

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌 謝	iii
目 錄	iv
表 目 錄	vi
圖 目 錄	vii
1. 導論.....	1
2. 遠端操作系統.....	5
2.1 系統架構.....	6
2.2 觸覺與視覺頻率.....	8
2.3 時間延遲.....	9
2.4 力感模型.....	12
3. 硬體實踐.....	17
3.1 典型搖桿傳動機構.....	18
3.2 雙向互動式操作系統.....	20
3.2.1 Mster 端操作系統.....	21
3.2.2 Slave 端操作系統.....	23
3.3 力回饋搖桿比較與分析.....	27

4. 軟體設計.....	29
4.1 多執行緒技術.....	30
4.2 TCP/IP 網路通訊協定.....	32
4.3 網路連結實作.....	35
4.4 虛擬場景實作.....	38
4.5 雙邊雙迴圈整合.....	41
5. 實驗.....	43
5.1 力感實驗.....	46
5.2 近程與遠程實驗.....	51
6. 結論.....	58
6.1 未來工作.....	59
參考文獻.....	60



表 目 錄

表 2.1	系統模擬時視覺/觸覺所需相關參數.....	9
表 3.1	Impulse Engine 2000 力回饋搖桿規格表.....	22
表 3.2	Panasonic MSMA041A1E 交流伺服馬達規格.....	25
表 3.3	Panasonic MSDA041A1A 控制驅動器規格.....	25
表 3.4	健昇自動化 NCC-9322 DAC 馬達控制卡規格.....	26
表 3.5	KYY605 力回饋搖桿裝置物理參數值.....	26
表 3.6	自製/專業/市售力回饋搖桿對照資料.....	27
表 5.1	Master 端系統規格.....	44
表 5.2	Slave 端系統規格.....	44



圖目錄

圖 1.1	典型的遠端操作系統示意圖.....	2
圖 1.2	隔洋握手系統示意圖.....	3
圖 2.1	遠端操作系統方塊圖.....	5
圖 2.2	主從架構運作模式.....	6
圖 2.3	遠端操作系統架構圖.....	7
圖 2.4	人類與觸覺裝置間操作感受流程圖.....	8
圖 2.5	通訊延遲示意圖.....	10
圖 2.6	遠端操作往返一趟所需時間示意圖.....	10
圖 2.7	雙向遠端操作系統訊號流程圖.....	11
圖 2.8	質量-彈簧-阻尼系統.....	12
圖 2.9	Master-Slave 系統阻抗圖.....	13
圖 2.10	系統運作力感模型示意圖.....	16
圖 3.1	操作系統裝置示意圖.....	17
圖 3.2	耦合式直接傳動機構：(a)平行式，(b)旋轉式，和(c)複合式.....	18
圖 3.3	耦合式間接傳動機構：(a)單桅式剛性連接器，(b)多桅式剛性連接器，和(c)撓性連接器.....	19
圖 3.4	解耦式間接傳動機構.....	19
圖 3.5	雙向互動式操作系統硬體架構圖.....	20

圖 3.6	Immersion Impulse Engine 2000 力回饋搖桿：(a)搖桿本體和(b)傳動機構.....	21
圖 3.7	CIE-6017 PCI multi-I/O 卡.....	22
圖 3.8	實驗室自製力回饋搖桿：(a)搖桿本體和(b)傳動機構.....	23
圖 3.9	MSDA041A1A 控制驅動器/MSMA041A1E 交流伺服馬達.....	25
圖 3.10	健昇自動化 NCC-9322 DAC 馬達控制卡.....	26
圖 4.1	軟體架構示意圖.....	29
圖 4.2	單執行緒的執行順序和時間關係.....	31
圖 4.3	多執行緒的執行順序和時間關係.....	31
圖 4.4	國際標準組織 OSI 模型與 TCP/IP 模型.....	33
圖 4.5	WinSock 應用程式介面.....	35
圖 4.6	無連接式(UDP)的 Client-Server 程式流程圖.....	37
圖 4.7	OpenGL 呈像管線(Pipeline).....	39
圖 4.8	場景程式流程圖.....	40
圖 4.9	系統雙迴圈流程示意圖.....	41
圖 4.10	系統雙迴圈程式流程圖.....	42
圖 5.1	Master/Slave 端操作系統動態模擬視窗.....	44
圖 5.2	Master 端操作系統實體圖.....	45
圖 5.3	Slave 端操作系統實體圖.....	45

圖 5.4	遠端力量大於近端力量操控示意圖：(a)步驟 1，(b)步驟 2，和(c)步驟 3.....	47
圖 5.5	Master/Slave端力變化曲線($F_A < F_B$).....	48
圖 5.6	遠端力量小於近端力量操控示意圖：(a)步驟 1，(b)步驟 2，和(c)步驟 3.....	49
圖 5.7	Master/Slave端力變化曲線($F_A > F_B$).....	50
圖 5.8	20Hz 下近距離實驗：(a)Master/Slave 端力變化曲線和(b)雙向時間延遲(round-trip delay)分佈狀況.....	52
圖 5.9	10Hz 下近距離實驗：(a)Master/Slave 端力變化曲線和(b)雙向時間延遲(round-trip delay)分佈狀況.....	53
圖 5.10	5Hz 下近距離實驗：(a)Master/Slave 端力變化曲線和(b)雙向時間延遲(round-trip delay)分佈狀況.....	54
圖 5.11	20Hz 下遠距離實驗：(a)Master/Slave 端力變化曲線和(b)雙向時間延遲(round-trip delay)分佈狀況.....	55
圖 5.12	10Hz 下遠距離實驗：(a)Master/Slave 端力變化曲線和(b)雙向時間延遲(round-trip delay)分佈狀況.....	56
圖 5.13	5Hz 下遠距離實驗：(a)Master/Slave 端力變化曲線和(b)雙向時間延遲(round-trip delay)分佈狀況.....	57