

第六章 駕駛模擬器系統

本章節針對駕駛模擬器進行各項說明，包含駕駛模擬器各項硬體介紹、控制系統、訊號擷取系統、視覺系統及系統整合等說明，將分別在下列各節中一一說明。

6.1 駕駛模擬器硬體

駕駛模擬器的硬體包含有史都渥特平台，駕駛座艙，伺服控制箱，訊號傳輸介面卡，訊號接收卡，控制電腦，將一一說明之。其硬體架構圖如圖 6.1。

駕駛模擬器的主要硬體是採用史都渥特平台，為一個具有六個自由度的平行式（Parallel）操作器，具有能提供較高的負載驅動能力、較強的結構剛性（Stiffness）及逆向運動學求解較簡單等優點。史都渥特平台之結構為一可動的平台（Platform）藉由六根腳軸（Link）與一固定的基座（Base）相連接，而隨著腳軸的伸長與縮短促成可動平台的運動。平台的運動具有六個自由度，分別為決定位置（Position）的 X 方向、Y 方向、Z 方向等三個自由度以及決定方位（Orientation）的滾動（Roll）、俯仰（Pitch）、偏移（Yaw）等三個自由度。

史都渥特平台主要包括四個部份：

1. 可動平台

一般是由一六角平板構成，國外部份相似機構採用正六角形平板設計，藉由幾何上的對稱，以簡化平台運動之分析與控制，亦有使用三角對稱架構的上平板，目的也是藉以簡化演算之複雜度。可動平台的功用主要是做為載物平台。

2. 固定基座

固定基座的結構與可動平台相似，與可動平台形成互相對稱的

架構，其功用主要為支撐可動平台與腳軸。

3. 腳軸

關於平台腳軸的部分，一般以油壓缸、氣壓缸或滾珠螺桿做為支撐腳軸，其作用為負責可動平台和固定基座的連接與支撐，並依據逆向運動學的分析結果以改變腳軸的長度，達成可動平台各種姿態的變化。

4. 球狀萬向接頭

球狀萬向接頭為平台與腳軸間的連接裝置，提供腳軸於可動平台變換姿態時所需之多方向性的轉動，功能如同手腕關節。而由於球狀萬向接頭有其一定運動角度的限制，因而也會影響到可動平台的工作範圍。

運動平台之硬體架構主要包含動力供應器（油壓泵）、致動器（油壓缸）、閥瓣（伺服閥）及位置感測器（LVDT 或位移計）。動力供應器主要提供系統運作時所需之能量，如：油壓泵供應高壓的液壓油驅動油壓缸。受控系統則由致動器、閥瓣及位置感測器三者組成。系統的控制分為伺服卡控制與電腦控制兩種。當系統藉由伺服控制卡搭配伺服閥進行控制時，首先由監控電腦產生一個參考輸入電壓，經過類比/數位轉換界面輸入至伺服控制卡與位移感測器所量測得之電壓值相比較，其誤差再經由伺服控制卡的 PI 控制電路作回授控制，最後輸出訊號給伺服閥，驅動致動器動作。此類控制模式可使用於油、氣壓系統。

預估平台之上平板的重量約為 300 kgw，而座艙、座椅的架設估計也須荷重 300 kgw，並考量乘載人數一人，荷重約於 100 kgw 上下，最後加上設備安全方面的考量，故以 1000 kgw 為平台的最大安全設計範圍。其制動器之最大行程將決定上平台的最大工作空間，制動器

行程越長，所達到的工作空間自然越大。本文案例之最大空間的模擬值與實驗值的比較，如表 6-1 所示。

表 6-1 平台最大位移量

	實驗值最大位移量	模擬值最大位移量
Longitudinal	$\pm 200 \text{ mm}$	$\pm 211 \text{ mm}$
Heaven	$\pm 200 \text{ mm}$	$\pm 211 \text{ mm}$
Lateral	$\pm 140 \text{ mm}$	$\pm 142 \text{ mm}$
Roll	$\pm 16^\circ$	$\pm 19^\circ$
Yaw	$\pm 16^\circ$	$\pm 19^\circ$
Pitch	$\pm 25^\circ$	$\pm 28^\circ$

駕駛座艙採用實車改裝，可依實際駕車方式進行操作，以具有較高之真實感。目前是使用本田汽車的喜美車系進行改裝，採用的車體部份是使用喜美第五代（俗稱 K6）進行改裝而來。裁剪部份儀錶板，最後僅保留駕駛座前方之儀錶板部份之塑膠車體、方向盤、油門踏板、煞車踏版、駕駛座椅、手排檔與手煞車等部份，以減輕六軸平台承載之重量，並符合規劃之單人座艙，最後由木工依造型加工美化整體外觀，圖 6-2 至圖 6-5 所示。

駕駛座艙之操控和訊號擷取方面，可操控的部份如同一般車輛，包含方向盤、油門、煞車、排檔等，儘可能採用原車之硬體和電路，使其有操控實車的感覺。在儀錶板部份，依據操控動作，再有各種燈號產生。駕駛座艙所需擷取的訊號包括方向盤、油門、煞車、排檔等，依不同的特性按裝不同的電阻器或感測開關，而產生數位或類比訊號送出，經由訊號擷取卡送回控制電腦。

控制電腦包含一台主電腦和二台客戶端電腦。其規格皆為 AMD Athlon (ThunderBird) 1.4GHz、Nvidia GeForce2 GTS/PRO 3D 圖形加

