



第二章

系統流程及名詞定義

本文所提出的導引系統實際上可以分為兩個程序：(1) 為進入停車場內的車輛挑選出最佳停車位並規劃最佳路徑；(2) 控制方向指示號誌以導引該車輛停車。要完成上述的工作，系統需事先知道一些資訊，藉此定義最佳停車位及最佳路徑，如此方能計算出所需的結果。接著我們定義方向指示號誌的表示方式並設定控制方向指示號誌的策略，希望可以經由這些步驟讓系統效率達到最大化，並從而完成提升停車場效率、減少停等時間、減少空氣污染、減少石油使用量等目標。

本章首先在 2.1 節說明系統架構以及系統的運作流程，2.2 節定義了系統中所用到的各種名詞。系統架構包含了環境的描述以及硬體架設的說明，流程部分說明系統的組成及運作，其中的技術部分則會在後面的章節加以詳述。至於最佳停車位及最佳路徑的定義及計算方

式，還有方向指示號誌的定義及控制策略則將在下一章中討論。

2.1 系統流程



Fig. 2.1 Guidance system block diagram

藉由前一章的討論，我們可以瞭解 IPS 停車場的運作情形，也知道導引系統是如何跟其他子系統溝通協調。要建構一個好的導引系統，我們必須先瞭解這個系統到底要處理什麼問題，又需要哪些資訊才可以完成其工作。圖 2.1 為系統方塊圖，而系統完整的定義如下：

目的： 為進入停車場的每輛車輛依照其優先權高低順序（Priority）分配一個最佳停車位同時規劃對應的最佳路徑，並且在車輛行進中適時地控制方向指示號誌以指引車輛停至最佳停車位

輸入： 車輛現在位置、停車場內的狀況（停車位空位分佈、停車場內移動中的車輛位置及路徑、道路擁擠程度）

輸出： 最佳停車位及最佳路徑、行進中的方向指示號誌控制

系統中的優先權乃是以車輛進場時間為基準訂定，越早進入停車場的車輛在系統中的優先權就越高。依照優先權高低來規劃的目的是為了顧及系統的公平性，要讓車輛的平均等待時間最小化。而實際上在執行時，如圖 2.2，系統可以分為 Part A 及 Part B 兩個部分：

Part A 計算最佳停車位及最佳路徑

輸入： 車輛現在位置、停車場內的狀況

輸出： 最佳停車位及最佳路徑

Part B 則根據 Part A 所規劃出的路徑來控制指示號誌

輸入： 車輛現在位置及最佳路徑

輸出： 方向指示號誌的狀態

要達到上述的目的，系統需要兩類資訊：1.固定資訊以及 2.變動資訊。固定資訊指的是停車場內的環境限制，如停車位的位置，入口到停車位的距離，停車位到行人出口的距離。變動資訊則會隨著時間而改變，如停車場內的停車位狀態（已停車/已配置/空位）分布，車道擁塞情形，車輛現在位置，車輛進入停車場的時間，還有方向指示號誌的狀態。由於採用 IPS 的關係，引導系統可以輕易的經由其他子系統得到這些資訊。固定資訊在停車場建構時便設定完成，故不特地說明。變動資訊在車輛進入停車場時系統可以得到初始值，當車輛行

進中時則是透過監視系統及追蹤系統來獲得，而對方向指示號誌的控制乃是透過控制系統來完成，過程中所有子系統間的資訊交換都要經由中央管理系統來傳遞，圖 2.3 說明了資訊在子系統間流動的情形。

