

## 第一章 簡介

### 1.1 緒論

隨著科技的進步，自動化控制在工業界已逐漸扮演著重要的角色。自動控制原本的目的是為取代人工控制，但由於控制系統的快速處理能力以及精確的控制，使被控制的系統更能發揮其效能。如今自動化控制在人類的生活中已是無所不在，諸如：工業界自動化生產之機械手臂、航空上飛機的自動駕駛、農業上自動化生產之農具、交通上自動交通號誌之控制，甚至我們日常生活中的一些自動化家電用品等，無一不是自動化控制的產物。

近年來機器人的發展與研究[1][2][3]，已成為自動化研究中主要的一環，過去自動化工廠中所使用的機械手臂其運作屬於一種固定式的程序，亦即程序在事先即規劃好，機械手臂只是依照事先規劃好的程序運作；而運作期間若有突發狀況，則無法應付，我們稱上述的控制方法為靜態的控制方法(static control)。近來在機器人的研究上，則要求機器人要有應付突發狀況的能力；例如要求一機器人循一路徑前往一目標點時，若在行進途中出現突如其來的障礙物，機器人要能即時想辦法去迴避，我們稱此種在運作中具有應變能力為動態控制(dynamic control)[4][5][6][7]。

本文所考慮的問題類似上例：在一已知的環境中，其中的障礙物

及無障礙空間分佈為事先給予；在此環境中，我們想讓一機械人活動，由於活動的項目很多，本文所考慮的主要在機械人的巡航活動，其中包括靜態與動態路徑之規劃，我們總稱之為運動規劃。過去對一特定的區域從事安全監控時，一般透過保全監視系統或保全人員巡邏的方式，這種利用錄影機或是人工巡邏的方式來保障生命財產的安全有其缺點存在；例如監視系統裝置的角度或是涵蓋的範圍不夠，會存在許多死角；而使用人工巡邏的方式雖可以解決攝影機死角的問題，但增加人員管理及費用成本。若使用行動式機器人，則可利用裝置於機械人身上的攝影機或是偵測器，進行對周遭環境的了解，而在巡邏時若有不尋常的情況時，可立即回報並做適當的反應，如此一來不但可以解決攝影機架設死角的問題，最重要的是機器人不會有怠惰的問題，只要設定好，便能徹底執行所賦予的工作。

當在告知機械人一起點與終點，機械人首先規劃出一條最佳路徑[8]此路徑除了能避開環境中的靜態障礙物外，且為最短的路徑；通常要達到整體環境巡航的目的，我們必須規劃好一系列的點對點路徑，涵蓋整個環境；我們稱此部分為靜態規劃。而在沿著規劃的路徑行進時，若期間出現有動態障礙物，機械人要能自動迴避，此部分為動態規劃。我們稱上述機械人結合靜態與動態規劃為達成一巡航任務為機械人的運動規劃(motion planning)。行動式機器人(mobile

robot)的用途相當廣泛[11][12][13]，可用於戰區、災區、危險區域，以及人員無法進入的區域[11]，透過安裝在機器人身上的感測器（如紅外線、聲納、光感測器以及攝影機等）來偵測環境中是否有異常的情形發生，若偵測到異常的狀況，即透過動態規劃的能力來進行臨機處理。

## 1.2 文獻探討

在靜態路徑規劃時，路徑圖扮演著相當重要的角色。它是由已知的環境資訊所建構而成，目前最常被用來建立路徑圖的方法為一種稱為隨機的方法，稱所建構的圖為隨機路徑圖 (probabilistic roadmap, PRM) [10]。PRM 的產生方法是首先在無障礙空間進行隨機取樣，例如 uniform sampling[17]，這些取樣點稱為里程碑(Milestone)；接下來將取樣點兩兩相連，而當一連結會穿越障礙物的時我們將此連結去除，最後遺留下來的點與線便形成所謂的 PRM。取樣時希望越均勻越好，又取樣點越多越能保留較多的環境資訊，但另一方面在決定路徑時也會增加負擔。通常我們會利用一些策略來取樣，例如在單位面積內限定取樣的數量。在取樣點的連結方式上，有人對每一個取樣點計算該點與其他取樣點之距離，將取樣點依照距離由小至大排序後依序連結最近的  $n$  個點。

