

GPS 的應用雖然源於軍事用途，但推展到民生用途之後，其市場及各種應用便因應而生，國內廠商若能以既有之生產技術與製造能力，進一步搭配資訊產業並結合行動通訊發展的廣大商機，前景實在不可限量。

當一九九四年最後一顆 GPS 衛星發射升空，GPS 系統的建設可以說是大致完成。GPS 是 Global Positioning System 的縮寫，即全球衛星定位系統，只要擁有接收機，不論在地球的任何地方，任何人都可輕易地免費接收 GPS 衛星所發射的訊號，進而得到正確的位置、速度及時間資料；或者進一步與地理資訊系統(Geographic Information System;GIS)整合，而達到導航、追蹤等功能。大多數民用系統的定位精度在十公尺到一百公尺，而軍用系統其精確度可達到一公尺以內。GPS 的全名為 NAVSTAR(Navigation Satellite Time and Ranging) GPS，係由美國國防部所主導，於一九七〇年代為了軍事用途而開始發展；它是利用距離地面約二萬多公里高空軌道上運行的人造衛星群所發射出來之訊號，並以三角測量原理計算出收訊者在地球上的位置。一九八三年八月，韓航 七班次在俄國上空不幸遭到擊落，其後美國政府宣佈將部分 GPS 導航的能力開放給民間使用，以期避免航空公司再度發生這種因導航錯誤而造成的災難。從此之後，美國政府承諾提供免費的 GPS 服務，有了這種保證，鼓舞產業界大筆的投資研發 GPS 接收機，應用在導航定位、精密測量及標準時間等相關作業上，現在已快速進入商業用途的範圍。除了美國的 GPS 系統之外，俄國在前蘇聯時代的太空計劃，於一九七〇年代亦投入發展功能類似的衛星定位系統，稱為 GLONAS(GLObal NAVigation Satellite System)，同樣提供全球性、廿四小時全天候的高精度測量應用。在許多的應用場合，可以同時接收 GPS 及 GLONAS 的衛星定位訊號加以處理，以得到更為精準的位置資料。

GLONASS 是由前蘇聯所發展的，從一九八二年發射第一顆衛星升空之後，到一九九六年共發射了廿四顆衛星。這些衛星運行於三個不同的軌道面上，每八顆一組，軌道面傾斜角度為六十四度，軌道距離地面約二萬五千四百四十公里。其中有兩顆衛星於一九九六年退役，因此只剩下廿二顆在運作。在 GLONASS 系統方面，則受到俄國經濟發展狀況不佳的影響，而無充裕經費進行維護與更新；由於可靠度不高，在大部份的衛星定位使用上大都是將它當作 GPS 的輔助系統使用。

除了前述現存的兩大系統之外，於一九九九年二月，歐洲委員會(European Commission;EC)開始發展一套開放、獨立、完全民用，但相容於現存 GPS 與 GLONASS 系統的全球衛星定位系統 Galileo，並邀集各大公司參與建設。Galileo 系統將使用廿四顆以上的中軌衛星與同步衛星，預計於二〇〇五年開始提供服務。

人們自古以來就在孜孜不倦地探求更為精確的導航系統，從我國四大發明之一的指南車，直到一九五七年由前蘇聯發射第一顆人造衛星 Sputnik，而在此同時，在美國 JohnHopkins 大學實驗室裏發現了可由人造衛星無線電信號都卜勒漂移現象確定衛星的運行軌道參數，雖然這只是一個小發現，但如果能得到衛星的運行軌道參數，我們就可以據此計算出我們在地球上的位置，從此開始由太空中尋求解決之道。

GPS 定位測量的基本觀念，係以 GPS 接收器接收衛星訊號而獲得其與衛星之距離，再應用後方交會法計算得到接收器的位置。由於每顆衛星的位置為已知(由衛星星曆軌道資料可求得)，若能得到四顆以上衛星至接收器之距離，即可算出接收器在地球上之三維座標值。一般而言，利用此種方法量測所得的位置資訊，其精密度可以達到十五公尺左右。

為了提高位置量測資料的精密度，在定位技術上的水準亦不斷提高，例如差分定位法(Differential GPS;DGPS)、逆向差分法(Reverse Differential)等。使用 DGPS 作業時需用二台(或以上)接收器，其中之一置於已知座標之基地站，另一台置於待測座標之移動站，因基地站的座標為已知，故觀測所得之誤差可用以修正移動站之觀測值，利用這種方式取得的資料，其精密度可以達到二至五公尺。DGPS 可以做即時處理或後級處理，即時處理需要無線電鏈結，以便在基地站及移動站間作資料的傳遞，通常可以使用 UHF、VHF、HF、Low VHF 無線電或調