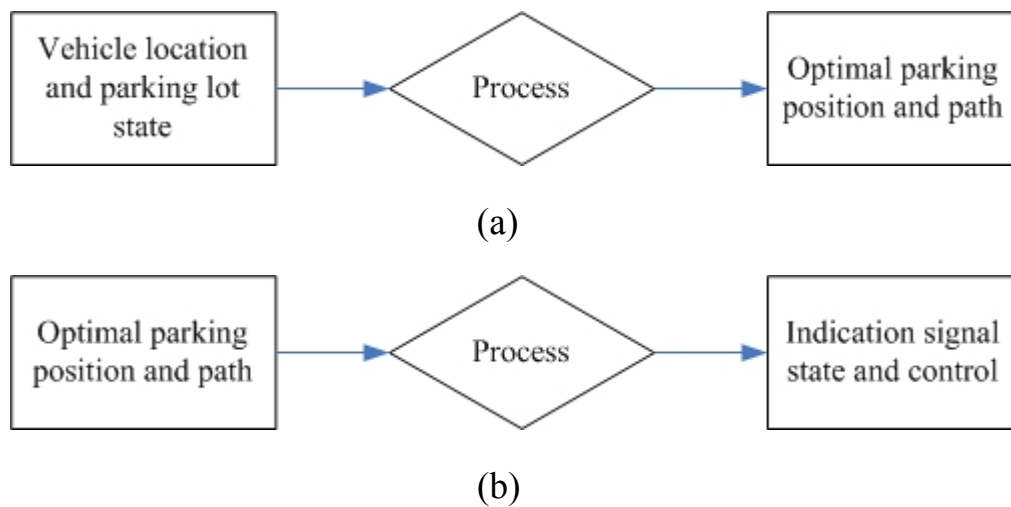


Fig. 2.2 (a) Part A block diagram, (b) Part B block diagram

在瞭解了系統所要面對的問題以及如何處理後，接下來我們來看整個系統的完整流程。圖 2.4 是本導引系統的流程圖，詳細流程如下：

1. 車輛進入停車場
2. 檢查停車場內是否尚有空車位可供車輛停放
是→允許車輛進入
否→指示車輛離開停車場
3. 為車輛分配最佳停車位並規劃路徑

4. 引導車輛停至定位，並在車輛行進中適時控制方向指示號誌
5. 當車輛未依規劃路徑前進或停車場內狀態改變時回到步驟 4
6. 車輛停妥

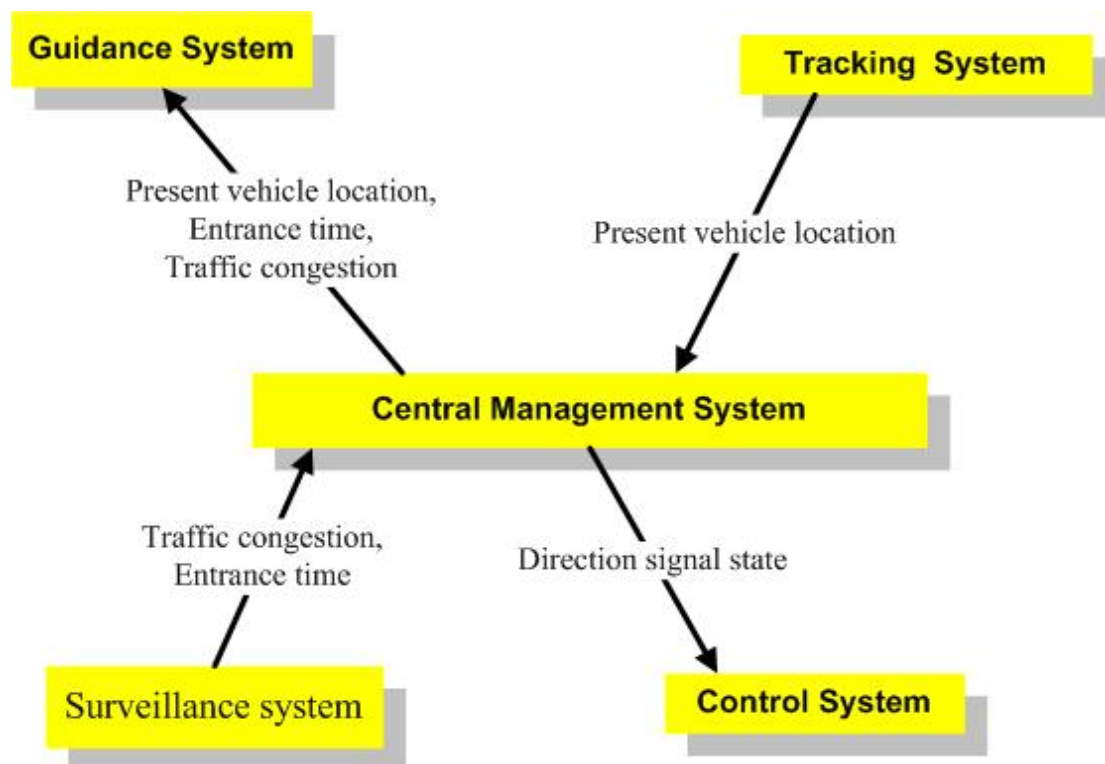


Fig. 2.3 Information flow of IPS

藉由以上的介紹，我們已經清楚瞭解整個系統的架構以及運作流程。至於詳細的細節，例如最佳停車位的定義，最佳路徑的規劃，控制方向指示號誌的策略...等內容，將在後面再做討論。

