

虛擬實境動態系統中之力控制與遙控操作(I)

Force Control and Teleoperation for a VR Dynamic Simulation System

計劃編號：NSC88-2213-E-009-115

執行其間：87年8月1日至88年7月31日

主持人：楊谷洋 教授 kyoung@cc.nctu.edu.tw

執行機關：國立交通大學電機與控制工程研究所

研究成果

在遙控操作中，觸感對於操作者在處理像是組裝或拿取易碎品等需精巧動作與順應性的工作時，有極大的幫助，也因此在接受機構上，例如機器人，需加裝力感測器來反映當操作者與遠方物件互動時的接觸力，我們也在所建立的遙控機器人系統上配置力回饋搖桿，如此接觸力可直接傳到操作者手上，讓操作者感受到機器人所感受到的，另也已發展力反映策略與力控制策略，以協助操作者進行力的操控，以及處理如延遲效應等在遙控操作中常會遇到的問題。

圖一顯示我們已建立的虛擬實境遙控機器人系統，我們利用分散處理的方式來實現此系統，此乃由於人的手指可以分辨300Hz 左右的連續力訊號，而在視覺上，30Hz 的更新率對人眼已經夠快了，所以如果以同一迴圈來處理力與視覺訊號，龐大的繪圖負載將降低力訊號的頻寬，而低頻寬的力訊號則會導致機器人與堅硬環境接觸時的不穩定性，也會產生不真實的觸感，所以我們以兩部 PC 分別處理視覺與力訊號，在此設計下，力回饋的更新率達到 600Hz 左右。

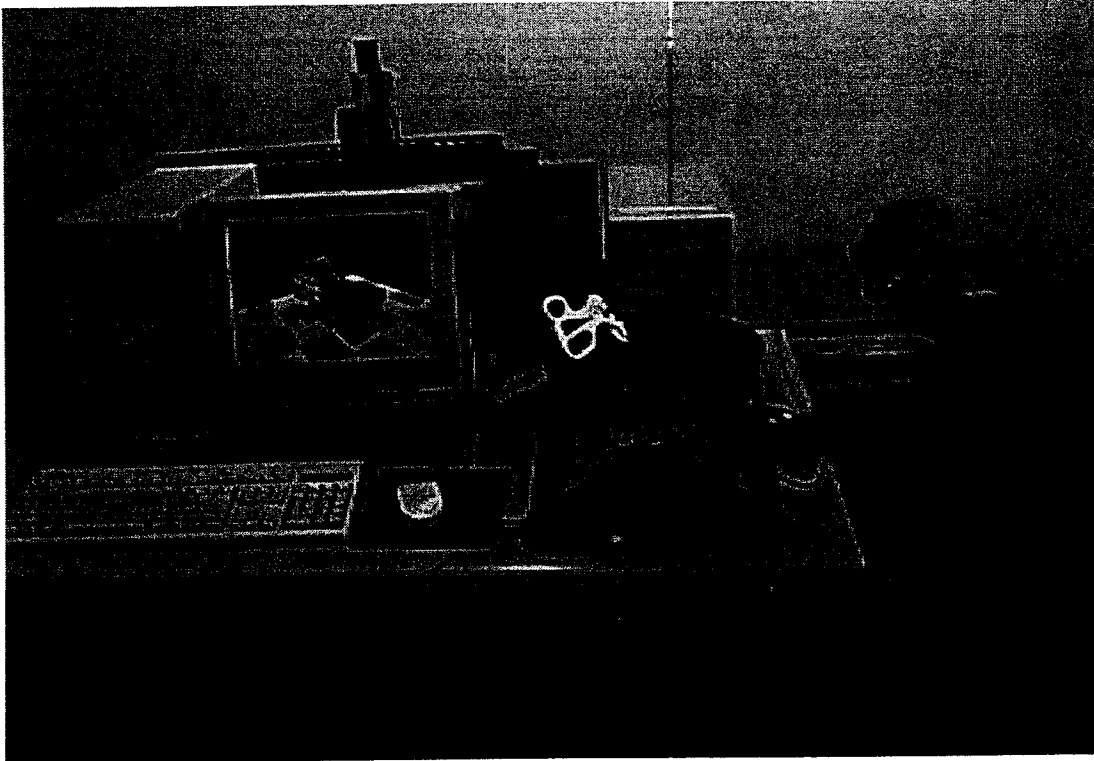
另一方面，我們利用建立於操控端的虛擬力反映與力控制策略來面對傳輸訊號延遲以及操控器與遠端機器人之間的不一致性，而非直接接收來自遠端機器人上力感測器送回的力資訊，如此，由於反應力是由近端獲得，時間延遲現象得以減輕，操作者也因此能感受到穩定的反應力，此方式能夠成功實現的關鍵在於真實與虛擬環境之間的對應之精確建立，隨之所產生的虛擬力也能逼近真實接觸力。

