

第一章

導論

在具有危險性或是人類無法到現場的環境中，例如：外太空、核電廠、深海、監控火山活動、放射性檢測等，爲了避免人類的生命受到危害，我們常運用機器人來達成任務，代替人到這些地點收集訊息，甚至代爲操控儀器設備，但受限於機器人本身沒有足夠的智慧獨自完成一些複雜的任務，爲了讓機器人具有和人一樣可以適時做出適當的決策與智慧，Goertz 與 Thompson 於 1954 年提出遠端操控 (Teleoperation) [6]，將人類與機器人兩者的優點結合，既可讓人類的感測與操控能力延伸到遠端，又可以使操縱者處於安全的地方來進行遠端遙控。另一方面，爲了要能監控及靈活操控遠端機器人，需要各種資訊從遠端傳回近端，所以通常在遠端架設 CCD 攝影機，以獲取遠端的真實影像資料，幫助操控者完成其任務。現今由於網路與微處理器的高度發展，使得遠端操控系統系統得以廣泛的應用。例如工程師將此技術應用於電力線的維修[7]；另外著名的例子是在 1997 年時，旅居者號(Sojourner) 成功的登陸火星，爲遠端操控太空機器人奠定下了一個重要的里程碑；還有在 2004 年時，精神號 (Spirit) 和機會號 (Opportunity) 也陸續成功登陸火星上，更進一步地探測火星上重要的地理資訊。

進行遠端遙控時，需要將各種資訊回傳到主控端給操縱者，像是視覺、聽覺、力覺，甚至是嗅覺及味覺等感覺資訊，使操縱者可以感受到遠端環境的變化情形，將不可見的距離外景物清晰的呈現在使用者的面前，此項的技術稱爲遠端呈

現 (Telepresence) [26]。遠端呈現這個名詞最早在1983年由Akin等人[26]定義，其目的是用於太空科技上，以幫助太空人在外太空作檢修的工作，其定義如下，“在執行任務端，操縱器 (manipulator) 具有靈活性，能讓使用者完成一般人類的動作。而在控制端，使用者接收足夠感覺資訊，並提供一種彷彿如實際身在現場的感覺”。典型遠端操控系統示意圖如圖1.1所示，主要包括兩大部分，左側為主控端，由人類進行操控與監視，右側為受控端，這兩端是透過網路來進行命令與資料的傳輸連結，操控者可以利用操控裝置去產生控制命令，然後再將這些命令傳輸到遠端，讓遠端的機器人可以按照這些命令來執行完成任務。

進行遠端遙控任務時，CCD攝影機常被用來傳送影像。但用CCD攝影機傳送影像實際上是有一些缺失的，因為 CCD 攝影機容易受到環境的影響。例如在一極陰暗能見度非常低的工作環境下，CCD攝影機就沒有辦法傳回清晰的影像；另外CCD攝影機常受限於攝影機的死角，而造成視線範圍的不足。另一方面影像資訊透過網路傳輸，由於影像資料量龐大，使得影像的連續性易受時間延遲的影響，以致於無法來做即時監控。我們如果能夠事前預先建構一個與遠端近似的虛擬環境，或是利用CCD攝影機事前所抓取的資訊，再利用3D影像重建技術，來繪製出遠端的虛擬環境，將此虛擬實境的技術應用於遠端遙控中，則不但可以解決CCD攝影機所造成的問題，同時更可將即時監控的效能大大改善。

虛擬實境 (Virtual Reality，簡稱VR) 是近幾年相當熱門的技術，早在1986年由Lanier 第一次使用此名詞[28]；早期虛擬實境的發展多著力於產生逼真的立體視覺效果，作為各種應用的視覺呈現，近年來電腦效能急速增強與產品價格快速下跌，使得現今的虛擬實境系統，已朝向多元輸入(Multimodal Input) 及感測式介面發展，也就是說，使用者不再以逼真的3維圖像呈現為滿足，而更進一步地希望能夠透過感觸式的裝置與虛擬環境產生進一步的互動。簡單地說，虛擬實境是一種幻覺，而這種幻覺是先由電腦模擬出，再經過我們人類的感官接收，產