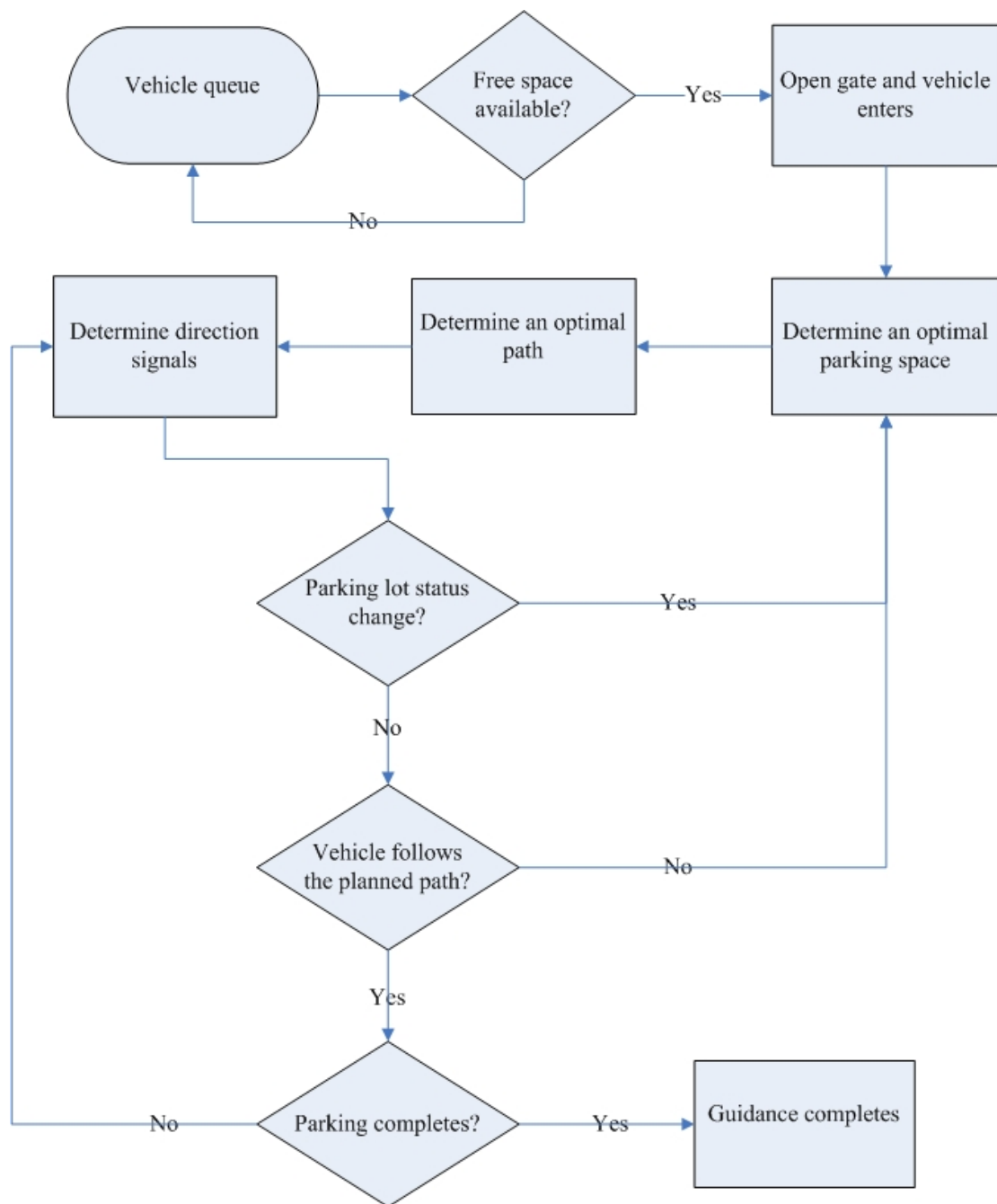


Fig. 2.4 System flowchart

2.2 關於停車場的名詞定義

如同之前所提過的，本導引系統的目的乃是為進入停車場中的車輛分配最佳停車位並規劃最佳路徑，接著在車輛行進中控制方向指示號誌以指引該車輛停至最佳停車位。因此在定義系統名詞時，我們只考慮跟”停車”這個動作有關的要素，以相關的名詞來表示最佳停車位跟最佳路徑。圖 2.5 是一個所有名詞都標示清楚的停車場平面圖：

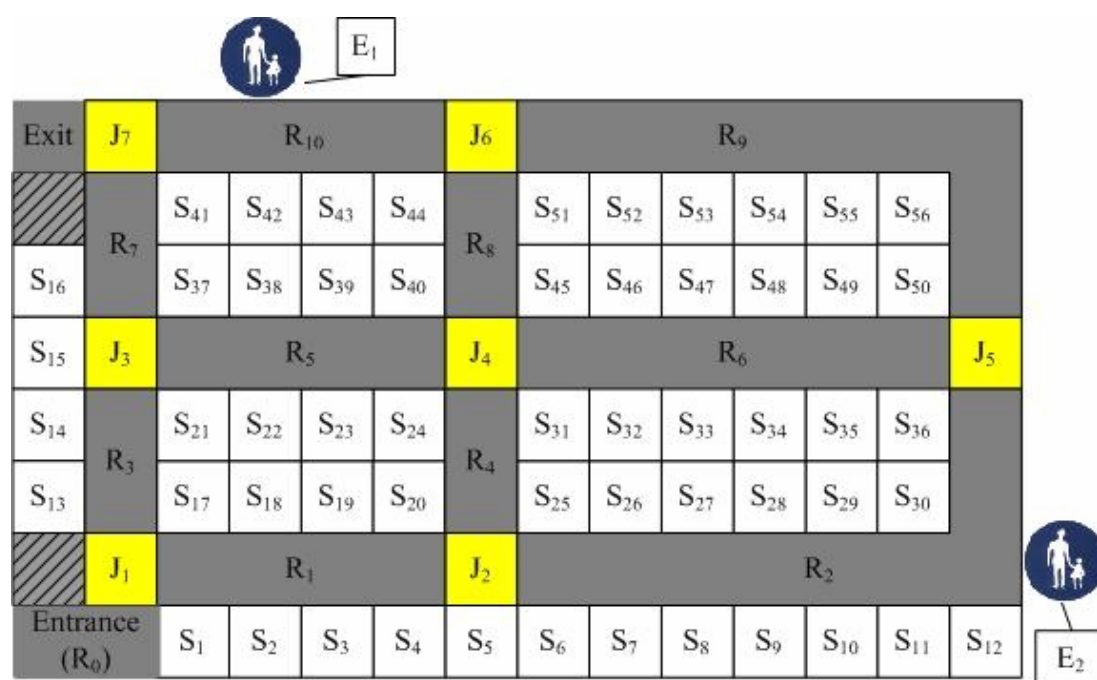


Fig.2.5 Parking lot diagram

1. 停車位 (Parking position)

給定停車場空間 P ，令 S_i 代表停車位， $i=\{1,2,\dots,n_1\}$ 其中 n_1 代表停車場中的停車位總數，並以 $S_i(t)$ 代表第 i 個停車位在時間 t 時

的狀態：

$$S_i(t) = \begin{cases} 0, \text{ empty} \\ 1, \text{ occupied} \end{cases} \quad (2.1)$$

