

並列セル配置実験システム

概要

LSI-CADにおけるセル配置問題を題材として、組合わせ最適化問題に対する並列アルゴリズムの研究開発を行うための実験システムである。回路データとセル情報を入力とし、配線面積の最小化を目的としてセル配置を決定する。

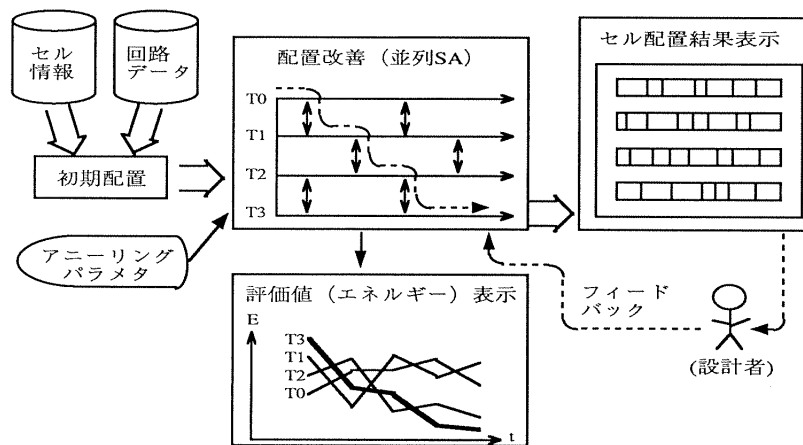
特徴

並列シミュレーテッドアニーリングアルゴリズムを考案

- 種々の温度パラメタで、逐次アニーリング処理をそれぞれ個別に並列実行
— 高温では大域的探索、低温では局所最適化を行う
- 隣接温度間での解 (セル配置) の確率的交換による、温度スケジューリングの自動化

セル配置の改善過程の監視と、設計者の介入が可能

- セル配置評価値の実行時グラフ表示
- 配置改善を一時中断し、設計者がセル位置修正後、再び実行継続可能



並列セル配置実験システムの構成

概要

配置問題とは、LSIのレイアウト設計において、与えられた回路データとセル情報をもとに、チップ上の配線領域が最小となるような、個々のセル位置を求めるものである。

しかしLSIを構成するセル数は非常に多く、配線領域を最小化するためには、膨大なセル配置の組み合わせを調べなければならない。このような組み合わせ最適化問題に対し、シミュレーテッドアニーリング(SA)と呼ばれる逐次アルゴリズムが有効であることが知られている。

並列SAは、逐次SAを適用する際に問題となる、「温度」と呼ばれる制御パラメタの設定を自動化するために、新たに考案した並列計算機向きのアルゴリズムである。

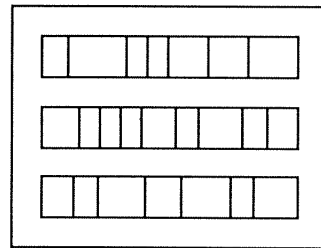
本実験システムは、並列SAを用い、PIM上でLSI設計における配置問題を解くものである。

設計対象 LSI

本実験システムの対象は、ポリセル型のスタンダードセルである。

これは高さが一定で幅がまちまちなセルで構成され、セルの集合であるセル列を複数並べた構造をもつ。

このLSIの各セルおよびチップ周辺に存在する端子間を結ぶ配線の総延長を、最小化することが目的である。



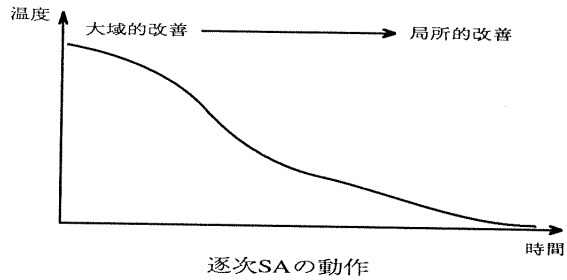
スタンダードセルの例

逐次 SA アルゴリズム

逐次SAは確率的アルゴリズムの一種であり、疑似乱数を用いて、繰返し解を改善する。

セル配置に適用した場合には、セル位置をランダムに変更しながら、配置を繰返し改善する。このとき、処理の初期段階では大域的な改善が、後半では局所的な改善が行われるように「温度」と呼ばれるパラメタを使用して制御を行う。温度は低い程、局所的な改善が行われる。

