Optimized Design for the Layout of Functional Modules and Routing

○ 学 大崎 逸人 (東北大院)
正 増山 知也 (東北大)

正 深津 邦夫 (東芝)
正 井上 克己 (東北大)

Hayato OSAKI, Tohoku Univ., Aramaki-Aoba 01 Aoba-ku Sendai, Miyagi
Kunio FUKATSU, Toshiba Co., Ltd., Yanagicho 70 Saiwai-ku Kawasaki, Kanagawa
Tomoya MASUYAMA, Tohoku Univ.
Katsumi INOUE, Tohoku Univ.

Key Words: Design, Computer Aided Design, Layout Planning, Maze Routing, Route Divergence and Confluence, Genetic Algorithm

1. 緒言

ATM の設計ではそれぞれの経路において紙幣の搬送方向が決まっており、その方向に応じて分岐、合流を有効に利用することが経路配置のために重要である。筆者らは BL 法によるモジュール配置と独自に提案した方向指向迷路法⁽¹⁾による経路配置を組み合わせ、配置順序を遺伝的アルゴリズムにより最適化することで、経路の重なりを回避しつつコンパクトな配置を得ることに成功した。

ところが、BL 法は部品形状によって解探索範囲が大きく制約されてしまう欠点がある。そこで新たに配置における自由度がより高い改良パッキング法を適用し、より広範囲での解探索を行える配置設計を行った。また、本研究で扱う多目的最適問題においては項目毎の重み係数のチューニングが解に大きな影響を与える⁽²⁾。そこで、経路最短、面積最小等の設計意図を具現化する重み係数を与えた配置設計を行い、設計意図と設計解との関係について考察する。

2. 部品配置と経路設計のモデル化

ATM 機を側面から見た状態をモデル化し、Fig. 1 のように部品と経路を配置する。ATM の機能実現の為、10 個の部品と 15 本の経路が必要である。部品は、A: 入出金口、B: 監査部、CA, CB: 一時保管部、D: 装填箱、K1, K2, K3: 金庫、R1, R2: リジェクト箱である。大きさや紙幣出入口が異なる 4 つのタイプの部品を用意し、自動的に適切な選択して ATM を構成する。

本設計問題は以下のように定式化される。

$$\min. f = w_1 L + w_2 \sum_{i=1}^n b_i + w_3 \sum_{i=1}^n c_i + w_4 S \quad (1)$$

ここで各評価値は

L : 配置空間を構成するセルを単位とする総経路長

b_i : 経路 i の屈曲数

c_i : 経路 i の他経路との交差数

S : 部品全てを包絡する最小の長方形の面積

である。また、 n は経路の本数である。 $w_1 \sim w_4$ はそれぞれの項に対する重みであり、この大きさを調節することで、(a) 総経路長最小化、(b) 総屈曲数最小化、(c) 面積最小化の 3 種の設計意図を表現する。計算に用いた重みの値を Table 1 に示す。

3. 部品配置と経路設計の同時最適化

3.1 部品配置法 前述したように、筆者らはこれまでに BL 法⁽³⁾を適用し、最適配置設計を行った⁽¹⁾。しかし BL

Table 1 Weights for optimum design

Design	Objective	w_1	w_2	w_3	w_4
(a)	minimize route length	10	10	100	1
(b)	minimize number of turnings	1	40	150	1
(c)	minimize space	1	10	100	4

Fig. 1 Module layout and routing for ATM

法では配置候補領域の大きさによって得られる解が異なる、部品の形状と大きさが均等でないと優良な解が得られにくいといった問題があった。そこで、パッキング法と 2 次割り当て問題を参考にし、新しい配置手法を考案した。これを改良パッキング法と呼ぶことにする。改良パッキング法は、1) 設計空間をすべての部品を含みうる大きさの格子で分割する。格子数は部品の数より多く用意する。2) 各部品を格子内に置く (Fig.2(a))。3) 格子を取り払い、部品同士が干渉せず移動できるところまで部品配置の右端包絡線を左に、下端包絡線を上に移動する (Fig.2(b))、という手順を踏む。ここでは 10 個の部品に対して 16 個の格子を用意した。この方法では、あらかじめ用意した格子のどこに部品を投入するかによって配置が一義的に決まり、順列情報で配置を表すことができる。この方法では装置を構成する部品の大きさや形状が不揃いであっても優良な配置解を得ることができる。