2. 道路 (Road)

令 R_i 代表停車場中的道路, $i = \{1, 2, \dots, n_2\}$ 其中 n_2 代表停車場中道路的總數。我們用環繞該道路的停車位來表示道路，這是一個唯一的表示方式，用下面這個式子表示：

$$R_i = \{ *S_j \} \quad (2.2)$$

例如在圖 2.5 中， R_1 被 $S_1, S_2, S_3, S_4, S_{17}, S_{18}, S_{19}, S_{20}$ 共八個停車位所圍繞，就可以表示為

$$R_1 = \{ S_1, S_2, S_3, S_4, S_{17}, S_{18}, S_{19}, S_{20} \}。$$

3. 路口 (Junction)

令 J_i 代表停車場中的路口, $i = \{1, 2, \dots, n_3\}$ 其中 n_3 代表停車場中路口的總數。因為一個路口乃是由數個道路交會而成，因此我們也可以找出一個唯一的表示方式：

$$J_i = \{ R_j * \} \quad (2.3)$$

例如在圖 2.5 中，路口 J_4 乃是由 R_4, R_5, R_6, R_8 四條道路所交會而成，就可以表示為

$$J_4 = \{ R_4, R_5, R_6, R_{88} \}.$$

以上三個名詞乃是用來定義並計算最佳路徑用的，詳細定義方式將在下一節中說明。

4. 方向指示號誌 (Direction signal)

令 L_i 代表停車場中的方向指示號誌， $i = \{1, 2, \dots, n_d\}$ 其中 n_d 代表停車場中方向指示號誌的總數。如表 2.1，定義

$L_i(t) \in \{0, 1, 2, \dots, 7\}$ 來表示方向指引號誌的狀態。當方向指示號誌狀態為 0 時指示車輛停止，設定此狀態的目的是希望兩車在路口交會時可以讓優先權較高的車輛先行通過；狀態為 1 時指示車輛向左轉；狀態為 2 時指示車輛直走；狀態為 3 時指示車輛向右轉；狀態為 4 時指示車輛向左轉或是直走；狀態為 5 時指示車輛直走或向右轉；狀態為 6 時指示車輛向左轉或向右轉；狀態為 7 時指示車輛向左轉或直走或向右轉。

5. 行人出口 (Pedestrian exit)

停車位到行人出口的距離乃是我們定義最佳停車位及最佳路徑的一個重要因素。圖 2.5 中共有兩個行人出口，分別為 E_1 及 E_2 。

$L_r(t)$	construction
0	ϕ
1	\leftarrow
2	\uparrow
3	\rightarrow
4	$\leftarrow \uparrow$
5	$\uparrow \rightarrow$
6	$\leftarrow \rightarrow$
7	$\leftarrow \uparrow \rightarrow$

Table 2.1 Direction signal state

2.3 關於車輛的名詞定義

在前一節裡，我們討論了停車場中與”停車”有關的要素並給予適當的定義。不過這仍然不足以建立一個好的停車場導引系統，因為除了”停車場”本身外，跟”停車”這個動作有直接關係的另一個重要元素—車輛還未納入考慮，因此這一節的焦點將放在有關車輛的表示方式上。在這裡我們定義了三個跟車輛有關的名詞，分別是車輛位置 (Vehicle present location)、車輛軌跡 (Trace) 還有車輛路徑 (Path)，分別敘述如下：

1. 車輛位置：令 V_i 代表第 i 輛進入停車場中的車輛， $V_i(t)$ 表示 V_i

在時間 t 時的位置，定義

$$V_i(t) = (x, y) \quad (2.4)$$

其中 (x, y) 是座標值。

2. 路徑：令 P_i 代表系統規劃給車輛 V_i 的最佳路徑，一條最佳路徑可以分解為

- i. 由起點到鄰近起點的路口
- ii. 經過某個路口轉到某條道路
- iii. 重複步驟 ii 直到抵達鄰近終點的路口
- iv. 由路口到終點

共四個步驟。其中路徑的起點為車輛的現在位置，終點為系統為該車輛所分配的最佳停車位。根據我們在上一節的定義，我們可以將 P_i 表示為

$$P_i = SR_i(J_j R_k)^* E \quad (2.5)$$

其中 S 代表起點， E 代表終點， S 跟 E 都是停車場中的某個停車位。例如在圖 2.5 中，若車輛 V_i 現在位置是 S_2 ，系統分配的最佳停車位是 S_{48} ，系統規劃的最佳路徑是

