

1V-6

トランジスタ敷き詰め型ゲートアレイのための
自動フロアプラン

室伏眞佐子

(株)東芝 ULSI研究所

1. はじめに

回路の大規模化や、階層設計に対応するために、フロアプランが重要になっている。

しかし、従来からの自動フロアプランでは、チップに含まれる全てのセルをどこかのブロック、あるいは領域に割り付ける必要があり、自動フロアプラン後にユーザーがプランを修正することが困難であった。また、極端に縦長、横長の領域ができてしまうことがあり、特にトランジスタ敷き詰め型のゲートアレイの場合には自動配置・配線に必要以上の制約を課すことになる。

そこで、より自由度のあるフロアプランモデルとして、セルごとに配置可能領域を設定し、その領域の重なりを許すものを採用する。そのために本報告の自動フロアプランは仮想的なセル分布によって求められるユーティリティ(素子使用率)の均一化を処理の目的の一つにしている。

ユーティリティ均一化のために、力学的手法を用いる[1][2][3]。配置可能領域の移動だけでなく変形にも、力学的手法を適用し、ユーティリティ均一化をはかる。

2. 問題の定式化

本報告の自動フロアプランの問題は、ユーティリティ均一化、仮想配線長最小化をはかりながら、設計者の指定した一まとまりのセルの配置可能領域を設定することである。

仮想配線長を短くすることは従来からのフロアプラン、自動配置の重要な目的の一つである。

一方ユーティリティ均一化に関しては、配置可能領域同士が重なって設定できるときに、特に必要になってくる。もしユーティリティが均一になっていなければ自動配線後の配線混雑度にも粗密が生じ有効にチップ面積が活用できず、未結線等の原因になるからである。

評価関数はそれぞれ以下のように決める。

【仮想配線長最小化の評価関数】

$$\sum (i, j \text{間の信号数}) \times (i, j \text{間の距離})^2$$

i, j °配置可能領域

【ユーティリティ均一化の評価関数】

$$\sum (\text{領域の面積}) \times (\text{領域のユーティリティ} - \text{平均ユーティリティ})^2$$

上の式はユーティリティの分散を表わしている。

3. 問題の解法

仮想配線長最小化の問題に関して、“力学的手法”が、よく知られている。下のようなステップを繰り返す、エネルギーに見立てた評価関数を、評価関数を減らす方向に定義した力を利用して小さくする。

- step 1 移動すべき配置可能領域と移動方向を決定。
step 2 どれだけ移動するか決定。
step 3 実際に移動する。(配置可能領域の位置座標などのデータの更新)

力学的手法を用いる際いちばん肝要となる仮想配線長最小化、ユーティリティ均一化それぞれの力の定義方法について説明する。

3.1 仮想配線長最小化のための力

仮想配線長最小化の評価関数を各配置可能領域の中心点の座標を使ってかきかえ、 x_i, y_i についてそれぞれ偏微分して、クラスター*i*にかかる力を求めると、

$$\sum_{i, j \in \text{クラスター}} (i, j \text{間の信号数}) \times 2 \times \begin{pmatrix} x_j - x_i \\ y_j - y_i \end{pmatrix}$$

となる。

3.2 ユーティリティ均一化のための力

いま配置可能領域の左辺が外側に微小分ずれたとする。辺の内側より外側の方がユーティリティが高ければ、内側のセルは外側に移動できずユーティリティ均一化の評価値は変わらない。一方、辺の内側より外側の方が低ければ、評価値は、

$$(\text{辺の移動距離}) \times (\text{辺の長さ}) \times (\text{内と外の(ユーティリティ)}^2 \text{の差})$$

だけ小さくなる。

4辺ともが外側に微小分ずれるときの評価値の変化 ΔH を式で表わすと、

$$\Delta H = \sum_{E \in \{L, R, T, B\}} \Delta d_E \times l_{Ei} \times (\min(u_{Ei}^2, u_n^2) - u_n^2)$$

各辺の断片

x 方向に Δx 移動ということは、右辺が外側に、左辺が内側に同じ距離移動するということなので x 方向力にかかる力は、

$$-\frac{\partial H}{\partial x} \Big|_{\Delta y=0} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{-\Delta H}{\Delta x}$$

$$= \sum l_{Li} \times \min(u_{Li}^2, u_n^2)$$

左辺の断片

$$- \sum l_{Ri} \times \min(u_{Ri}^2, u_n^2)$$

右辺の断片

同様に、 Y 方向の力も求められ、上下、左右それぞれ各辺にかかる力の差をとった方向に移動すればよいことがわかる。

変形に関しても移動と同じような考え方を用いる。 x 方向に広がって y 方向に縮もうとする変形の力は、左右辺の受ける力の平均から、上下辺の受ける力の平均を引いたものとなる。