速卡、256MB RAM、100MB/S 網路卡。主電腦為執行主模擬程式、控制平台、控制虛擬實境場景等用途，其執行之各項模組於 6.5 節述敘之。而客戶端電腦，其主要功能為接收來自主電腦之場景座標資料，以控制虛擬實境場景，並投射於左右布幕。

6.2 六軸運動平台之控制系統

控制系統主要為訊號傳輸介面卡、伺服控制卡、伺服閥以及致動器。由人機介面的視窗軟體，輸入六個的姿態參數 (x 、 y 、 z 、 α 、 β 、 γ)，經由逆向運動學及 Jacobian 矩陣運算後，對應求得六根致動器的伸長量，而後再經由 RS232 送至訊號控制卡，經數位/類比轉換處理，轉換為參考命令電壓，再進入伺服控制卡上的 PID 控制器，最後經由伺服控制卡輸出實際的控制訊號以控制伺服閥閥口的開度，驅動致動器，使其達到命令位置。過程中，伺服控制卡可藉由位置感測器 LVDT 檢測目前致動器所在的位置，經類比/數位轉換後，將之與參考命令電壓比較，得到其誤差量以形成一回授控制 (Feedback Control) 系統。

訊號傳輸介面卡為連接平台和電腦。電腦可經由 RS232 傳輸協定送出六支油壓缸之長度訊號，經由訊號傳輸介面卡轉換成類比訊號，再經由油壓伺服控制卡控制六軸動態平台。

訊號傳輸介面卡是採用 8051 晶片所設計的，由 8051 接受經由 RS232 傳入之電腦命令訊號，再經由 DAC08 之數位轉類比晶片轉換，送出類比訊號給油壓伺服控制器。其數位的解析度為 8 bit，數位輸入 0~255，電壓輸出 0~5 V，共六組訊號，為同步輸出訊號。

伺服控制卡相當於系統之控制器 (Controller) , 其功能為在受控系統上加上一個控制器並作回授控制, 使原本為開迴路的系統變成閉迴路系統, 如此一來便可改善受控系統的各種特性。伺服控制卡之功能包含伺服放大、PI 控制、15 V 及 24 V 直流電源供應和 Dither。

6.3 六軸運動平台之訊號擷取系統

訊號擷取系統主要為擷取駕駛者駕駛行為, 可擷取油門、方向盤、煞車、手煞車、排檔、燈號及開關等訊號, 可將其紀錄存檔以做為後續分析用。其訊號分別為類比和數位等訊號, 經由訊號擷取卡, 將其轉換成數位資料, 經由 RS232 傳輸協定送至電腦存檔和處理。

訊號擷取卡是採用 8051 晶片所設計的, 類比訊號經由 ADC08 之類比轉數位晶片轉換成數位訊號, 再經由 8051 接受, 透過 RS232 傳入電腦。其類比的解析度為 8 bit, 電壓輸入 0~5 V, 數位輸出 0~255, 最多可擷取五組類比訊號和 24 組數位。

6.4 六軸運動平台之視覺系統

在視覺系統硬體方面, 本研究利用三組 PC、三組單槍投影機 (詳細規格如表 3-1) 以及三組 150 英吋之電動珠光銀幕, 並整合網路同步連線技術將虛擬駕駛場景分別投影在珠光銀幕上, 此外視覺系統之影像產生器即時運算系統採用內建 AMD Athlon (ThunderBird) 1.4G 中央處理器、Nvidia GeForce2 GTS/PRO 3D 圖形加速卡、256MB 記憶體以及 100MB 乙太網路卡之 PC 架構, 搭配視窗作業系統

(Windows 98SE) 並透過集線器構成整個同步影像即時運算產生器；影像投影系統則採用三部 HITACHI CP-960WA 單槍投影機與三組 150 英吋之電動珠光銀幕，確保投影畫面之色彩、亮度與對比均能一致。

6.5 駕駛模擬器軟體

在軟體方面以 VC++ 設計之，共計有七項模組。主模擬程式、虛擬實境模組、動態分析模組、監控模組、訊號擷取模組、平台控制模組和網路通訊模組，完整結構圖和各模組結構圖如圖 6-7~6-14。

(1)主模擬程式

主要以Microsoft的MFC函式庫來進行設計，功能為整合各項模組資料，並控制各項模組。由於所有的副程式(模組)係同步執行，所以在程式上是稱為執行緒。在這程式中有很多執行緒，而主程式的主要功能為協調其他模組，所以我們也將這協調的動作，寫成一獨立的執行緒，負責接收各模組的訊息，並送給對應之模組，以基本的20Hz的速度執行。

(2)虛擬實境模組

用以建構及顯示虛擬駕駛場景，並用以展示駕駛者的駕駛情形，產生互動式效果。

以MFC函式庫中CView之Class為主體，配合Comsoplayer之ActiveX元件，以建構場景畫面。利用EAI之介面，以控制並偵測場景中的物件參數，以達到互動之效果。

