

ゲートアレイ／CBICレイアウトシステム GALET (2)
— フロアプラン機能 —

5L-5

野田 美弥子 村田 尚志 石塚 昭夫

日本電気(株)

1 はじめに

LSIの大規模化、配線の微細化に伴い、配線の遅延時間が無視できなくなっている。高速なLSIを設計するためには、設計の早い段階でこの配線遅延を正確に予測することが必要である。そこで、短時間で精度の良い配線長予測を行なうためのフロアプラン機能が求められている。

従来より統計的な配線長予測機能が報告されている[1]が、本システムではネットリストの階層構造に基づいたセルのグループ化、グループの会話型配置機能といったフロアプラン機能を備えており、フロアプラン結果に基づいた幾何学的及び統計的な配線長予測機能によって、レイアウト前に正確な配線遅延を予測する。また、フロアプラン結果が本当に配置、配線可能であるかどうかを高速に判定する配線可能性判定機能を備えている。

2 フロアプラン機能

フロアプランのフローを図1に示す。

GALETにおけるフロアプランとは特定のセルの集合をグループ化(グループピング)し、各グループ内セルの配置領域を指定(グループ配置)する作業を意味する。メガマクロの配置位置指定もフロアプラン作業の一つである。グループは通常ネットリストの階層構造と密接な関係があるため、グループピング操作は図2(a)のような階層ツリーの上で行えるようになっている。また、グループ配置の際にはグループ間の接続関係をラッツネット中表示して配置位置の決定を支援している(図2(b))。

フロアプランが決定したら、その情報をもとに配線長予測を行ない、配線遅延を算出してタイミング解析を行なう。タイミング解析でエラーになった場合は、グループの構成やグループの位置、形状を変更してタイミングエラーを削除する。フロアプランの変更によってもタイミングエラーを無くすることができない場合は、回路変更を行なうことになる。回路変更対応機能(ECO)では、前のフロアプラン結果が保存されるようにネットリストの変更を行う。

タイミング的にエラーが無いことを確認できたら、今度はそのフロアプランで100%配線できるかどうかを、配線可能性判定コマンドによって判定する。このような繰り返しのフロアプランが確定したら、実際のレイアウトを行なう。

3 配線長予測

グループピング後の場合は、以下の予測式を用い統計的に配線長を予測する。グループ内に閉じたネットの場合と、異なるグループにまたがるネット(グループ間ネット)では

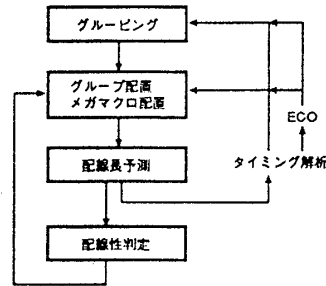


図1: フロアプランのフロー

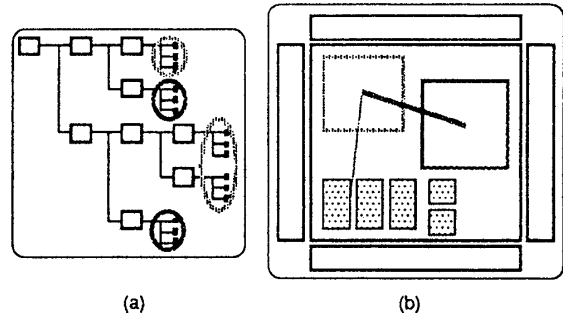


図2: グループピングとグループ配置

予測式が異なる。

$$L = \begin{cases} A_g + C_g \times (p-2) \times \sqrt{H_g} & \text{if グループ内} \\ B_t \times H_t + C_t \times (p-2) \times \sqrt{H_t} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

上の式で A_g 、 C_g 、 B_t 、 C_t は定数、 p はネットのピン数である。 H_g はグループ内のセル面積から求めた仮想的なグループ領域の半周長であり、

$$H_g = \sqrt{\text{セル面積の総和} \times \alpha \times 2} \quad (2)$$

で求められる(α は定数)。 H_t は実際のチップの半周長である。

さらにグループの位置、形状まで決定している場合は、グループ間ネットの配線長をより正確に予測することができる。以下の式でグループ内ネットの予測式は同じであるが、この場合の H_g は実際のグループ形状より半周長を求めている。

$$L = \begin{cases} A_g + C_g \times (p-2) \times \sqrt{H_g} & \text{if グループ内} \\ \text{グループの中心を結ぶスタイナー木の長さ} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

表1のデータを用いて、配線長予測の精度を評価した。

表1: 評価データ

下地ゲート数	202K
セル数	12852
セル使用率	49.5%
グループ数	11

図3は、(1)グルーピング後の予測配線長、(2)グループ配置後の予測配線長、(3)全セル配置後の予測配線長を、それぞれグループ配置制約を守ってレイアウトした場合の実際の配線長と比較したグラフである。計測したネットは2ピンのネットだけで数は9940ネットである。グルーピングのみの場合でも70%近いネットが誤差±0.5mmにおさまっており、配線長予測の精度が高いことがわかる。

