

Title	配線長を考慮した半順序制約付きシーケンスペアによるモジュール配置
Author(s)	矢野, 勇生
Citation	
Issue Date	2007-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/3623
Rights	
Description	Supervisor:金子 峰雄, 情報科学研究科, 修士

配線長を考慮した半順序制約付き シーケンスペアによるモジュール配置

矢野 勇生 (510105)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2007 年 2 月 8 日

キーワード: シーケンスペア, simulated annealing, モジュール配置問題, 半順序, 解空間縮小, 力学的手法, 重なり除去.

LSI (Large Scale Integration) は, 情報処理や信号処理を行う上で欠かせない主要要素であり, 情報通信基盤設備から個人ユースの PC, モバイル機器, デジタル家電まで, 広く計算, 通信, 制御機器に内蔵されている. 微細化技術の進展に伴って複雑化した LSI は, 高速化, 低消費電力化などの要求に加え, 製造時に生じるばらつきの考慮や, テスト容易化設計への対応を求められるなど, その設計は困難さを増している. このため, 効率的な LSI 設計のための CAD (Computer Aided Design) ツールに関する研究は重要なテーマとなっている.

LSI のレイアウト設計における部分問題の一つとして, モジュール配置問題がある. これは, 各モジュールの二次元平面内における配置座標を決定するものであり, モジュール数を n とするとき, その解空間は $\mathbb{R}^{2n}$ となる. このモジュール配置問題に対して, これまでに力学的手法, 再帰的二分割法, 解析的手法などの様々な手法が提案されてきた. こうした中, 村田らによって, シーケンスペアと呼ばれる配置表現コードを用いた配置最適化手法が提案された. このコードは, 絶対座標の情報を持たず, モジュール名の順列の対によってモジュール同士の相対位置関係のみを表現するものであり, これによりモジュール配置の解空間のサイズを $(n!)^2$ としている. また, 配置の最適化はシーケンスペアによって表現された解空間を, Simulated Annealing (SA) や Genetic Algorithm などの探索アルゴリズムを用いて探索することにより実現された.

このコード表現と SA を組み合わせた手法の特長として, 目的関数の選び方によって多種の配置問題に柔軟に対応できることや, 十分に時間をかけることで良質な解を生成できることなどが挙げられる. 一方でシーケンスペアの解空間サイズ $(n!)^2$ は, 大規模な回路へこの手法を適用する場合, 実用時間内に良質な解を得ることを困難ならしめている. この問題に対する解として, シーケンスペアのデコードアルゴリズムの高速化や, シーケンスペアそのものの解空間縮小などが考えられる. 本研究では, 後者の考え方に基づき, 探索を効率化することで大規模回路へも適用可能な配置最適化手法を提案する.

異なるシーケンスペアコードは必ず異なる相対配置を表現することから、解空間を縮小するためには、シーケンスペアが表す配置の中から、探索に不要な配置を見つけ出し、そのコードを解空間から除外する必要がある。しかし、どのコードも具体的なインスタンスが与えられない限り、そのコードが表す配置の要不要を判断することはできない。そこで本研究では、インスタンスのネット情報を活用し、配線長にとって好ましくないコードを解空間から除外することで、解空間の縮小を図る。力学的手法と呼ばれる配置手法はモジュール同士の重なりを許すものの、二次配線長評価の下での最適な配置をモジュール数に関する多項式数回の四則演算にて求めることができる。得られた配置を、コードの要不要を判断する指標となるモデル配置とし、このモデル配置とモジュール同士の相対位置関係が大きく異なる配置を、解空間から除外することを基本方針とする。

モデル配置が持つモジュールの座標情報から、モジュール同士の相対位置関係が得られる。二つの順列の対からなるシーケンスペアに対し、順列内のモジュールの出現順序を制約することでモデル配置のもつ理想的な相対位置関係を解空間に反映させることができる。本研究では、このような制約が付与されたシーケンスペアを POSP (Partially Ordered Sequence-Pair) と名づけ、これによって定義される解空間内のみを SA にて探索する手法を提案する。

本研究では先ず、モデル配置からシーケンスペア上の制約への具体的な変換手法を明らかにした後、縮小された解空間を SA にて探索するための準備を行った。すなわち、初期 POSP コード生成、隣接解定義を行い、この POSP 解空間が可到達性（任意の POSP コードから他の任意の POSP コードへと POSP コードのみを通して到達できる）を有することを証明した。次いで、提案手法を評価するため、ベンチマーク回路を用いた配置実験を行い、以下の事柄を確認した。

1. 力学的手法によるモデル配置導出の際、モジュール同士の重なり除去操作を適切に行うことで、モデル配置としての有効性が高まる。
2. 制約を付与する対象を、モジュール間距離の遠い2モジュールから順に選んだとき、その付与数が解の質に影響する。一般に、回路規模と比べ総探索数が少ない場合、付与する制約を多くし、また一方、回路規模と比べ総探索数が十分にある場合、付与する制約を少なくすることで良質な解が得られる。
3. 従来手法と比較して、適用する回路の規模に対し総探索数が少ない場合ほど、二次配線長評価の良い配置を探索することができる。また、実行時間はいずれの実験においても 10% ほどの増加となっている。

今後の課題として、POSP に適した隣接解生成方法の検討、配線長のバウンディングボックス評価に適したモデル配置、制約付与方法の提案、解空間の縮小効果に関するより詳細な検証などが挙げられる。