

印刷配線基板의 設計・製造에 대한 CAD/CAM의 導入事例

大德電子株式會社 提供

제 2의 産業革命이라 일컬어지는 CAD/CAM의 導入 氣運이 國內 各界에 일고 있다. 이미 造船, 縫製, 建設 등의 많은 企業들이 CAD 시스템을 가동중에 있거나 도입을 추진하고 있다. 電子製品의 骨格이라 할 수 있는 印刷配線基板의 設計・製造에 CAD/CAM을 도입하여 製作期間의 단축과 工數節減에 성공한 日本 愛工電化株式會社 黒岩藩 常務取締役의 글을 소개한다. (編輯部)

I. 머릿말

1. CAD 導入의 背景

IC의 自動設計에 뒤이어, 1960年代에 들어서자 PWB의 自動設計를 생각하게 되었으며, 後半期에는 自動配線徑路의 探索 알고리즘의 基本이 되는 論文이 잇따라 발표되었다. 이러한 가운데서 日本 IBM이 PWB의 自動設計를 시작한 것이 필자가 見聞한 시초라 하겠다.

當社에서는, 1970年代初에 導入한 CNC photo-plotter (데이터·베이스로 印刷配線 패턴을 빛으로 직접 필름 상에 描畵하는 기계)와 CNC 드릴링·머신으로 CAM을 先行하였다.

이러한 自動機械는 PWB 製造上의 高精度化, 省力化에는 크게 도움이 되었으나, 制御情報의 공급을 위한 圖面이나 필름의 解析을 필요로 하였으며, 이러한 디지털자와 디지털의 情報作成 作業에는 상당한 노력이 필요하였다.

한편 回路開發의 需要增大로 고객측의 回路設計 技術者도 不足하게 되어, 보다 創造性이 높은 論理回路의 開發에 專念할 必要때문에, 印刷回路의 設計作業을 우리 PWB 製造의 專業者에게 依託하는 일이 많아졌다.

2. CAD 導入의 준비

우리들은 PWB 回路設計에 CAD를 導入하기 위하여 1975年 4명의 프로젝트·팀을 구성하였다. 이미 業界에는 미니컴퓨터에 의한 印刷配線用 CAD 시스템이 발표되고 있었으나, 우리들의 필요에는 충분치 못

하였다.

프로젝트·팀은, 컴퓨터의 공부부터 시작하여, 주로 美國에서 발표한 CAD에 관한 論文중에서 특히 經路 探索의 알고리즘을 많이 연구했다. 약 1년반이 걸려, 우리들이 필요로 하는 PWB용의 CAD 外部 仕様書를 작성하였다.

3. CAD의 開發과 導入

1975年 前後에는 소위 슈퍼 미니컴이라 불려지는 科學技術演算用의 高性能 電子計算機가 잇따라 發表되었으며, 장래성이나 그의 性能으로 보아, CAD 시스템의 中心으로 日本電氣(NEC)의 미니컴퓨터 「MS 50」을 택하였다. 그리고 1977년에는 日本電氣의 情報處理·製造裝置 시스템 事業部에 仕様書를 가지고 들어가 PWB의 CAD 시스템 開發을 의뢰하게 되었다. 開發의 第一段階는 1980年 3월에 끝났으며, 그후에도 개선을 加하면서 오늘까지 허다한 難設計를 消化하여 업무향상에 공헌을 하고 있다.

II. PWB의 CAD

1. CAD의 範圍

PWB의 CAD의 範圍는 論理回路圖, 部品表, 基板 構造圖 및 設計基準이 주어지는데서 부터 시작하여, 이들의 情報의 入力, 部品配置設計, 配線設計를 끝내고 部品配置圖, PWB 回路圖, 솔더·레지스트圖, 記號 印刷圖 등을 플로팅하여 PWB 製造의 CAM 情報 및 部品 패키지의 CAM 情報를 出力하기 까지이다. 一般적으로 電子回路는 論理의 여러 訂正을 포함하여

設計變更이 자주 일어나기 때문에 한번 CAD를 完了한 것의 변경 루틴도 포함되어야 한다.