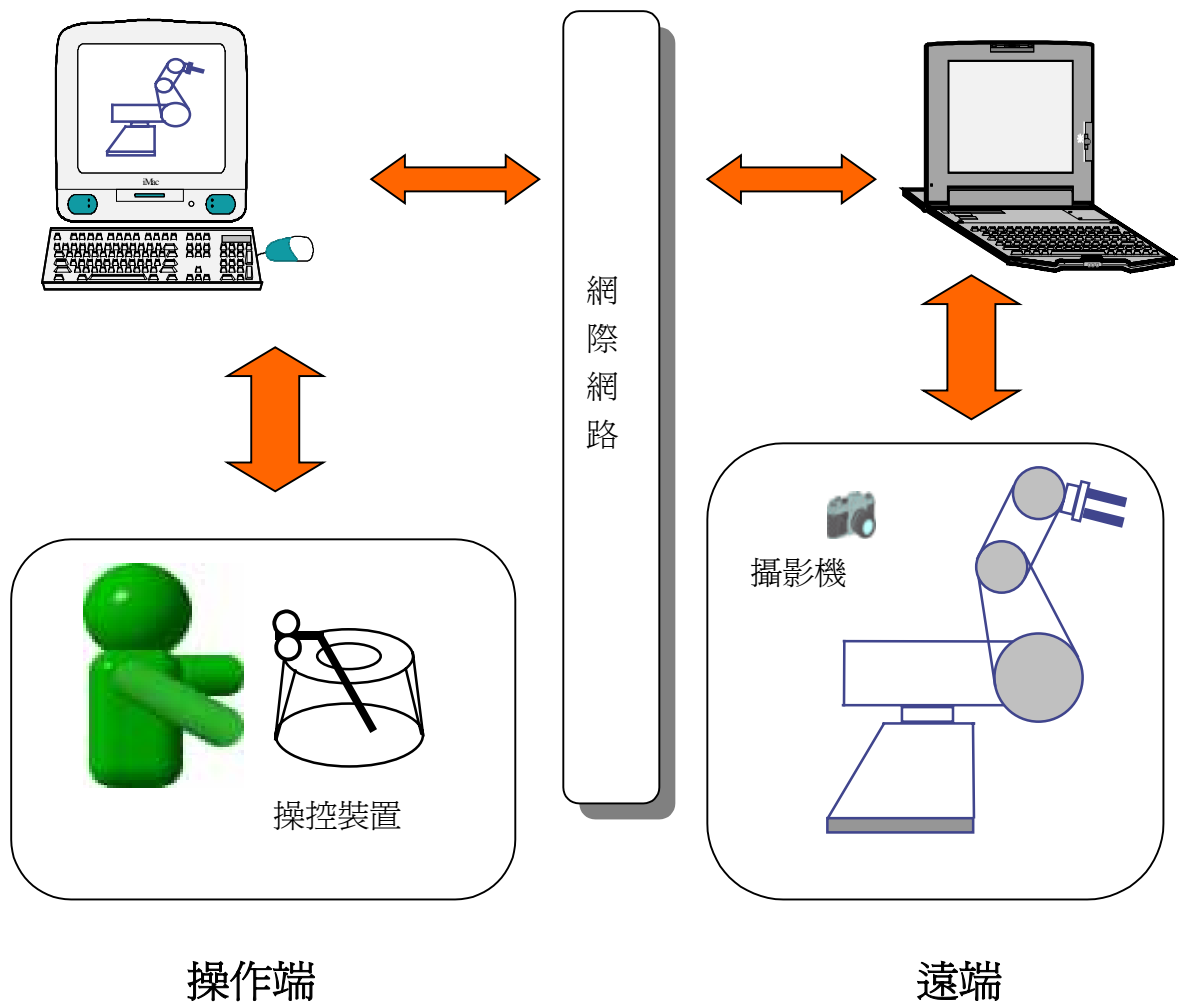


圖 1.1 遠端操控系統示意圖

生令我們難分真偽的現象，讓使用者不自覺地沉浸於電腦所構成的環境中，形成新的人機溝通模式；而就 3D 互動式之圖學界的說法，虛擬實境在於利用電腦圖學建立 3D 物件模型，並產生和實際環境相同的三度立體空間場景，然後藉由程式的撰寫及輸出入的介面來模擬實際環境狀況，建立一個可以由人們所控制的虛擬世界，而使用者能在此空間中自由地和其它物件產生互動，如同置身於一個真實的環境[33]。

