

## 7K-6 セル移動に基づく改良型ミニカット配置アルゴリズム

須藤 智裕1) 山本 浩之2) 五十嵐 睦典3)

1)東芝CAEシステムズ(株) 2)(株)東芝 総合情報システム部 3)(株)東芝 ULSI研究所

## 1.はじめに

配置アルゴリズムに広く採用されているミニカット法[1]には、局所最適解に陥り易いという問題がある。また、カット数の最小化のみに捕らわれて処理を進めるとセルの分布が不均一な配置となる恐れがある。

本稿では、セル移動処理に基づく改良型ミニカット配置アルゴリズムを提案する。この方法は、カットラインで分割された各領域内のセル配置可能面積に対するセルの面積和の比率(占有率)の高い領域から低い領域へのセル移動を全てのセルに対して繰り返し実行するので、局所最適解に陥り難く、占有率が均一でカット数が最小の分割を得ることが出来る。

ゲートアレイの実データを用いた計算機実験の結果、従来のミニカット法に対し約1/2の処理時間でカット数が10%少ない配置を得た。

## 2.問題の定義

## 2.1 レイアウトモデル

図1に本稿で扱ったゲート敷き詰め型ゲートアレイのレイアウトモデルを示す。処理の対象となるセルは複数のゲートを組み合わせたものであり種々の大きさのものが存在する。

## 2.2 占有率

本配置処理では、チップ上に引かれた仮想的なカットラインについて、それを横切るネットの本数(カット数)が最小となるよう各々の領域にセルを割り当てる。この処理を領域が充分に小さくなるまで段階的に繰り返し、全てのセルを何れかの最小領域に割り当てる。セルの領域への割り当ての際、従来の配置処理ではセル面積の均等化を制約条件として与えていた為、セルの大きさにバラツキがある場合や処理が進み対象の領域が小さくその領域内の配置可能面積に対する1つのセルの面積の割り合いが大きくなった場合に最適化が進み難くなるという問題があった。そこで我々はこのような問題を回避する為に、セルの領域への割り当ての新たな制約条件として

$$\text{占有率} = \text{セルの面積和} / \text{セル配置可能面積}$$

を採用した。従って、各カットラインに関する処理で各領域の占有率を均一化するようセルを領域に割り当てることにより、最終的にセルの分布が均一な配置を得ることができる。

## 3.アルゴリズム

## 3.1 特徴 ~従来手法との違い~

一般にミニカット法に於いては、各領域からセルを1つずつ取り出し交換することを繰り返しカット数の削減を図る[1,2]。しかし、この方法では交換の候補となる全てのペアについてコストを算出しなければならない。データの規模が大きくなると計算量が急激に増大する。また、交換されるセルの大きさが異なる場合、2領域間の占有率が不均一となる。更に、局所最適解に陥ると脱出が困難である(図2)。

そこで、提案する配置アルゴリズムでは、セル移動に基づく手法[3,4]に占有率均一化の手法を取り込むことでこれらの問題の解決を図った。以下に本アルゴリズムの特徴を挙げる。

- (1)各セルを対象としてコストを算出するため処理が高速である。
- (2)占有率を均一化する方向の移動を優先的に行う為セル分布の均一化が図れる。
- (3)どちらかの領域に未移動のセルが存在している中間状態では、カット数の増加及び占有率の不均衡を許すので局所最適解に陥り難い(図3)。

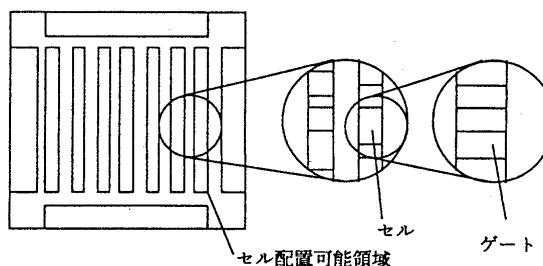


図1.レイアウトモデル

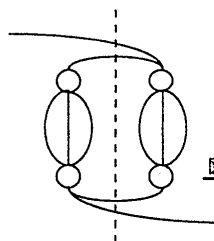


図2.局所最適解

Improved Min-Cut Placement Algorithm Based on Cell Transfer  
Tomohiro SUDOH TOSHIBA CAE Systems, inc.  
Hirovuki YAMAMOTO, Mutsunori IGARASHI TOSHIBA Corp.