(3)動態分析模組

將訊號擷取模組所擷取的駕駛者對車輛之操控訊號，依車輛特性計算應有之車輛行為反應。

為另一獨立執行緒，利用主程式送來的虛擬實境模組和訊號擷取模組參數，進行計算，最後將計算的結果再送回主程式。

(4) 監控模組

用來接收記錄駕駛者的駕駛行為及車輛動態運動行為，以供後續的分析比較以及記錄之用。

為一獨立執行緒，只是單純紀錄駕駛者的駕駛行為及車輛動態運動行為，並開起一檔案，以供寫檔使用。

(5) 訊號擷取模組

擷取座艙內硬體操作訊號，並將轉換成所需的電腦訊號，以提供車輛動態分析部份使用。

主要是利用RS232之通訊介面，將其接收之字串解碼，以得到各模組所需要的資料，再送至主程式。

(6) 平台控制模組

演算並控制六軸運動平台的姿態，以模擬汽車之各種運動狀態，讓駕駛者有真實駕駛車輛的感覺。

主要是利用RS232之通訊介面，送出六組訊號給控制卡，以驅動六支油壓缸。在此之前必需將其空間的六組座標，利用自行開發之座標轉換的動態連結檔，轉換成六組油壓缸之長度值，再換算成對應的電壓值送出。

(7) 網路通訊模組

接收並傳送虛擬實境模組和平台控制模組之資料，利用TCP/IP之網路通訊協定，以達到主電腦和客戶端電腦之溝通。

也為一獨立執行緒，主要是利用MFC中的CSocket Class設計，通訊協定設定為TCP/IP，將其資料包裝成一結構，利用Socket將其結構送出。

使用者在駕駛模擬器座艙中進行操作所產生的油門、煞車及方向盤等訊號，利用訊號擷取卡，將其訊號經過RS232將訊號輸入到電腦之中。

訊號擷取模組所輸入的訊號將被傳送到車輛動態分析模組之中，經由車輛動態之操控模式分析，再將處理後的訊號，包含車輛的位移、姿態及速度等，以參數傳遞的方式同時傳送給虛擬實境模組和平台控制模組；並以參數傳遞的方式，將訊息傳送給位於同一台電腦中的駕駛人行為監控模組，以提供各模組進行後續之分析處理。

虛擬實境模組負責虛擬駕駛場景的顯示，由動態分析模組部份接收車輛的位移、姿態和速度等參數，計算對應場景的座標。並將虛擬場景中所遭遇之地形的起伏和物件碰撞等資訊傳送回動態分析模組之中，以提供動態分析之用。

平台控制模組是負責本駕駛模擬系統中之油壓六軸運動平台動作的控制。從動態分析模組部份接收到平台的位移和姿態等資訊，以逆向運動學的方式進行平台腳軸向量的計算，計算所得之結果再輸出到後續之油壓伺服控制硬體，以進行六軸平台姿態的控制。

行為監控模組負責對駕駛者之駕駛行為以及車輛動態做監控、分析和記錄。

其網路通訊模組將其對應場景的座標利用 TCP/IP 傳送至客戶端電腦，客戶端電腦接收到其座標資料，利用虛擬實境模組顯示駕駛場景。

以上所有的駕駛模擬系統軟體模組將試著利用一台電腦完成，可以使模組相互的溝通方便，容易將各模組整合。但所需的電腦配備就需要較高的等級，以目前的一般個人電腦已經可以達到最基本的需

求。程式流程圖如圖 6-7、6-8。

6.6 駕駛模擬器系統整合

駕駛模擬器是由運動平台、控制電腦及視覺系統等部份所整合的，以完成所有的動作模擬。由駕駛者的駕駛作為，基本上包含方向盤、油門、煞車及排檔等，其訊號經由訊號擷取卡取得，將其類比訊號轉換成數位訊號，並將資料整合後，利用 RS232 傳送回主電腦。主電腦接收到由平台送的訊號，會將其分析成為其他模組所需要的各項資料。主電腦在完成主程式和各模組的分析後，會對平台所需要的位置和其對應的六支油壓缸長度等訊號，用 RS232 送出訊號，並經由控制介面卡送出類比訊號給伺服卡以控制運動平台。在此同時主電腦也會送出虛擬場景所需要的對應座標，並透過網路送出對應座標給客戶端電腦。主電腦和客戶端電腦之虛擬場景模組會依所對應的座標，控制各自的虛擬場景，利用單槍投影到布幕上。

