

Title	補助目的関数を用いたSAに基づく矩形パッキングの収束性改善
Author(s)	小川, 真一
Citation	
Issue Date	2005-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1934
Rights	
Description	Supervisor:金子 峰雄, 情報科学研究科, 修士

補助目的関数を用いた SA に基づく 矩形パッキングの収束性改善

小川 真一 (210015)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2005 年 2 月 10 日

キーワード: Sequence-Pair, Simulated Annealing(SA) 法, パッキング, critical path.

VLSI(Very Large Scale Integrated circuit) チップレイアウト設計における部分問題の 1 つとして、モジュールの配置位置を決定する配置問題がある。配置問題は、各モジュールに対して 2 次元配置座標を与える問題であり、モジュール数を n とした時、その解空間は $\mathbb{R}^{2n}$ である。村田らによって提案された Sequence-Pair はモジュール同士の相対位置関係を表現するもので、この相対位置の情報のみを制約としてモジュールをパッキングすることで対応するモジュール配置を得ようとするものであり、 $(n!)^2$ のサイズの有限解空間を持つ。

この有限の解空間を探索する有効な最適化手法の一つとして、Simulated Annealing(SA) 法が挙げられるが、集積回路の微細化技術の進歩と、1 チップ上に実装される回路規模の増大により、実際の問題に SA を適用して良好な解を得るためには膨大な計算時間を要する。このため、SA を高速化するための手法が求められている。

通常の矩形パッキングは全ての矩形を囲む最小矩形 (Bounding-Box) の面積にて解が評価されるため、一般に一つの解に対して評価値の等しい隣接解が多数存在する。それらの隣接解は SA の性質から無定見に受理されることになる。しかし面積が縮小するためには Bounding-Box の幅と高さを決定するモジュールの並び (critical path) が解消されなければならない。評価値の等しい隣接解の中でも、critical path が解消されやすい解は、critical path が解消されにくい解と比べて少ない変更回数で面積縮小に至ることができるため、同じ面積を持つ隣接解同士であっても critical path の解消されやすさを評価し解の優劣をつけることで、探索の効率化が期待される。

本研究ではこの考え方を具体化するために、critical path の解消されやすさを評価するためのカット次数と呼ぶ補助関数を導入し、カット次数を評価することによって、Bounding-Box の面積が同じ配置の中でも critical path が解消されやすい解へと探索を進める方法を検討する。

カット次数は、与えられたレイアウトにおいて現在存在する同一方向のすべての critical path が解消されるために、変更の必要があるモジュールの最小個数である。これを水平

方向、垂直方向ともに求めることによって、面積縮小に至るまでに最低限必要な隣接解生成操作の繰り返し回数を評価できる。カット次数の算出は、次のように行なわれる。水平方向(垂直方向)の critical path について、Bounding-Box の左右端(上下端)をそれぞれ source(s) と sink(t)、critical path 上のモジュールを頂点、頂点と対応するモジュール間の相対位置関係を枝とするグラフ(critical path graph)を構成する。次にこのように構成された critical path graph において、頂点の中を流すことのできるフローのキャパシティを 1 とする s から t への最大フローを求める。このとき、最大フロー最小カット定理より、この最大フローの値がカット次数となる。

カット次数を評価することで、従来の SA では無定見に受理されていた、critical path が解消されやすい解から解消されにくい解への変更を抑制し、面積縮小に至るまでの探索回数を減らして探索を効率化することができる。これによって、カット次数を計算する時間を差し引いても、内部ループ回数を削減することで従来の SA に比べて高速化を図ることができる。

また、critical path 上のモジュール以外のモジュールを 2 個選んで変更を加えても、現存する critical path の解消にはつながらない。そこで隣接解生成操作で変更されるモジュールの中で、必ず 1 個は critical path 上のモジュールから選ばれるように改良を加えた。

提案手法を C 言語を用いて計算機上に実装し、実験によって従来の SA との比較を行ない、提案手法の特徴および有効性を考察した。実験では、面積評価とカット次数評価の 2 段階で受理不受理を判定する方法と、カット次数と面積を組み合わせた 1 つの評価関数について受理不受理を判定する方法の比較、さらにカット次数を用いて 2 段階で受理不受理を判定する方法において、カット次数を評価する 2 段階目の温度スケジュールを変更した場合の比較、水平、垂直のカット次数の最小値を評価した場合と、水平、垂直のカット次数の和を評価した場合の比較を行ない、カット次数を有効に活用する方法を模索した。

本研究では、Bounding-Box の面積だけを評価する矩形パッキング問題を中心に考えたが、実際の VLSI チップレイアウト設計では配線長も最適化の対象となる。面積の最小化と配線長の最小化を同時に考える、実際のレイアウト設計における補助目的関数の導入と SA の効率化は、今後の課題である。