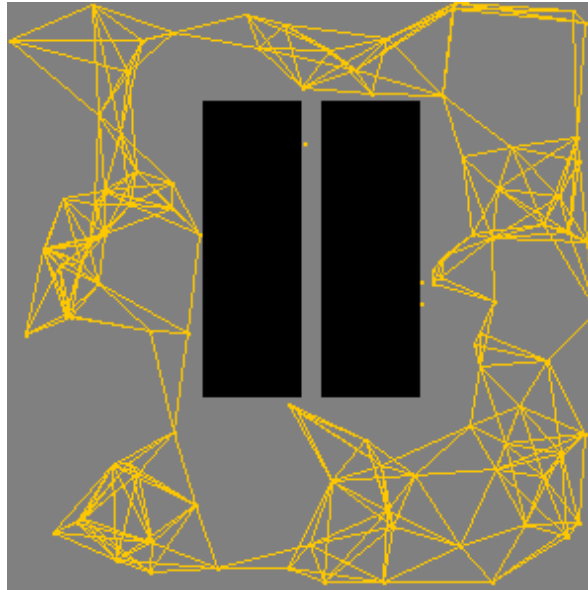


圖 1-1、Narrow passage。

當環境中存在有狹窄區域其寬度小於取樣間隔時(見圖 1-1)，這些區域會被遺漏。[18]提出一解決的方法，利用 Bridge test 的方式其作法是先對障礙空間作 uniform 的隨機取樣，對任一取樣點  $x$  在其鄰近的範圍內以一機率來進行取樣得一點  $y$ ，若  $y$  亦落於障礙空間內便連結  $x$  與  $y$  得  $\overline{xy}$  連線，否則重新選取另一點  $y$ 。若  $\overline{xy}$  為所要的，且其中點  $p$  落於無障礙空間中時，保留該點。見圖 1-2，其中灰色的部分為障礙空間，白色部分為無障礙空間，圖中的線段其兩端點皆落於障礙物中，而線段中點(紅色點)落於無障礙空間中，則此點可作為一取樣點。

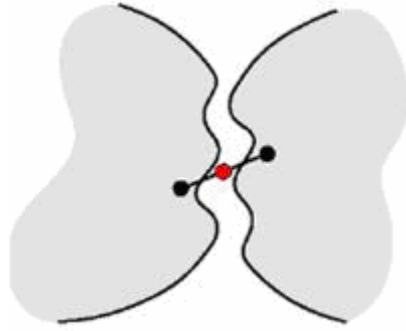


圖 1-2、Biridge test。

PRM 的優點在於建置速度快，建置方式簡單，尤其在高維度空間（例如：有許多關節的機械手臂），但需事先給予一些條件，例如取樣點的數目、取樣的方法、取樣點連結的方法等等，這些條件的好壞都會影響路圖產生的品質及建置的時間，一張好的路圖除了應能充分表現環境的資訊外，並能隨著環境有所改變時迅速調整。

我們希望機械人在環境中行走時對於靜態障礙物離得越遠越好，因此取樣點若能落於兩個障礙物之中點，則越能符合上述的希望。Voronoi diagram(VD)的技術[14][15][16][19]可提供此特性，見圖 1-3 的例子，其中黑色的點代表障礙物的重心(center of gravity)，而各線段的端點為取樣點，我們將路徑沿著線段規劃，可遠離障礙物，本文主要以 VD 的技術來建立路徑圖。

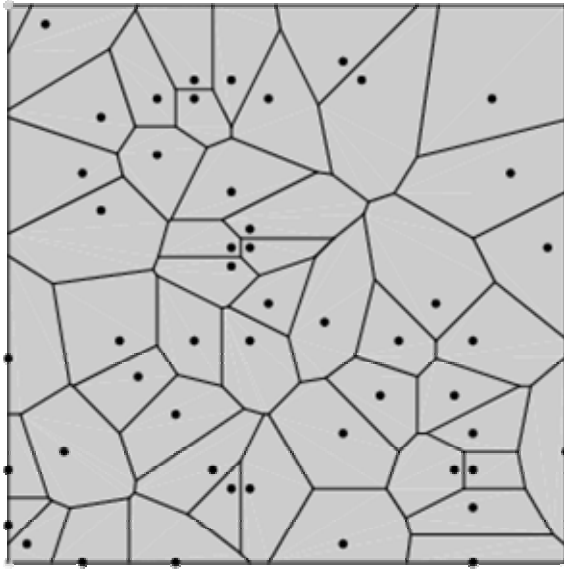


圖 1-3、Voronoi Diagram

在[17]的研究中，他們應用等待的方式來迴避動態障礙物，亦即在原地等待直到障礙物消失後才繼續前行，這樣的機制雖然可以避免碰撞，但障礙物若不移動，機械人便會無止盡的等待。由於環境中起點到達終點的路徑通常不只一條，在一段時間的等待後，應試著選擇次佳路徑來繞過障礙物。在[20]的研究中，作者利用機械人身上的感測器來獲得環境資訊，再以 neural network 結合 fuzzy system 事先學習障礙物迴避的方法，來避開障礙物；此種事先學習的方法，對靜態障礙物相當有效，但對動態障礙物則因狀態無法掌握，不見得很理想。在我們的研究中，我們提出兩種迴避障礙物的機制，一種為繼續原路徑前進想辦法繞過障礙物，第二種為搜尋次佳路徑繞道而行。當遭遇障礙物時，會先採用第一種迴避機制，若空間不足以繞過障礙物

時，會採用第二種機制繞道而行。

### 1.3 論文架構

第二章描述系統的運作流程，路徑規劃以及動態障礙物迴避，其中會提到所用到的技術、可能產生的問題以及克服困難的方法。第三章說明路徑圖的建置。第四章展示實驗的結果。第五章為結論，同時也會討論目前系統可改進的地方以及未來發展的方向。