さらにグループ配置を行うことによって3mm以上の誤差のあるネットが半減している。特にグループ間ネットについて、誤差が1mmより大きいネットに注目したグラフが図4である。グルーピング後では誤差が5mm以上のネットが171ネットなのに対して、グループ配置後では4ネットに減少している。

配置まで行くと全てのネットが誤差0.5mm以下におさまる飛躍的に予測精度は向上する。しかし配置の実行には長時間を要するため、フロアプランの変更度に配置を実行するのは実用的でない。この例ではフロアプラン及び配線長予測に要した時間は約6分なのに対して、配置時間は49分であった。

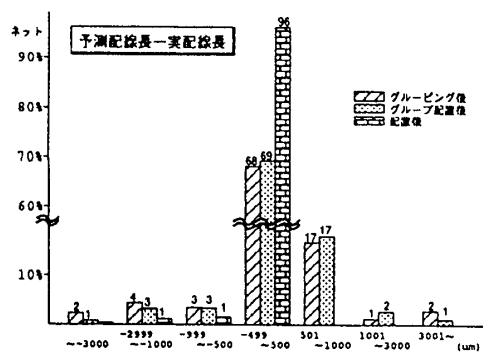


図3: 配線長予測誤差

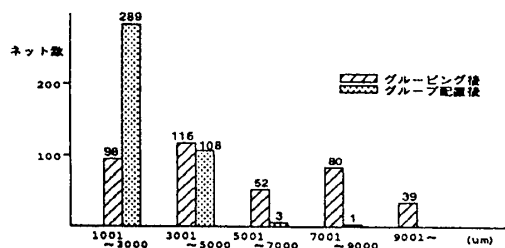


図4: グループ間ネットの配線長予測誤差

4 配線可能性判定

設計の後戻り工数を削減するために、そのフロアプランで配線が100%可能かどうかを高速に判断することが必要である。従来、配線可能性を判定するためには、ピンペア数、セル使用率、総配線長等を利用した統計的手法、またはランダム配置を行なう等の手法がとられていた[2]。ところが実際の設計ではタイミングを考慮するために、グループのセル使用率を高めたり、グループ領域を隣接させたフロアプランを行う。またメガマクロの配置位置によっては配線が迂回せざるを得ない。これらの理由によって発生する局所的な混雑を従来手法で発見することは難しい。

一方、配線可能性は通常、配置、概略配線まで行って配線混雑度を見ることで判断できるが、非常に時間がかかる。そこで本システムでは、これと同様の混雑度評価を短時間で得るために以下のような機能を1つのコマンドとして実現した。

1. 配置改良の回数を簡略化して配置を実行
2. 経路改良の回数を簡略化して概略配線を実行
3. 配線混雑の改善を推測し、混雑度を少なめに変更
4. 配線混雑度を画面に表示

配置、概略配線のアルゴリズムをそのまま適用することにより、実際のレイアウトの配線混雑度に近い結果を得ることができる。配線混雑度を少なめに変更するのは、配置や概略配線の改良回数を制限して実行しているのも実際のレイアウト時には更に結果が改善されることを見込んでいるためである。

実際の配置、概略配線の場合 (real)、簡略化した配置、概略配線の場合 (fast)、さらに配置を簡略化した場合 (faster) のオーバーフロー数の分布を表2に示す。オーバーフロー数とは、概略格子の配線許容量に対して配線通過本数が何本上回っているかを示す数である。実行時間は簡略化して実行するほど短くなるが、特に配線が困難となるオーバーフロー数3以上の部分に注目すると、fasterはrealの5倍以上も混雑していることになってしまう。fastのように1/6程度の時間を掛けることにより実際に近い結果を得ることができた。

表2: オーバーフロー分布

overflow	real	fast	faster
6	0	0	0
5	6	0	0
4	97	0	0
3	568	876	3853
2	2649	1051	2287
1	26886	13661	14307
0	72011	86629	81770
CPU時間	2h50m6s	27m7s	18m6s

図5は、配線可能性判定を実行した後の配線混雑度を表示したものである。色が濃いほど混雑していることを表している。

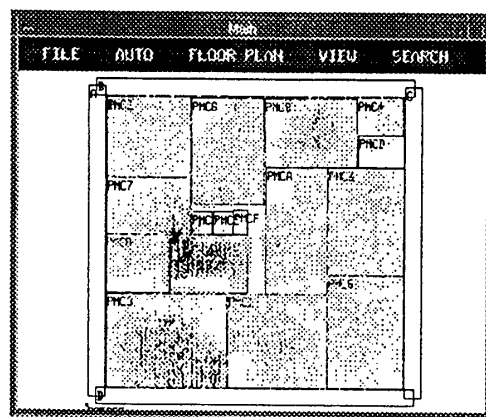


図5: 配線混雑度表示

5 まとめ

ゲートアレイ/CBICレイアウトシステムGALETのフロアプラン機能を開発し、短時間で精度の良い配線長予測機能を実現することができた。

参考文献

- [1] 改田他, "予測配線長算出方法", 情処大全, pp.6-197-198, 1993.
- [2] 林他, "ゲートアレイにおける配線可能性予測の一手法", 信学大全, pp.6-71, 1990.