

三次元における自動配線の研究

5AD-5

田畑 伸也 藤村 真生 小堀 研一 久津輪 敏郎

大阪工業大学

1.概要

昨今の電子部品の高密度化は著しく、それに対する配線も高密度化している。従来、それらの配線は実モデルを使用して行われてきたが、労力とコストの面で問題があった。そこでコンピューターによって三次元空間に配置された電子部品同士の自動配線を行う手法を提案する。今回の研究においては、lee¹⁾の手法によるVoxel構造を用いた配線の手法を拡張し、Octree構造²⁾を用いた手法を開発した。

Octree構造とは、三次元空間を表す立方体を再帰的に分割し、形状を階層構造で表現する手法である。これにより一定の立方体(セル)の集まりで形状を表現するVoxel構造よりも一般にセル数を減少させることができ、処理の高速化を実現できる。

しかし、データ構造を単純にVoxel構造からOctree構造へ拡張しただけでは、配線がセルの中央を通ることにより冗長になる、一つのセルに一本しか配線を通せないなど問題が生じる。そこで一つのセルに複数本の配線を通すため、セルへの配線本数設定の手法及び、新たなセル間最短距離選択法を提案し、その有効性の確認を行った。

2.Octree構造に拡張したleeのアルゴリズム³⁾

ここでは簡単のため、二次元の図1を用いて説明する。図中に黒く示した部分は配線の通れない領域(障害物)である。Octree構造の場合、図1に示すようにセルが一定の大きさではない。そこで、最も小さいセルを単位セルとし、その単位セルの辺の長さを1とする。

図1a上にある始点Sと終点Eの結線を考える。まず、始点Sから終点Eまでの各セルに対してラベル付けを行う。ここでラベルとは、ハミング距離を拡張し、セルの辺の大きさを考慮した始点からの距離である。

あるセルに付けられるラベルXは、セルの辺の長さnと、注目するセルの周囲四近傍を見て一番最小のラベルが入っているセルのラベルLminから

$$X=n+Lmin$$

となる。

次に、探索は終点Eからの周囲八近傍に対して入っているラベルのうち最も小さいものを選択し配線する。この処理を始点Sに到達するまで繰り返す。この手法による配線結果を図1bに示す。

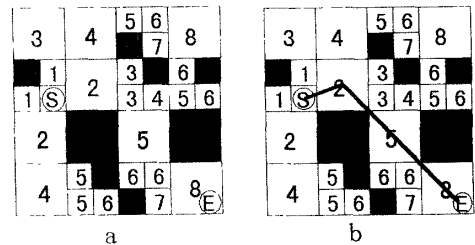


図1 Octree構造に拡張したleeのアルゴリズム

3.アルゴリズムの拡張

3-1.配線本数の設定

単位セルに通すことのできる線は1本とする。辺の長さがnであるセルの場合、そのセルが通すことのできる線の本数mは

$$m=n^2$$

である。このようにセルに属性を持たせる。すなわち、セルに対して配線可能本数mを設定し配線がされるたびに、mから1を引いてm=0になった時点でそのセルを配線禁止領域とすることにより、一つのセルあたりに複数本の配線を可能とした。

3-2.セル間最短距離選択法

セル間の最短距離を選択し、配線の冗長性を解決する手法について図2を用いて説明する。今、隣り合っている①、②、③、④の異なる大きさの4つのセルが存在している。ここで配線を①から④に向かって通す場合に①内の配線が通る点を①、②、③のセルから決定する。

①内の点Aはすでに配線が通る点として決定

Study on automatic wiring in three dimensional space.
Shin-ya Tabata, Masao Fujimura, Ken-ichi Kobori,
Toshiro Kutsuwa
Osaka Institute of Technology.
16-1 Omiya Asahi Osaka-City 535 Japan.

