

スタンダードセル方式LSIのための一配置手法

6U-2

村方正美\*1、改田博政\*2

株式会社 東芝

ULSI研究所\*1、集積回路事業部\*2

1. はじめに

スタンダードセル設計方式では、配線処理時に使用されるフィードスルーセルによりブロック幅が増大するという問題がある。この問題を解決するために[1]でフィードスルーセルを考慮した配線後の予測セル行長を均一化するための方法を提案した。

しかしながら、[1]の方法では、処理対象となる2つのセル行のうち一方のセル行にのみ注目していたため予測セル行長の均一化は充分とは言えなかった。そこで本稿では、処理対象となる隣接する2つのセル行に対する配線後の予測セル行長の均一化を計るための方法を提案する。

またネットサイズの重みを考慮した評価関数が、本配置処理の目的関数である貫通配線本数を最少化するのに有効であることを示す。

2. 配置処理の概要

2-1 問題の定義

本配置手法では、セルをセル行へ割り当てる処理と、セル行内でのセルの位置を決定する処理の2つから構成されており、それぞれ初期配置と配置改善処理より成る。いずれの処理においても、処理の基本は隣接するセル行間(クラスタ間)でのセルの移動であり、貫通配線本数の最少化を目的関数としている。つまり、セルをセル行へ割り当てる処理では、スルー配線本数の最少化を、セル行内でのセルの位置決め処理ではカットトラック数<sup>\*1</sup>の最少化を目的関数としている。

2-2 評価関数

通常、セルに対する評価値としては、注目しているセルと接続関係のあるセルの間に枝を張り、この枝の本数とする場合が一般的であるが、このような方法では多端子ネットを共有するセル同志が一部の領域に集中して配置される場合があり問題となる。従って、セルに対する評価値を考える場合には、ネットサイズによる影響を考慮し[2]、この影響をなるべく少なくする必要がある。同時に、本来目的としている目的関数(貫通配線本数)を最少化するための効果的な評価関数とする必要がある。

そこで本稿では次式で定義されるネットサイズの重みを考慮した接続度を評価値算出に用いることにした。

$$G(x,y) = \sum_{k \in N(x) \cap N(y)} (1/J_k)^2 \dots (1)$$

ここで、 $N(x)$ 、 $N(y)$ は、セル $x$ 、セル $y$ がメンバーとなっているネットを表し、 $J_k$ は $k$ 番目のネットを共有しているセル数とする。

この時、セル $x$ に対する評価値を次式で定義する。

$$F(x) = G(x,y) - G(x,z) \dots (2)$$

但し、各セルの所属セル行(所属クラスタ)をそれぞれ $p(x)$ 、 $p(y)$ 、 $p(z)$ とすると、

$$p(y) > p(x) + 1, p(z) < p(x) \text{ あるいは } p(y) > p(x), p(z) < p(x) - 1$$

である。

従って、配置の各処理では、(2)式で計算される評価値の大きいセルから優先的に処理されることになる。

2-3 予測セル行長の均一化処理

スタンダードセル設計方式では、フィードスルーセルを含めた予測されるセル行長を最少かつ均一化することが重要である。本配置処理では、セルをセル行へ割り当てる処理で予測されるセル行長の均一化のための処理を行なっている。

今、ある配置が与えられたとき、第 $k$ セル行に割り当てられたセルのセル幅の総和を $W_k$ 、第 $k$ セル行上の通過配線可能領域の大きさを $M_k$ 、第 $k$ セル行上を通過する配線の本数(スルー配線本数)を $T_k$ とすると、配線処理後の予測されるセル行の長さ $L_k$ は次のようになる。(図. 1)

$$1) \text{ if } T_k > M_k \\ L_k = W_k + T_k - M_k \\ 2) \text{ if } T_k \leq M_k \\ L_k = W_k$$

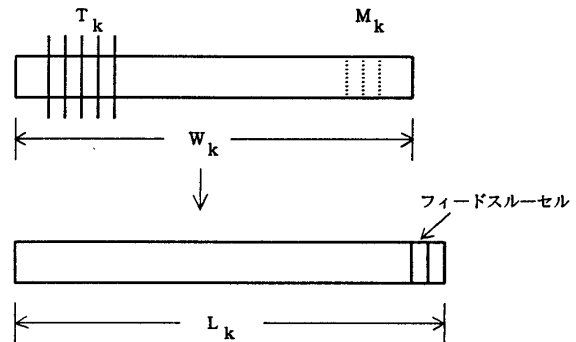


図. 1 予測セル行長の例

従って、与えられた配置状態に於ける予測される平均的なセル行の長さ $L_a$ は次式で求めることが出来る。

$$L_a = (\sum L_k) / m$$

ここで、 $m$ はセル行数を表す。

次にフィードスルーセルを含めた各セル行の長さ $L_k$ を上記平均的なセル行の長さ $L_a$ と同程度とするため\*1セル行に対して垂直方向に設定したカットラインを横切る配線の本数。

に、平均セル行長と処理対象セル行長との差分を表すものとして誤差係数  $\epsilon$  を導入する。

前述の様に、本配置処理では、隣接する2つのセル行間での入替処理を基本としているが[1]では一方のセル行に対してのみ  $L_k$  を  $L_a$  の  $\epsilon$  の範囲内に押える処理としていたため、最後に処理される2つのセル行のうち一方のセル行に対しては考慮が払われていなかった。