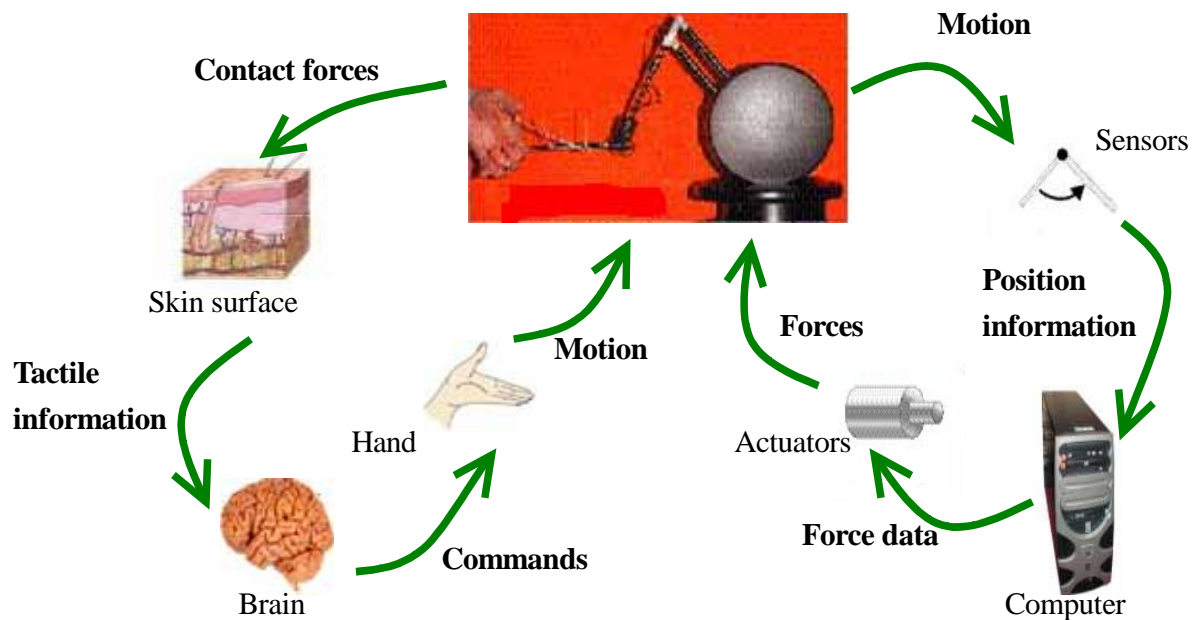


圖 1.2 人類力覺與力覺裝置之間的傳遞流程圖

在遠端呈現技術裡，除了視覺和聽覺方面來產生擬真的環境外，其它像是藉助顯像式頭盔（HMD）或立體眼鏡（3D stereo glasses）產生立體視覺景象，在聽覺方面則製造出立體的音場和效果，像是透過音效卡和耳機來獲得立體聲音，另外一項就是力覺(Force reflection)的呈現也相同的重要，它能夠讓身歷虛擬實境中的使用者感受到外界給予的反應，而不是單方向的回饋，也就是當與虛擬環境發生互動時，可以透過力覺裝置產生擬真的回饋力，傳達給使用者感應當時遠端

接觸的情況，像是透過力回饋搖桿(Force-reflection joystick)、感應手套 (Sensing glove)、空間球 (Spaceball)、3D滑鼠 (3D mouse) 以及感測衣 (Body suit)等一些感知設備。圖1.2為人類與力覺裝置之間訊息傳遞的流程圖[22]，當人類與物體接觸時，會經由感覺神經，再透過大腦將訊息傳遞給運動神經，讓手或手臂做出適當的反應，另外在力覺裝置傳遞回饋過程中，這是先透過感測器的量測，再經由電腦運算傳給致動器(Actuators)，讓它產生一回饋力到操作者手上，使操作者可以感受到力覺資訊。