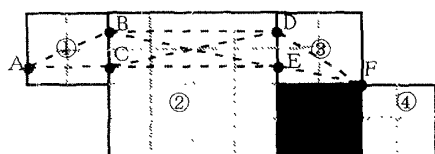


図2 セル間最短距離選択法

されている点であるとする。また、①のセル内でさらに分割された領域が単位セルの大きさの空間である。配線は単位セルでは1本しか通らない。よって①～③のセルでは通すことのできる点はB, C, D, Eの4点である。

まず、点Aから点Bを通り点Dまでの距離を求める。同様にA-B-E間の距離、さらに、A-C-D間、A-C-E間それぞれの距離を求め、それらの比較を行い距離の一番短い3点間の経路上にある点が配線の通る点として決定される。ここでは、A-C-E上の点である点Cが選択されることになる。

同様に②、③、④のセルから②内の配線すべき点を選択すると、点Eが決定される。以上の手順を繰り返して最短距離になる一本の配線を求める。

4. 実験

前章で述べた手法の有効性を確認するため以下の実験を行った。実験に使用したモデルは以下のようになされた。

- ・大小50個の障害物を任意に配置し、それに加えて配線すべき始点終点の組を100組それぞれ任意に配置した。
- ・Voxel構造で単位セルの大きさとなる空間の辺を1/32に分割するものから1/256に分割するものまでの4種類を用意した。Octree構造でのセルの分割レベルは、Voxel構造における分割数に対応するlevel5からlevel8までの4種類を用意した。実験に際し、本手法との比較対象として次の2つの手法を取り上げた。

本手法: Octree構造を用いた手法にセル間最短選択法を採用。

従来法: leeの手法をそのままOctree構造に拡張した手法。

Voxel手法: Voxel構造を用いた手法。

以上のモデルと手法について一本あたりの配線時間と総配線長の比較を行った。その結果を図3に示

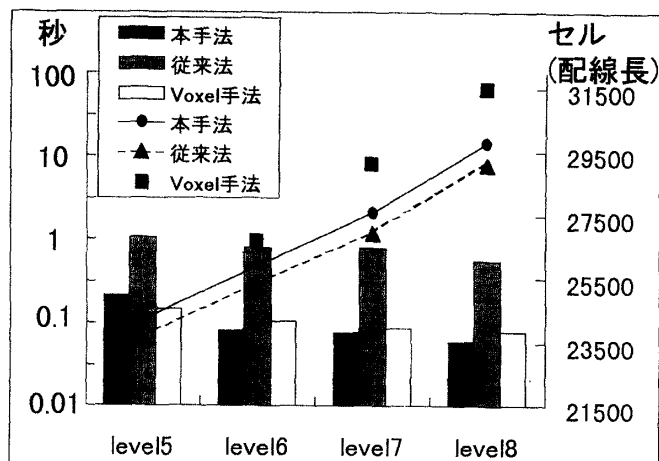


図3 実験結果

す。ここで図3の折れ線グラフは配線時間を、棒グラフは総配線長を表している。

なお、実験に使用した計算機はSGI社のIndy (CPU R4400SC 150MHz)である。

5. 考察

図3の折れ線グラフより、配線時間は空間分割のlevelがあがるほど、Voxel手法と比べて本手法の方が有利であることが示された。低い分割のlevelではセル間最短距離選択法の計算負荷が影響するため、結果としてあまり時間的な差のないものになった。また総配線長は図3の棒グラフよりいずれの場合でも本手法の方が短く配線されており、提案手法が有効であることを示している。

6. 今後の課題

3-2で述べた手法では、単位セルと比較して大きさの大きいセル同士が接続している場合、距離計測に時間を要する。これを解決することが今後の課題である。

<参考文献>

- 1) ブルーア, 林訳: "デジタル計算機の自動設計", 産業図書, pp.313~320 (1973)
- 2) leendert, 小山訳: "C-データ構造とプログラム", オーム社, pp.136~162 (1990)
- 3) 奥谷, 岡田: "Octreeデータ構造における三次元MAZEの研究", 大阪工業大学 図形情報研究室 卒業論文, pp.1~36 (1993)