

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	準ニュートン法を用いた自由角度配線のための逐次改善手法
Title(English)	An Iterative Improvement Method for Any-Angle Routing using Quasi-Newton Method
著者(和文)	小平行秀, 高橋篤司
Authors(English)	Yukihide Kohira, Atsushi Takahashi
出典(和文)	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会 講演論文集 (A-3-20), Vol. A, No. , p. 94
Citation(English)	Proc. the 2011 IEICE Society Conference (A-3-20), Vol. A, No. , p. 94
発行日 / Pub. date	2011, 9
URL	<a href="http://search.ieice.org/">http://search.ieice.org/</a>
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は電子情報通信学会に帰属します。 Copyright (c) 2011 Institute of Electronics, Information and Communication Engineers.

# 準ニュートン法を用いた自由角度配線のための逐次改善手法

An Iterative Improvement Method for Any-Angle Routing using Quasi-Newton Method

小平 行秀<sup>1</sup>  
Yukihide Kohira

高橋 篤司<sup>2</sup>  
Atsushi Takahashi

会津大学 コンピュータ理工学部<sup>1</sup>  
School of Computer Science and Engineering, the University of Aizu  
大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻<sup>2</sup>  
Division of Electrical, Electronic and Information Engineering, Osaka University

## 1 はじめに

近年のプリント基板 (PCB) 配線やパッケージ配線では、回路素子の入出力ピン数の増加によるネット数の増大、回路の動作周波数の増大による設計制約の複雑化などにより、設計規模が人手設計の限界に近づいており、設計期間の短縮のため自動配線ツールの性能向上が求められている。

## 2 準備

本稿では、配線と障害物間を空けるための線-障害物間隔制約、2配線間を空けるための線-線間隔制約、反射ノイズを抑えるために折れ曲がり角度を大きくしないための角度制約、2配線が交差しないための交差制約を満たしつつ、総配線長や各配線に与えられた指定長との誤差の総和を最小化する配線を得る自由角度配線問題を扱う。 $n$ 本の配線の集合を  $L = \{L_1, L_2, \dots, L_n\}$  とする。配線  $L_i$  は  $k_i$ 本の線分からなる折れ線で構成される。配線  $L_i$  を点の系列  $L_i(v) = (v_i^0, v_i^1, \dots, v_i^{k_i})$  で表す。配線  $L_i$  において、 $v_i^0$  と  $v_i^{k_i}$  を端点と呼び、 $v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^{k_i-1}$  を節点と呼ぶ。

## 3 提案手法

我々は、文献 [1] で準ニュートン法を用いた自由角度配線手法を提案した。準ニュートン法は、与えられる任意の変数で偏微分可能な1つの目的関数の勾配により、変数値を繰り返し変更することで準最適解を求める。既存手法は、配線長や制約式を微分可能な近似関数で表現し、目的関数を近似関数の重み付き線形和で表現する。この既存手法は、新たな制約が課された場合には、その制約を微分可能な評価関数で定義できれば提案手法に組み込めるため、提案手法は拡張性に優れているが、得られる解が初期配線として与えられる節点数、各節点の初期位置に依存するという問題があった。

そこで本稿では、逐次改善手法を提案する。解の改善手法として、2つの修正を行う。一方は、配線の1つの節点の削除する。他方は、図1に示す角落しに対応し、任意の節点  $v_i$  に対して線分  $(v_{i-1}, v_i)$  と線分  $(v_{i+1}, v_i)$  と3:1に内分する点  $v_i'$  と  $v_i''$  とすると、部分配線  $(v_{i-1}, v_i, v_{i+1})$  を  $(v_{i-1}, v_i', v_i'', v_{i+1})$  に置き換える。この角落し修正により、線-線間隔制約、角度制約の違反量が小さくなることもある。提案手法を以下に示す。

step1: 既存手法を適用する

step2: 解が改善しなくなるまで、以下の操作を繰り返す

step2-1: 解が改善しなくなるまで、節点の削除を行う

step2-2: 既存手法を適用する

step2-3: 解が改善しなくなるまで、角落し修正を行う

step2-4: 既存手法を適用する

## 4 計算機実験

提案手法の有効性を確かめるため、既存手法と提案手法を文献 [1] で用いられている data1 とその各線分の中点に節点を

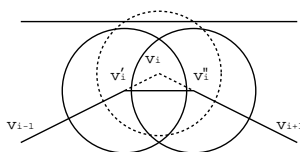
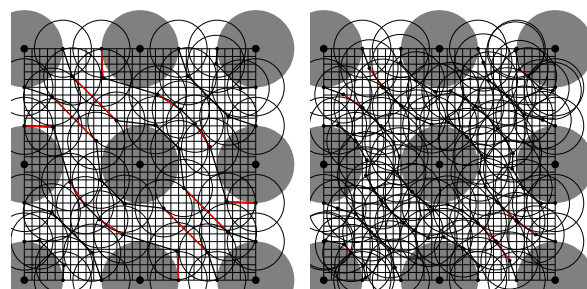


図1 角落し修正。

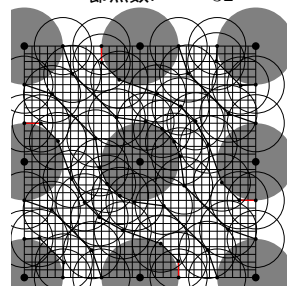


(a) 既存手法の結果 (c) の初期配線。

線-障害物違反: 0.20  
線-線違反: 4.87  
総配線長: 187.67  
計算時間 [s]: 1.15  
節点数: 32

(b) 既存手法の結果 (d) の初期配線。

線-障害物違反: 0.00  
線-線違反: 2.16  
総配線長: 185.72  
計算時間 [s]: 3.10  
節点数: 72



(c) 提案手法の結果。

線-障害物違反: 0.01  
線-線違反: 0.00  
総配線長: 184.08  
計算時間 [s]: 2.52  
節点数: 40

(d) 提案手法の結果。

線-障害物違反: 0.10  
線-線違反: 0.06  
総配線長: 184.65  
計算時間 [s]: 6.48  
節点数: 60

図2 実験結果。交差違反量、角度違反量は全て0。

挿入した data1' に適用する計算機実験を行った。準ニュートン法として L-BFGS [2] を用いた。

実験結果を図2に示す。図2において、線-障害物間隔制約、もしくは、線-線間隔制約を違反する線分を赤で示す。図2(a)のような制約違反が多い問題に対して提案した逐次改善手法を適用すると、角落しにより節点数が増え、図2(c)のように解が改善する。一方、図2(b)のような制約違反は少ないが、点数が多いため最適化が不十分な問題に対して提案した逐次改善手法を適用すると、不要な節点を削除することで最適化が十分に行えるようになり、図2(d)のように解の改善がする。既存手法では、与えられた初期配線の節点数を変更しないため、図2(a),(b)に示す通り、与えられる節点数により解が大きく異なるが、提案手法を適用すると、評価値の差がより小さい。

## 5 今後の課題

今後の課題として、より大規模で実用的な問題に対して提案手法を適用し、性能を評価することが挙げられる。

### 参考文献

- [1] 小平行秀, 高橋篤司, “準ニュートン法を用いた自由角度配線手法”. 第24回回路とシステムワークショップ予稿集, 2011.
- [2] L-BFGS, <http://www.chokkan.org/software/liblbfgs/>.