

## 6J-8

E S P A Rにおける  
自動配線への知識利用

西村祐一 吉村宏之 植村博一 青江秀雄

松下電器産業(株) 情報通信研究センター

## 1. はじめに

商品の高機能化やLSI技術の発展に伴い、プリント基板は高密度化・多層化が進んでいる。プリント基板の設計には様々な自動配置配線システムが市販され、利用されているにもかかわらず、それほど設計効率が上がっていないのが現状である。その原因の1つに、市販のシステムのほとんどがアルゴリズム処理のため、自動で設計されたレイアウトが必ずしも熟練設計者の意図に合ったものとならず、その後の対話修正にかなりの時間を費やされてしまうことが挙げられる。

そこで我々は、AI(人工知能)的アプローチを用い、熟練設計者のノウハウを知識ベース(以下KSと略す)として構築し、この知識をもとに自動配置配線を行うシステムESPAR(Expert System of Placement And Routing)を開発している<sup>[1]</sup>。本システムにおける自動配置機能<sup>[2]</sup>や、自動配線アルゴリズム<sup>[3]</sup>については既に報告済である。ここでは、自動配線への知識ベースの導入について報告する。

## 2. 配線のための知識

自動配線で用いられる知識(ノウハウ)としては以下のものが考えられる。

## (1) 配線パラメータの設定知識

配線パラメータには基板に依存するパラメータと各種ルータに依存するパラメータがある。前者の例としてはアドレスバス、データバスなどを示す信号線名を指定する束線の設定、水平・垂直配線面を指定する配線面の設定、箔巾やクリアランスを指定する設計基準の設定などがある。後者の例としてはメモリパターンの配線方向の設定や線分探索法における最小、最大探索レベルの設定などがある。

## (2) ルータの実行知識

ESPARにおける自動配線では、配置での知識が有効に活かされるよう、部品種類や配線パターンに応じた個別のルータアルゴリズムを用意している。よって、1つのルータ自身も1つの大きな知識と考えられるが、種々の基板毎にどのルータを、どの順番で実行するかは設計者のノウハウである。

## (3) 1つのルータの実行手順に対する詳細な知識

(2)で順序づけられた各ルータを種々の基板にどの様に適用していくかもやはり設計者のノウハウである。例えば、表1.(a)に示すルールでは多層基板に対してバスルータを実行する際、まず外層で配線を行う。その結果未結線が残れば、残った配線ペアに対し引き出し処理を行ったのち、内層で配線を行うという知識である。

## (4) 配線対象部品の位置関係による配線方法決定知識

この知識は配線対象部品となる部品間の位置パターンによりその配線方法を決定するという知識である。

例えば、表1.(b)に示すルールは配線対象部品が基板の対角線上両端にあり、またその間の配線密度が高いとき、直接部品間を配線するのではなく基板の外を迂回して配線するという知識である。また表1.(c)に示すルールは配線対象部品が整列して配置されていることが確認されたらメモリルータを実行するという知識である。配置においてメモリなど同じ大きさの部品は整列して配置するというルールが発火していれば部品の配置パターンが整列していることを知るは容易である。

## (5) 配線順序決定知識

1つのルータにおいて、どの配線対象ペアから順に配線していくかという知識も配線率向上、あるいは電气的特性向上のための重要な知識である。例えば、重要な信号線は先に配線するとか、同じFLPの同じ方向にあるピンからのバス配線を行う場合、FLPから引き出す長さの長い方の配線ペアから先に配線するというような知識がある。

## (6) 既配線パターンによる配線経路決定知識

この知識は、配線経路を探索する際、既配線パターンの状況を見ながら、効率のよい配線経路を見つけ出すための知識である。例えばリップアップルータにおいて引きはがし配線本数を少なくするため、探索経路が既配線とぶつかった場合、既配線を直角にまたぐのではなく、既配線上を沿うような方向に探索方向を変えるという知識がある。

## 3. 配線KSとその構造

本システムにおいて、配線効率を上げるための知識は、従来自動配置KSの側で主に記述されており、自動配線では、個別のルータがシステム側で設定された優先順位に従って実行されるというものであった。ところが、最近の高密度ディジタル混在の多層基板にお

