

YIC



GPS 介紹與應用

GPS Introduction And Application

Directory

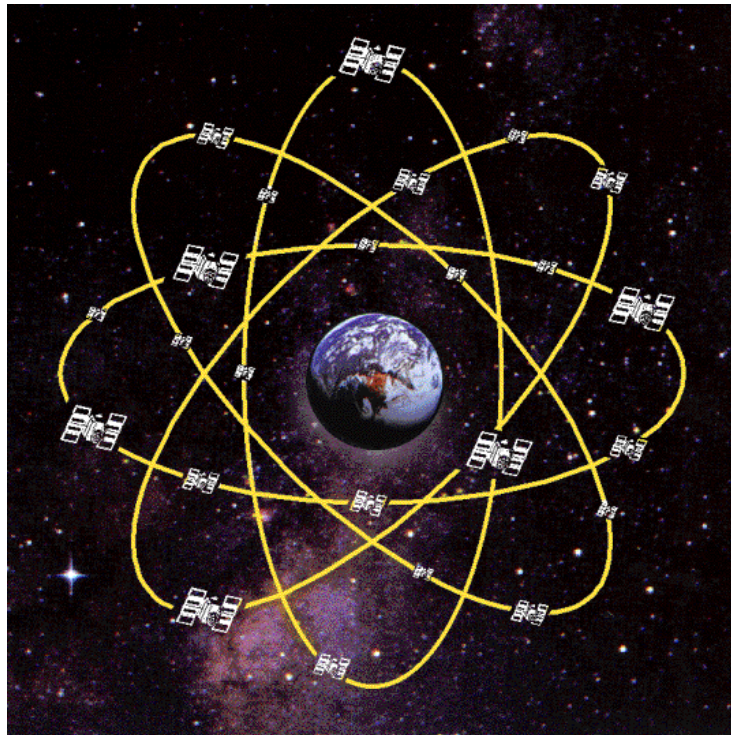
1. Product Information	3
1.1 GPS 概述.....	3
1.2 GPS 組成.....	4
1.3 GPS 衛星主要功能.....	5
1.4 地面控制部分	6
1.5 使用者裝置部分	7
1.6 GPS 訊號組成.....	8
1.7 GPS 如何定位.....	9
1.8 GPS 應用.....	13
2. 應用實例.....	14
2.1 GPS 導航機.....	14
2.2 追蹤器	17
2.3 時間校正	18
3. RTK、PPP 與 RTK-PPP 技術.....	22
3.1 RTK 技術.....	22
3.2 PPP 技術.....	23
3.3 二者的比較.....	24
3.4 PPP-RTK 技術.....	25
4. YIC 推薦用料:	27

1. Product Information

1.1 GPS 概述

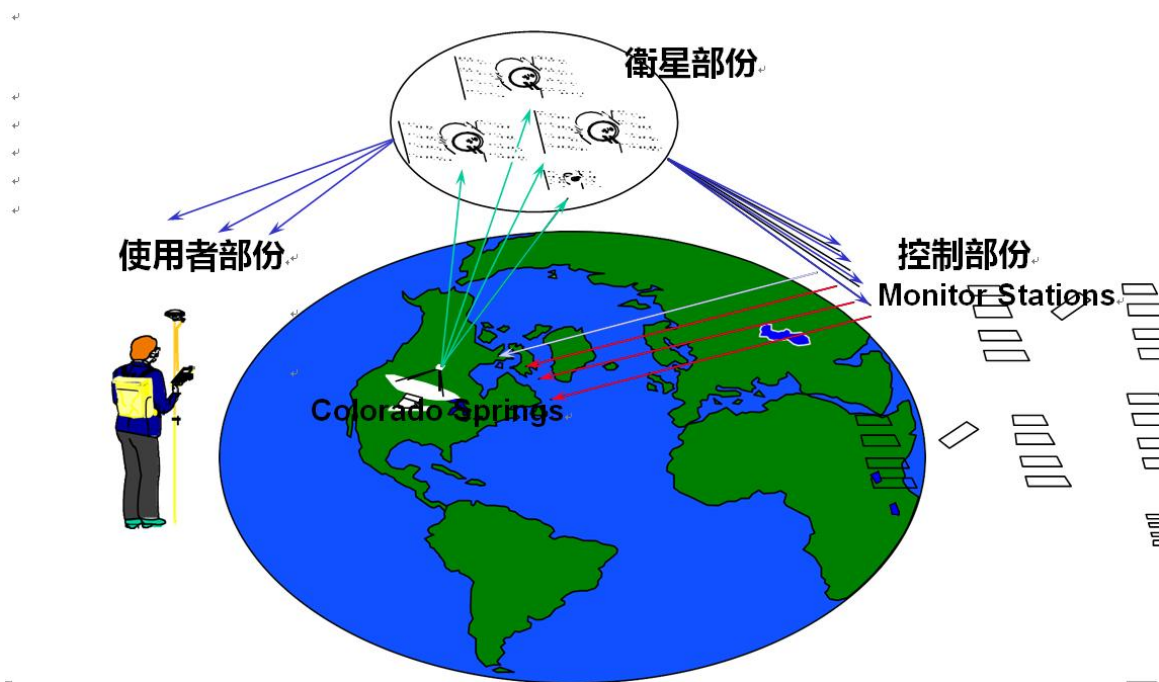
美國國防部於1973年為軍事目的而開始發展。GPS系統全名為 NAVigation 〈導航〉 Satellite 〈衛星〉 Timing 〈授時〉 And Ranging 〈測距〉 簡寫成NAVSTAR。亦稱為 Global Positioning System，簡稱GPS〈全球定位系統〉。GPS衛星星座原本設計由24顆衛星組成，其中21顆為工作衛星，3顆為備用衛星。24顆衛星均勻分布在6個軌域平面上，即每個軌域面上有4顆衛星。衛星軌域面相對於地球赤道面的軌域傾角為 55° ，各軌域平面的升交點的赤經相差 60° ，一個軌域平面上的衛星比西邊相鄰軌域平面上的相應衛星升交角距超前 30° 。繞地球一周約需11時58分。這種布局的目的是保證在全球任何地點、任何時刻至少可以觀測到4顆衛星。

