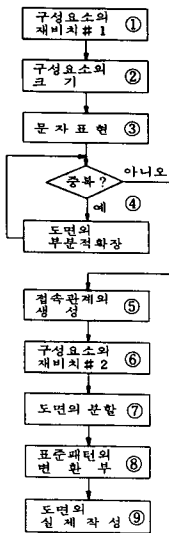


그림 5. 자동작성의 개요

1) 구성요소의 재배치 : 출력도면에 있어서 구성요소의 각각의 위치가 규칙적인 것이 도면 품질의 향상에 중요하기 때문에 손으로 그린 도면(입력도면)에 포함되는 도면요소의 불규칙한 위치를 조정하는 것을 의미한다. 도면의 구성요소를 재배치시키기 위하여서 우선 손으로 그린 도면의 구성요소가 위치되는 로케이션 정보를 최대한 이용하나 도면 요소의 위치(상대적, 절대적) 변화가 다음과 같은 기준을 설정하였다.

기준 : 도면위에 크기가 변경 가능한 격자(mesh)를 오버랩한 뒤, 도면요소를 가장 가까운 격자점에 옮긴다. 이때 격자의 크기에 따라서 동일한 격자점에 두 개 이상의 도면요소가 옮겨질 가능성도 있다. 따라서 도면요소의 중심 위치는 격자점으로 하되, 이때 격자의 크기는, 각각의 격자점에 하나 이하의 도면요소가 옮겨지는 격자중 최대 크기의 격자를 선정하므로 보다 많은 도면요소를 재비치시킬 수 있다.

2) 도면요소의 크기 : 도면요소의 크기는 시스템의 설계시 각각에 대하여 정의된 범위속에서 가능케 되어 있으며 이곳에서는 우선 도면요소의 크기를 표준크기(최소 크기와 최대 크기의 중간)로 치환시킨다.

3) 문자표현 : 도면요소를 설명하고 있는 문자스트링의 위치를 결정함과 동시에 문자스트링이 도면요소의 내부에 포함되는 경우에 있어서는 문자스트링의 크기 및 해당 도면요소의 크기는 상호간의 크기 관계에 따라 결정된다.

4) 상기 1), 2), 3)의 과정에서 결정도면(실제 수치상의 표현)은 상호, 중복될 가능성이 많게 된다. 이때 설계도면의 도면요소중에서 하의 도면요소와 부분적으로 중복하고 있는 도면요소를 식별하여 중복치 않게 하는 과정이다. 처리 개념으로서 상기 1)에서 채택된 크기의 격자에 있어서 격자점의 간격은 전부 같으나 4)의 처리로 인하여 식별된 도면 요소의 상호 중복을 제거할 수가 있다. 물론 이와 같은 처리로써 도면 전체의 크기가 확대되는 경향이 있으나 필요한 경우에 출력도면의 최대 크기를 한정시키는 것도 가능하며, 이때 중복된 도면요소만의 축소를 포함하여 전체 도면요소의 축소가 이루어지게 된다.

5) 도면요소간의 접속관계

도면 데이터 베이스에서의 접속관계는, 접속이 출발되는 도면요소와 접속이 도착되는 도면요소간의 관계로 표시되는데, 이를 간단히 표현하기 위하여 도면요소를 외접하는 장방형(MBR 변수)으로 간주 처리하고 있다. 즉 도면요소(외접 장방형)에서 접속선이 출입하는 방향은 4가지가 있으며, 각 방향에 있어서 복수개에 접속선이 출입 가능케 되어 있으므로, 접속관계는 2종류의 MBR 이하의 접속으로, 16가지(4 × 4)의 결합이 생기게 된다. 구체적인 접속관계의 표현은 다음 형식과 같다. "A이라는 MBR의 X<sub>1</sub>방향에 있어서 X<sub>2</sub>번째의 단자로부터 B라는 MBR의 y<sub>1</sub>방향의 y<sub>2</sub>번째의 단자로 접속되고 있다." 접속관계의 실제작성이라함은 위와 같은 접속관계를 해석하여 실제로 도면상의 접속선(배선)을 작성하는 것을 의미하며, 작성 기준은 다

음과 같이 하였다.

① 접속선의 도면요소의 속성, 즉 상대적인 위치, 단자의 방향 및 해당방향의 순번으로 결정된다.

② 접속선은 출력도면의 품질을 향상 시키기 위하여 수직선 및 수평선의 변화가 가능한한 적게 한다.

③ 타의 도면요소와 중복되지 않아야 한다.