「温度」の制御は対象とする問題に依存し、最適な制御が異なるため、逐次SAの適用にあたっては、個別に調整が必要である。

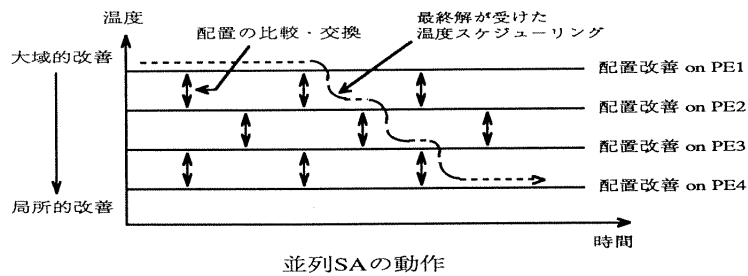


並列 SA アルゴリズム

並列 SA は、逐次 SA で問題となる温度制御を自動化するものである。

並列 SA では、異なるプロセッサに対して別々の一定温度を与え、個別に乱数を用いた配置改善を実行する。そして値の近い温度をもつプロセッサ間で、一定の期間毎に双方のセル配置の比較及び交換を試みる。このとき、温度の高い方のセル配置の評価が、低い方の評価より良いか、両者が接近していれば、互いの処理しているセル配置を交換する。

この結果、大域的な改善と、局所的な改善が処理の進行に伴い適宜選択され、温度制御の自動化が実現される。最終的には、一番低い温度をもつプロセッサ上に、最も改善の進んだセル配置が現れることになる。



デモ概要

Multi-PSI(64PE) を使用して、以下のデモを行う。

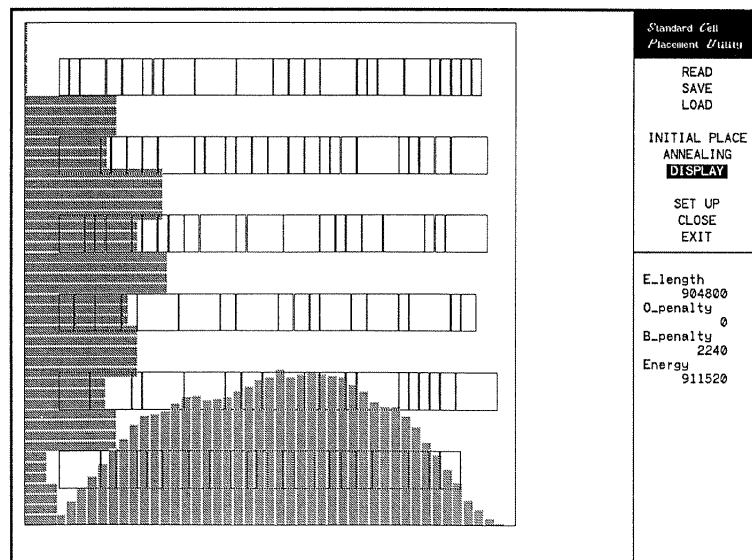
並列 SA の実行は、63 の異なる温度パラメタで並列に配置改善を行い、残りの 1PE で改善経過を監視する。

(1) 最適解が分かっている人工的な小規模データを用い、並列 SA で最適解へ到達する様子を示す。

- データは、25 セル、40 ネット規模であり、5 × 5 の方形にセルが正しく並ぶと、評価値が最良になる。

(2) 実データを用いて、配置改善を行う。

- データ規模は、125 セル、147 ネット、24 入出力
- まずランダムに初期配置を行い、その評価値及び評価の目安となる配線密度を表示する。初期配置図における X 軸、Y 軸上の棒グラフが配線密度を表している。このグラフが、全体的に低く均一に分散していれば、良い評価値が得られる。
- 改善状況は、評価値の実行時表示で監視する。
- 一定時間配置改善を行ない、結果を表示する。評価値が良くなっていること、配線密度表示の山が全体的に低くなっていることを確認する。



初期配置図