

Title	繰り返し分割再配置に基づく2次元配置最適化
Author(s)	金子, 哲
Citation	
Issue Date	2002-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1522
Rights	
Description	Supervisor:金子 峰雄, 情報科学研究科, 修士

分割と再配置に基づく2次元配置最適化

金子 哲 (010032)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2002年2月15日

キーワード: Simulated Quenching, 2次元配置, 繰り返し最適化, 分割, 配線長.

VLSIは計算機, 通信機器を始めとする様々な情報処理, 信号処理システムの主要構成要素であり, その製造技術の進歩に伴い, 回路規模の増大および微細化が急速に進んでいる. また, 低消費電力化, 小型化, 高速化等の要求とも相俟い, VLSIの設計は非常に困難な問題となってきた. 一方, 多品種少量生産や設計期間の短縮などの要求も高まり, 設計の自動化は重要な課題となっている. VLSI設計の工程はシステム設計, RTL設計, 論理設計, 回路設計, そしてレイアウト設計と階層的に大きく分類することができる. このなかでレイアウト設計は, チップ上にコンポーネントを配置し, それらの間の配線を行う工程であり, 多くの場合, チップ面積の最小化や総配線長の最小化が要求される. こうしたレイアウト設計の多くの最適化問題がNP困難であることが知られており, 大規模な問題を実用的な時間で解くことのできる効率的な手法が求められている.

一般にNP困難と言われている問題に対する大域的な最適解を探索するアルゴリズムとして, Simulated Annealing(SA)法等の確率的最適化手法が提案されている. SA法は現在の解からの隣接解の生成と, “温度”と呼ばれる制御パラメータを用いてその解の受理/棄却判定を繰り返す手法であり, VLSIのレイアウト設計への適用も試みられている. しかし, よりよい解を得るためにはアルゴリズム内部で多数の繰り返し処理を必要とするため, その計算時間は膨大なものとなり, 大規模な問題を実用的な時間で解くには適していない. 近年, 1次元配置問題に対してSA法と同等の解をより高速に得ることが可能なSimulated Quenching(SQ)法が提案された. SQ法は(i)スロットとコンポーネントのサブグループ化(ii)各サブグループに対する部分問題の構成(iii)部分問題に対する高速な再配置手法にその特徴がある. また, こうしたSQ法の特徴に着目した2次元配置問題への拡張も試みられている. そこでは, 部分問題の構成において各ネットの配線長を厳密に反映させたステップコストを用い, サブグループの2次元再配置を求めることにより, 総配線長評価では, 一般的な実装のSA法とほぼ同等の解を得ることができている. その反面, 部分問題における再配置手続きの中で枝重み付き2部グラフの最小重み完全マッチング(時間計算量 $O(n^3)$)を求めているため, 実行に多大な時間を要する結果となっている.

本研究ではこうした背景をふまえ、総配線長評価の下で SA 法とほぼ同等の解をより高速に得る配置方法として、フォース値に基づくコスト関数及びステップコストに基づくコスト関数を持つ部分問題を導入すると共に、それらに対するいくつかの効率的再配置手法を提案し、SQ 法の大規模 2 次元配置問題への適用に道を開いた。

フォース値に基づく手法では再配置手法として水平方向と垂直方向の再配置を逐次処理する FVS (Force Value based replacement by Sorting) 法と 2 次元再配置をグリーディに解く FVCH (Force Value based replacement with Convex Hull) 法を考案した。FVS 法は高速ではあるが、得られる解の総配線長は SA 法と比較して劣っている。この理由として、再配置において水平方向と垂直方向を逐次処理していること、及び、原問題の総配線長に代わり、部分問題ではフォース値に基づいた間接的な目的関数を用いていることが考えられたが、FVS 法と FVCH 法との比較において、最終的な総配線長においては性能差がみられないことがわかり、水平方向と垂直方向を逐次処理しても性能は劣化せず、目的関数の相異が総配線長最小化性能について SA 法と比べて劣る主要因であると判断した。

ステップコストに基づく手法として、再配置で水平方向と垂直方向を逐次処理しても性能が劣化しないという結果をふまえ、水平方向と垂直方向の逐次処理の中で枝重み付き 2 部グラフの最小重み完全マッチングを用いて再配置を行う SCM (Step Cost based replacement by Matching) 法と、最小重み完全マッチングを隣接するスロットでのコストの差分に注目して近似的に解いて再配置を行なう SCS (Step Cost based replacement with Slope) 法を提案した。SCM 法では SA 法とほぼ等しい解を得ることができ、フォース値に基づく手法と比較して、ステップコストの有効性が確認された。しかし、再配置での枝重み付き 2 部グラフの最小重み完全マッチングの計算量が大きいため、解を得るのに SA の約 1.5 倍の時間がかかっている。一方、SCS 法では SA 法や SCM 法と比較して総配線長最小化性能はほぼ同等であり、計算時間は SCM 法と比べ 1/18、SA 法と比べ約 1/12 と大幅に短縮されている。

SCS 法では再配置解を得る計算量が小さくなったことにより、全ネットの総配線長を求める計算量が支配的となってしまうっており、更なる高速化にあたってはネットの配線長の効率の良い算出法を考案する必要がある。