2. CAD의 制約條件

論理回路圖는, 回路開發者의 論理展開에 따라서 情報處理 등의 흐름에 맞추어 自由奔放하게 部品이 配置되고 結線이 그려져 있다. 部品の IC에 이르러서는 게이트마다 分割되는 것이 보통이며, 結線도 마음대로 交叉하여 그려져 있다(그림 1). 이에 대하여, PWB의 回路는 한정된 面積構造안에 모든 部品을 整然하게 配置하고, 部品간의 接續도 設計基準를 만족하게 收納하지 않으면 안된다. 당연한 일이지만 同一 回路層內에 있어서 電位가 다른 回路를 交叉시키는 일은 허용되지 않는다.

一般的으로 CAD를 必要로 하는 PWB는, 回路層을 2층이상 허용하고 있으나, 回路層을 증가시키면 回路의 配線設計의 自由度는 높아지나 PWB의 價格도 상승하기 때문에 될수록 적은 回路層으로 結線하는 것이 바람직하다.

3. CAD의 最適解

앞의 制約條件下에서 最適 部品配置, 最適 配線經路를 算出할 만큼은 그래픽 理論이 發達되어 있지 않으며, 무엇을 가지고 最適解라 하는가도 定義하기 곤란한 것이 현실이다. 즉, 電子回路의 PWB에의 展開, 收納에 있어서 最適解란 얻을 수가 없다. 그러나 實用的 범위에서는 지정된 面積構造안에 全部品을 配置하고, 豫定된 回路層內에 全接續을 配線하되 總配線 길이를 最短으로 되게끔하면 고객의 要求는 만족하게 된다.

4. CAD의 部品配置

우리들의 設計經驗에 의하면 最初의 部品配置가 그 다음의 配線設計의 難易도를 決定하고 만다. 部品配置設計가 優秀하면 配線의 CAD에 있어서 人間の 介在가 적게 되어 DA (design automation)에 보다 가까워지게 된다. 컴퓨터로도 어느 정도 좋은 配置를 하는 것은 可能하지만 사람이 配線經路의 흐름 全體를 考慮하고 ダイナミック한 思考過程을 거치는 部品配置에는 당