圖二所示的是我們利用所發展的虛擬力反映策略來操縱機器人進行對兩個堅硬物體的表面追循，其中一個是 128mm X 55mm X 55mm 的鋁方塊，另一個則是半徑 45mm 的鋁圓柱，我們同時也

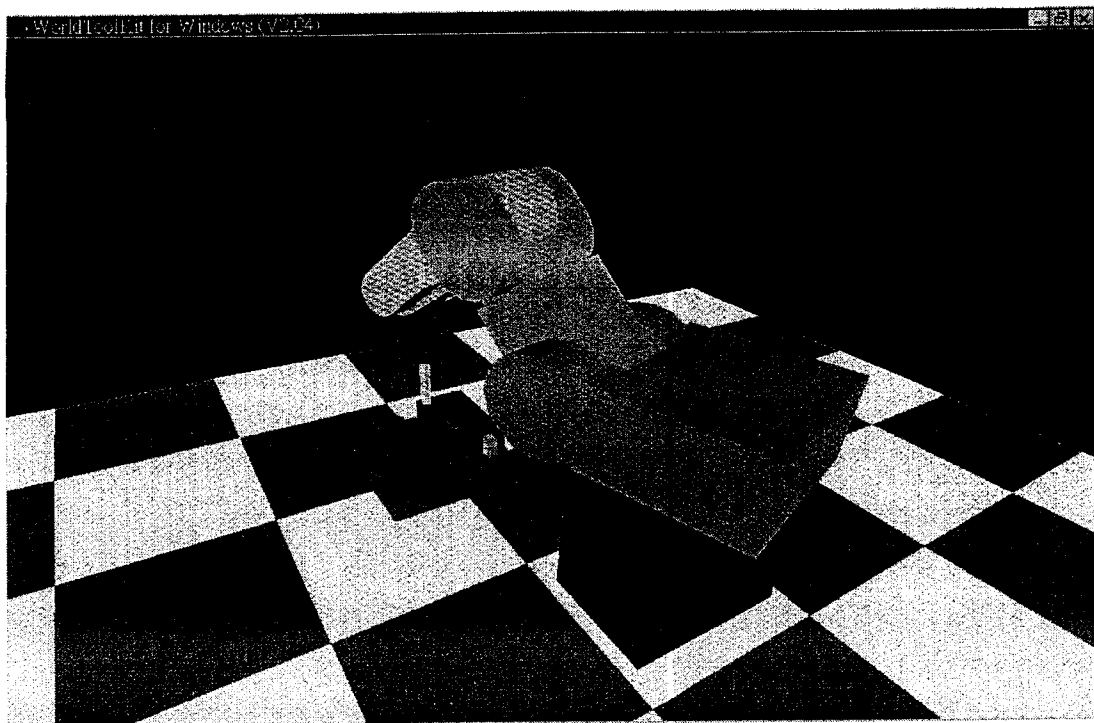
以直接力量測的方式進行此實驗做為對照，結果顯示利用直接力量測會產生較大且震盪的接觸力，而虛擬力反映則可導致穩定的接觸力以及較佳的表面追循，此結果驗證了我們所建立的虛擬力反映策略可達成即時追循堅硬物體表面的任務。

圖三所示的是我們利用所發展的虛擬力控制策略進行在維持固定接觸力下的路徑追循，在沒有操作者的介入下，遙控機器人在經歷一短暫的適應期之後，即能自動追循物體表面，並維持所設定的接觸力，在此例中為 10 Nt，此結果驗證了我們所建立的虛擬力控制策略的可行性。

未來我們計畫將此遙控機器人系統應用到更多的工業任務。



(a) System view of the proposed VR-based telerobotic system.



(b) The virtual robot manipulator in the virtual environment.