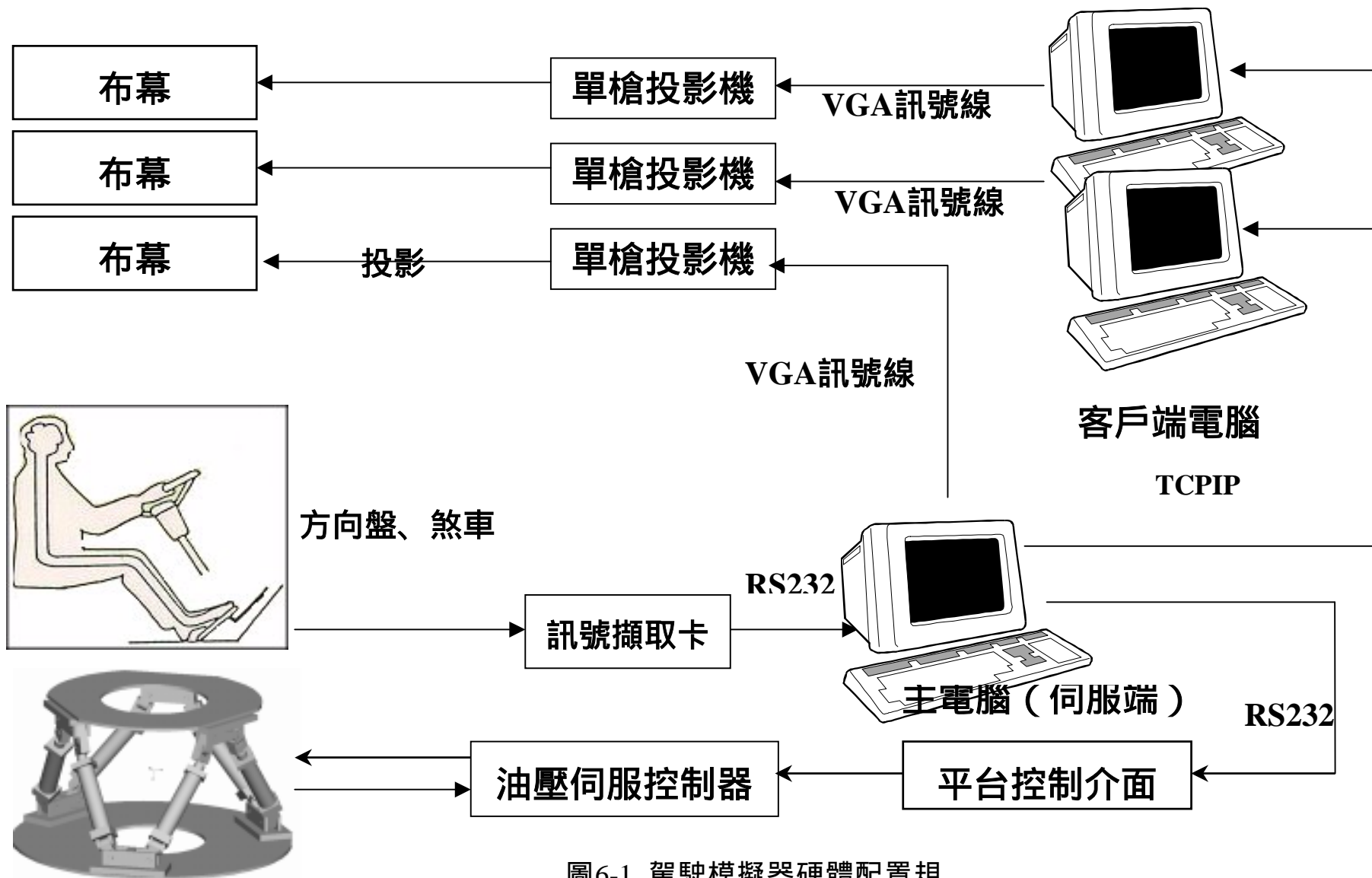


圖6-1 駕駛模擬器硬體配置規

油壓式六軸運動平台



圖 6-2 座艙前視圖



圖 6-3 座艙後視圖



圖 6-4 座艙右側近照圖



圖 6-5 座艙左側近照圖