GPS衛星是由洛克菲爾國際公司空間部研製的，單一顆衛星重774kg，使用壽命為7年。衛星採用蜂窩結構，主體呈柱形，直徑為1.5m。衛星兩側裝有兩塊雙葉對日定向太陽能電池帆板（BLOCK I），全長5.33m，接受日光面積為 7.2 m^2 。對日定向系統控制兩翼電池帆板旋轉，使板面始終對準太陽，為衛星不斷提供電力，並給三組15Ah鎳鎘電池充電，以保證衛星在地球陰影部分仍能正常工作。在星體底部裝有12個單元的多波束定向天線，能發射張角大約為 30° 的兩個L波段（19cm和24cm波）的訊號。在星體的兩端面上裝有全向遙測遙控天線，用於與地面監視網的通訊。此外衛星還裝有姿態控制系統和軌域控制系統，以便使衛星保持在適當的高度和角度，準確對準衛星的可見地面。



1.2 GPS 組成

GPS 是由衛星，地面監控部分，使用者裝置部分組成(例如 YIC GT-505GGBL5-DR)



1.3 GPS 衛星主要功能

- 接收和儲存地面監控站發來的導航訊息
- 接收並執行地面監控站的控制指令
- 利用衛星上設置的微處理機，進行部份必要的數據處理
- 利用高精度的原子鐘產生基準訊號，並提供精密的時間標準
- 向用戶連續發送導航定位訊息
- 接收地面主控站透過注入站發送給衛星的調度命令，如調整姿態角或啟用備用原子鐘等

1.4 地面控制部分

分 類	地 點	功 能
主控站(MCS)	Colorado Springs	蒐集數據 蒐集匯整各監測站傳送來的所有衛星資料及 監測站本身的各項資料。 計算導航訊息 根據所蒐集的資料計算每一顆衛星的導航訊 息，並編製成一定的格式傳送至天線站。 診斷狀態 監視地面監控系統及衛星是否正常運作 調度衛星 當衛星偏離正常軌道太遠或某顆衛星失效時， 主控站可以修正衛星軌道或調度備用衛星
監測站(MS)	Colorado Springs 夏威夷關島 亞松森島 Diego Garcia	每天連續追蹤觀測每一顆衛星，並將已初步處理之衛星觀測量加上另行觀測之氣象與電離層資料傳送至主控站。
天線站(GA)	關島 亞松森島 Diego Garcia	將主控站所計算之各衛星導航訊息傳送給衛星，更新其資料。

