


# 第六章

## 結論

遠端搖控系統在未來科技具熱門趨勢，而模擬真實環境的力覺回饋系統將會是遠端搖控技術的發展重點之一，其重要性和困難度甚至超越視覺呈現技術。本論文所提出的遠端力覺回饋系統結合機器人系統中遠端與近端的硬體設備，使用者可利用力回饋搖桿控制機械夾爪力量來夾取大部分物體，並確保物體在正常狀況下不會損毀，並可從搖桿上感受遠端夾爪系統夾取時的受力狀態，夾取的對象多半以家庭內之客廳或廚房常接觸到的物體為主，重量均在人可輕易拿取的重量範圍內，因此系統仍舊存在一定的適用範圍，可能不適合夾取過重或是物理性質特殊的物體。



我們所發展出的機械夾爪控制機制，先是藉由對物體的物理性質加以分析，找出該物體適當的夾取力並將物體大致加以分類，使機械夾爪不須透過複雜的計算即可廣範適用於各種不同軟硬度或脆性之物體的夾取，近端的操控器利用力量控制方式去控制遠端的執行機構，兩者在力量呈現擁有絕佳的透明性。然而，此控制理論缺少對物體重量的討論，實際上物體重量對夾取力大小的決定是一項很重要的因素，也就是說，論文只有在一定重量範圍內才能對脆性物體及堅硬物體做安全的夾取工作，建立出不損壞物體且可提起之的夾取力後，即可順利完成搬運物體的動作，物體重量若太重則需另外探討並重新規劃系統需求才能做夾取動作，另外，若物理性質相近而重量相差甚大的兩種物體，則可能造成夾取力不適當的現象，譬如像豆腐般柔軟易碎的物體，需要發展出更加精確的力量控制策略，或是考慮以不同方式的拿取方法。

### 6.1 未來工作

本論文的发展目標是將虛擬實境技術應用在遠端操控系統，但論文重點則是著重在力覺回饋系統，完整的虛擬實境系統必須含各種人體感官上的呈現，因此未來中希望能以下列幾點方向加以改善。

首先是使用適當的壓力感測器，由於實驗所使用之石英感測器其適用範圍或精確度均與人類拿取東西的特性不甚符合，一般人所拿取物品多半是輕巧物體，然而實驗所使用的感測器較適合用來偵測較重的壓力，精確度固然靈敏但解析度不夠，因此未來希望可選擇控制精度符合人類手部感覺的感測器。除了解析度問題外，石英感測器功能只能量測到垂直於感測器表面之單點正向力，但若能具備偵測物體是否滑落等功能，例如陣列感測器[14,18]，對控制器的設計會較有幫助。

再來則是改善夾爪驅動系統所造成的摩擦力問題，由於夾爪的傳動結構包括許多機械式連結，導至當進行力量控制時無法順利將所欲施加的力量命令經由夾爪機構呈現給夾指末端，如此便無法藉由力感測器的回饋訊號結合成為一個閉迴路系統，故夾爪的力量控制策略便不能加入其中達到自動化夾取的動作，因此在未來希望可以使夾傳動結構趨於簡單化。

接著希望能結合虛擬實境系統，實驗中所進行的夾取測試有軟硬物體，對於軟物體其物體彈性係數值較小因此變化明顯，使用者除了靠觸覺來決定並感受其拿持東西的觸感外，尚須有視覺上的輔助才可使系統更驅近人體的感官系統，否則也許像瞎子摸象般即使觸感再逼真也可能發生誤判現象，因此若能結合虛擬實境將視覺或聽覺加入系統，則可幫助使用者操作更容易[22,25]。

最後以網際網路做為傳輸介面，此系統是以一部個人電腦即時處理力回饋迴圈，以就是力量或位置指令的傳遞過程不會造成時間延遲，然而完整的遠端操作系統是必須透過網際網路來做機器人的控制，因此若能以網路為傳輸媒介，並解決時間延遲對系統造成的影響，則可使整體系統更驅近完整。