頻副載波來達成；在後級處理的模式下，則不需要進行上述的數據傳輸。目前的技術水準不論進行靜態測量或即時動態測量，均可以達到公分級之精密度水準。

系統組成：

整個 GPS 系統的組成，可以分為太空中的人造衛星群、地面的控制站以及用戶端設備 - GPS 接收機三大部份，它們各在系統中扮演自己的角色，以使系統發揮正常的功能，分別說明於下：

(一)人造衛星：

GPS 的人造衛星群是飛行在地表上約二萬一千八百三十三公里之高度，共有廿四顆人造衛星所構成，其中有三顆備用衛星，以四顆人造衛星為一組，共有六組，分別運行在六個與赤道面傾斜角度為五十五度的軌道面上。每顆衛星大約十二個小時繞地球一圈，每天繞行地球兩圈，使得地球上任何地點在同一時間都至少有四顆衛星在空中提供定位訊號。

GPS 所使用的衛星並不是同步衛星，而其運轉的軌道及所在位置也會因各種外在因素而有微量變動，為達到精準的定位需要，衛星會將其所在位置的資料向地面廣播，以便接收機可以利用此資訊並搭配其他資訊以計算它自己的位址。

(二)地面監控站：

地面監控站的主要工作在追蹤及預測 GPS 衛星軌道，監控 GPS 衛星狀態及軌道偏差，維護整套 GPS 衛星工作正常。GPS 的主要地面監控站設於美國科羅拉多州的美國空軍基地，另外還有四座大型衛星天線站，亦可對衛星進行監控。

對於天空中的衛星，地面監控站必須每天看見它們兩次以便檢查它們的位置、時鐘和功能運作狀況，上載資料以供播放給使用者。地面監控站亦需精確地推算出衛星的位置和速度，由於軌道會因太陽風、月亮或太陽之引力造成微量變異，這種微量的軌道和時鐘之變異由一組衛星軌道參數(Parameter)修正之，稱為精確軌道資料(Ephemeris)。雖然這些軌道的變異量都很小，但它們仍需由地面監控站修正之，以便 GPS 接收機做準確的定位計算，所以衛星也廣播精確軌道的資料以供接收機處理。

(三)GPS 接收機：

GPS 接收機會依不同應用而以各種型式出現，如個人手持式定位系統、汽車、飛機、船舶等的導航設備，或是整合在行動電話之內。其主要功能在接收 GPS 衛星廣播出來的定位訊號，由接收機中的運算單元計算出使用者目前位置。其主要構成為接收機及天線，只接收訊號並不發射訊號，可提供全球廿四小時的定位服務也不受天候狀況影響，由於採用展頻(高速跳頻)技術，更不易受到其他訊號的干擾。

工作原理：

(一)精確定位及標準精度定位：

GPS 定位的精確度可以分成兩個等級，其中精確定位系統(Precise Positioning System;PPS)的水平精度為十七 八公尺、垂直精度為廿七 七公尺、時間精度為一百奈秒。它只有被授權的使用者使用特殊接收機並擁有解碼設備及密碼才能夠使用，通常這些使用者為美軍、某些政府單位及一些被美國政府允許使用的人。另一個等級為標準精度定位系統(Standard Positioning System;SPS)，其精確度已故意加入誤差(Selective Availability)，精確度為水平精度一百公尺、垂直精度一百五十六公尺、時間精度一百六十七奈秒，而使用者皆可使用且不需負擔任何費用，大部份市面上的 GPS 接收機皆可使用標準精度定位。

(二)GPS 的時間：

精確的衛星時鐘和時間量度是 GPS 定位準確之關鍵。GPS 時間基於標準的原子時間，和國際標準時間 TUC 不同，它是連續的並沒有插入閏秒(Leap Second)，這是因為 GPS 無法進行不連續的時間處理。所有的衛星上都配置有幾個極為昂貴而且準確之原子鐘(Atomic Clock)，以確保系統的正常運作。而地面上的 GPS 接收機，基於成本考量，則配置精確度較差的石英鐘，因此其與 GPS 時間之間會有一偏差產生。然而，由於接收機可以同時看到四顆衛星，要決定其位置座標 X、Y、Z 及時間偏差，可從三顆 GPS 衛星得到三個距離量度，設定所需的三個方程式，並從第四顆 GPS 衛星求得另一距離量度以建立第四個方程式，由解四個方程式找出四個未知數 X、Y、Z 和時間偏差，時間偏差數值的取得問題，便獲得解決了。