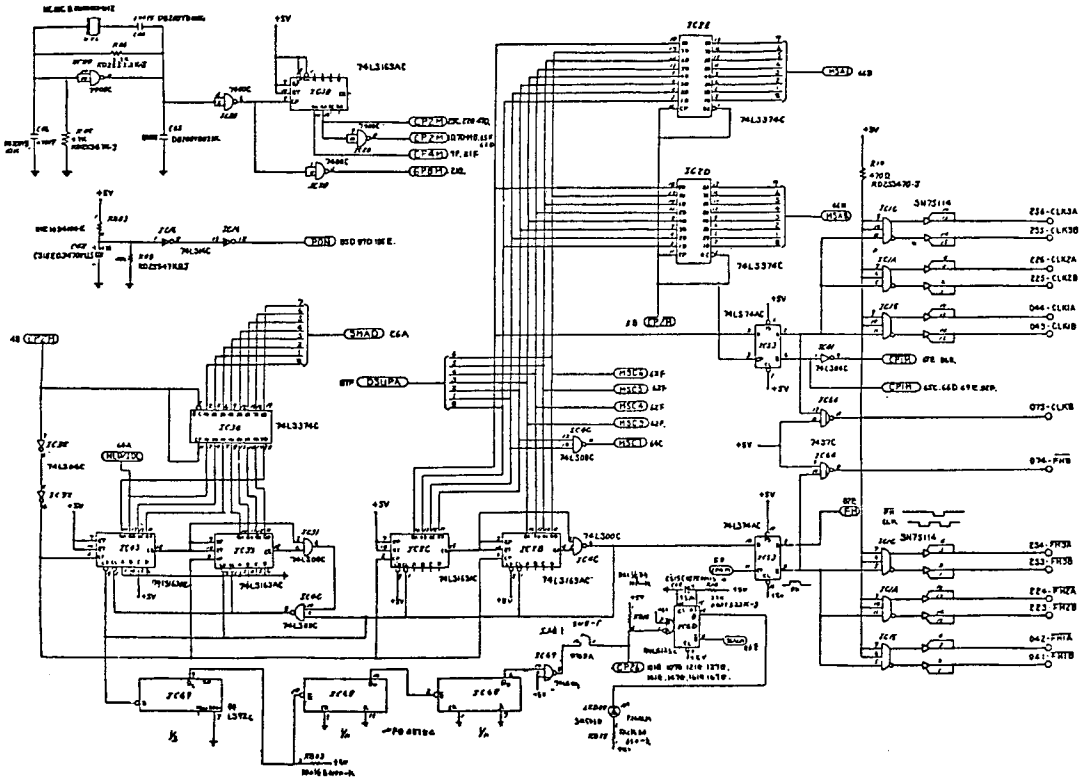


그림 1. 論理回路圖

하지 못한다.

PWB의 CAD에 依한 部品配置技法이 여러 가지 發表되고 있으나, 어느 것이나 部品間 接續線의 力學的인 引張力이나, 反撥力을 演算要素로 하여, 全體의 配線 길이를 짧게하든가 配線分布를 平均化하는 것같은 解를 求하는 방식이다.

5. CAD의 回路探索

部品配置가 완료되면 部品間接續의 自動配線을 한다. 自動配線(auto routing)을 實行하는 回路探索도 여러 가지 방법이 발표되고 있으나, 크게 나누어 線分探索法(line search method)과 迷路法(mesh method)의 두 가지가 있다.

線分探索法은, 빈 經路上을 障礙에 맞부딪칠 때까지 직선적으로 相對端子를 향해서 配線經路를 探索해 나간다. 꺾임을 허용하는 數로 到達能力은 높아지나, 빈 經路가 있다고 꼭 到達可能하다고는 할 수 없다. 그러나 비교적 小型의 컴퓨터라도 高速處理가 可能하다.

迷路法은, 이웃의 빈 經路를 全方向에 걸쳐 찾아간다. 探索經路는 等比級數의 으로 增大한다.

그러나 여하한 복잡한 經路라도, 빈 經路가 相對端子까지 이어져 있으면 물이 스며 흐르는 것 같이 꼭 11의 地에 到達한다. 記憶容量이 크고 高速演算이 可能한 컴퓨터가 아니면 處理가 不可能하다.

一般的으로 回路探索을 컴퓨터에게 自動的으로 시킬 경우 시스템의 規模에 관계없이, 全接續을 配線하는 것은 아직 成功하지 못하고 있다. 반드시 未到達 接續을 남긴다. 이것은 既配線이 다음의 配線經路를 차단하는 장애가 되기 때문이다.

配線順序를 바꿈으로써 未到達 接續을 減少시킬 수는 있으나 原理的으로는 解決되지 않는다. 결국 回路探索에 있어서도 現단계에서는 사람의 개입을 필요로 하고 있다.

6. CAD의 CRT 디스플레이

PWB-CAD의 中心 作業인 部品配置 및 配線設計에 사람의 개입이 필요하기 때문에 그래픽 디스플레이는 CAD 시스템의 중요한 하드웨어 構成要素이다. 人間은 CAD 시스템의 부족한 分野인 「全體를 관찰하며 위치교환 작업등의 動的處理」를 디스플레이를 통하여 인터랙티브하게 행한다. 따라서 CRT 디스플레이는 스토리지型보다는 리프레시型이 적합하다.

PWB의 패턴은 縱橫의 線分은 대단히 많으나, 三次元 패턴은 없고, 모두 二次元 패턴으로 표시할 수 있다.