1.5 使用者裝置部分

■ 接收硬體部份

包含接收儀、天線和電源。

■ 接收軟體部份

包含接收儀內部軟體及觀測數據之後處理軟體兩項。

軟體部分是支持接收儀硬體實現其功能，並計算完成各種導航與定位任務的重要

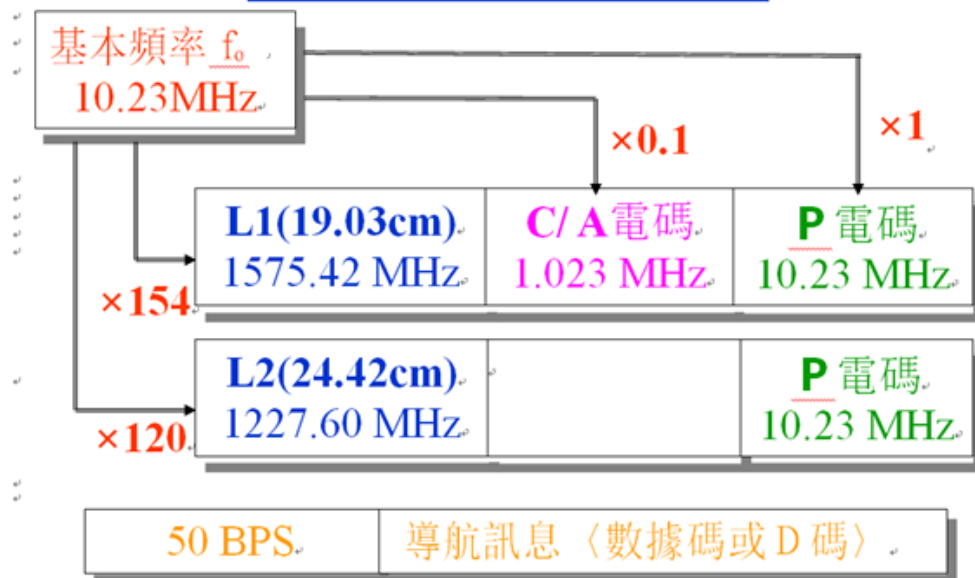
1.6 GPS 訊號組成

GPS 衛星信號它包含有三種訊號分量：「載波」、「測距碼」和「導航訊息」。每一個 GPS 衛星都可發射兩個 L 波段的電磁波來傳送各種訊息，L 波段的電磁波為「載波」，通常分別以「L1」及「L2」表示。每顆 GPS 衛星上面都設置有原子鐘，所產生的基本頻率是 10.23MHz，利用頻率綜合器產生所需要的頻率。以基本頻率的不同倍數值所組成的「虛擬隨機噪聲碼」有兩種，一種是「C/A 碼」，另一種是「P 碼」。並將之調制在 L1 及 L2 載波上，其中 L1 載波上調制 C/A 碼和 P 碼，L2 載波上只調制 P 碼；此外，載波上還載有「導航訊息」。

C/A 碼亦稱為 S 碼，是測量衛星到接收器之間距離的工具，除了作為粗測碼外，還作為 GPS 衛星信號的捕獲碼。P 碼是衛星的精測碼，其處理增益相當大，可絕對保證信號接收的可靠性和精度，專為軍方所用的。

所謂導航訊息，就是包含了有關衛星的星曆、衛星工作狀態、時間系統、衛星時鐘運行狀態、軌道攝動改正、大氣折射改正以及 C/A 碼轉換到獲得 P 碼等訊息。這些數據是以二進制碼的形式傳播給用戶，故導航訊息又稱為數據碼或稱為 D 碼。

GPS訊號結構示意圖



1.7 GPS 如何定位

GPS 的定位是利用衛星基本三角定位原理，GPS 接收裝置以測量無線電信號的傳輸時間來量測距離，再以距離來判定衛星在太空中的位置，這是一種高軌道與精密定位的觀測方式。假設衛星在 11,000 英哩高處測量我們的距離，首先以 11,000 英哩為半徑，以此衛星為圓心畫一圓，而我們位置正處於球面上。

再假設第二顆衛星距離我們 12,000 英哩，而我們正處於這二顆球所交集的圓周上。現在我們再以第三顆衛星做精密定位，假設高度 13,000 英哩，我們即可進一步縮小範圍到二點位置上，但其中一點為非我們所在的位置極有可能在太空中的某一點，因此，我們捨棄這一點參考點，選擇另一點為位置參考點。