3.2 経路設置 前報⁽¹⁾で提案した方向指向迷路法を適用する。本手法を用いると、経路の方向に従って分岐・合流を繰り返しながら交差や障害物を回避する経路探索を自動的に行うことが可能である。また探索順序によって経路が一義的に決まるため、配置手法と同様に、経路の情報を順列情報で表すことができる。

Fig. 2 Module layout by proposed packing method algorithm

Fig. 3 String for simultaneous optimization

3.3 同時最適化 提案した方向指向迷路法および改良パッキング法を用いることで経路・配置ともに順列並べ替えの情報で表現できることから0から30までの整数を並べたものをストリングとし、遺伝操作を行う。このうち、0から15は部品配置情報、16から30は経路設置順序情報であり、遺伝子座の順に抜き出して部品と経路に合わせて並べ換える。この情報に従い先ず改良パッキング法により部品を配置し、次に方向指向迷路法を用いて経路設定を行う。また部品選択の情報は1つの部品に対して2ビットで表し配置・経路の情報部分と並列に遺伝操作を行う。遺伝子の構造をFig. 3に示す。目的関数として式(1)を用い、これを最小化する。最適化には連続世代モデルGAを用いて、個体数500、世代数200000で計算を行う。

4. チューニングの効果と再現性に対する検討

Table 1に示した各重み分布に対してそれぞれ3回の試行を行った。得られた各評価値をTable 2に示す。すべての試行において経路の重なりを生じることなく、配置解を得ることができた。各条件ともに3回の試行で似た解が得られた。Fig. 4に w_3 を除く各重みの和 $\sum w_i - w_3$ に対する w_1 , w_2 , w_4 の割合とその項にかかる評価値の関係および各設計条件の傾向を最もよく表していると思われる解を示す。

また、同条件で部品配置にBL法を用いたとき設計(a)(b)(c)でそれぞれ3回の試行による目的関数の平均値はそれぞれ1305, 1267.3, 1921.7であった。これらは本計算で得られた値よりも大きく、改良パッキング法を用いることで、より優良な解が得られることが知られた。

5. 結言

- (1) 改良パッキング法を提案し、方向指向迷路法と合わせて遺伝的アルゴリズムで配置と経路設計を同時最適化する方法を提案し、制約条件を満足する良好な解が得られることを確認した。
- (2) 目的関数の各項に寄与する重みを変化させることで設計意図を反映する解を得ることが可能である。

Table 2 Evaluation value obtained by optimization

Design	Trial	L	$\sum b$	$\sum c$	S	f
(a)	1	51	27	0	324	1104
	2	63	26	0	357	1247
	3	52	23	0	323	1073
	average	55.3	25.3	0	334.7	1141.3
(b)	1	80	17	0	374	1134
	2	86	15	0	465	1151
	3	83	18	0	360	1163
	average	83	16.7	0	399.7	1149.3
(c)	1	82	23	0	350	1712
	2	58	24	0	323	1590
	3	57	20	0	323	1549
	average	65.7	22.3	0	332	1617

Fig. 4 Effect of weighting on design solutions

文 献

- (1) 大崎 逸人・増山 知也・深津 邦夫・井上 克己, 機能を有する部品間の分岐合流を考慮した経路設計に関する研究, 第18回設計シンポジウム講演論文集, (2000), pp.5-9.
- (2) 増山 知也・小林 庸幸・深津 邦夫・山中 将・井上 克己, 機能を有するモジュールと経路の配置設計, 日本設計工学会誌(印刷中).
- (3) Sessomboon, W.・中野 浩司・伊呂原 隆・吉本 一穂, 異形状・異面積・形状固定職場のダイナミックレイアウト問題の一解法, 機論, 63-615, C(1997), 354-360.