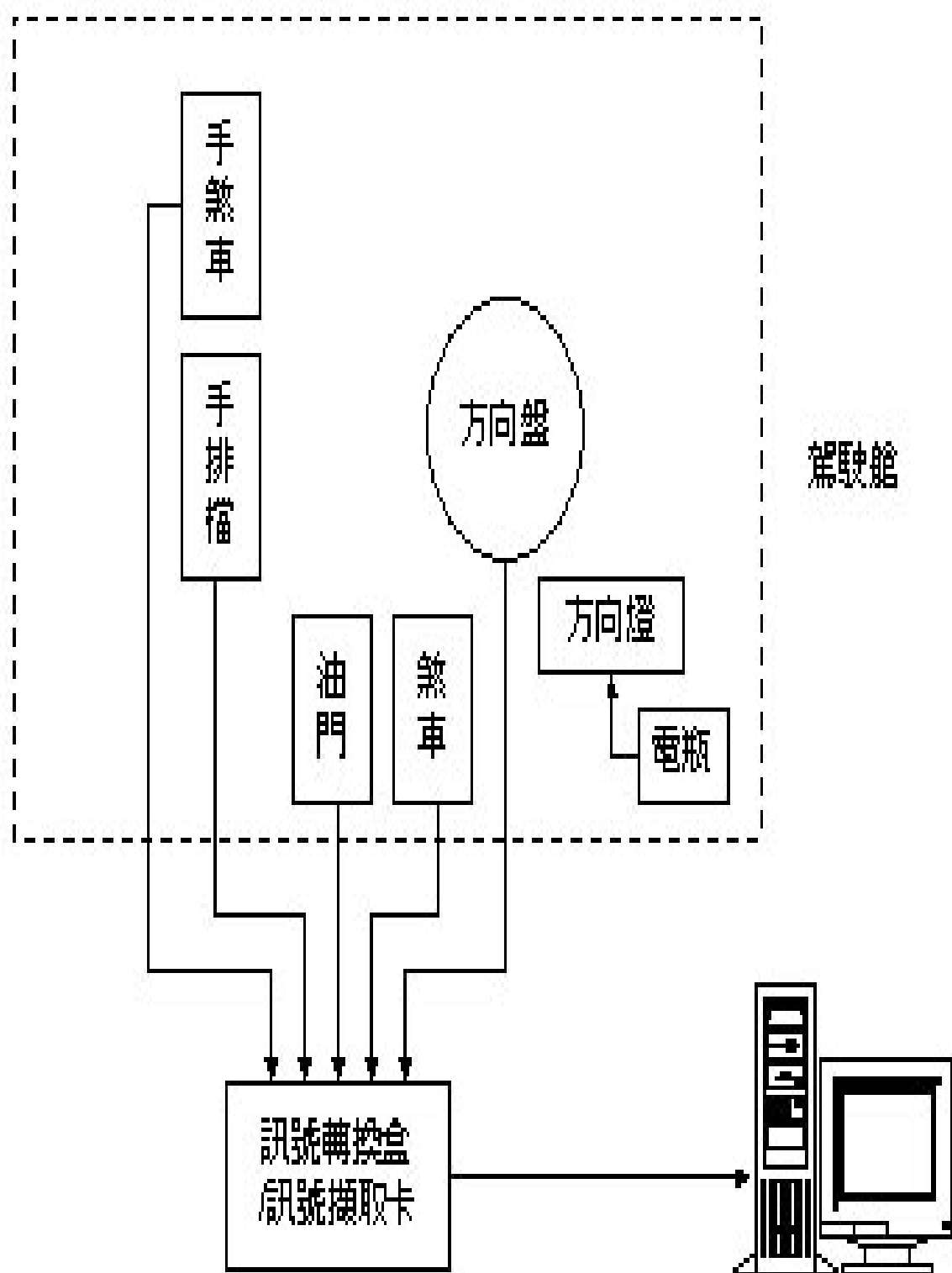


圖 6-6 訊號擷取架構圖

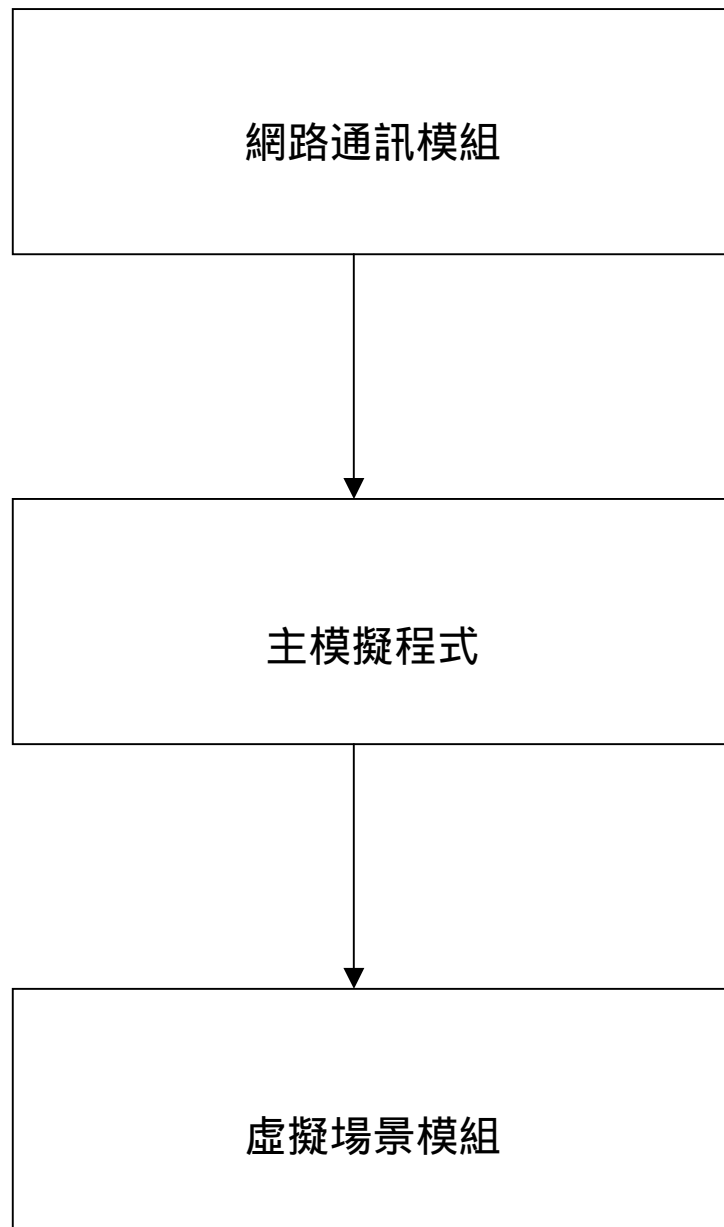


圖 6-7 駕駛模擬器軟體架構圖(客戶端)