會話處理에 있어 원활한 移動이나 編輯등의 여러 가

지 커맨드 메뉴를 유효하게 구사하여 設計效率을 높일 것을 전제로 벡터 스캐닝(랜덤 스캐닝)型 CRT 디스플레이가 가장 적합하다.

III. 當社의 PWB-CAD

1. 시스템 構成

當社의 PWB-CAD는, NEC의 슈퍼 미니컴 MS 시리즈를 中央處理裝置로 하는 「NEWCAD-PWB」 시스템으로 되어 있다.

하드웨어 구성은 그림 2와 같다. 시스템은 大容量 記憶裝置를 가진 슈퍼 미니컴과 랜덤 스캐닝 방식의 그래픽 디스플레이를 사용한 스탠드 얼론형의 턴·키 시스템이다.

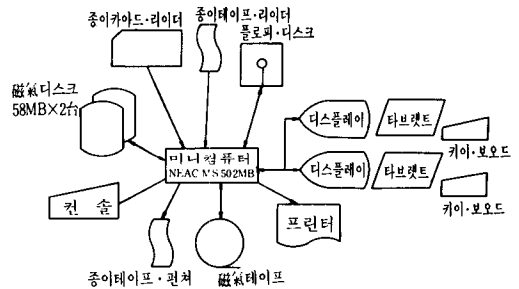


그림 2. CAD 시스템 구성

2. CAD 處理의 흐름

設計 對象 PWB의 部品과, 接續의 理論情報의 入力과 基板構造, 部品構造 및 設計規格을 라이브러리로 부터 읽어냄으로써 設計處理는 시작된다. 處理의 흐름은 그림 3과 같다.

3. 入力處理

一般的으로 CAD의 對象이 되는 論理回路의 PWB上의 構造는, 顧客側의 標準이 되어 있어, 한번 入力된 것은 共通仕様으로써 라이브러리에 保存해 둔다. 이외에, 라이브러리에는 共通仕様으로써, 部品構造, 基板設計規格등을 保存하고 있다.

各 PWB의 論理情報는, 그때마다 入力한다. 部品表, 論理回路圖의 情報를 記述하는 文法은 간단하다. 部品의 記述는 部品固有名을 羅列하고, 接續은 部品名과 端子番號를 한쌍마다 記述한다. 코딩 시트의 一部를 그림 4에 表示한다. 記述된 情報는 핀치·카드에 적혀져 컴퓨터에 입력된다.

4. 設計 準備 作業

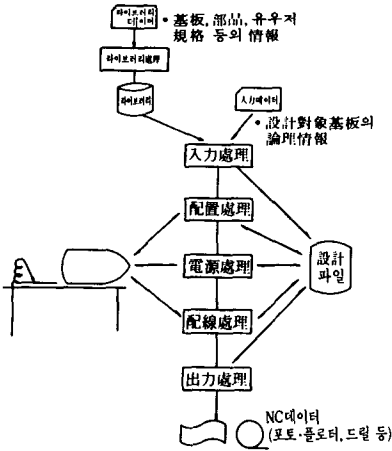


그림 3. 시스템 처리의 흐름

設計者は CAD 作業前에 다음 準備作業을 끝낸다.

- i) 使用하는 基板構造를 지정한다.
- ii) 回路 層數를 지정한다.
- iii) 格子를 定義한다. 一般的으로 電子部品の 端子構造는 2.54mm의 格子上에 展開되어 있으므로 이것을 主格子로 한다. 그밖에 副格子로서 主格子사이에 1~3개의 配線經路를 지정한다. 어느 것으로 하는가는 回路密度에 따른다.
- iv) 設計基準를 지정한다.

이러한 準備作業은 미리 카드에 入力하여 둘 수도 있고, 디스플레이로부터 入力할 수도 있다.