由 GPS 系統取得精確的時間訊息有相當廣泛之用途，許多通訊或其他的應用上都需此準確之時間作為參考。例如資料通訊網路的控制，跳頻展頻通訊的控制，以及分時多工系統中的同步訊號控制等等，都需要精確的時間控制以取得同步，因此也有一些專門用來粹取這正確的時間 GPS 接收機問世。

(三)GPS 訊號與訊息：

每一顆 GPS 衛星可發射兩個 L-band 的電磁波訊號來傳送各種訊息，通常稱以 L1 及 L2 表示之，其中 L1 (Link1)為 1575.42MHz，含定位訊息及標準精度定位訊號碼；L2(Link 2)為 1227.60MHz，用來測量因離子層對衛星訊號所造成的誤差，此訊號是給含有精確定位系統接收機使用。每個 GPS 衛星都設置有四個原子鐘，其產生的基本頻率為 10.23MHz，以此基本頻率的不同倍數值所組成之偽亂碼(Pseudo Random Noise;PRN)，亦即測距碼，共有兩種，一種是 C/A 電碼，其頻率為 1.023MHz，另一種為 P 電碼，其頻率為 10.23MHz，並將其調制在 L1 載波及 L2 載波上，其中 L1 載波上調制 C/A 電碼及 P 電碼，L2 載波上只調制 P 電碼。

C/A 碼(Coarse Acquisition)是一種重覆頻率為 1.023MHz 的偽亂碼(Pseudo Random Number Code)，每 1023Bits(每百萬秒)重覆一次。每一顆衛星有其獨特的 C/A 碼，而從這些獨特的偽亂碼即可辨別出衛星訊號是從那一顆衛星發射出來，在傳送時，C/A 碼是調制在 L1 載波的相位訊號上的。P 碼是一非常長的 10MHz 的偽亂碼(七天)。這些碼還需要有被授權使用者之密碼方能使用。

除了 C/A 碼、P 碼之外，衛星也會在 L1 載波上載送 GPS 導航訊息，導航訊息是頻率為 50Hz 的訊號，它包含 GPS 軌道、時鐘修正訊息及其它系統參數的資料。完整的導航訊息傳送週期需要 12.5 分鐘，它包含了廿五個封包的資料，每一包含有一千五百位元，每三十秒傳輸一次。資料封包又再切成五個三百位元的子封包，這些子封包的訊息分別包含了時鐘的修正資料、衛星軌道資料(星曆資料參數)、正確的軌道資料、不同頁的系統資料、全球座標運算參數(Universal Coordinated Time Parameters, UTC Parameters)等等，GPS 衛星在傳輸導航訊息時，都會在其所傳輸的每一子封包中加入時間，以供接收機計算位置、時間、速度之用。

(四)GPS 定位方式：

GPS 測距的功能是利用衛星所發射的微弱信號、接收複雜的電路以及分析信號的軟體所達成，GPS 接收機首先由星曆資料或都卜勒量度算出與衛星的相對速度，然後綜合了衛星播放來的相對效應修正量和其他時鐘修正量因素，以求得真正的 GPS 時間再去求解位置。

GPS 接收技術最基本的原理就是以同步測距碼(Synchronized Ranging Codes)決定衛星到接收機之間的距離。測距碼的主要功能有二，一是讓接收機能夠識別各個衛星，其次在任何時間可決定衛星到接收機之間的距離。GPS 接收機也同時複製了 GPS 衛星以微波送出的 GPS 測距碼，由於衛星和你之間的距離很遠，即使光速很快，仍有時間的延遲，因此衛星與接收機間的距離就可由延遲時間(距離量度)乘以光速常數而量算出來。

各衛星的測距碼交錯處即 GPS 接收機所在的位置。接收機可利用各衛星所發送的星曆資料計算出衛星的三度空間位置，這位置是以地球中心(0.0.0)為中心點，而以 XYZ 座標軸為基準所計算出來的位置。由接收機可以接收四顆衛星的訊號，我們運用四顆衛星可以計算出 GPS 接收機所在的三度空間位置以及時間。

除此之外，因為衛星與接收機間並非同步，因此有都卜勒效應發生。這種衛星與 GPS 接收機之間相對運動所造成的都卜勒效應，會產生 GPS 接收機所接收到的測距碼有延遲現象。但 GPS 接收機可以很容易查覺到這一相對運動，所以 GPS 接收機可以很容易計算出所移動的方向及速度。

誤差的來源：

GPS 的誤差，其來源可以歸納成三個方面，包含地球非完美的旋轉以及大氣的影響，分別說明如下。

(一)地球非完美旋轉：

地球的公轉需二萬六千年，而此公轉造成地球自轉時每一年向西偏移五 二七度，或每一世紀向西偏移一 三九七度，這種地球轉動上的變化，會影響衛星在軌道上的位置以及其所發射