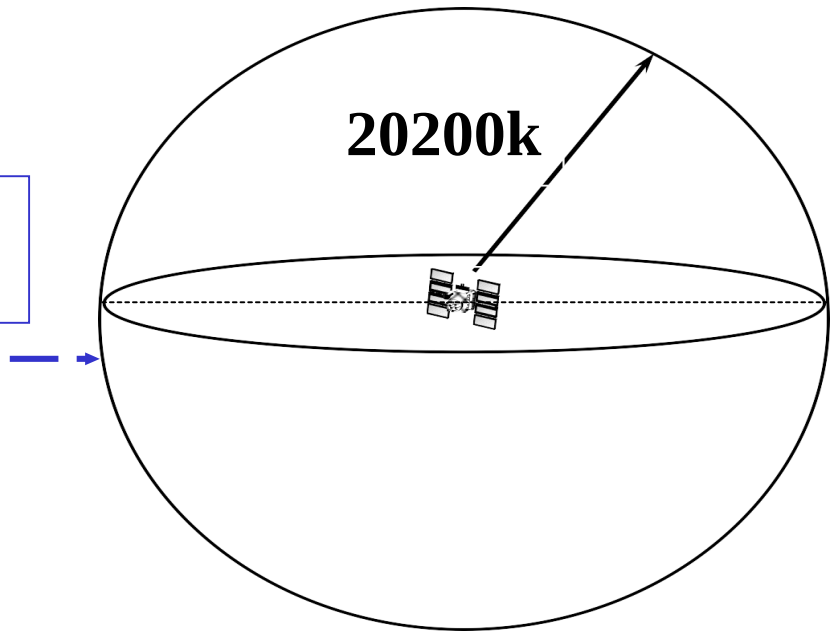
如果要獲得更精確的定位，則必定要再測量第四個顆衛星，從基本物理的觀念上來說，以訊號傳輸的時間乘以速度即是我們與衛星的距離，我們將此測得的距離稱為虛擬距離。在 GPS 的測量上我們測的是無線信號，速度幾乎達 18 萬 6 千英哩/Sec 的光速，而時間卻短的驚人，甚至只要 0.06 秒。時間的測量需要二個不同的時錶，一個時錶裝置於衛星上以記錄無線電信號傳送的時間，另一個時錶則裝置在接收器上，用以記錄無線電信號接收的時間，雖然衛星傳送信號至接收器的時間極短，但時間上並不同步，假設衛星與接收器同時發出聲音給我們，我們會聽到二種不同的聲音，這是因為衛星從 11,000 英哩遠的地方傳來，所以會有延遲的時間，因此，我們可以延遲接收器的時間，從此延遲的時間 $\times$ 速度，就是接收器到衛星的距離，此即為 GPS 的基本定位原理。

簡單的說 GPS 時如何運作：每一顆衛星會告訴您使用的接收機三件事，我是第幾號衛星，我現位置在那裏，我什麼時候送這訊息給您。當您的 GPS 接收機接收到這些資料後會將星曆資料及 Almanac 存起來使用，這些資料也用做修正 GPS 接收機上的時間。

GPS 接收機比較每一衛星訊號接收到的時間及本身接收機的時間的不同，而計算出每一衛星到接收機的距離。接收機若在接收到更多衛星時，它可利用三角公式計算出接收機所在位置。三顆衛星可做所謂 2D 定位(經度及緯度)，四顆或更多衛星可做所謂 3D 定位(經度、緯度及高度)。接收機繼續不段地更新您的位置，所以它可計算出您的移動方向及速度

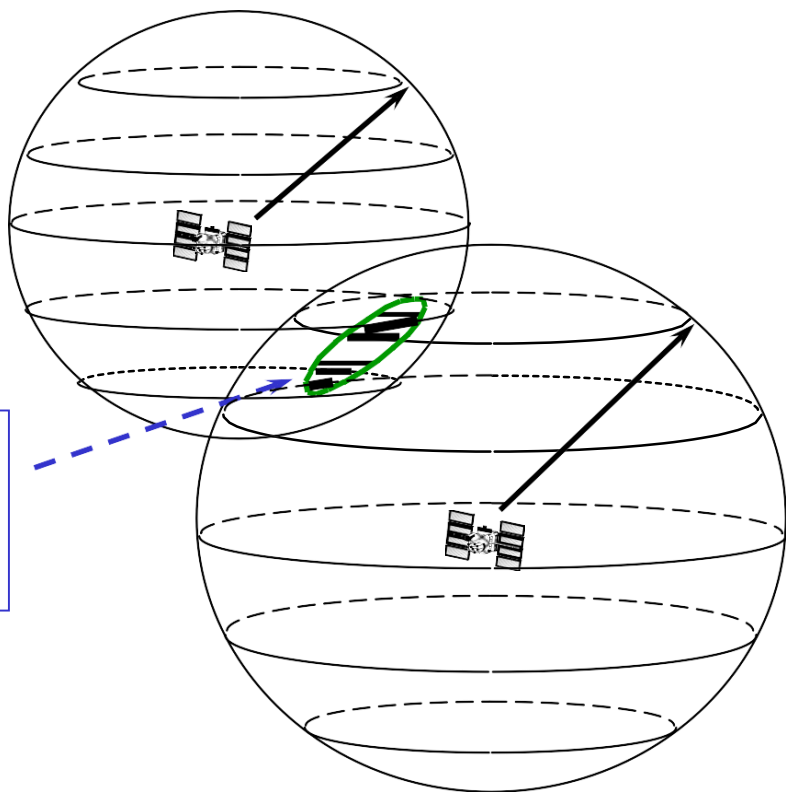
為什麼需要四顆衛星才能定位呢？這是因為太空中所有 GPS 衛星的時鐘原點，在監控站的管制下都是同樣的。但接收機的時鐘原點和衛星的時鐘原點並不同，其間存在著一個未知的偏差值。這個偏差值和三維的定位座標（經度、緯度、高度）共形成四個未知數，故需要四顆衛星的資訊才能求解。