5. 部品 配置 設計

實裝하여야 할 部品을, 사용 가능한 공간내의 고르고 질서정연하게 配置하기 위하여, 마크로 座標를 指定한다. 이것은 構造的으로 主된 部品の 數보다도 약간 많은 數의 바둑판 눈에, 基本 格子를 X側 Y側을 갈게 整數分割하여, 主部品の 配列할 자리를 마련하는 作業이다. 各 部品은 이 마크로 座標의 일정한 자리에 自動配置된다.

一般的으로 PWB는 한장으로 機能하는 것이 아니라 外部와의 接續을 필요로 한다. 이 外部 接續端子는 構造情報에 登錄되어 위치가 지정되어 있다가, 그렇지 않으면 外部 接續端子의 위치를 미리 지정해 둔다. 自動配置 되어야 할 部品은, 이 外部 接續端子를 起點으로 해서 각각의 接續情報를 더듬어서 마크로 座標에 각각 自動配置 된다.

自動配置된 部品을 일단 디스플레이上에 展開하여 본다. 컴퓨터는 여기서 全體의 配線密度나, 개개의 部品으로부터 출발한 接續의 벡터群이 멀리 떨어져 있다가, 너무 긴 回路를 찾아내어 配置가 가장 잘못된 部品을 선택한다. 設計者は 部品配置 全體를 고려하여 잘못된 配置를 바꿀 것을 지시한다. 다른 技法으로는, 컴퓨터가 어느 하나의 部品을 着眼하고, 다른 全部品을 固定시켜서, 理論的으로 最適의 위치를 算出하여, 이 위치와 이 部品이 놓여 있는 마크로 座標와 가장 멀리 떨어져 있는 것을 선택할 수도 있다.

어느 技法이든, 設計者와 컴퓨터는 이 作業을 몇 번 이고 되풀이하여, 後의 自動配線의 結線率이 높아지고, 총 配線 길이가 짧게 되도록 部品配置의 組合를 찾아내는 것이다.

작업서

제 57호 7월 5일

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1 CAD	CAD-TEST-01				ALC/FH	PWB-01				82/07/05											
2 LAYR	X	Y																			
3 GRID	254	3																			
4 RULE	1	2	33	50	100	120	100														
5 PAT1	SN74LS00																				
6 PAT2	IC-1		IC-3		IC-6																
7 PAT3	SN74LS00																				

그림 4. 入力 情報의 코우딩 例

6. 電源配線設計

信號線의 配線前에 電源線을 미리 結線하여 둔다. 電源線은 電力供給만이 아니라 靜電遮蔽壁이나 雜音對策도 경하는 경우가 많기 때문에 設計者와의 會話處理을 필요로 한다. 可能한 限, 信號線의 經路를 희생시키지 않는 配慮가 필요하다.

7. 配線設計(經路探索)

信號線의 自動配線이 本 시스템이 가장 큰 偉力을 發揮하는 기능이다. 接續順序는, 信號線의 同電位系列 단위로 하되 그 가운데 部品配置에 의하여 決定된 핀 패어의 짧은 것부터 시작된다. 同電位의 多端子系는 多分岐配線이 된다.

自動配線技法은 여러 段階로 나누어진다. 自動配線의 初期段階에서는 線分探索法으로서, 단순한 經路를 高速으로 探索해 가다가, 막다른 곳에 다다르면 迷路法으로 探索하는 것이다. 어느 技法도 겪이는 數의 制限과, 探索을 許容하는 領域의 制限에 따라, 다시 探索段階를 設定한다.

各 段階에 있어, 남아 있는 接續은 모두 經路探索 對象이 되나, 그 段階에서 가능한 조건으로 探索이 不可能한 接續은 未結線대로 남아 다음 段階의 探索 對象이 된다. 以上の 모든 作業은 自動적으로 進行되어 最終 段階를 끝내고도 未結線 接續이 몇 개 남는다.

컴퓨터는 디스플레이상에 未結線 接續을 1개씩 표시하여, 除去하던가 移動하여 주었으면 하는 既配線의 障碍를 표시한다.