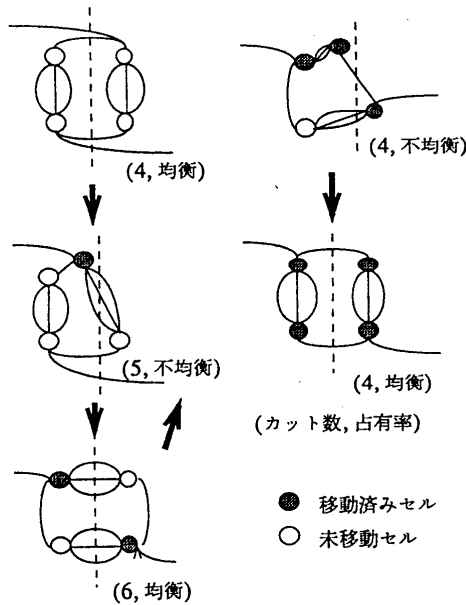


図3.局所最適解からの脱出

3.2 インプリメント

本アルゴリズムの概要は、チップ上をカットラインにより階層的に分割していき、最終的に全てのセルを最小領域に割り当てるといものである(図4)。以下に各カットラインに適用されるアルゴリズムを示す。

```

・最大累積コスト←0
・累積コスト←0
while(未移動セルが存在)
  ・移動セルを選択する
  ・セルを移動する
  ・累積コスト←累積コスト+移動セルコスト
  if(占有率が均一)
    if(累積コスト>最大累積コスト)
      ・最大累積コスト←累積コスト
    end
  end
end
end
・最大累積コスト更新後に移動したセルを元の領域に移動する
    
```

ここで、累積コストとはそれまでに移動したセルのコストの累積値であり、初期状態と比較して削減されたカット数を表している。また、最大累積コストとはそれまでに現われた累積コストの最大値である。従って、最大コストを得た分割が最適解となる。

4.実験結果

表1に計算機実験の結果を示す。実験では、38kゲート母体、母体に対する占有率60%の実データに対し、水平及び垂直方向に各々28、27本のカットラインを設定した。従来のミニカット法を用いた分割に対し総カット数、最大カット数ともに削減し、処理時間も短縮されることが確認された。(22MIPSの計算機を使用)

	従来手法	本手法
総カット数(本)	19124	17354
最大カット数(本)	440	359
CPU時間(秒)	137	113

表1.計算機実験結果

5.まとめ

セル移動処理に基づくミニカット法に占有率均一化の手法を組み合わせた配置アルゴリズムを提案した。計算機実験により、従来のミニカット手法に対し最適化性能の向上及び処理時間の短縮を確認し、本アルゴリズムの有効性を示した。

参考文献

- [1]M.A.Breuer: "A Class of Min-Cut Placement Algorithms", Proc. 14th Design Automation Conf., pp.284-290, New Orleans, 1980.
- [2]B.W.Kernighan and S.Lin: "An Efficient Heuristic Procedure for Partitioning Graphs", Bell Syst.Tech.J.,vol.49 no.2,pp.291-307, Feb. 1970.
- [3]H.Shiraish and F.Hirose: "Efficient Placement and Routing for Masterslice LSI", Proc. 17th Design Automation Conf., pp.458-464, Minneapolis, June 1980.
- [4]C.M.Fiduccia and R.M.Mattheyses: "A Linear-Time Heuristic for Improving Network Partitions", Proc.19th Design Automation Conf., pp.175-181 1982.