

第一章

導論

隨著電腦科技與網際網路的快速進步，各種資訊可藉由電腦網路彼此互相流通交換，舉凡網頁瀏覽(web browsing)或者電子郵件(e-mail)等，成為我們生活中不可或缺的一部分。而在現今通信系統的發展下，使得兩人即使是在遙遠的兩端，傳送像視覺或聽覺那樣的訊息，也變為可能。當然，近幾年來利用網路所發展的相關技術也就越來越普遍了，在醫學、軍事和製造等方面都可以看見其應用，如醫生使用遠程醫學(telemedicine)替病人進行檢查或手術，居家看護協助行動不便的老人或傷殘者，探測船執行外太空或深海探索，機器手臂從事危險性的任務，遠程生產過程、設備和產品的監控與維護等，像這些工作我們都可以稱為遠端操作(teleoperation)。



為了使這些應用更為廣泛，遠端呈現(telepresence)成為遠端操作中相當重要的一部份，遠端呈現能夠將遠方的相關狀態傳送回來，最常被用的大概就是視覺回饋，可由攝影機直接攝取影像或者間接透過虛擬實境(virtual reality, VR)模擬來達成，然而就一些需要力互動的應用，如遠端手術(telesurgery)，這樣往往是不夠的，唯有經由觸覺(haptic)的回饋，我們才能達到更為真實與準確呈現的效果。觸覺回饋早期在遠端操作上，是被用來復現遠端機器人在順應性工作下的力資訊狀態，協助操作者控制遠端機器人完成任務。圖 1.1 展現了一個典型具有力覺回饋的遠端操作系統，操作者首先操作了一個操控器，並且送出相關命令(位置/速度/力量)，藉由網路傳給遠方受控者，接著再接收由遠方所傳回的視覺與觸覺的訊息。

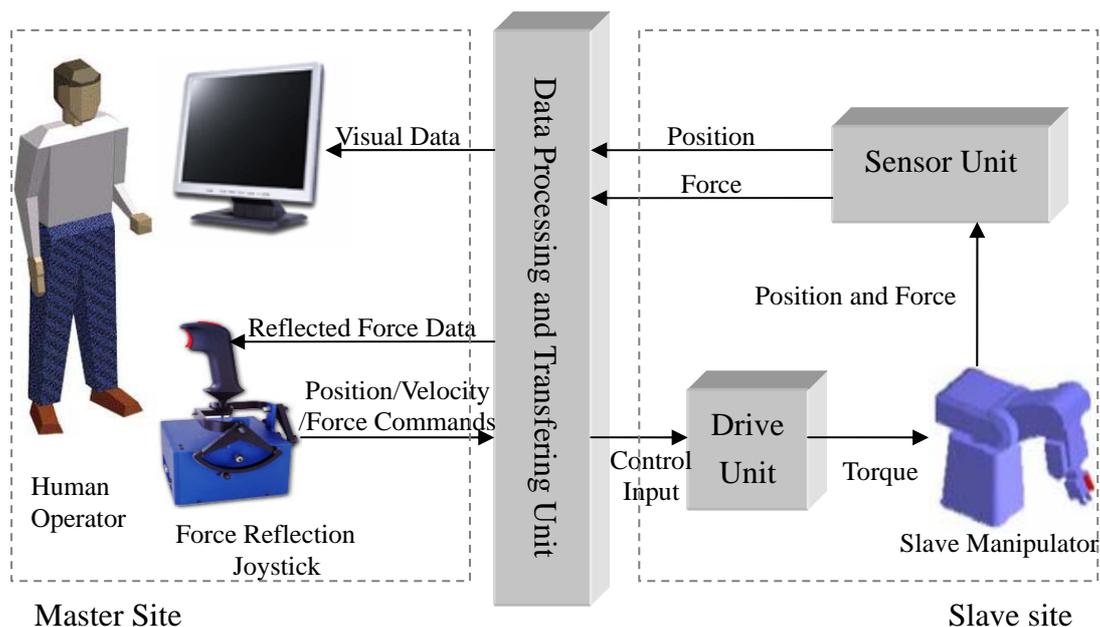


圖 1.1 典型的遠端操作系統示意圖

遠端操作系統如同其它控制系統一樣，有幾項系統特性是須注意的，首先最重要的是系統的穩定性(stability)，其次為同步性(synchronization)與透明性(transparency)。既然遠端操作是藉由網路運行的，不免要考慮網路可能會發生的任何不預期情況，例如時間延遲、封包遺失以及頻寬大小，時間的延遲可能造成系統的不穩定，封包的遺失可能會造成資料命令不對，而頻寬的大小則會影響網路上資料傳輸的速度。近年來有許多遠端操作的專家對於網路上資料交換的問題，提出了一些理論與見解，如 Matsumaru 等提出基於任務(task-based)的資料交換遠端操作系統，透過 ISDN(Integrated Services Digital Network)管道以克服通訊的能力限制[10]，Rovetta 等示範了遠端手術藉由衛星及光導纖維網路進行數據交換[14]，Goldberg 等建造了一機器人操控裝置透過 WWW 進行遠端操作[2]，而在處理網路上時間延遲的控制策略上，如 Anderson 和 Spong 使用分散轉換(scattering transformation)來克服固定時間延遲所造成的不穩定現象[1]，Yokokohji 等提出基於波形變量(wave variable)的補償器[18,19]，以及 Park 和 Cho 所提出的