表1. 配線の知識例

(a) (バスの信号線がある)
→( [バス] ルータを [外層] で配線 )
(バスの信号線の未結線ペアがある)
→( 未結線のバスを引き出し、 [バス] ルータを [内層] で配線 )
(b) (配線対象部品は基板対角線上両端に位置)
(配線対象間の配線密度は高い)
→( 基板の外を迂回して配線 )
(c) (配線対象部品は整列2列配置である)
→( [メモリ] ルータで配線 )

いては、必ずしもその手順は画一的なものではなく、種々の基板により柔軟に対応するためにルータの実行手順、配線面などを更に詳細に設定する必要が生じてきた。

そこで本システムでは前節で述べたような知識を格納し、自動配線でそれを実現するための配線KSを構築した。その構造は、2つのトップKSとその下に階層的に位置する下位KS群から成り立っている。各KSの内容は次の通りである。

#### (1) 配線初期設定トップKS

配線に必要な各種パラメータ(配線面、設計基準、システムパラメータなど)の設定を行うKS。主に前節(1)で述べた知識が格納されている。

#### (2) 配線実行トップKS

どのルータをどの順番で実行するかという実行戦略が格納されているKS。前節(2)の知識に対応する。

配線面・箔巾・パラメータなど、ある程度主要なパラメータに関しては、各ルータ単位で設定、変更が可能である。

#### (3) 下位KS

階層的に配線実行トップKSの下に位置し、前節の(3)~(6)で述べたような各ルータを実行する際の詳細な知識が格納されている。

これらのKSはすべて日本語で記述されており、設計者が種々の基板や基板の変化に対応して自由に追加・修正することによりシステムの性能アップが可能である。設計者が知識を容易に編集できるように知識編集ツールも用意している。

なお、KSを制御するエキスパートシェルはわれわれが独自で開発した Ceishell<sup>(4)</sup> を用いており、低負荷で高速の処理を実現している。

## 4. 実施例

高密度ディジアナ混在多層基板における配線実行トップKSの一部を図2に示す。各ルータ毎のパラメータの設定や変更も、本KSにあらかじめ記述しておくことにより、従来のような対話的なオペレーションの手間を省くことができる。

バスルータ1:	(種類 [バス] ルータのタイプ [全体] を面 [両面] で実行)
バスルータ2:	(種類 [バス] ルータのタイプ [引き出し] を面 [両面] で実行)
電源・グラウンドルータ:	(設計基準 [箔巾] を値 [0.3] に変更)
	(種類 [電源グラウンド] ルータ を面 [両面] で実行)
FLPルータ:	(設計基準 [箔巾] を値 [0.15] に変更)
	(種類 [FLP] ルータ を面 [両面] で実行)
	.
	.
	.
リップアップルータ:	(水平配線面 [1] 垂直配線面 [4] に変更)
	(制限時間を [5] 時間に設定)
	(種類 [リップアップ] ルータ を面 [両面] で実行)
整形処理:	(種類 [ビア削減 斜線処理])
	(種類 [整形処理] ルータ を面 [両面] で実行)

図1. 配線実行トップKS例

## 5. まとめ

本システムにおいて、配置だけでなく配線に対しても知識ベースを導入することにより、未熟な設計者でも、熟練設計者と同様の配置配線設計が可能となった。今後は、さらに多様な配線パターンに対応できるよう、下位KSの充実などを行っていく。さらに、バスルータ、RIP-UPルータなどルータ自身の機能アップも同時に行っていく。

## 参考文献

- [1] 阪本他, "プリント基板自動配置エキスパートシステム ESPAR", 情処37全大, 1988
- [2] 大岩他, "プリント基板自動配置への知識応用", 情報処理学会設計自動化研究会, 1989
- [3] 上野他, "ESPARにおける自動配線", 情処40全大, 1990
- [4] H. Yoshimura et al, "Knowledge-Based Placement and Routing System for Printed Circuit Board", PRICAI'90, 1990