在遠端操控部份，爲了讓機器人能夠協助人類完成較困難、較危險的工作，它必須要能與使用者進行良好的溝通，也就是需要完善的人機介面才能順利達成我們所期望的目標。1999年 Johansson 和 Linde [11]就使用 Microsoft Sidewinder 力回饋搖桿，在2D場景中行走迷宮，並且以搖桿的力回饋效果來模擬碰撞到各種角度的牆壁時，所產生的作用力，證明一般力回饋搖桿的可靠度及其應用的可行性。現今，擁有力回饋效果的操作介面在許多領域中可見到其成功的應用。例如在醫學方面，擁有力回饋操作介面的羅森三號(Luoson III) [13]，藉著圍繞在輪椅周圍的超音波裝置，將輪椅附近的環境以力回饋搖桿將資訊傳達給操作者，即使操作者是位盲人，仍然可以知道前進路徑所將遇到的阻礙。以這個例子看來，力回饋裝置不僅使得操作介面更加簡易、並且增加了操作時的安全性及真實性。

爲了讓操作者能操作地更加便利及有效率，需要提供智慧型操作協助，也就是將路徑規畫(Path planning)的方法加入到遠端搖控中，完成一套具有自動碰撞避免及路徑最佳化的智慧型操作介面。操作者利用此智慧型操作介面，只需輸入想要機器人到達的目的地，就可以減少不必要的操作，使得操作上更加人性化。在2001年 Tzafestas [24] 利用Java 3D API來建構虛擬場景，並完成其智慧型操作介面，說明將路徑規畫加入到遠端搖控中，的確可以使操作者操作起來更有效率。

