

障害物を考慮した3次元格子スタイナー木を求める並列遺伝的アルゴリズム

戸津川裕志 瀬能浩史 大村道郎
(広島工業大学 工学部)

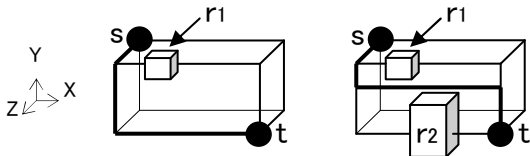
1. まえがき

LSIの配線では、折れ曲がりが増えると、タイミングの見積もりなどに悪影響を及ぼす。本研究では、空間上の3次元座標を持つ点と、それらを結ぶユークリッド全域木、および障害物が与えられたとき、木の枝をX軸、Y軸、及びZ軸に平行な線分に置き換えることにより、折れ曲がりを制限した3次元の最小格子スタイナー木を求める並列遺伝的アルゴリズムを提案する。

2. 障害物を考慮した格子スタイナー木

ユークリッド全域木の各枝 (s,t) に対し、点 $s,t(\in S)$ を結ぶ線分の折れ曲がりを最小(2以下)に制限した場合、線分は図1(a)に示す、 s, t を囲む直方体の辺の部分しか通過できない。もし折れ曲がりを1つ追加すれば、ある程度柔軟に障害物をよけることができる(同図(b))。本稿では、線分の折れ曲がりを最小+1に制限する。

また、配線長と直径を同時に考慮するため、本稿では、 $f = c_1 \cdot L + c_2 \cdot D$ を評価の基準とする。但し、 L は総配線長、 D は直径、 c_1, c_2 は定数であり、 $c_1 \gg c_2$ とする。



(a)折れ曲がり数2 (b)折れ曲がり数3

図1 障害物と遺伝子

[問題 4ST] 入力として、①3次元座標を持つ点 S の集合と、②それらを結ぶ3次元のユークリッド全域木、③直方体の障害物の集合 R が与えられる。このとき、以下の条件を満たし、目的関数を最小化する、3次元格子スタイナー木を求めよ。

(条件) ①3次元格子スタイナー木を構成する線分は、障害物を通過しない。

②ユークリッド全域木の各枝 (s,t) に対し、点 $s,t(\in S)$ を結ぶ線分の折れ曲がり数が最小+1まで。③線分は、 s, t を囲む直方体の外には出ない。

[目的関数] $f = c_1 \cdot L + c_2 \cdot D$ (但し、 L, D はZ方向の重みを考慮した配線長、直径であり、 c_1, c_2 は定数で、 $c_1 \gg c_2$ とする。)

3. 提案手法

提案手法では、 $xyxz, xyzx, xyzy, \dots, zyxy$ の18通りの遺伝子によって、全域木の枝を折れ曲がり数が3以下のX軸、Y軸、及びZ軸に平行な線分に置き換える。

3.1 並列遺伝的アルゴリズム

母集団を複数の部分母集団に分割し、その部分母集団を各プロセッサに割り当てる。割り当てられた部分母

集団を各プロセッサが遺伝的アルゴリズムを行う。部分母集団間で情報交換を行うため移住を行う。

3.2 手法の概要

以下に提案手法の概要を示す。

(S1) 初期集団をランダムに生成する。

(S2) 部分母集団に分散

(S3) 基準を満たすまで、以下の(S3.1)–(S3.5)を繰り返す。

(S3.1) ユークリッド最小全域木の2点 s, t 間を遺伝子に基づきX軸、Y軸、及びZ軸に平行な線分の並びに置き換え、障害物を避けることを試みる。各個体の適応度を求める。

(S3.2) 適応度により、次世代の個体を n 個選択。

(S3.3) 交差により、個体を2個ずつ組み合わせ、新しい個体を生成する。

(S3.4) ある確立で突然変異させる。

(S3.5) 適応度の高い遺伝子を他ノードに移住させる。

(S4) 得られたスタイナー木の座標を出力し、終了する。

4. 実験結果

提案手法をC++言語とMPIを用いて実現した。提案手法の、GAの各パラメータは、交叉確率を0.6、突然変異の確率を0.05と設定し、各ノードの個体数を10、世代数を50とした。実験結果を表1に示す。実験の結果、 n が50よりも大きかった場合、並列化により約70%短い時間で解を求めることができた。

表1 実験結果

n	並列 (4台)		非並列	
	Cost	T(msec)	Cost	T(msec)
10	5,910	1,434	5,932	226
11	6,222	4,780	6,260	271
12	6,485	1,527	6,466	333
13	6,334	2,438	6,339	402
14	8,467	1,527	8,530	503
15	8,228	2,530	8,460	513
50	18,795	6,894	18,838	15,285
100	30,039	35,15	30,083	119,858
150	39,176	107,27	38,250	393,120
200	49,906	246,94	50,112	916,603

5. むすび

本研究では、障害物を避け、折れ曲がりを制限した3次元の最小格子スタイナー木を求める並列遺伝的アルゴリズムを提案した。今後の課題としては、更にコストの改善を行うこと等がある。

文献 [1] 青山幸也, "並列プログラミング入門", 理化学研究所 情報基盤センター (2007).