順滑控制(sliding mode control)來改善變動時間延遲下系統的表現行為與穩定性 [13]，然而這些方法都沒有讓人太滿意的結論。

近幾年來，一些具有觸覺回饋遠端操作系統的代表性研究，如在 2001 年，第一次橫渡大西洋的遠端手術實現了[20]，一位在美國 New York City 的醫生為在法國 Strasbourg Civil Hospital 的病人進行切除膽囊手術，醫生藉由所使用的手術儀器操控遠端外科技器手臂裝置以進行此手術，在 2002 年，英國倫敦大學學院與美國麻省理工學院這兩地的科學家，透過網際網路成功示範「隔洋握手」(Virtual hands reach across ocean)的最新技術[22]，如圖 1.2 所示，雙方研究員隔洋合力把一個電腦驅動的方型盒子抬起來，能夠清楚感受到對方的推拉力道，並從電腦螢幕了解彼此是如何移動方形盒子，而這次跨洋拉抬方盒主要是利用一個小型機器臂 Phantom，當近端操作者握住它並在上面施力後，Phantom 能以每秒 10Mb 的高速將相關數據傳給遠端另一個握住 Phantom 的操作者，同時重建握手的感覺。然而像這類的實驗，幾乎都是靠光纖及高速寬頻網路所完成的，專線所帶來的好處是頻寬大傳輸速率也就快，相對的其成本也較高，而一般家庭用的網路是無法即時傳送這麼龐大的數據，所以若要普及仍然需要很大的挑戰。

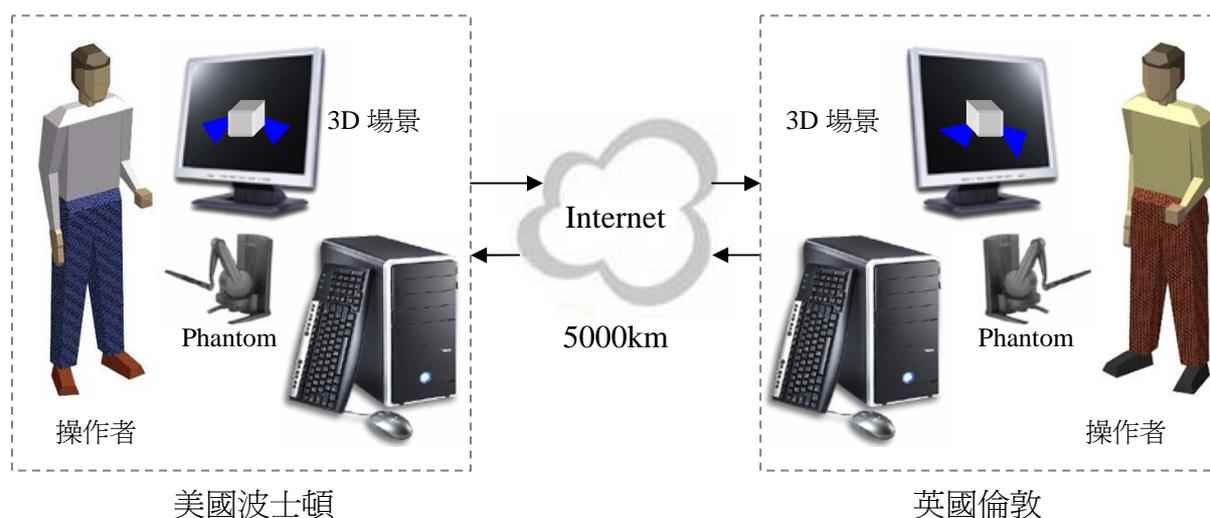


圖 1.2 隔洋握手系統示意圖

遠端操作系統與操作者之間的即時互動，必須透過雙向互動的力感裝置方能達到緊密配合的效果，力資訊經由力回饋搖桿的轉換，產生觸感然後傳送到操作者手上。基本上觸覺介面種類繁多，如搖桿、手套以及滑鼠等，彼此間因任務的不同而各有適合的觸覺設備。交通大學電控所人與機器實驗室爲了搭配虛擬實境與動態模擬系統，自行研發了一低價位、高力矩、高精確度與高頻寬的力回饋搖桿。本研究利用此泛用型力回饋搖桿以及 Immersion 公司所製造的專業回饋搖桿 Impulse Engine 2000，配合現今熱門的網際網路技術，發展了一套具有雙向互動力覺回饋的遠端操作系統，可用於觸覺實驗以及互動式娛樂遊戲，此外，我們希望藉由此套雙向遠端系統來了解力資訊在網路上的流程，並且初步探討其運作方式，進一步希望能夠發展相關的力控制策略以及處理網路時間延遲對系統所造成的影響，並且希望未來能將其技術運用於遠端合作(Remote Collaboration)上，透過對遠端機器人的力控制，幫助或者協助人類處理需要力感配合的事務。



本論文於第二章介紹此遠端操作系統與其發展的相關方法與理論，包含系統組成、基本架構、人機介面、時間延遲以及力感模型；第三章依據此系統中所運用的力回饋裝置，分爲進端與遠端兩大部份，分別說明其硬體結構和特性分析；第四章則是此系統中的軟體實現，包含如何處理力覺回饋與視覺回饋、網路連結、場景建立以及對這些程式架構與流程設計作詳細說明；第五章利用前幾章所發展的遠端操作系統進行實驗與建構；最後，第六章則是對整個遠端操作系統提出結論以及未來可能發展的方向。