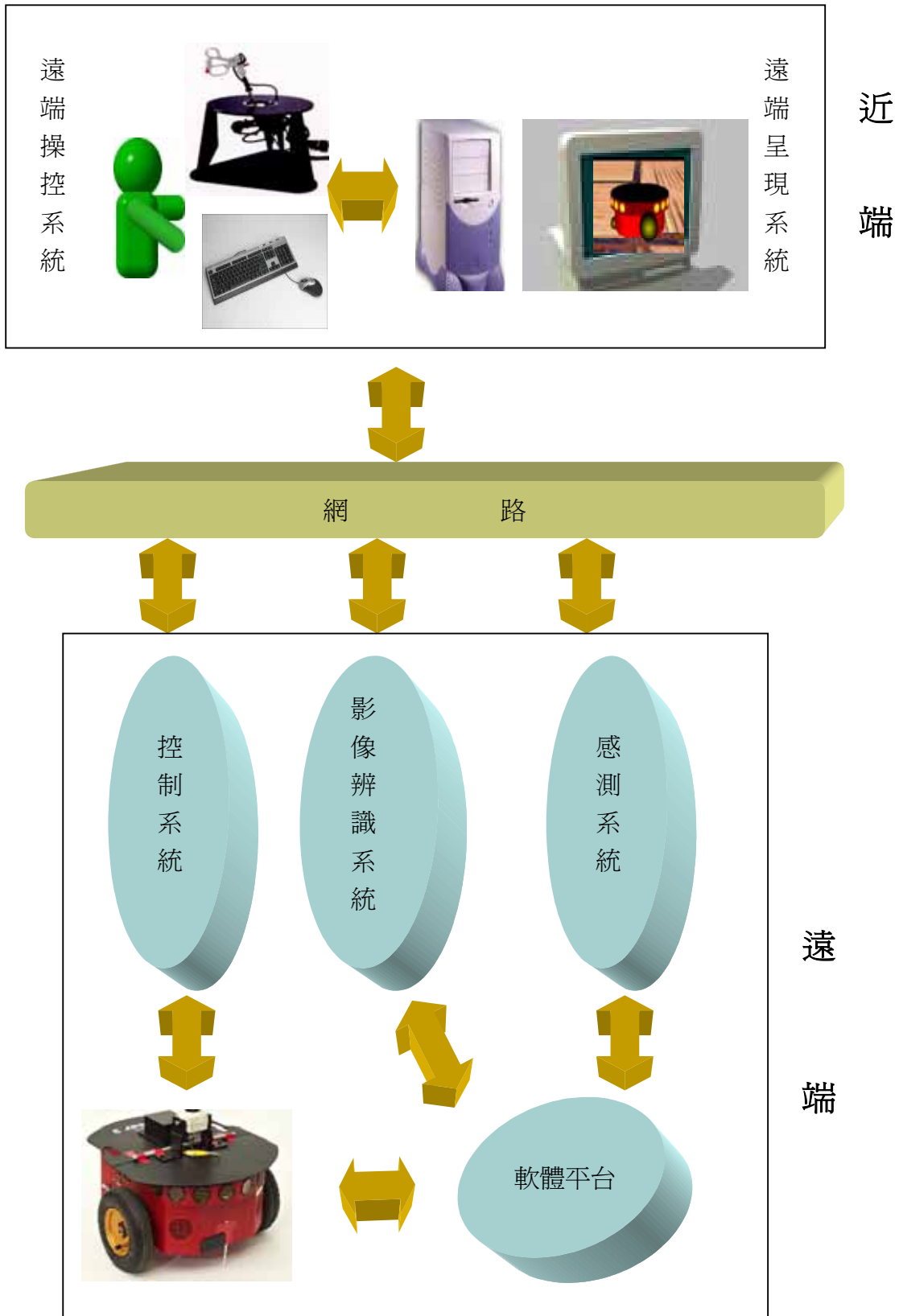


圖 1.3 安全巡邏自動車系統架構圖

這些年來，室內環境安全監控隨著科技愈來愈進步，其技術也更加精進，而室內環境安全監控也愈發受到重視。例如，博物館、研究中心、以及軍事基地，這些藏有重有的物品及資訊的場所，都需要嚴密且周詳的保全。在保全系統中適當地使用機器代替人力，可以減少人力資源的浪費，並且增加整個保全系統的可靠度。例如在1996年，日本的TOSHIBA公司就成功地發展出一套機器人系統TOSRIS [10](TOSHIBA Remote Inspection System)，其可以巡邏核電廠，以維護核電廠的運作。由此可知，將遠端遙控機器人應用在安全監控上，成為近幾年來，相當受到重視的課題。有鑑於此，交大電腦視覺研發中心特別提出「以視覺為基礎之智慧型環境的建構」4年計畫，其中包含了子項計畫1-2「安全巡邏自動車系統」，其研究重點在於研究各項與自動車相關的安全巡邏技術，例如環境的學習、自動導航機制、場景辨識、障礙物偵測、人物偵測、巡邏路徑之學習、以及巡邏路線之分配等，達成機動式安全巡邏之任務。



本論文是對近端部份進行研發探討，即是對圖1.3中其近端的遠端呈現系統來發展出一虛擬實境系統，同時對其近端的遠端操控系統加以改良，完成更加人性化的智慧型操控介面。為了讓使用者在操控時，能夠更加流暢，在此利用一種智慧型選取的方法，直接利用游標在虛擬實境裡選取自走車的目的地，省去了用鍵盤輸入目的地的不便。在輸入自走車的目的地之後，我們利用路徑規畫法則，產生障礙避免及最佳路徑，接著讓自走車自行追蹤路徑，並到達目的地。同時，我們建構虛擬實境遠端操控系統，不但提供操作者智慧型協助，還提供自走車目前的位置資訊，及相關的環境。並且提供使用者從不同的視角去觀看自走車，以得到全方位的自走車以及附近環境資訊。除了視覺上的輔助之外，我們更提供使用者在力覺上的資訊，讓使用者藉由力回饋搖桿所傳回來力回饋，知道前方是否存在障礙物，達到及早閃避以及輔助操控的效果。

本論文的其他章節大綱內容簡述如下：第二章針對研究中所引用的各項技術，如路徑規畫、智慧型操作系統、力回饋策略，說明其原理及應用情形，第三章是系統實現，介紹系統硬體架構之規畫，以及系統開發中所用到的軟體，第四章說明實驗的流程及結果，並加以討論，最後，第五章就本論文作一總結並對未來研究方向提出建議。

