

4V-7

コラム配線手法による高密度自動配線

永松 正博

小松 靖

九州工業大学

1. はじめに

プリント基板や 'sea-of-gates' 型の LSI の自動配線に用いられている手法の多くは、基本的な考え方は迷路法と同一であり、ネットごとに配線を進めていく手法である。この手法では、一般的に先に配線されたネットの配線が後のネットの配線の障害になり、配線率を上げることが困難であることが知られている。このため、配線ができなくなった時点で、障害となる配線の移動や消去を行い、再配線を行う手法等が提案されている¹⁾。しかしながら、この手法でも100%に近い配線率を得ることは困難であり、しかも実行時間は長くなってしまふ。本論文では、ネットごとに配線を進める従来の手法とはまったく別の配線手法を提案する。この手法は、各ネットの配線を同時に、お互いの間で調整を行いながら、左から右に少しずつ配線を延ばしていく。従って、先に行った配線が後から行う配線の障害になるというようなことはなく、高い配線率が得られる。また、非常に高速な配線が可能である。

2. コラム(垂直型)配線手法

基板におかれた格子に配線を行うこととし、水平な格子線をトラック(下より順に、トラック1、トラック2、...)、垂直な格子線をコラム(左より順にコラム1、コラム2、...)と呼ぶ。コラム配線手法ではコラム1から順に、コラムごとに配線を行う。図1に配線の様子を示す。この図では、点線で示すコラムcまでの配線が終了している。各ネットの配線はコラムcまで延びており、その切り口(図の黒丸)がコラムc上に、垂直に一列に並んでいる。この切り口を生長点と呼ぶ。各生長点は、コラムcよりも右にあり、自分と同一のネットに属するピンをめざして延びていく。コラム配線手法は、LSIのチャネル配線(すなわち、内部にピンがない矩形の領域の配線)において、理論上や実験上の有効性が知られている²⁾³⁾⁴⁾。本論文は、この手法が内部にピンや配線禁止領域を持つ領域の配線にも有効であることを示す。

3. 各コラムにおける配線

各コラムにおいては以下のような配線を行う。

(1) 生長点のトラック移動

コラムcに垂直方向の配線を行うことにより、生長点を別のトラックに移動する(図2(a))。移動を行う理由には、生長点がめざすピンに近くなるようにするため、生長点が障害物にぶつかるのを避けるため、

また、他のネットの配線のためにトラックを空けるため等がある。

(2) 生長点の合併

コラムcに垂直方向の配線を行うことにより、同一のネットに属する複数の生長点をひとつに合併する(図2(b))。合併を行う理由は、前述のトラック移動の理由とほぼ同じである。

(3) 生長点の分離

コラムcに垂直方向の配線を行うことにより、一つの生長点を複数個に分離する(図2(c))。分離を行うのは、そのネットに属し、かつ、コラムcの右にあるピンが複数個であり、それらを目指すには分離した方が良い場合である。

(4) 生長点の発生

コラムcに初めて現れるネットのピンに対して、生長点を発生させる(図2(d))。もしくは、コラムcに垂直方向の配線を行うことにより、複数個の生長点を発生させる(図2(e))。

一般に、各コラムの配線においては、多くのネットの生長点がトラック移動、合併、分離、発生を要求し、競合が発生する。この競合の解消のため、ヒューリスティックな評価関数が必要になる。この評価関数は、各生長点が自分と同一のネットに属するピンに近づくかなければならない度合いと、障害物や基板上の混雑した場所から離れなければならない度合いを計算する。良い評価関数を作るのはかなり困難であり、特に図2(e)に示すような配線を考慮することは困難である。このため、コラム配線手法により配線を行うには、その前に概略配線を行っておき、各ネットの概略配線パターンを決定しておく必要がある。前もって概略配線を行っている場合には、生長点の位置が、概略配線で定められた位置にできるだけ近づくように、評価関数を設定する。この場合にも、各生長点ごとに、近づくかなければならない必要性を計算し、各生長点の間の競合を解消してやる必要がある。

4. コラム、トラックの挿入による100%配線

あるコラムで配線が行えなくなるという状況は、生長点が障害物や他のネットのピンを避けることができない場合に発生する。図3(a)に示す例では、ネットeの生長点が、他のネットのピンpに衝突する。この場合、図3(b)に示すようにコラムcとコラムc+1の間にコラムを挿入する(すなわち、コラムcより右の配置を一つ右に移動する)ことにより、衝突を回避できる。また、コラムcにおいて使用可能なトラックの総数よりも、コ