設計者는 會話處理가 풍부한 커맨드를 써서, 障碍되는 既配線의 삭제, 이동, 再配線 등을 하여, 결국 모든 結線을 完了한다. 自動配線, 會話處理에 의한 自動配線을 통하여 컴퓨터는 設計基準를 준수하게끔 체크를 自動적으로 행한다.

8. 出力處理

CAD가 끝난 PWB의 設計結果는 高速 펜·플로터, 光點 플로터, CNC 드릴머신, CNC 루터머신 및 베어보드 체커用 情報로써 出力된다. 出力된 情報는, 각각의 PWB 製造장치의 CAM 情報로서의 言語體系도 整合되는 것이다. 이들 情報는, 마치 金型이나 印刷版과 同一하게 專用 治工具로서 管理된다.

IV. 當社의 PWB-CAM

1. CAD/CAM 體系

PWB는 機械加工, 写真處理, 印刷, 化學處理 등 다양한 工程으로 製造되는데, 現在는 化學處理工程을 除

外하고는 거의 모든 工程에서 CAD와 연관된 CAM이 可能하다. 當社에 있어서의 代表的인 製造工程의 CAD

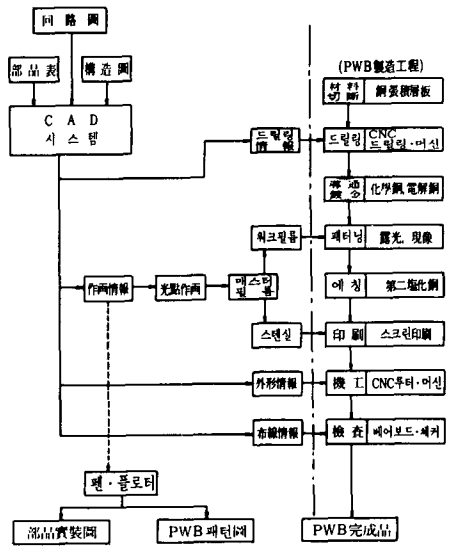


그림 5. 代表的인 製造工程에서의 CAD/CAM 體系

/CAM 體系는 그림 5와 같다. 이 體系에 있어 入力은, 論理回路圖, 部品表, 構造圖 및 材料이며, 出力은 PWB, 印刷回路圖 및 部品配置圖이다. 材料를 제외한 入力은 顧客으로부터 받아, 出力 全部를 顧客에게 納品한다.

2. 아트워크 CAM

아트워크는, 導體回路層, 솔더·레지스트 印刷層 및 記號印刷層의 마스터 패턴 필름의 作成工程으로서, 基板製造의 前段階이다. 마스터 패턴의 카피가 곧 印刷配線基板이므로, 마스터 패턴의 精度는 그대로 基板의 良否에 直結된다.

마스터 패턴의 作成은, CNC 포토 플러터에 의하여 완전히 CAM化 되어 있다. 이 機械는 CAD의 作圖情報를 받아, 暗室內에서 리드·필름(lith film)에 직접 光點을 노광시켜 플러팅한다. 플러팅은 實치수로 그려져, 리드·필름을 現象하면 그대로 마스터 패턴이 된다. 이 마스터 패턴으로부터, 워크·필름 및 印刷필름을 轉寫한다.

3. 드릴링工程의 CAM

基板에는, 部品 리드선을 삽입하거나, 導體層間의 電氣 導通을 위하여, 수천개의 구멍이 드릴링된다. 구멍의 위치, 內壁의 거칠음등이 높은 精度를 요구하고 있다. 드릴링은 CNC 高速 드릴링 머신으로 加工된다.

이 機械는 CAD 情報를 받아, 18枚의 基板을 同時에 1分間에 200~300 비트로 드릴링한다.

4. 外形 加工의 CAM

基板의 外形 모양은, 부착할 裝置의 構造에 따라 다르고, 量産의 경우에는 프레스로 따드나, 少量의 경우에는 CNC 루터 머신으로 加工된다. CNC 루터 머신은, CAD 情報를 받아, 同時에 18枚의 基板에 角孔이나 外形을, 分速 60~90cm로 切削加工한다.