$S_2 \rightarrow R_1 \rightarrow J_2 \rightarrow R_4 \rightarrow J_4 \rightarrow R_6 \rightarrow S_{48}$ ，則可以表示為

$$P_i = S_2 R_1 J_2 R_4 J_4 R_6 S_{48}$$

而系統實際計算路徑的流程如下：(1) 決定起點；(2) 計算終點（即最佳停車位）；(3) 規劃出所有可能路徑；(4) 計算每條可能路徑的 total cost，取其中成本最小的為最佳路徑。詳細的計算方式在第三章說明。

3. 軌跡：令 T_i 代表 V_i 的軌跡，也就是 V_i 在停車場中實際行進的路線。軌跡跟路徑有相同的表示方法，但對同一輛車輛而言，根據實際的行進狀況，其軌跡與路徑未必相同，而當此情形發生時則系統必須為車輛重新計算分配最佳停車位並規劃最佳路徑。若車輛依照系統規劃路徑前進且停車場內狀況未發生變化時，則車輛行進中不需重新規劃。

根據以上的定義，我們可以將圖 2.5 轉換成圖 2.6，也是本導引系統的核心觀念：把停車場中的路口轉換成 graph 中的 node，道路轉換成 edge，道路的擁塞程度則利用 edge 對應到長度的改變。然而圖 2.6 中有些部分是為了維持原本停車場平面圖的完整性，實際上計算最佳路徑時並不需要用到，例如 J_7 ， R_{10} 以及 R_{11} 。所以我們可以再將圖 2.6

轉換成圖 2.7，也就是系統實際上計算所用的graph。如此一來從最基本的問題以致於種種複雜的衍生問題，都可以根據這個圖利用graph theory來計算並求得最佳解。至於求得最佳解的詳細過程將在下一章中再做介紹。