μc を横切るネットの個数が多い場合には、トラックの挿入も必要になる。

5. 実験結果

格子数が 120×120 、ピン数 252 である 2 層基板に対し、垂直方向の配線を層 1 に、水平方向の配線を層 2 に行うというルールで実験を行った。各ピンの属するネットは乱数で決定している。実験結果を表 1 に示す。C-router が本論文で述べたアルゴリズムである。概略配線としては、ダイナミックにコストを変更する迷路法を使用した。C-router の時間には、概略配線に要する時間も含む。また、コラム、トラックの挿入は行っていない。M は比較のために使用した M 社の CAE システムの自動配線であり、リップアップ、リルートを行う迷路法を使用している。本実験で使用した計算機は、APOLLO の DN3000 である。

6. おわりに

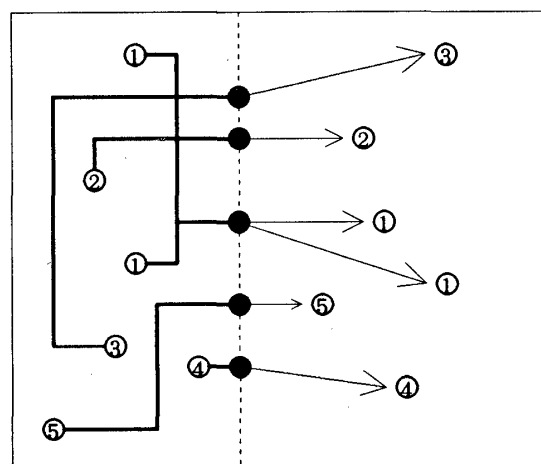
従来の、ネットごとに配線を行う手法では、前の方で行ったネットの配線が、後の方で行うネットの配線の障害になる。一方、本論文で述べた手法は、各ネットの配線を同時に、コラムごとに進めていくものであり、この欠点を持たない。また、コラムやトラックの挿入により、100% 配線が可能である。この手法の配線率の高さと高速性を実験によって示した。この手法では、一般に配線のパターンが複雑になり、スルーホール の個数が多くなるという傾向がある。そのため、配線後に最適化のプログラムを実行する必要がある。また、本手法では、その性能が評価関数の良否に大きく依存する。A I の手法等も含め、その改良が大きな課題であると思われる。

文 献

- 1) H. Bollinger: "A Mature DA System for PC Layout", Proc. International Printed Circuit Conf., 1979
- 2) R. L. Rivest and C. M. Fiduccia: "A 'GREEDY' Channel Router", Proc. 19th Design Automation Conf., 1982
- 3) 永松正博: "2 層および 3 層チャネル配線に要するトラック数について", 信学論(A), J70-A, 9, 1987
- 4) 永松正博, 藤本洋一: "多層チャネル配線に要するトラック数について", 信学論(A), J70-A, 9, 1987

番号	C-router		M	
	配線率 %	時間 秒	配線率 %	時間 秒
1	92	322	92	2993
2	96	328	93	2909
3	94	312	91	2621
4	98	312	91	2881
5	93	324	93	2793

表 1 実験結果



コラム c

図1 コラム配線手法

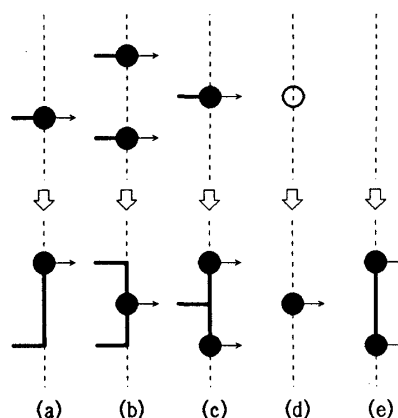


図2 各コラムにおける配線

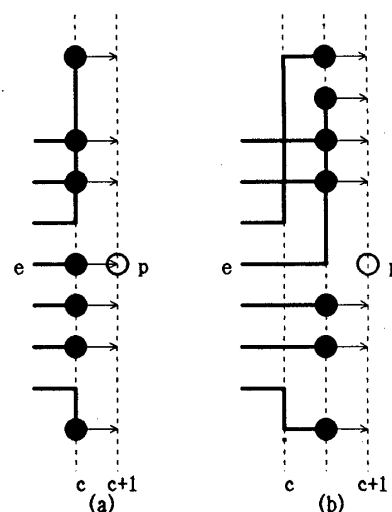


図3 コラムの挿入