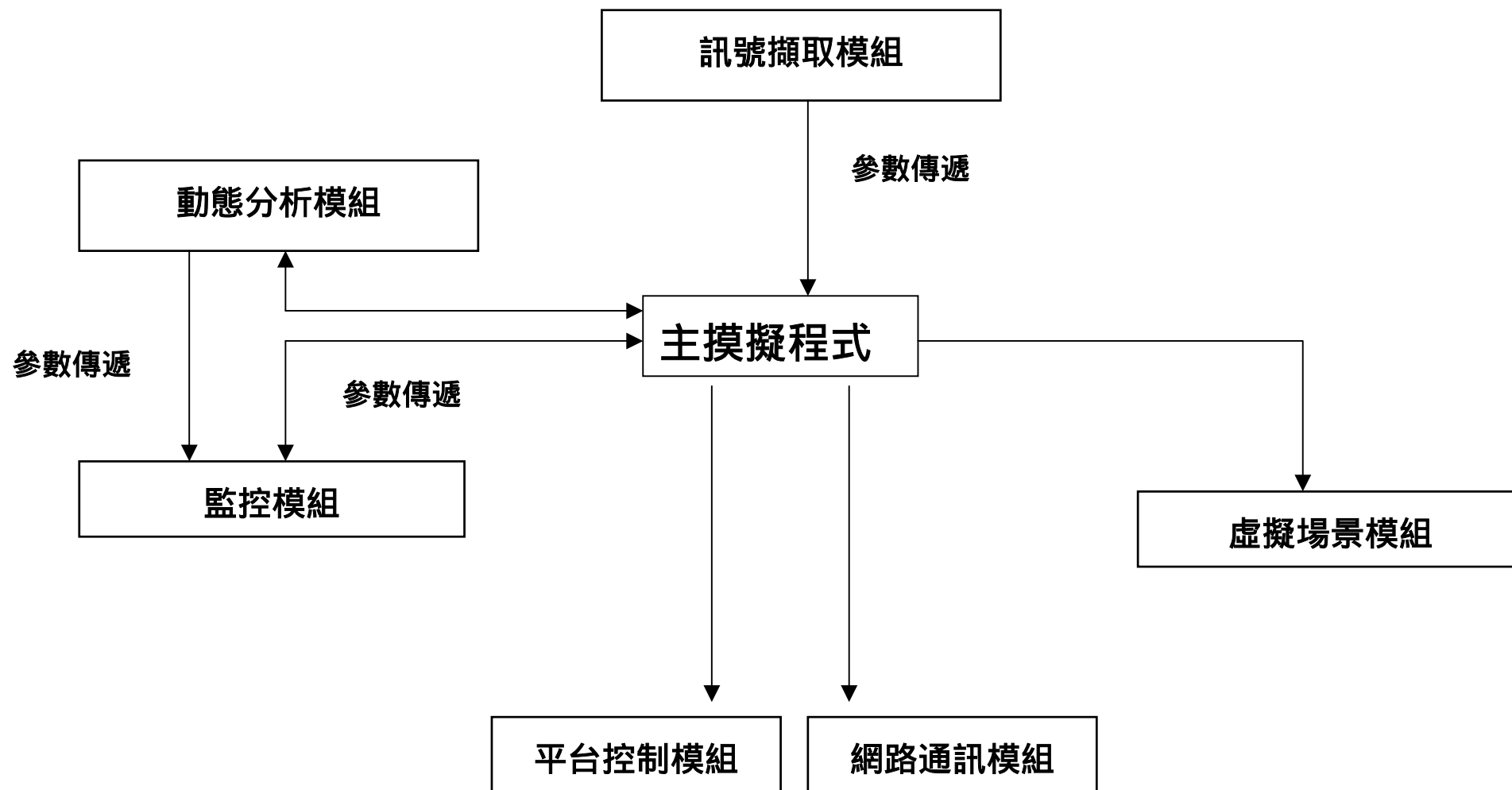
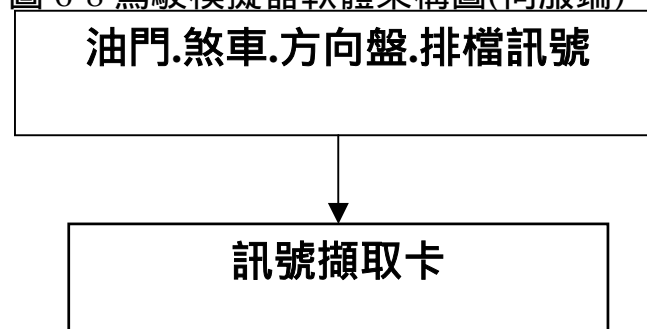
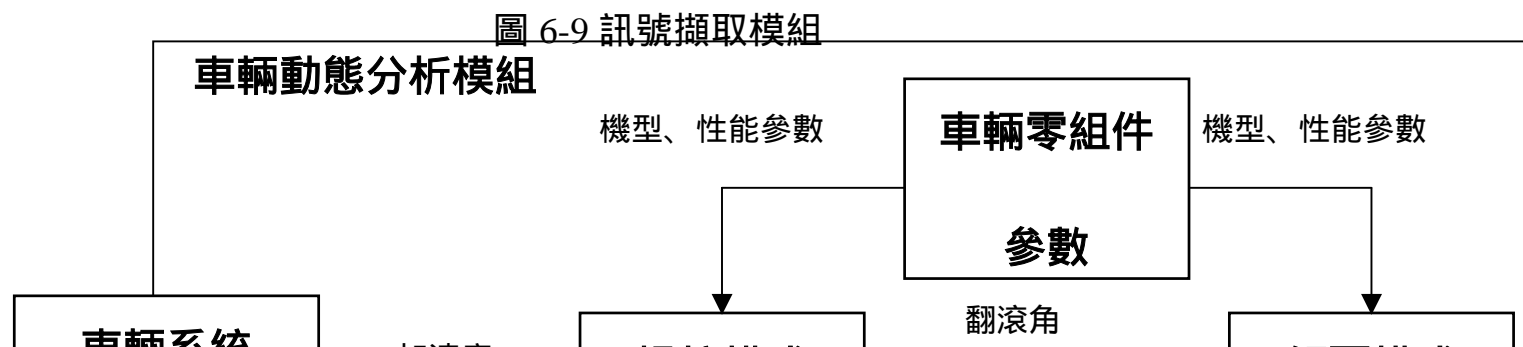


圖 6-8 駕駛模擬器軟體架構圖(伺服端)