衛星信號的修正資料，而這些資料正是接收機所需用來計算在地球上正確位置的資料，因而形成誤差。

(二)大氣的影響：

GPS 的微波訊號在穿過大氣層時會受到影響而偏折和變慢，這誤差主要是源於離子層，離子層的離子濃度會隨白天、晚上及季節而改變。由於時間延遲的比率與頻率的平方成反比，因此我們可以算出離子層對衛星訊號所造成的誤差而加以修正。

GPS 衛星播放二種頻率：1575.42MHz 的 L1 及 1227.6MHz 的 L2 訊號，而雙頻的 GPS 接收機可同時接受到此二種訊號，就可將離子層所造成的誤差排除掉。可惜的是，一般民用 GPS 接收機只能接受到 L1 的訊號。此外，對流層的水蒸氣也會對衛星訊號造成誤差，然而我們也可以用數學運算加以修正。總之，不論是離子層或對流層影響所造成之誤差，目前都可以用接收機上數學運算而加以解決。

(三)差分定位法 DGPS：

全球定位系統提供民間使用者 95% 時間的水平一百公尺、垂直一百五十六公尺之準確度。為求更高準確度，可運用參考站和其他 GPS 接收機一樣，從軌道資料得知衛星的位置，由於參考資料得知衛星的位置，而參考站的 GPS 接收機本來就了解自己的正確位置，它可算出它本身距離衛星有多遠，再除以光速常數得到該有的延遲時間，將算出來的延遲時間和量出來的相互比較後，其中的差異就是衛星訊號誤差之估算值，參考站再廣播此誤差估算值，在附近的 GPS 接收機依此調整其位置計算。

廣泛應用：

GPS 的應用範圍非常廣泛，從早期船隻海上導引到現今衛星派遣及載具指揮監控系統，都是非常成熟的產品。其應用就是提供整個車隊、船隊運輸管理與監控，原理是利用車上定位設備定出車輛本身位置，再以無線傳輸或行動電話傳回基地台，基地就會在其電腦的電子地圖上顯示其車隊車輛位置及狀態，並可透過網路系統指揮管理。GPS 同時可雙向資料連結，除回報載具本身狀態之外，亦可傳遞電子郵件、路況及訂單等資訊。對使用者而言，裝設此套系統可以提高工作效率與提供安全保障，適用於交通運輸業、公共交通工具、保全業、警政業務及國防上。GPS 的應用雖然最初起源於軍事用途，但是自從推展到民生用途之後，其市場及各種應用便因應而生。根據美國 ITA 的市場預測資料顯示，GPS 產品的全球市場銷售額將由一九九九年的六十億六千五百萬美元逐年成長，至二〇〇三年時將達一百六十四億一千五百萬美元。而各種應用的市場值依序為：汽車衛星導航、消費性產品、位置定位、追蹤、航空、航海。

由以上資料可以看出，GPS 的應用前四大項目與一般日常生活有關，其應用與消費大眾的關係日益密切，已漸漸融入民眾的日常生活之中。「汽車衛星導航」的市場向來都是居於領先地位，這是因為它是現今發展最成熟的 GPS 應用系統，其應用在先進國家相當風行，尤其是在交通狀況繁忙的地區，例如日本更是受到歡迎，而在台灣，汽車衛星導航的使用也逐漸普遍。目前市面上商用的 GPS 產品也是以汽車衛星導航系統為主，「消費性產品」則包括了用於野營、登山、海釣等戶外活動使用之手持式個人衛星定位系統，以及與各種消費性電子產品結合的衛星定位系統，這類產品在注重休閒生活的先進國家相當暢銷。在「追蹤」這個項目中，由於美國 E-911 法令的要求，使得行動電話必須開始具備定位功能，使得 GPS 在追蹤功能的市場應用比例將大幅度提高。

國內產業現況與展望：

在國內產業方面，根據工研院電通所 ITIS 資料顯示，我國在一九九九年 GPS 相關產品產值約為新台幣六十六億五萬元，較一九九八年的五十二億元成長 28%，與全球 GPS 市場同步成長，幅度可謂相當大；而它在我國通訊產品產值排名中也從第六名上升至第四名，更加顯現其重要性，在我國的無線通訊產業中，其成長率僅次於行動電話，相當具有潛力。從上游的 GPS 晶片設計與製造到下游的 GPS 應用，國內總共約有二十家以上的廠商投入；國內廠商優異的生產技術與製造能力，已經使得台灣成為手持式全球衛星定位系統的生產重鎮，若能進一步搭配資訊產業的雄厚基礎，以及結合行動通訊發展的廣大商機，其前景實在不可限量。