

電機資訊學院 2022 實作專題競賽 BRAIN PLUS HAND

An Effective Approach for Macro Legalization Considering Channel Spacing and Buffer Area Reservation Constraints

隊伍編號：EECS007

組長：邱俊維

組員：鍾少庭 房昀凱

研究動機

在實體設計(physical design)的巨集元件擺置(macro placement)階段，傳統上，我們關心擺置結果是否能使後續繞線(routing)階段花費較少的線長(wire length)，較少的線長意味著能有更好的時序(timing)。ICCAD Contest 題目關注另一個解決時序問題的可能方法—保留緩衝元件區域(buffer area)以供後續插入緩衝元件(buffer)調整時序，為此我們整合了現有的擺置方法及我們提出的迭代優化架構(iterative improvement framework)和優化策略來解決此問題。

問題描述

基於上述考量，我們此次專題的目標是在給定數個巨集元件(含不可移動)的尺寸及起始座標之後，我們需要調整巨集元件的位置以獲得合法擺置。除了巨集元件兩兩不重疊且至少隔一最小通道距離(channel spacing constraint)之外，還要滿足緩衝元件區域保留限制(buffer area reservation constraint)，即巨集元件外擴範圍內需有可擺放標準元件區域。在滿足這兩個限制後，我們的目標為獲得較低成本之擺置方法，成本函數(cost function)如下：

$$\alpha \times \Delta + \beta \times VP$$

- α : 可移動巨集元件位移長度總和之權重值。
- Δ : 可移動巨集元件位移長度總和。(單位: micron)
- β : 不可擺置標準元件的通道空間總和之權重值。
- P : 不可擺置標準元件的通道空間總和。(單位: micron²)

研究方法

1. 建立限制圖(Constraint Graph)

根據巨集元件的起始位置，我們建立兩張限制圖，分別為水平方向及鉛直方向。兩兩巨集元件在水平或垂直限制圖上具有邊時(兩巨集是否有邊由起始擺置決定)，表示此二巨集元件在該方向上須隔一定距離，而此距離與圖上邊的權重相等，這步可為之後線性規劃提供限制式。這邊用到的演算法有: Transitive Reduction, Max-Flow Min-Cut, Longest Path on DAG.

2. 線性規劃(Linear Programming)

線性規劃模型如右式(1)-(5): 對每個巨集元件，限制其不可擺出邊界且必須滿足上一步限制圖上給出的關係式。此步驟會找出一擺置使得兩兩巨集元件不重疊且總位移最小。

$$\begin{aligned} \text{Min } & \sum_{i=1}^n |x_i' - x_i| + |y_i' - y_i| \\ \text{s.t. } & \frac{w_i}{2} \leq x_i' \leq W - \frac{w_i}{2}, \forall m_i \in M \quad (1) \\ & \frac{h_i}{2} \leq y_i' \leq H - \frac{h_i}{2}, \forall m_i \in M \quad (2) \\ & x_j' - x_i' \geq \frac{w_i + w_j}{2}, \forall e_{ij} \in G_h \quad (3) \\ & y_j' - y_i' \geq \frac{h_i + h_j}{2}, \forall e_{ij} \in G_v \quad (4) \\ & x_f' = x_f, y_f' = y_f, \forall m_f \in F \quad (5) \end{aligned}$$

3. 合法化擺置與成本計算(Legalization & Cost Evaluation)

利用隅角編織法(corner stitching)資料結構，標示出所有不可擺置標準元件區域。並對每個巨集元件進行合法性檢查。若有巨集元件違反緩衝元件區域保留限制(即巨集元件外擴範圍內無可擺放標準元件區域)，我們會調整限制圖上邊的權重，使其周圍有可擺置標準元件區域。

4. 迭代優化策略(Iterative Improvement Strategies)

我們所提出的改善策略共有三種：

- **靠牆**：若一巨集元件與擺放邊界產生不可擺置標準元件區域，我們可計算將其移至邊界是否能減少成本，以此決定是否移動到邊界上。
- **推開或錯置**：當造成不可擺置標準元件區域的兩巨集元件周圍是空曠的，我們可計算推開與錯開各別所需的成本，並且與該不可擺置標準元件區域造成的成本比較，選擇可獲得最大效益的操作。
- **歸位**：計算巨集元件的位移平均值，嘗試將位移量超過平均值的巨集元件搬回初始位置，再重新建立限制圖，可減少一些離群值(outlier)所造成的位移成本。

研究成果

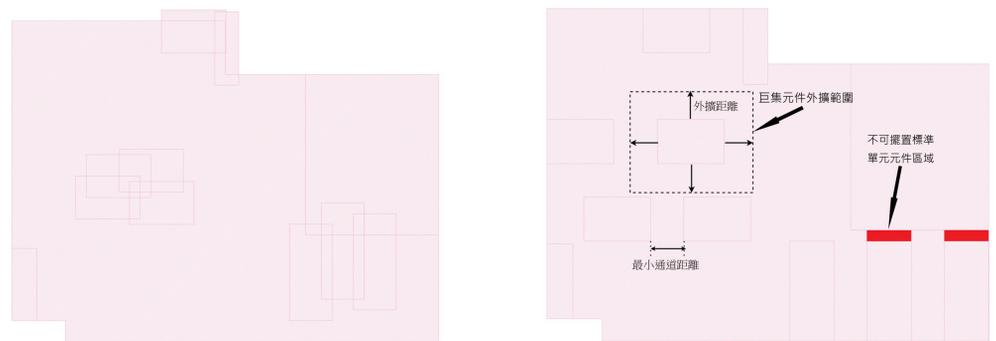


Fig. 1

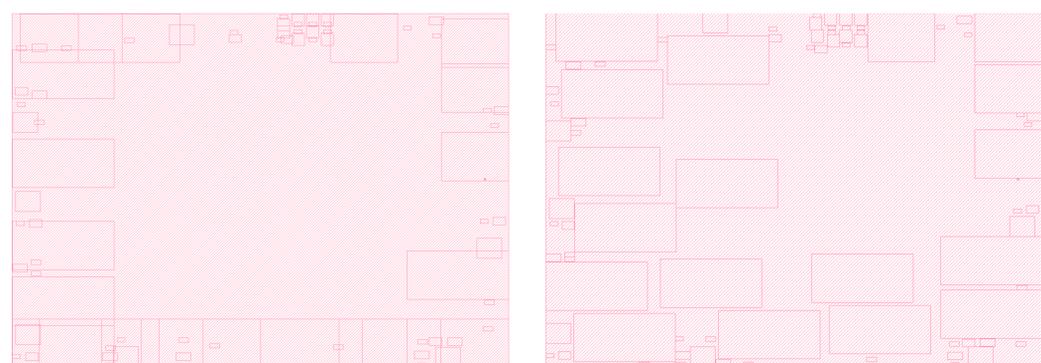


Fig. 2

Fig. 1, Fig. 2 呈現初始擺置(左)與最終擺置(右)，在最終擺置中可見巨集元件間沒有重疊且保留距離，每個巨集元件外擴範圍內皆留有可擺置標準元件區域。