2E−5

ノンマンハッタン配線のための層決定手法

黒岩健二
中央大学理工学部

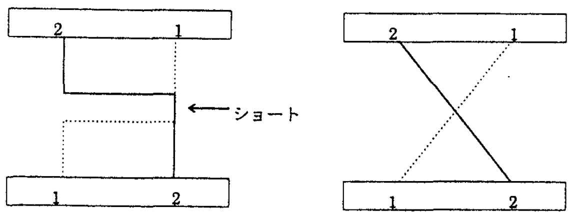
1. はじめに

集積回路のレイアウト設計をする際の大きな問題に配置問題と配線問題がある．配線問題とは，同じ信号の端子間をどのような経路で結べば良いかを決定する問題である．配線は，電気的に短絡させないために他の種類の信号線とは接触してはならないので，ある信号線は他の信号線の行く手を阻んでしまうかもしれないという制約条件がある．そのため配線は，２次元の平面上だけで考えるのでなく配線層として層構造をもつと考える．層間での信号線の接続は via を介して行う．問題を簡単にするため層数は２層とし，配線は２つの端子間を結ぶこととする．

2. チャネル配線問題

配線問題をモデル化したものにチャネル配線問題がある．端子は２直線上に並んでおり，結線したい端子対は両側の端子列に分けて配置されているものとする．そして，端子列の間の領域をチャネルと呼び，このチャネル内で配線する．チャネル内にはトラックがあり，配線の向きを変えることや via を置くことは，トラックと端子を垂直方向に結んだ交点上でのみ可能とする．アルゴリズムは，トラック数の少なさと実行計算量で評価する．

チャネル配線問題に対して，これまでさまざまなアルゴリズムが提案されてきたが，従来は水平及び垂直方向だけのマンハッタン配線を行っていた．1989 年に Lodi ら[2]により，水平・垂直方向に加えて斜めにも配線することが提案された．斜めの配線を許すことにより，チャネル幅を狭くすることができ，更に via 数も少なくでき，それに加えてマンハッタン配線での垂直方向の制約がなくなる（図 1）という利点がある．その反面，問題が複雑になり，新しいアルゴリズムが必要になった．



(a)マンハッタン　　(b)ノンマンハッタン

図 1. 配線手法の比較

3. ノンマンハッタン配線アルゴリズム

1991 年に Chaudhary ら[1]によって odd-even スワップソートやバブルソートの原理を使った斜め配線のアルゴリズムが提案され，後者のバブルソートを使ったアルゴリズムは via 数が最少に抑えられている．1994 年には Chen ら[3]によって，バブルソートを使ったアルゴリズムでトラック数を少なくする改良がなされた．このアルゴリズムは，端子につけた番号を使い，端子列の番号の並びを数字の並びとしてソートするというものである．その時バブルソートの開始から完了までの間のステップに注目し，各ステップでの数字の並びを各トラックでの配線の位置に対応させている（図 2）．

バブルソートのステップは，数字列内を左から右へ見て行くのを右ステップ，右から左へ見て行くのを左ステップと呼ぶ．右ステップの後に左ステップソートをしたものは，左ステップの後に右ステップソートをしたものと同じ数字列になっているため，両方を求める必要はない．端子数をｎ，トラック数をｔとすると，

Layer Assignment Method for Non-Manhattan Channel Routing
Kenji Kuroiwa
Chuo University

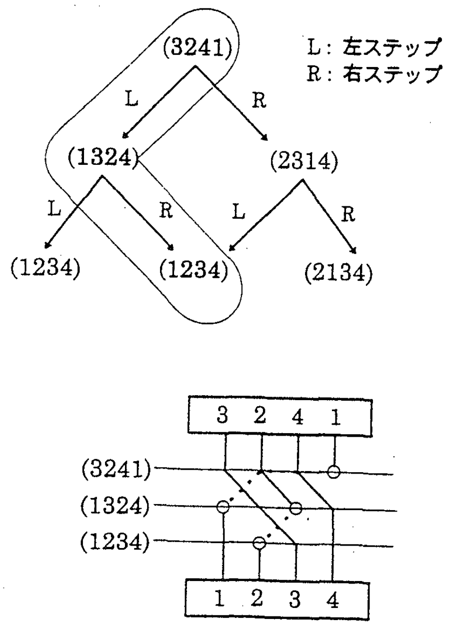


図 2. Chen らのノンマンハッタン配線手法

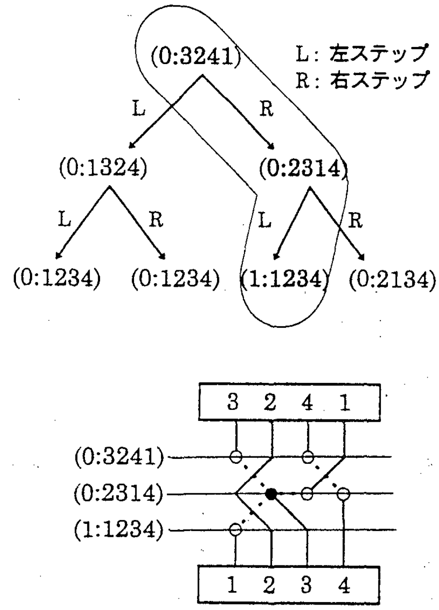


図 3. 短絡例

1 ステップバブルソートで，O（n）回の入換えが行われ，数字列の個数は O（t^2）なので，このアルゴリズムの計算量は O（nt^2）となり実用的であるという主張がなされた．また，t は n よりずっと小さい．

4. ノンマンハッタン配線の問題点

しかし[3]のアルゴリズムは，配線の経路（位置）を決定するだけで多層集積回路のどの層を通すかという層決定法が示されていない．そこで，既存の層決定法を適用してみたところ，不具合が生じることがある（図 3）．図 2 及び図 3 のは同じ層決定手法を用いた結果で，左ステップの時に右へ移動したものを A 層（図中の実線）に，左へ移動したものを B 層（図中の破線）にし，逆に右ステップの時は右へ移動したものを B 層に，左に移動したものを A 層に割当てた．そして，右ステップの後に左ステップソートをしたものは，左ステップの後に右ステップソートをしたものと同じ数字列になっているため，重複して計算する必要はないということであったが，図 3 では信号線 1 と信号線 3 が短絡してしまう．結局，トラックを増やすことで対処することが可能であるが，トラック数を極力減らしたい．そのため，バブルソートでは右ステップバブルソートと左ステップバブルソートの両方を計算する必要がある．これによりトラック数を抑えることができるが，求める数字列は O（2^t）個になり，このアルゴリズムの計算量は O（$2^t n$）になってしまう．

5. おわりに

Chen らの提案したノンマンハッタン配線手法は計算量が O（nt^2）であったが短絡してしまうことがあり，既存の層決定手法を適用して極力トラック数を減らすようにして対応すると，計算量は O（$2^t n$）になってしまう．

参考文献

[1] Kamal Chaudhary and Peter Robinson, “Channel Routing by Sorting”, IEEE Trans. Computer-Aided Design, Vol.10, pp.754-760, June, 1991.

[2] E.Lodi, F.Luccio and L.Pagli, “A preliminary study of a diagonal channel-routing model”, Algorithmica, Vol.4, pp.585-597, 1989.

[3] C.Y.Roger Chen, Cliff Yungchin Hou and Uminder Singh, “Optimal Algorithms for Bubble Sort Based Non-Manhattan Channel Routing”, IEEE Trans. Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, Vol.13, No.5, pp.603-609, 1994.