Figure 1 : (a) System view of the proposed VR-based telerobotic system.(b) The virtual robot manipulator in the virtual environment

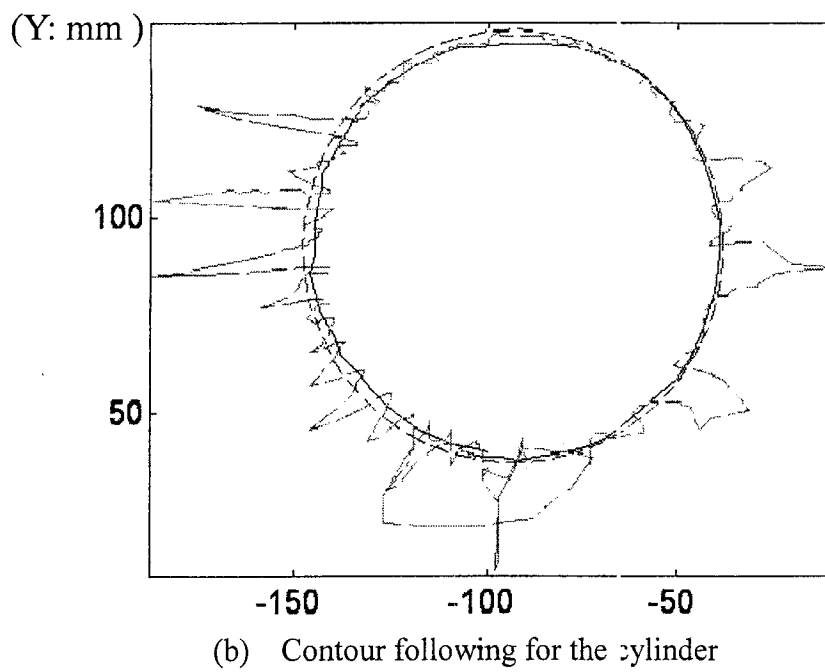
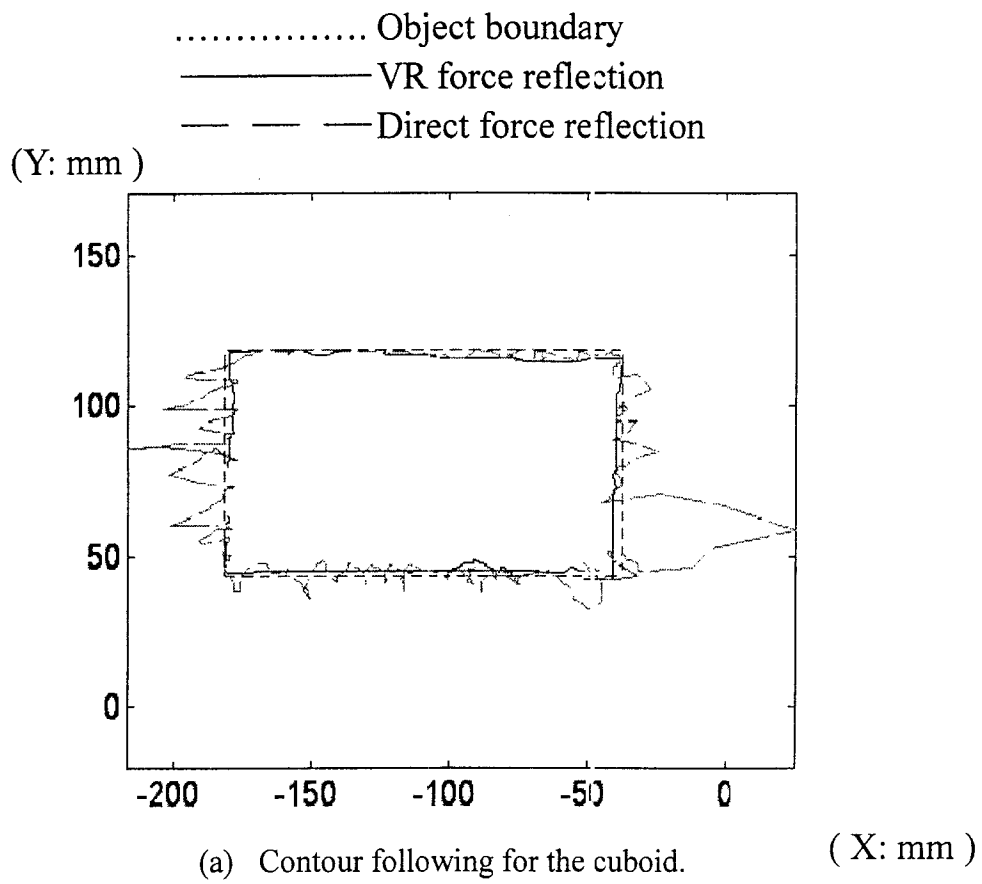