我們位於球面
上的某一個位



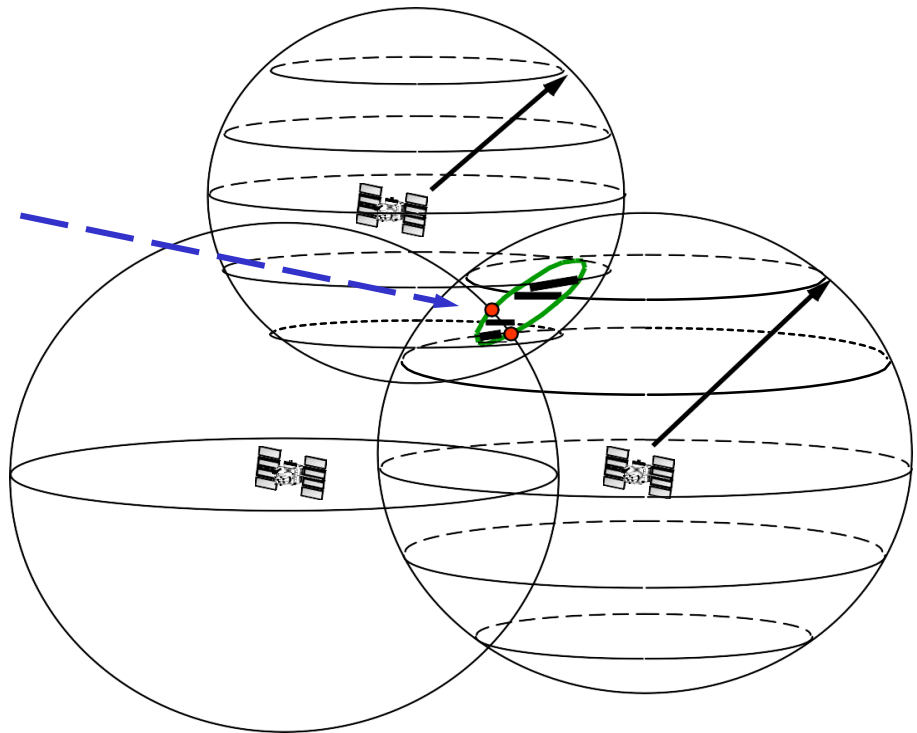
觀測三顆以下 (X, Y)

我們位於圓上
的某一個位置



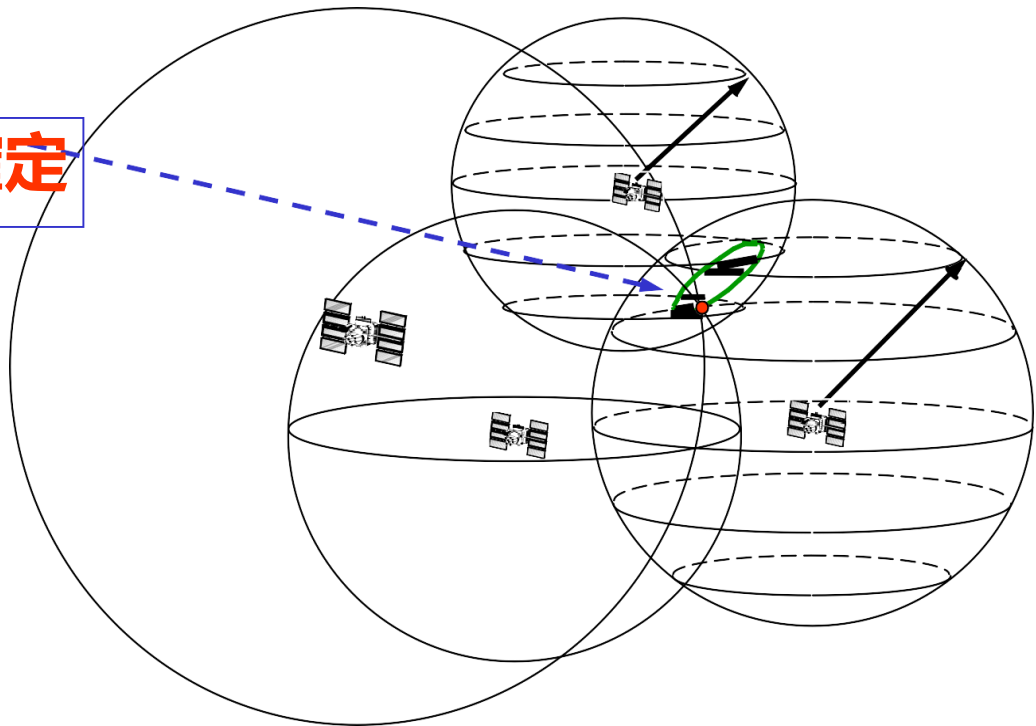
觀測三顆衛星 (X, Y, t)