虛擬實境模組

虛擬實境

場景

圖6-10 車輛動態分析模組

車輛的位移與姿態變化

描述車輛運動行為之節點

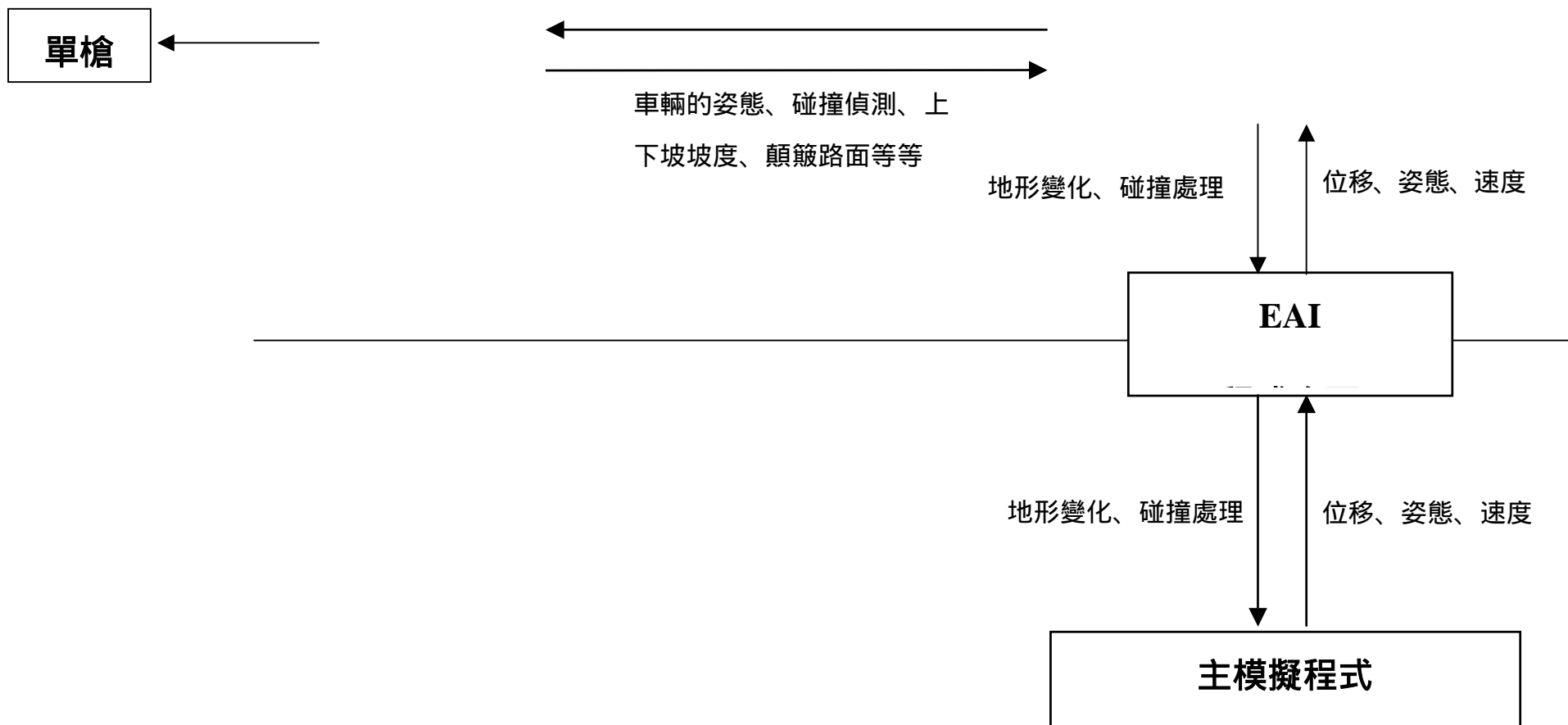


圖6-11 虛擬實境模組

六軸運動平台控制模組

《逆向運動學》

定義空間座標系
及平台幾何向量