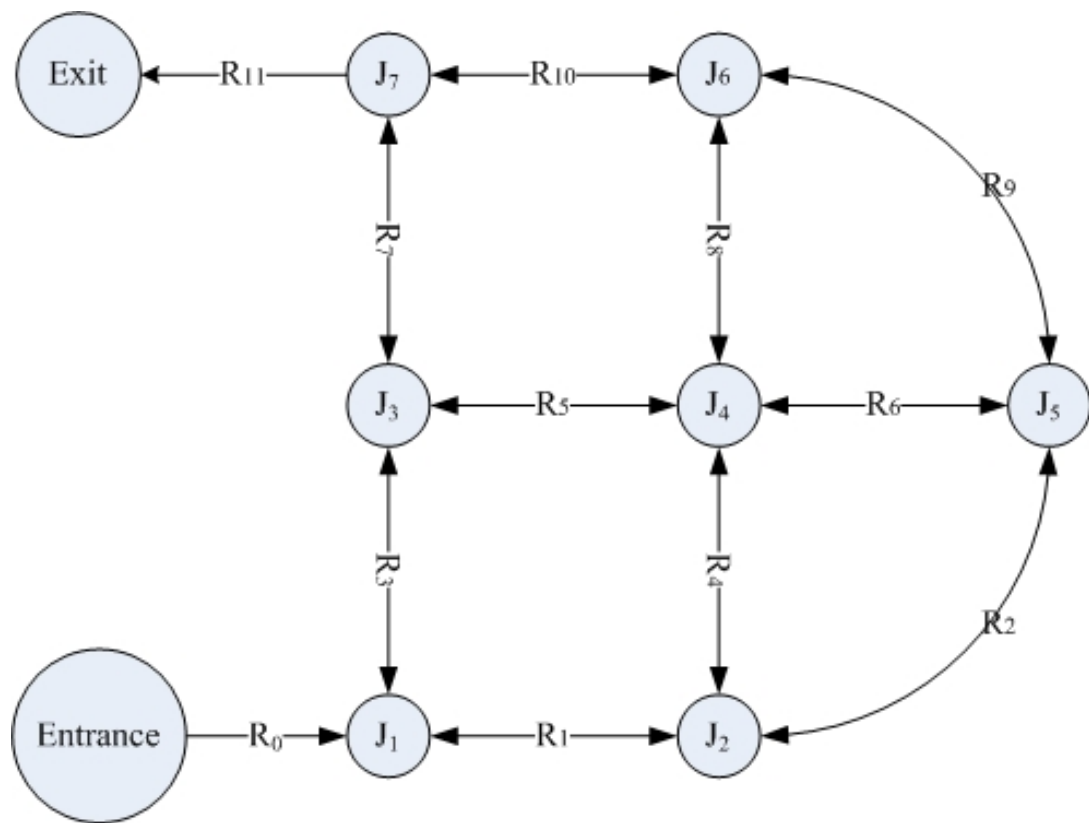


Fig.2.6 Parking lot graph (1)

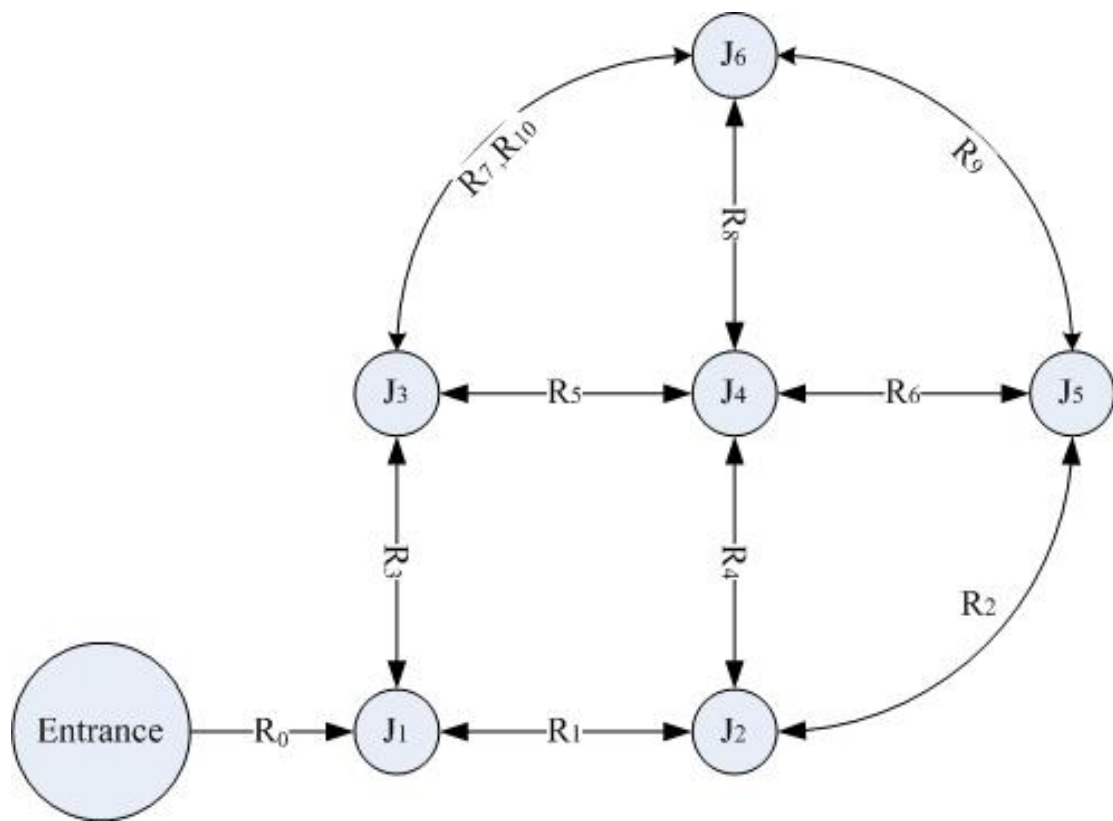


Fig.2.7 Parking lot graph (2)