我們位於
其中一點

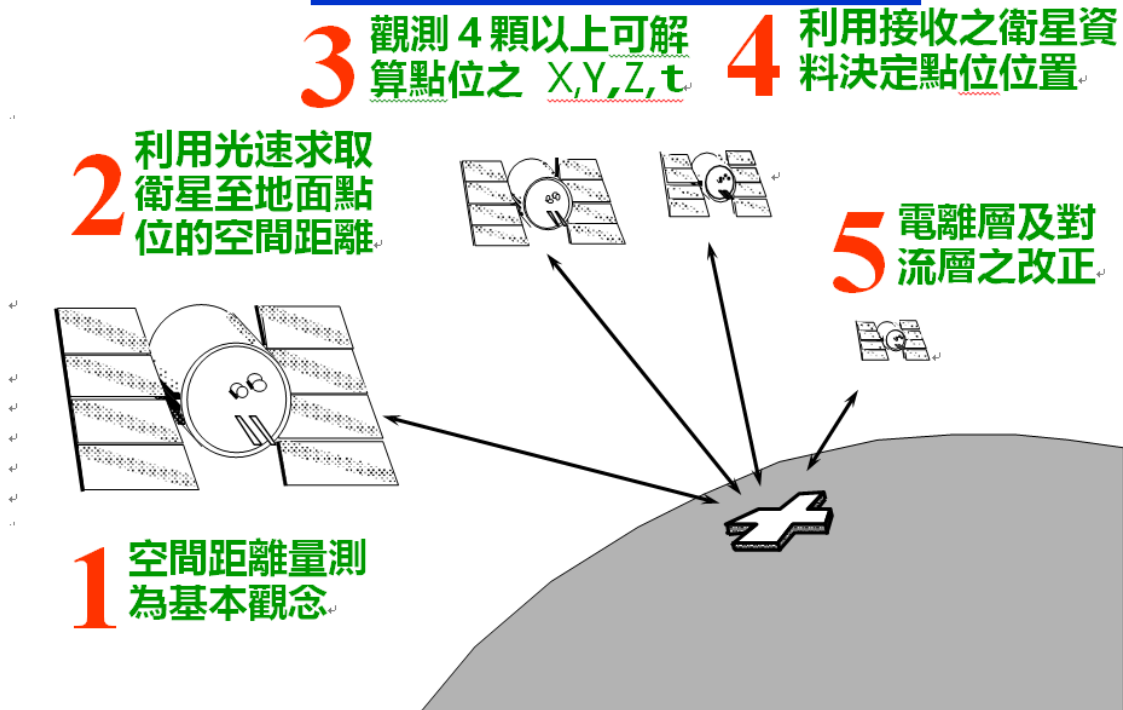


觀測四顆以上衛星 (X, Y, Z, t)

位置確定



GPS定位之基本觀念



1.8 GPS 應用

- 測量：控制網建立、地籍測量
- 陸地、海上及空中導航定位
- 地球動力研究：板塊運動、斷層位移監測
- 製圖：地形圖、交通網絡圖
- 軍事應用：飛彈導航、軍隊指揮派遣
- 大氣研究：電離層研究
- 授時：高精度時間比對

2. 應用實例

2.1 GPS 導航機

a. 接收天線(GPS Antenna 例如:YIC ATPG1590R1540A)

接收的頻率在L1及L2頻段的1575.42 MHz及1227.60MHz範圍。這些天線都有差分(DGPS)接收功能，可接收差分信號，對定位做更精確的修正。

差分全球定位系統 (DGPS)：一種應用於全球定位系統中用以提高民用定位精度的一種技術，概念為在已精確測定位置上配備一台 GPS 接收機作為基準站，並將用戶GPS定位的結果與基準站坐標比較，以修正其GPS定位解，提高其局部範圍內用戶的定位精度。

b. 接收信號處理器(Engine Board 例如: YIC51009EBGG-33)