5. 通電檢査의 CAM

基板의 導體回路는 0.2~0.3mm의 幅과 間隔으로 延長이 數百미터가 된다. 이 回路는 워크·필름으로부터의 感光膜에의 轉寫, 그리고 鍍金, 蝕刻 등에 의하여 만들어진다. 때문에 斷線, 短絡의 不良이 없을 수는 없다. 目視檢査로 發見하는 것은 대단한 勞力이 들뿐만 아니라 完全하지 못하다. 더구나 多層基板의 內層에서의 不良은 發見이 不可能하다. 이 때문에 當社에서는 마이크로컴퓨터 制御에 의한 大規模의 通電檢査機를 開發하였다. 이 檢査機는 500mm×300mm의 面積의 基板格子에 약 27,000개의 스프링핀을 심고, 이 핀으로부터 基板回路에 通電하는 構造이다. 각 핀은 1개에 약 200g의 接續壓을 가지고, 각 핀마다 트랜지스터·어레이의 스위칭素²에 結線되어 있다. 基板은 數百의 獨立된 回路網으로 構成되어 있다. 그러나 回路網의 端子는 部品 구멍이나 外部 接續端子이므로, 이곳에 接續되는 핀만을 制御 通電하여, 全 回路網의 導通 短絡을 檢査한다. 檢査機는 良品의 基板으로부터 檢査 프로그램을 作成하는 것도 可能하지만, 이것은 어디까지나 比較檢査이다.

檢査 프로그램의 作成에도 약간의 時間과 勞力을 要하므로, 보다 完全한 檢査를 위하여, 現在 CAD 出力의 使用을 試圖하고 있다.

V. CAD/CAM의 效果

1. 機械化의 段階

PWB 製作의 設計, 아트워크의 機械化는, 1) 手作業/카메라·워크, 2) 圖面解析/CAM, 3) CAD/CAM의 3段階이다.

각각의 段階는 現在도 이렇게 하고 있으며, 세 가지의 製作 라인을 構成하고 있다. 이것은 電子回路의 性格上, 機械化된 設計 아트워크에 적합하지 않은 아날로그系의 回路도 있으며, 顧客側과 PWB 製造者側과의

作業分界點도 固定되어 있는 것도 아니며, 이미 顧客側에서 PWB 回路設計가 끝난 段階에서 우리들의 作業이 시작되는 경우도 있기 때문이다.

2. 製作時間의 比較

CAD/CAM의 效果를 測定하기 위하여 1) 2) 3)의 어느 라인에서도 製作이 可能한 대표적인 2層의 PWB를 선택했다. 일반적으로 2層의 回路는, 回路層에 電源配線과 信號配線을 混在시키지 않으면 안되므로, CAD에 있어서는 어려운 것이다. 그러나 1)의 作業으로는 多層基板의 아트워크가 不可能하고, 2)의 作業으로는 2層回路가 主流이기 때문에, 2層 基板을 선택한 것이다.

- i) 回路種類: 論理回路
- ii) 論理素子數: 104개
- iii) 構造面積: 350mm×220mm
- iv) 回路層: 2層
- v) 基本格子間: 1本
- vi) 信號線接續數: 1,002쌍

샘플의 PWB를 1), 2), 3)의 技法으로 設計, 아트워크, CAM 情報까지의 作業을 시켜 본 結果는 아래와 같다.

