

一層自動配線のための適応型グリッド生成法

5 P - 9

濱 利行

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

1.はじめに

プリント基板は年々小型軽量化し配線の複雑度も増している。複雑度が増すにつれて配線作業は人間の配線能力を超えるために、コンピュータによる自動配線が必要となる。小型軽量化をめざした製品に内蔵される基板は多層化の傾向にある。配線問題はNP困難であることが知られているが、配線層が増えると探索空間が増えるものの、実行可能解の比率も高くなるために、配線品質を別にすれば、実行可能解に至るまでの平均的な探索時間が減るために問題は簡単になる。実際、多層基板の配線はコンピュータによる自動配線が一般的に使用されている。一方で、家電製品のような大量生産品に埋め込まれる基板は、一層、両面基板を使用してコストを削減している。層数が減ることにより、実行可能解の比率が極端に減るために配線問題は非常に難しくなる。このため、現在のところ現実に使用可能な一層基板用の自動配線システムは存在していない。人手に頼っているのが現状である。我々は、昨年より一層基板用の自動配線システムのプロトタイプを開発を進めてきた。本稿では、プロトタイプで使用した配線領域上のグリッド生成法について述べる。

高速かつ確実に100%の自動配線システムを実現するためには、次の2つの技術を確立する必要がある。

- (1) ネット（接続すべき端子の集合）の結線を高速に探索する技術
 - (2) 各ネットの結線が交差しないような配線順序決定、既配線修正のための有効なヒューリスティクス
- 多層自動配線では(2)の有効なヒューリスティクスがもっとも重要な課題であるが、一層自動配線では、本質的に探索を続けることを避けられないため、現実的な時間内に実行可能解を見つけるためには高速

な結線の探索技術も重要である。本稿で述べるグリッド生成法は(1)のネットの結線の高速探索のための技術である。まず、一層自動配線プロトタイプ仕様と配線戦略の概要を述べ、プロトタイプの戦略に適したグリッド生成法を詳細に述べる。

2.一層自動配線プロトタイプ

一層自動配線プロトタイプは、ジャンパー無しで配線可能なプリント基板を対象としており、配線は90度単位で信号線を配置する。90度配線のため、距離の測り方は2点間の水平、垂直距離の長いほうをとる。また、基板の外形、配線禁止領域の外形はすべて水平垂直の線分からなるものと仮定している。

自動配線の戦略は、初期解として結線どうしの交差を許して各ネットの配線を決めた後に、交差を減らすように配線を改良していく戦略を採るものが、多層基板用自動配線システムでは一般的である。多層配線の場合には、局所的な配線の改良を繰り返す山登り法が有効であるが、一層の場合には実行可能解の比率が低いと、局所的な改良で解にたどり着く可能性が低い。我々は、常に既配線と交差しない結線を追加していき、部分解を成長させていく後戻り戦略をプロトタイプで採用した。

3.適応型グリッド法

配線領域内でネットの結線を求めるためには、最短経路探索アルゴリズムのもとになるデータ構造を形成する必要がある。現状では、古典的なグリッド法とグリッド無し法の2つの方法がある。グリッド法は、配線領域を静的な格子のグラフで表現し、その上で最短経路を探索する方法であり、グラフが探索時に固定であるのでアルゴリズムの実装が容易である。一方、グリッド無し法は、出発端子から矩形領域をスイープしながら探索の道筋を動的に生成して最短経路を探索する方法であり、探索の道筋と位相的に異なる道筋が一致するために探索空間が小さくなるという利点がある。

我々の採用した適応型グリッド法は、基本的にグリッ

Adaptive sparse grid generation for single layer
auto-router

Toshiyuki Hama

IBM Research Tokyo Research Laboratory

1623-14 Shimotsuruma, Yamato, Kanagawa 242, Japan

ド法であるが、結線が進むたびにグリッドの構造を更新していき、各時点でグリッドの形成するグラフの節ができるだけ少なくなるようにしている。

初期グリッド生成

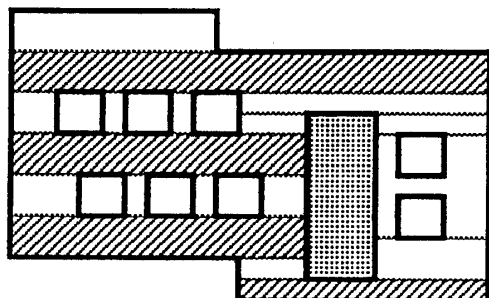


図1 水平矩形領域分割

グリッドは配線領域を水平垂直それぞれ別に矩形領域に分割することで生成する。基板外形、配線禁止領域外形、端子外形の水平（垂直）線分を他の垂直（水平）線分につぶかるまで延長して配線領域を矩形領域に分割する。この矩形領域の中で、上下（左右）を挟まれた状態にある矩形だけを選ぶ（図1参照）。

このようにして選択された水平垂直両方の矩形の交点に節を作りグリッドを完成する。また、選択されなかった矩形との交点は配線容量の検証のため補助節点として利用する。

経路探索時には、探索対象のネットに含まれる端子から水平垂直の腕を伸ばして節を生成し、探索終了後消去する。

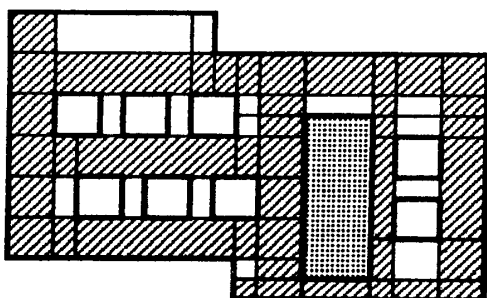


図2 初期グリッド

グリッドの更新

初期グリッドは1本の経路のみを確保して構成しているため、配線が進むにつれて既配線によって占有された部分を次のように更新する。配線によって使用された矩形領域を配線にそって二分し、配線の両

側に新たな矩形領域を作る。図3に示すように、配線に接する部分だけは両側の矩形領域をグリッドにするが、それ以外の部分は、配線の曲がる方向に応じてどちらか一方だけを採用する。よって、最終的に4つの矩形領域に分割される。

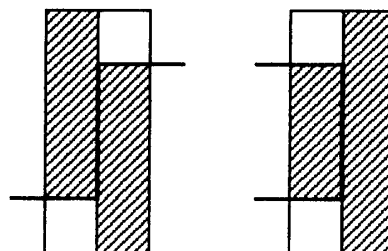


図3 グリッドの更新

また、内部的なグラフの節は、矩形領域の分割で2重になったところに2つの子供の節を作り2分木で管理する。配線で占有された部分のみの更新であるため、グラフが無駄に大きくなることを押さえられる。

4. 終りに

本稿では、我々の開発した一層自動配線プロトタイプで利用したグリッドの生成、更新方法について述べた。基本的には古典的なグリッド法による経路探索であるが、グリッドを矩形領域分割に基づいて生成している点でグリッド無し法の利点を有しており、また、経路探索時にはグリッドが静的に固定であることからアルゴリズムの実装が容易になるグリッド法の利点をも有している。プロトタイプは、90度配線を前提に作られたものであるため、45度、任意角度配線には、このままでは使用できないが、任意角度配線でなければ、配線ができない基板は少ないと考えられるので、位相的な結線を高速に求める上では十分に利用可能である。

参考文献

- [1] Thomas Lgnauer, "Combinatorial Algorithms for Integrated Circuit Layout", Applicable Theory in Computer Science, 1990, JOHN WILEY & SONS