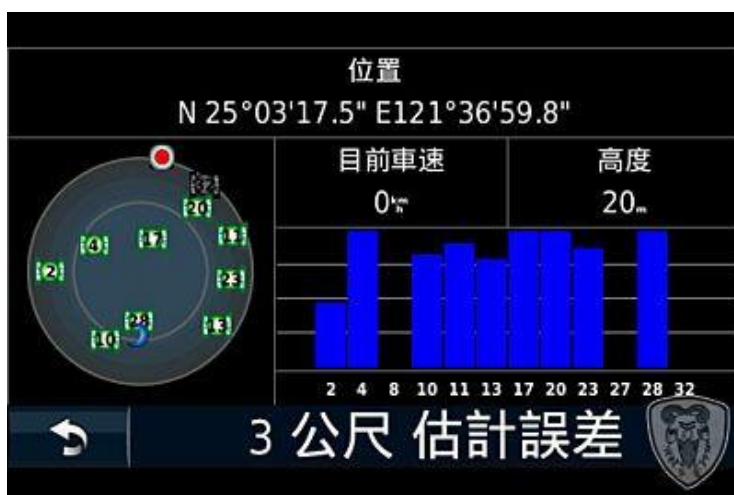
接收信號處理器主要由微處理器，數位類比信號轉換電路，輸出入介面控制電路，記憶體，及相關演算程式所構成。接收信號處理器通常至少可以同步接收處理8至12顆衛星的信號。

GPS 導航機。而導航機的定位原理，即是接收繞行地球的多顆人造衛星所發送的訊號，經過組合計算，以求出接收器（導航機）的位置。該位置又稱為座標點，以數值標示，然後套入到導航機裏頭預存的地圖資料，兩者搭配顯示於螢幕中，便可直覺地看出目前的所在位置。

基本上來說，只要有接收到三顆衛星的訊號，即可完成平面（2D）的定位；若是收到四顆衛星（含）以上的訊號，則還能算出當時位置的高度值，即完成立體（3D）的定位。導航機能接受到的衛星訊號越多，定位會越準確，誤差值也越小... 這裏說的誤差值，指的是實際上的所在位置，和導航機地圖上顯示的位置（定位點）彼此間的距離。一般來說在正常的收訊定位下，誤差值應在 10m 以內。

由於計算座標點的依據是來自於天空中運行的衛星發送的訊號，這代表著導航機能否順利完成定位，和機器上方及四周是否遭到遮蔽、是否能收到衛星訊號有很大的關聯性！因為衛星距離遙遠，傳送到地面的訊號已屬微弱，故很容易受到環境的影響，也無法像行動電話、收音機般可在室內使用。最常見到的收訊問題，就是車子的前擋玻璃隔熱紙含有金屬成份，阻隔了衛星訊號，造成導航機裝在儀錶板上卻無法使用；這時只有在車身上加裝接收天線，然後將衛星訊號引入車內才能解決。另外在隧道裏或是高架橋下，導航機暫時失去作用（接收不到衛星訊號）也是常有的情形。

這是 GARMIN nuvi XXXX GPS 顯示接收到的衛星訊號畫面，可清楚看出當時的位置座標、移動速度、所在高度、接收到的衛星顆數及個別訊號強度。此定位點是在一處寬大的路口，四週並無什麼遮蔽物，當時的天氣也不錯，因此能抓取到 9 顆衛星，訊號強度足夠，讓定位點的誤差值降至 3m 左右。



使用 GPS 時還會遇到兩個較重要的名詞需了解：一個是「大地座標系統」，另一個是「方格座標資訊」。

大地座標系統 (Datum)

由於地球是個呈橢圓狀的球體，要將上頭的各個區塊改標示在平面的地圖上，勢必要進行適度的切割及對應，這個轉換過程稱之為「投影」... 用個較容易了解的譬喻：把地球當成一顆西瓜，整顆縱橫切成許多塊，瓜肉移除，然後將所有的西瓜皮依序排列，呈現出來的平面就是我們常見到的世界地圖了~^^ 實際上的區塊範圍、位置和平面地圖相比，一定會有變形誤差，尤其在南極、北極更為明顯，但還在可接受的誤差值內。而這裏所稱的「大地座標系統」，簡而言之就是依據地球橢圓體的大小，劃分及對應出來的平面地圖。

那麼為何大地座標系統會有多種版本？原因是出在地球橢圓體的大小會隨著時間而變動（這就牽涉到天文學了），因此十年前與十年後的橢圓球體積並不相同，自然依此對應出來的大地座標系統也會有差異性。

