

並列計算機を用いた自動配線処理に関する一考察

3H-5

坂上智成 寺井秀一 馬場崎徹 吉川雅弥 橋本綾

立命館大学 大学院 理工学研究科

1. はじめに

数十万個以上の素子から成る大規模なULSIの設計期間短縮と高品質チップの実現を可能にするために並列計算機を用いた自動設計技術の確立が重要である。

以下では、並列自動配線に伴う課題として、各PU*(Processing Unit)のJob量*を均等化する“Job割り当て*問題”を定式化した処理ステップを含む並列化自動配線の一手法を示す。

2. 並列化自動配線の基本概念

従来、レイアウト（配置・配線）設計は1つのコンピュータにより行ってきたのに対し、本研究では複数のPUからなる並列コンピュータを用いレイアウト設計を行う。

以下に並列化自動配線の処理ステップの概要を示す（図1参照）。

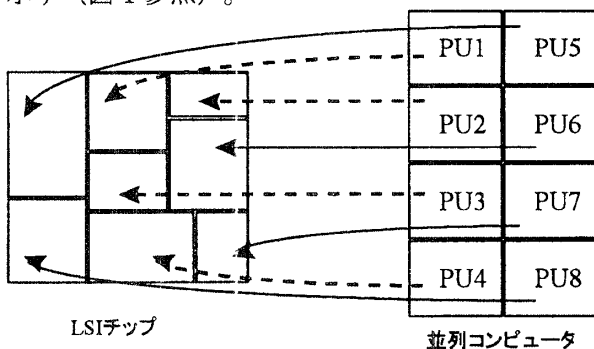


図1 並列化自動配線の基本概念図

Step1: LSIチップを複数の領域に分割する

Step2: 並列コンピュータ内の各PUを各領域に割り当てる

Step3: 各PUが同時に配線処理を行う（並列処理）

3. Job割り当て

本研究では、処理手続きの大きさを表す量として“Job量”を定義し、領域*i*の持つjob量を式(1)のように定式化する。

$$J_i = K_n \times \text{領域の Net 数} + K_s \times (\text{領域面積})^2 \quad (1)$$

 K_n, K_s : 定数

式(1)を用いLSIチップ内の各領域の持つJob量を計算し、各PUのJob量(PJ)が均等に成るように処理する領域を割り当てる。

3.1 Job割り当ての効果

Job割り当てによる効果は以下のようなものがあげられる。

(1) Job均等化のため処理時間が各PUで一定

(2) PU間通信の回数（通信オーバーヘッド）の減少

(1)、(2)の結果として大幅な処理時間の削減が可能となる。

一例として7領域に分割されたLSIチップを4PUで配線する場合のJob割り当てによる処理時間短縮の概念を図2に示す。ここで、各領域の処理時間はそれぞれのJob量とほぼ等しいとする。Jobの最適割り当てを行っていないケース（図2(a)）は単一のコンピュータでの処理時間と比べると処理時間短縮が見られる。しかし、Job割り当てを最適にしたケース（図2(b)）においては、Jobが均等化されているため、さらなる処理時間短縮が可能となる。

A Consideration On Job Assignment For Routing Procedure Using A Parallel Computer

Tomonari Sakagami Hidekazu Terai Toru Babasaki Masaya Yoshikawa Aya Hashimoto
Ritsumeikan University

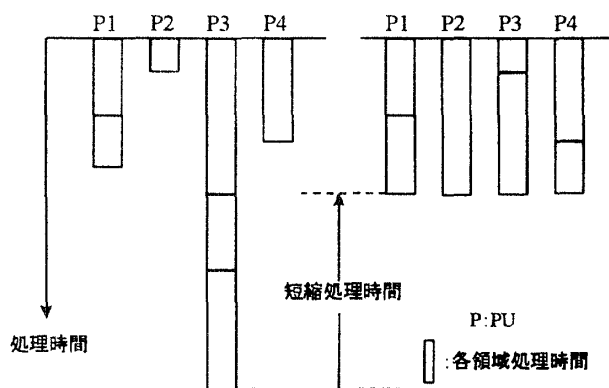


図2 Job 割り当てによる処理時間短縮

4. Job 割り当ての方式

Job 割り当て方式として以下の2つの方式を提案する。

(1)均等方式

各領域を Job 量の大きい順に並び替え、各 PU の Job 量が均等になるよう順に割り当てる。

(2)遺伝的アルゴリズム方式

生物進化のメカニズムをシュミレートすることを基本とするアルゴリズムを用い、Job 割り当てのための最適な領域の組み合わせを見つける。以下にアルゴリズムの流れを示す。

- Step1: PU が 0 と 1 からなる全領域数の bit 配列を用意し、初期領域を割り当てる
 - Step2: 何 bit 目に 1 があるかで PU の持つ領域を確認する
 - Step3: 全 PU が条件を満たすまで、評価、選択、交差、突然変異を繰り返す。
- 各方式で用いる評価関数を次に示す。

4.1 Job 割り当て評価関数

Job 割り当てを行う際の評価関数として、以下の3つを検討する。

- (a) 各 PU の Job (PJ) を平均 Job 量 (Ave) に近づける

$$|PJ - Ave| = \alpha \approx 0 \quad (2)$$

ここで、 $Ave = \frac{\sum_{i=0}^{全領域数} Ji}{全PU数}$ 、 α : 定数 (3)

- (b) PU の最大 Job 量 (PJ_{max}) と最小 Job 量 (PJ_{min}) の差 (D) を $J_{min} + \beta$ 以下にする

$$D = PJ_{max} - PJ_{min} \leq J_{min} + \beta \quad (4)$$

J_{min} : 領域の最小 Job 量、 β : 定数

- (c) 隣接する領域との組み合わせを優先した割り当てを行う

5. 結果

Job 割り当て処理ステップを含む並列処理と、含まない並列処理についてシュミレートした結果を図3に示す。

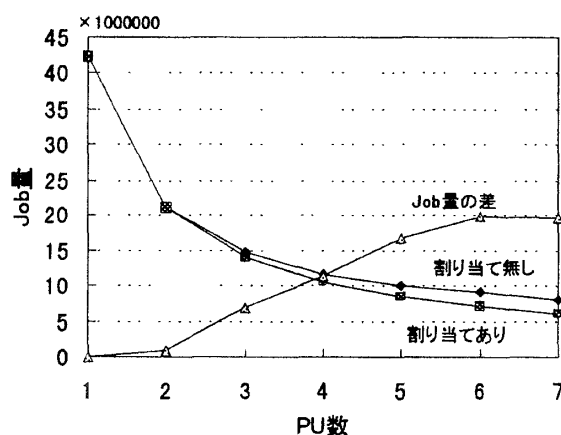


図3 PU数とJob量変化の予測

Job 割り当ては均等化方式を用いた。

PU数7のときの1PU当たりのJob量はPU数1の時に比べ約7分の1に減少しており、これに伴う処理時間の短縮が期待できる。

Job 割り当てありとなしのJob量の差に着目すると最大で 2×10^6 (Job量) の差がある。このJob量の差は、 400×360 のグリッド・グラフ内で 480Net を配線するのに要する時間に相当する。

6. おわりに

設計期間の短縮を目的とした並列計算機を用いた自動配線処理に関するJob割り当て方式を提案した。今後は実データを用いた評価実験を行う予定である。評価課題としては、通信オーバーヘッド及び、前後処理を含めた一連の配線処理時間の削減、配線率の向上などが挙げられる。