④ 접속선 성분중 수직선 및 수평선은 타의 수평선 및 수직선과 교차할 수 있으나, 수직선끼리 또는 수평선끼리는 최소한 0.5mm 이상 떨어져야 한다.

6) 도면요소의 재비치 # 2

도면요소중, 특정방향에 복수개의 접속선이 연결된 경우, 이들 접속선은 가능한한 직선화를 시킴으로써 도면요소의 국소성(locality)를 파괴하지 않는 것으로 하였다.

7) 도면의 분할 : 출력도면의 크기가 CRT의 화면크기, 또는 하드카피용 출력장치등의 하드웨어적 제한조건보다 클 경우에 도면을 분할시켜 출력케 한다. 이때 분할된 도면의 경계부분에서는 상호 중첩되게 함으로써 분할된 출력도면으로부터 전체 출력도면의 작성을 용이하게 하고 있다.

8), 9) : 1)에서 7)까지의 처리는 전부 제반 테이블을 근거로한 수치적인 처리를 의미하나, 8), 9)에서는 전술한 바와 같이 실제 패턴의 작성을 의미한다.

2. 도면의 작성에

그림 6의 논리회로는 자동작성된 예이며, 정전프린터로 출력된 것이다.

실제의 크기는 약 130mm×130mm이며, 해상도(분해도)는 1mm당 8 pel(화소)이다. 본 출력도면은 510 pel×

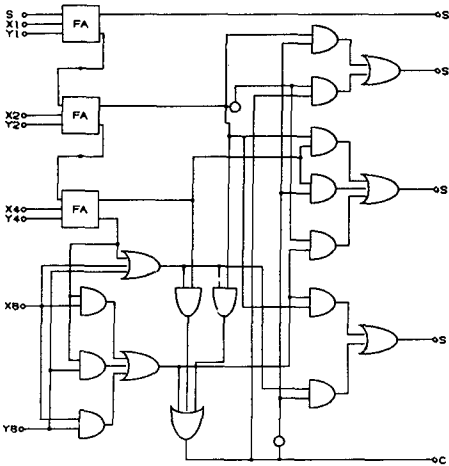


그림 6. 출력도면의 예

510 pel 크기의 분할된 출력도면 6장을 연결하여 만든 것이다.

IV. 끝 맺 음

II에서 설명한 K 시스템은 현재까지도 연구가 진행되고 있다. K시스템에 관한 연구는 당초 3분야로 나누어져, 3개의 팀이 1982년 초부터 시작된 것이다. 3분야라는 것은 i)설계도면에 포함된 문자,도면요소, 접속관계의 분리방법의 연구, ii)문자 및 도면요소의 인식, iii)편집기능을 갖춘 설계도면의 자동작성을 뜻하나, 그중에서 i) 및 iii)에 관한 연구는 1983년 3월까지 끝났으나, ii)에 대하여서는 아직까지 진행중으로 알고 있다.

끝으로 설계도면의 자동작성 시스템의 확대 적용에 관하여 조금 언급하기로 한다.

도면의 작성에 있어서 도면요소의 정의, 동적제어부의 방식은, 예를 들면 한글문자, 한자등의 자동생산에 그대로 확대 적용이 가능하다. 한글문자의 기본 구성요소는 자모이며, 한자의 구성요소는 부수이며, 이는 도면작성을 위한 도면요소에 해당되므로, 도면작성을 위한 동적제어부의 알고리즘만 변경시키면, 한글, 한자의 자동생성이 가능하며 문자의 품질도 상당한 수준에 달할 것으로 여겨진다. 해설을 끝맺기 전에 필자의 연구에 많은 지도를 해주신 일본 경도대학의 사카이도시유기(坂井利之) 교수님께 감사의 말씀을 드린다.

참 고 문 헌

[1] 木村一嘉：“図形情報システム，その設計方法と事例”，マグローヒル好學社，1978.  
 [2] Melvin A, B., *Design Automation of Digital Systems*, vol. 1, Theory and Techniques, Prentice-Hall, Inc., 1973.  
 [3] Girardi, M., *Computer Argumented Drafting System*. EDRP, Proc. of EDRA 3/AR8 Conf., W. Mitchell (ed), UCLA, 1972.  
 [4] 木村：“廣域データ自動入力システムの研究”，日本経営工学研究会，春季，1976.  
 [5] Knuth, D.E., *METAFONT-A System for Alphabet Design*. AMS, Bedford, Mass. and Prince, R.I, Included as Part III, 1979.  
 [6] LEE SOO YOUN, *An Automatic Generation System of Bilevel Document Image by Dynamic Composition Method*. Thesis of Doctor of Eng. at Kyoto Univ..1983. \*