1) 手作業 / 카메라·워크

工 程	勞 動 時 間	製 作 時 間
設 計	64H	64H
트레이스	24H	24H
아트워크	48H	48H
카메라워크	0.5H	2H
穿孔情報 製作	2H	2H
累 積 時 間	138, 5H	140H

2) 圖面解析 / CAM

工 程	勞 動 時 間	製 作 時 間
設 計	64H	64H
트레이스	24H	24H
圖面解析	8H	8H
포토·플로팅	3H	3H
累 積 時 間	99H	99H

3) CAD / CAM

工 程	勞 動 時 間	製 作 時 間
記 述	6H	6H
카드·핀치	3H	3H

入力處理	0.5H	0.5H
部品配置處理	2H	2H
電源處理	1H	1H
自動配線	0H	2H
會話處理	2.5H	2.5H
出力處理	0.5H	0.5H
포토·플로팅	3H	3H
累積時間	18.5H	20.5H

CAD/CAM은 勞動時間, 製作時間이 모두 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{7}$ 로 短縮된다. 多層基板이나 基本格子間의 信號線 密度가 2~3 개인 高密度 實裝基板에서는, 그 差는 더욱 擴大 된다.

3. CAD/CAM의 評價

CAD 業務를 開始하여 거의 2年이 되었다. 現在는 CAD 要員으로 소프트웨어 開發 2名, 디자이너 7名, 펀처 1名을 配置하고 있다.

하루에 대개 2모델 이상의 設計業務를 하고 있다. 多層基板은 全量을, 2層 基板은 大規模의 것이나 高密度의 것만을 CAD로 設計하고 있다. 要員의 熟練度

가 向上되고 약간의 增員을 하여, 라이브러리가 整備 되면, 現在의 2~3배의 生産은 可能하다고 생각한다. CAD를 시작하여 얻은 效果는, 大幅 製作時間의 短縮이 되었고, 大規模 高密度 基板의 製作이 용이하게 된 것이다. 경제적인 效果에 대하여는 生産量이 能力에 到達하지 못하였기 때문에 評價하기 힘들지만, CAD/CAM을 통하여 評價하면 상당한 것을 期待할 수 있다.

VI. 結 言

印刷配線基板的 CAD/CAM에 대하여 部品配置나 線分探索 등, 다른 CAD 應用에서는 볼 수 없는 特種적 내용을 소개하였다. 當社의 CAD/CAM은 이제 실마리를 잡은데 불과하다. 특히 PWB의 製造工程의 CAM化의 擴大에는 많은 開發課題가 남아 있다. CAD/CAM의 連繫도 더욱 直線的으로 하고 싶다. 우리와 같은 中小企業에서의 CAD/CAM化는 人的 資源의 先行投資에서의 곤란을 수반하였던 것은 事實이나, 本 시스템의 開發에 있어 日本 電氣에 많은 新세를 지고 있다. ***

◆ 用語 解説 ◆

As extraripple filter (also called maximal ripple filter) is an FIR filter whose frequency response is equiripple in both the passband and stopband, and whose frequency response contains the maximum possible number of ripples. There is no general agreement as to the appropriateness of this term, and as such, no recommendation as to its usage is made.

An equiripple (optimal) filter is an FIR filter which is the unique best approximation in the minimax sense to some specified frequency response characteristic over any closed subset of the frequency interval. For the lowpass filter case the optimal filter may be an extraripple filter, an equiripple filter with one less than the maximum possible number of ripples, or a filter with the maximum possible number of ripples all except one of which are of equal amplitude.

A frequency-sampling realization is a means or realization of an FIR filter of duration N samples as a cascade of a comb filter and a parallel bank of N complex pole resonators. The filter output is obtained as a weighted sum of the outputs of each of the parallel branches; the multiplier on the kth branch being the kth DFT coefficient of the filter impulse response.

A Kalman filter (discrete time) is a linear, but possibly time-varying discrete-time filter with the property that it provides a least mean-square error estimate of it (possibly vector-valued) discrete-time signal based on noisy observations. The statistical description of the problem is such that the Kalman filter has a recursive implementation, using a linear combination of new observations and old estimates. The filter design may be based on a more general error criterion, using a nonquadratic loss function. Its essential features are that its design is based on a statistical criterion in the time domain, and that it is, in general, time varying. If the filter is further restricted to be time invariant it becomes the Wiener filter.