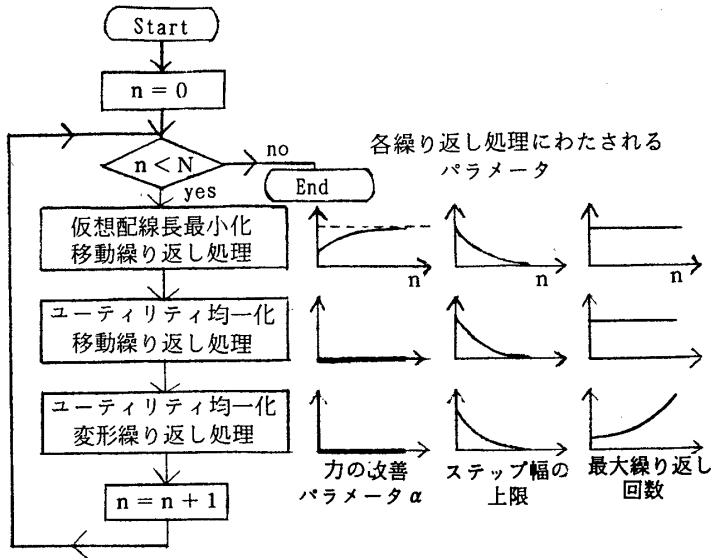


図1 各処理の組合せ方

移動とおなじように変形の力を定義することで、移動と同時にユーティリティ均一化のための戦略の一つとして使うことができる。それにより、仮配線長最小化とユーティリティ均一化の両方を満たす解が求めやすくなる。

4. インプリメント

各移動・変形の繰り返し処理を順番に行いながら各処理にわたすパラメータを更新していく。それにより、仮配線長の最小化とユーティリティ均一化の評価値の兼ね合いをとり、収束性を高める。パラメータには力の改善制約 α 、ステップ幅の上限、最大繰り返し回数がある。(図1(a)(b)参照)

α は、 $0 \leq \alpha < 1$ なる実数で、力の総和が初期的な値の α 倍になるまで処理を繰り返すという意味を持つ。時間がたつにつれて、あまり仮配線長最小化が行われないように α を変化させていく。一方ユーティリティ均一化処理を行う場合の α は常に0とし、他の終了条件に抵触するまで、処理を行う。

また最大移動距離・変形距離をだんだん小さくしていくことにより、処理の収束性をあげている。

最大繰り返し回数は、移動時には一定値、変形時には処理が進むにつれて大きくなるように設定し、あまり仮配線長の評価値をわるくせず、ユーティリティ均一化がはかれるようにした。

5. 実験結果

論理的な階層構造を持った800セルのデータから配置可能領域が28個あるデータを作成した。

図2は処理の経過のスクリーンダンプ図、図3はユーティリティ均一化、仮配線長最小化の各評価値の変化の様子をグラフに表わしたものである。

小さいブロックが大きいブロックに取り込まれているが、ユーティリティは1割増し程度であり、形状は正方形に近い。ユーティリティ均一化の評価値が処理が進むにつれて小さくなっていくこと、仮配線長最小化の評価値があるところに収束しそ

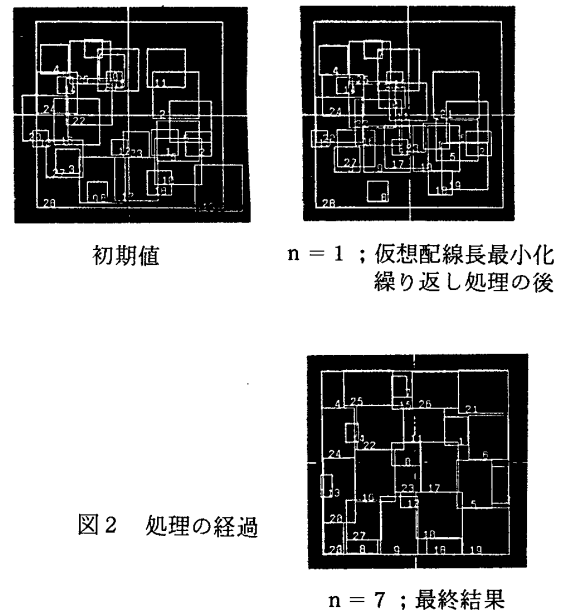


図2 処理の経過

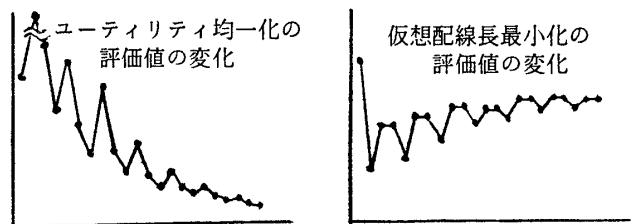


図3 各評価値の変化の様子

なことなどがグラフから読み取れる。なお、これらの一連の処理の処理時間は、 3.26×10^3 秒 (EWSでのCPUtime) であった。

6. まとめ

ユーティリティ均一化、仮配線長最小化を同時にはかりながら配置可能領域を決定する自動フロアプランについて、問題の解法を提案し、実験を行った。力学的手法を用いて配置可能領域の移動・変形を交互に行うことで仮配線長の評価値をあまり大きくせずユーティリティが均一化することを確かめ、その有効性を示した。

参考文献

- [1] N. R. QUINN, Jr. and M. A. Breuer. Jun. 1979 "A force directed component placement procedure for printed circuit boards," IEEE trans Circuits Syst., CAS-26.
- [2] 小野寺秀俊, 栗原俊彦, 田丸啓吉. 1986. "力学モデルに基づくブロック配置手法," 信学技報CAS86-194.
- [3] 野村潔, 金子峰男, 小野田真穂樹. 1987. "可変形状ブロックを許容するLSIの最小面積配置手法," 信学技報CAS87-236.