

ゲートアレイ自動配置におけるセルの重なり除去手法

1V-2

五十嵐 睦典 村方 正美

(株)東芝 ULSI研究所

1. はじめに

大規模かつ高密度なゲートアレイの配置問題では、セル同士の重なりを全く許さずに処理を行うことは非常に大きな制約となり、十分な最適化は難しい。このような問題を解決し、大局的に最適な配置を得るために、配置処理時にはセル同士の重なりを許し、最終的に重なりが無い状態に到達させる方法が従来より提案されている

[1]。しかしながら、それらの多くは力学的な手法に基づくもので、力学的な平衡状態、すなわち、セル同士の重なりが無い状態に至るには多くの計算量を必要としていた。

本稿では、短い処理時間で効率よくセル同士の重なりを除去するための手法を提案する。

2. 問題の定義

2.1 レイアウトモデル

図1は、ゲートアレイの母体と母体上に配置される一般的なセルの構造を示したものである。セルは、それが配置されたときに占有する領域を表す外枠1とセル内の実パターンを表す領域2からなる。各セルは、セルカラム上に列状に配置され、各セルカラム上でのセルの配置可能位置は離散的に定義されている。

2.2 セルの重なり除去問題

セル同士の重なりとは、異なるセル内の実パターン同士が重なり合った場合のことを言う。従って、セル同士の重なりを除去する問題は、セル外形間の重なりを取り除くのではなく、セル間のセル内パターンの重なりを取り除く問題となる。図2に、セル同士の重なりを示す。この図で、セル*i*とセル*j*のセル内のパターンの重なり領域の高さと幅をそれぞれOVR_H_{*i,j*}, OVR_Wとすると重なり面積は両者の積で与えられる。

一方、開発中の自動配置システムでは、大局的に最適な配置を得るためにセル同士の重なりを制約条件として、処理の進行に従い、この条件を厳しくしていく方法を採用している。従って、ここで扱うセル同士の重なりを除去する処理は、次式を満足する配置状態にすることで

$$\frac{\Sigma(\text{セル重なり面積})}{\Sigma(\text{セル面積})} \leq \text{許容値}$$

3. 概要

3.1 処理の特徴

本手法では、セルの配置問題をチャネル配線でよく用いられている線分の割り当て問題に置き換えて考えている。すなわち、セルをセルカラムと平行な線分情報として扱い、線分をセルカラムへ重なりなく再割り当てすることによって、重なりが無い配置結果を得るものである。以下に本配置手法の主な特徴を列挙する：

- 1) チップを複数の部分領域に分割し、各部分領域毎にセルの重なりを除去することによりチップ全体の重なりを除去する。

- 2) セルの重なり除去問題を1次元的な線分のセルカラムへの割り当て問題に変換することで処理の高速化を計っている。
- 3) 部分領域内でのセルの相対位置移動を行うことによって高い配置密度の問題に対しても適用可能である。

3.2 アルゴリズムとその実現

以下に、セルの重なり除去問題を線分の割り当て問題に変換した「セルの重なり除去アルゴリズム」を示す：

- ```

s 1 : 母体上に部分領域を設定する。
s 2 : if (部分領域内の重なり率 > 許容値)
 then begin
s 3 : while (重なり率 > 許容値) do begin
s 3-1 : 領域内のセルを線分情報へ変換する。
s 3-2 : 線分の左詰め処理を行なう。
s 3-3 : 線分の上詰め、下詰め操作により配置スペースの圧縮処理を行う。
 end
s 4 : 次の部分領域を選択し、s 2へ戻る。
s 5 : end;
```

ここで、s 3-1の線分の左詰め処理では、レフトエッジ手法[2]に基づいて線分に変換されたセルを重なりなくセルカラムへ割り当てる。セルカラム上に収容し切れなかった線分については、仮想的に設定したカラム上に割り当てる。s 3-2の線分の上詰め下詰め処理では、セルカラム上に割り当てることができた線分を部分領域の下部に、あふれたものを上部へ移動させ、部分領域内

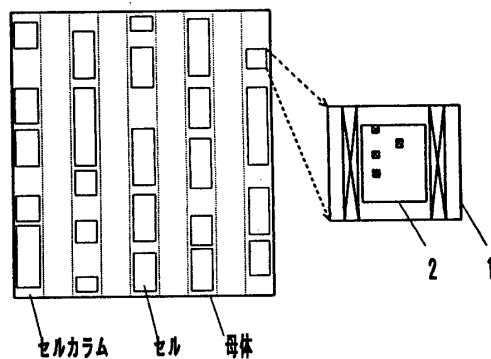


図1 レイアウトモデル

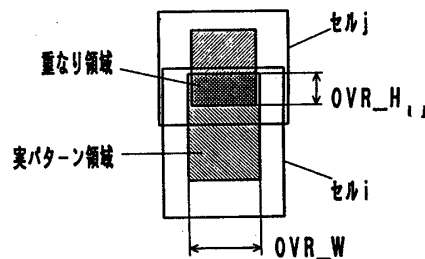


図2 セルの重なり

の配置スペースを捻出させる処理である。この線分の左詰め処理と線分の上詰め処理を繰り返し実行することにより、重なりが無い配置状態を実現している。

図3は、本処理を適用したときの処理の進行過程を模擬したものである。同図は、母体上に設定した複数の部分領域の中から1つを取り出したもので、当該領域内にはセルC1～C6が含まれている。いま、簡単のためにセルのサイズとセル内の実パターン領域のサイズとを等しいと置くと、セルC1～C6を線分情報に変換すると(a)が示すようになる。(b)は変換された線分情報を線分の左下点y座標で昇順ソートしたものである。(c)は(b)をもとに、左詰め処理を行なった後の状態を示し、セルカラムに重なりなく割り当てることができなかった線分を2本(C2, C5)生じた。次に、セルカラム上に割り当てることができた線分を下詰めし、あふれたものを上詰めた様子を(d)に示す。そして、この状態から再び左詰め処理を施し、部分領域内の全てのセルを重なり無く配置することができた結果が(e)に示されている。