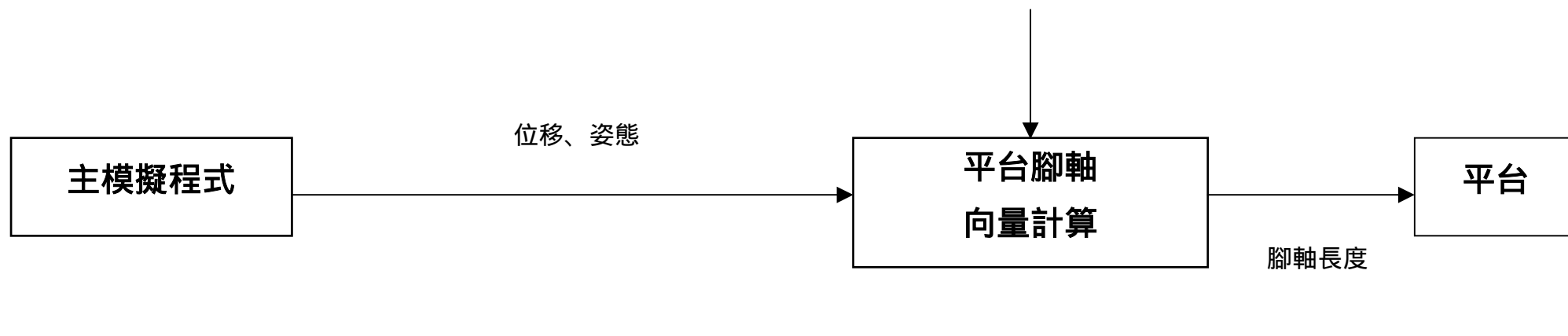


圖6-12 六軸運動平台控制模組

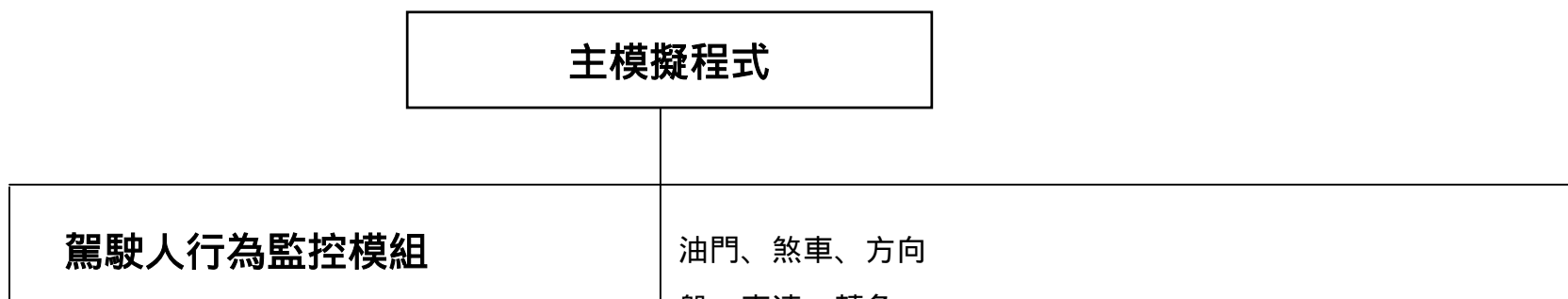


圖6-13 駕駛人行為監控模組

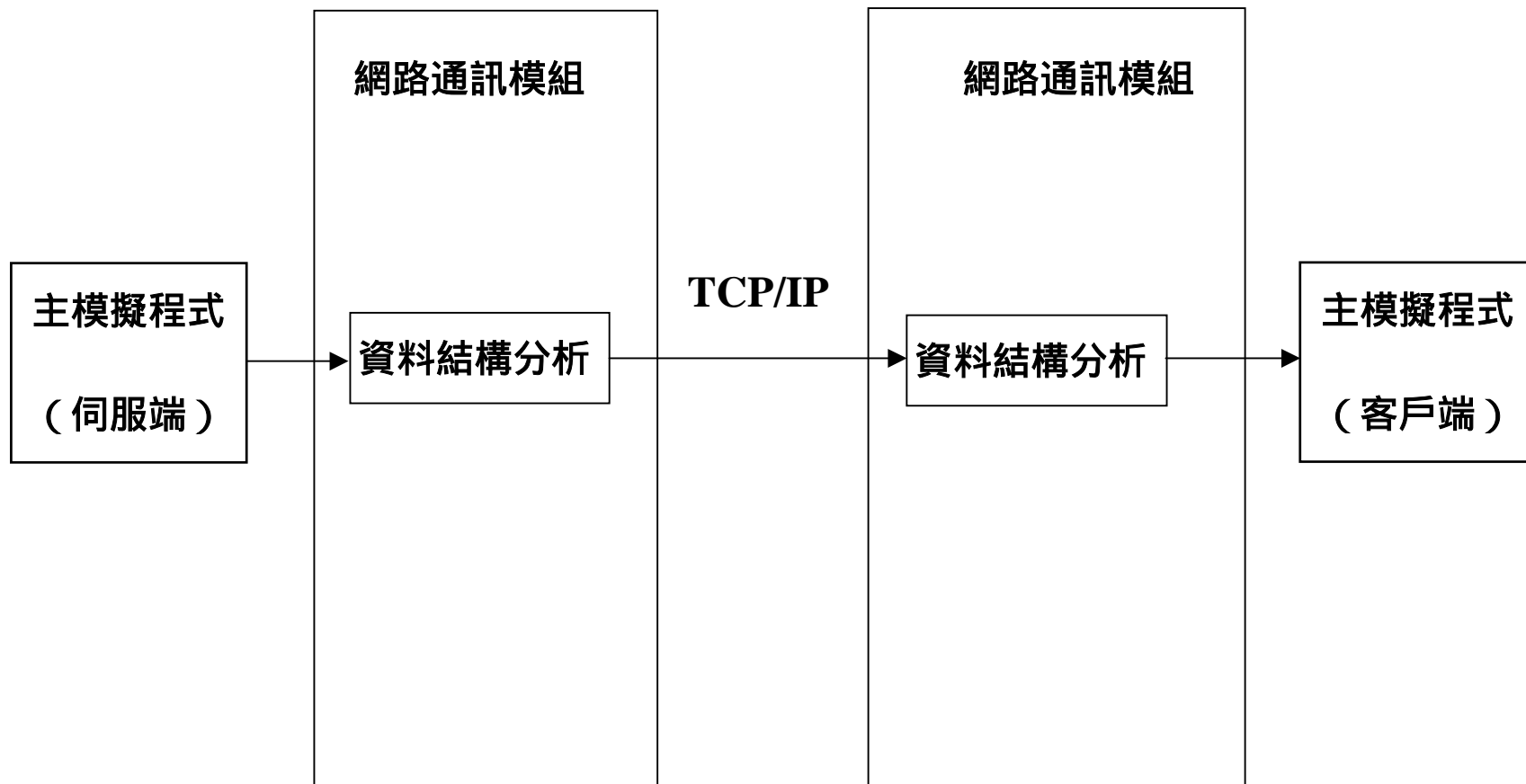


圖6-14 網路通訊模組