Figure 2: Contour following by using direct force reflection and VR force reflection for (a) an aluminum cuboid and (b) an aluminum cylinder.

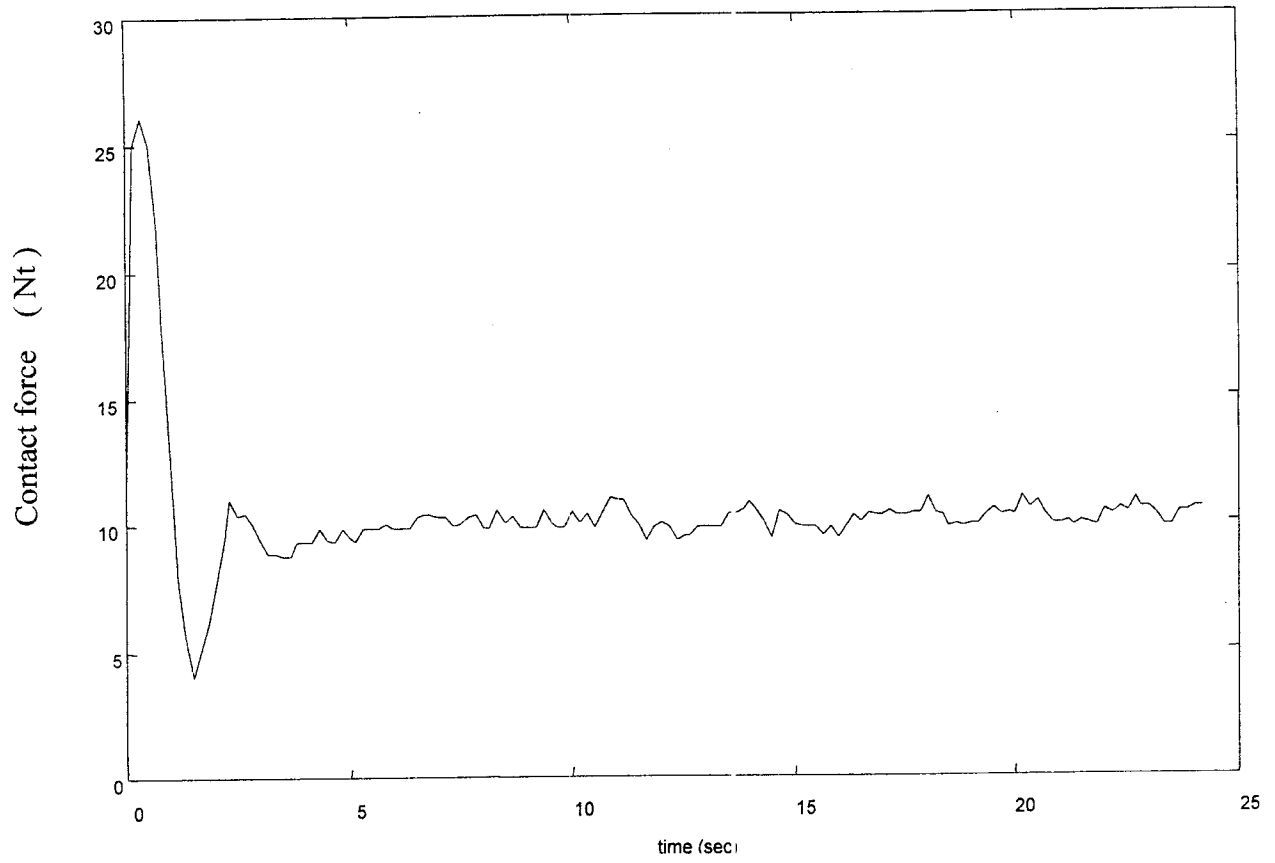


Figure 3: Force response for the surface following task.