4. 実験結果

実験には、5kゲート母体、ユーティリティ52%の実データを用いた。このデータは、配置可能面積に対してセルの総面積が約95%を占めている。初期状態におけるセルの重なり率は、12.2%である。これに対して本処理を適用し、セルの重なりをすべて除去した後の配置結果を図4に示す。この例では、重なりを全て除去するのに処理時間約100秒(10MIPS)を要した。

また、同図中に設定した矩形領域内を拡大した様子を図5に示す。図5(a)は重なり除去前の状態で、ハッチングを施した部分はセルの重なり部に対応している。同図(b)は、同領域の重なり除去後の配置状態である。

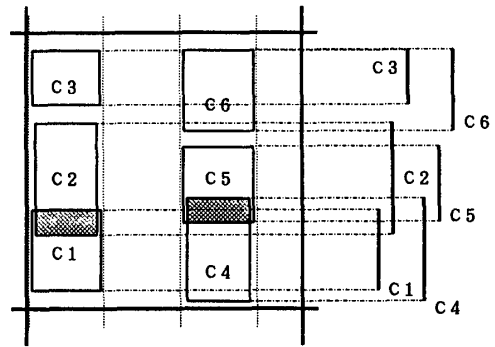
本処理の計算量は、母体上に設定した部分領域数をm、領域内のセル数をnとすると、 $O(mn \log n)$ で与えられる。

5. おわりに

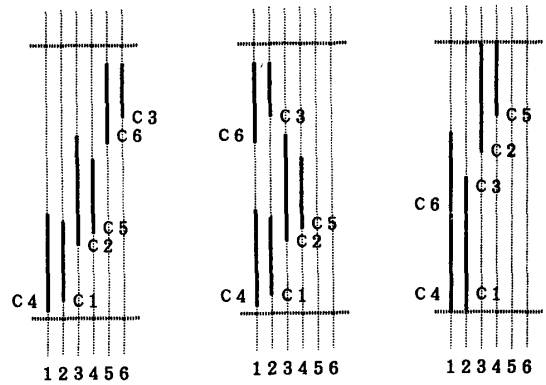
セルを線分情報として扱うことにより、高速にセルの重なりを除去する手法を提案した。更に、本手法をセルカラム方式ゲートアレイに適用し、その有効性を確認した。今後は、カラムフリーで任意サイズマクロを取り扱える手法を検討したい。

参考文献 [1] 小野寺, 田丸: "力学モデルに基づくブロック配置手法", 信学論(A) vol. J72-A NO. 1, pp. 105-113(1989).

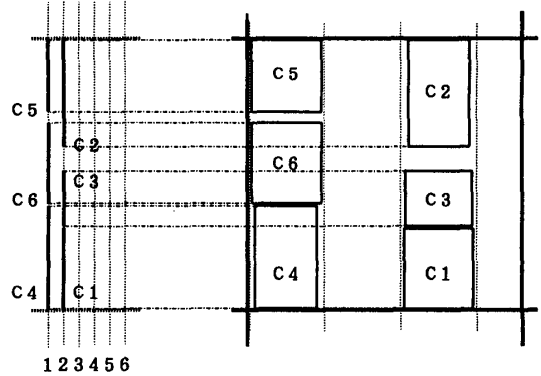
[2] A.Hashimoto and J.Stevens: "Wire Routing by Optimizing Channel Assignment", 13th Design Automation Conf., pp214-224, June 1971.



(a) 線分情報への変換

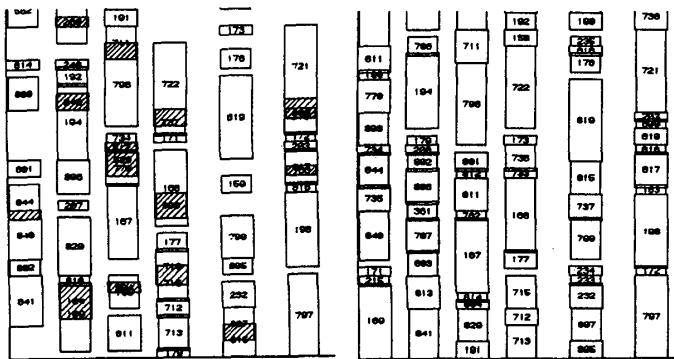


(b) ソート後 (c) 左詰め処理 (d) 圧縮処理



(e) 左詰め処理(最終結果)

図3 適用例



(a) 初期状態 (b) 重なり除去後  
図5 矩形領域部拡大

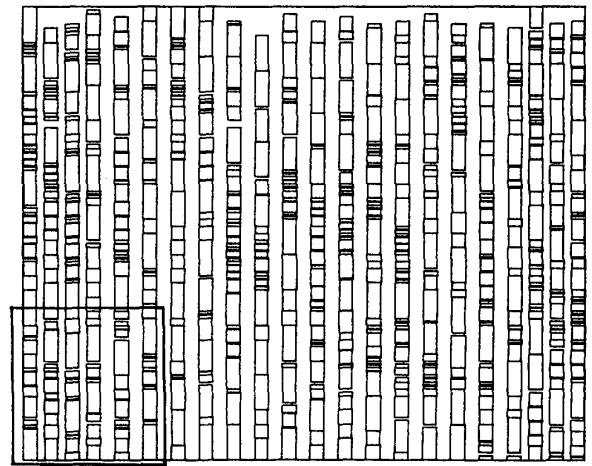


図4 重なり除去後