そこで、処理対象の2つのセル行に対してフィードスルーセルを含めた予測セル行長を均一化するために、次の制約条件を定義する。

$$\{(L_k - L_a)^2 + (L_{k+1} - L_a)^2\} / L_a^2 \leq \epsilon \quad \dots (3)$$

$(k=1, 2, \dots, m-1)$

本処理により、全てのセル行で、スルー配線が通過するのに十分な通過配線用の領域が確保される。また、セル上の通過配線用の領域が充分でない場合には、セル行の長さを短くすることによってスルー配線通過用の領域を確保することになる。また、誤差係数  $\epsilon$  は、処理の進行に従い最初は大きな値から、徐々に小さな値へとダイナミックに変更していく。

従って、セルのセル行への割り当て処理では、初期的な配置状態が与えられた後、隣接する2つのセル行内のセルに対して(2)式に従い評価値の計算を行なう。次に、評価値の大きいセルから隣接するセル行間で(3)式で定義された制約条件を満足するようにセルの入替えを行なう。以上の処理を繰り返し実行することにより、予測セル行長の均一化を計りつつ貫通配線本数の最少化を実現している。

4. 実験結果

実験に用いたデータを表1に示す。ネットサイズによる重み付けの、目的関数に及ぼす影響を調べるために、(3)式で重みが  $(1/Jk)$  の場合と、 $(1/Jk)^2$  の2つの場

	データ1	データ2	データ3
#セル	272	1040	1925
#ネット	326	1369	2102
#セル/ネット	2.89	2.92	3.50
#ネット/セル	3.17	3.72	3.33
ネットサイズのレンジ	2~22	2~72	2~67
#セル行	7	15	29

表 1 テストデータ

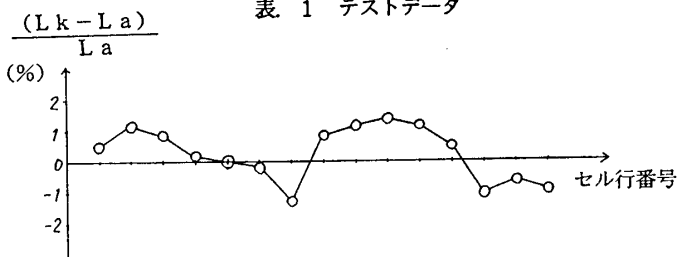


図. 2 平均セル行長との差

合に対して配置処理を実行しスルー配線本数とカットトラック数の比較を行なった(表2)。いずれのデータでも、ネットサイズの重みを  $(1/Jk)^2$  とした場合の方がスルー配線本数もカットトラック数とも10数%少なくなっている。

データ2を用いて予測セル行長の均一化処理の効果を見るためにセル行長の分布と各セル行に対するスルー配線の余裕度を調べた。図2、及び図3で明らかのように、各セル行の長さは、平均セル行長から  $\pm 1\%$  程度の範囲に収まっており、全てのセル行に渡ってスルー配線に対するセル上の配線可能領域がバランス良く分布していることが判る。

5. まとめ

配線後の予測セル行長の均一化を計るための方法を提案し、その効果を確認した。また、ネットサイズの影響を考慮した評価関数の有効性を実験により確認した。

6. 今後の課題

今回提案した方法によれば、各セル行のスルー余裕度は充分確保出来るが、各セル行内でのスルー配線可能領域の分布に関しては考慮が払われていない。セル行全体で見た場合には充分にスルー余裕度はあるものの局所的に見た場合、配線しにくい状況になる場合がある。今後は、各セル行内でのスルー可能領域をバランス良く配置していく必要がある。

参考文献

[1]M.Murakata, et al "A STANDARD CELL PLACEMENT ALGORITHM WITH PREDICTIVE ROW WIDTH EQUALIZATION", Proc.of ICCAD86,1986  
 [2]M.Hanan and J.M.Kurtzberg, "Placement Techniques", Chap 5 in Design Automation of Digital Systems:Theory and Techniques,vol.1Prentice-Hall,N.J.(1972)

	データ1	データ2	データ3
#スルー配線	90	91	84
#カットトラック	86	83	88

表 2 ネットサイズによる重み  $(1/Jk)$  を  $(1/Jk)^2$  とした場合の効果 (%)

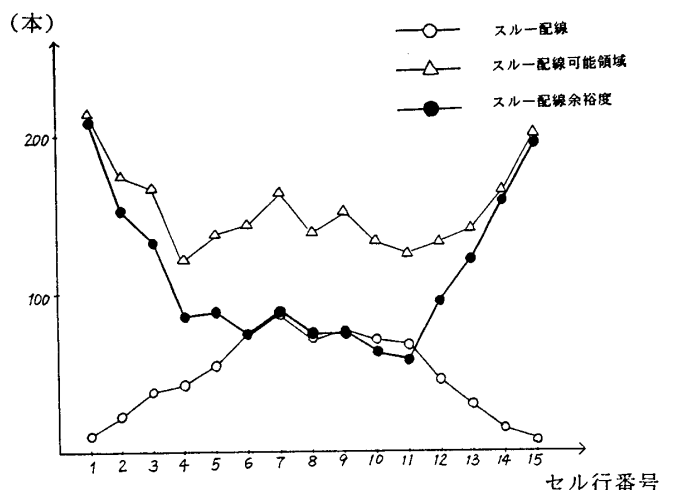


図. 3 スルー配線余裕度