所以要注意的是：兩部導航機設定的大地座標系統是否相同，一定會影響到定位出來的方格座標值彼此是否能共通！也就是說，若是甲機和乙機所設定的大地座標系統不同時，雖然是在同一個地點進行衛星定位，但是甲機和乙機所顯示出的座標值一定會有差異！因此當要詢問或是告知別人某地點的 GPS 座標值時，一定要先知道該座標值是依據哪個大地座標系統來定位的。不過可放心的是，雖然大地座標系統有很多種，但後期多以 WGS84 為共通標準：這是在 1984 年國際間制定的，適用於全世界。因此幾乎市面上的衛星導航機都是以 WGS84 做為大地座標系統的預設值，所以比較不會出現雞同鴨講的問題。

而在國內比較可能會見到的大地座標系統，還有 TWD67 及 TWD97 兩項...

TWD67 算是早期的大地座標系統，僅適用於台灣地區。同一個地點，用 TWD67 與 WGS84 定位出來的座標值一定不同，彼此差距近約 1km 左右。

TWD97 則是在 1997 年針對台灣地區重新設立的大地座標，所依據的地球橢圓體大小與 WGS84 幾乎相同。也就是說 TWD97 和 WGS84 所定位出來的座標值差距極小，彼此是可互通的。

方格座標資訊 (Grid)

何謂方格座標？簡單的說就是在平面地圖上劃分了許多小格子，每個格子（地點）都有自己的數值標示，那組數字就是「方格座標」，也簡稱座標值，一般有「二度分帶」及「經緯度」兩種數值格式，而以經緯度較為常見。其實經緯度 (Longitude/Latitude) 本身還有多種的顯示格式，除了在台灣地區一定會用到的 N（北緯）及 E（東經）外，還有度、分、秒等三種單位。以下用台北「XX夜市」的方格座標值為例說明...

- N25 05 06.0 E121 31 29.4

(單位：度+分+秒)

- N25 05.100 E121 31.490

(單位：度+分)

- N25.08501 E121.52484

(單位：度)

上面三個經緯度的座標數值乍看之下似乎不同，其實只是顯示單位的差異，彼此間可以六十進位換算，三組數字都是指向XX夜市這個地點。個人是較偏愛第一種的標示型態（度+分+秒），也是 GARMIN nuvi 1480 的預設格式。此外，上述是簡式的寫法，較清楚的寫法應是：N25° 05' 06.0" E121° 31' 29.4"，正確的唸法為：北緯25度5分6秒，東經121度31分29.4秒。

以下是座標值彼此間的換算範例參考：

原先顯示數值：N25.08501 E121.52484（單位：度）

$0.08501 \times 60 = 5.1006 \div 5.100$

$0.52484 \times 60 = 31.4904 \div 31.490$

換算求得數值：N25 05.100 E121 31.490（單位：度+分）

依此類推，還可再換算成（單位：度+分+秒）的顯示格式。若是要使用 Google 地圖來搜尋座標點位置，這三種顯示格式皆可被接受，一樣會找到XX夜市。

2.2 追蹤器

GPS追蹤器是一種利用全球定位系統（GPS）技術來確定物體位置的裝置。無論是在個人使用、商業運營還是安全領域，這種技術已經成為不可或缺的工具。讓我們來深入探討GPS追蹤器的工作原理。

定位系統的核心：

全球定位系統（GPS）是由一系列在地球軌道上運行的衛星組成的，它們發送信號以幫助確定地球上任何位置的準確坐標。這些衛星相互通信，使GPS接收器能夠計算出自己的位置。這是GPS追蹤器工作的基礎。

三角測量原理：

GPS追蹤器的工作原理基於三角測量原理。GPS接收器通過接收至少三顆以上的GPS衛星發射的信號，然後計算這些信號傳播的時間差。由於光速固定，接收器可以通過比較信號發射和接收之間的時間差，計算出自身到每個衛星的距離。

GPS 追蹤器是否能在任何地方使用？

GPS追蹤器是一項強大的技術，可以用於追蹤和定位物體的位置。然而，儘管其廣泛的應用，GPS追蹤器在使用時仍然受到一些限制，並不是在任何地方都能發揮最佳效果。

1. 天線的阻礙：GPS追蹤器需要接收來自GPS衛星的信號，因此如果天線被高大建築物、樹木、山脈或其他物體所阻礙，信號的品質可能會受到影響。在高樓大廈或樹木繁茂的地區，信號可能會變弱或不穩定，影響追蹤的準確性。
2. 室內使用的挑戰：GPS追蹤器通常在室外環境下運作效果最好，因為室內可能會有信號穿透困難的情況。在建築物內部、地下室或隧道等地方，信號可能會受到阻礙，從而影響定位的準確性。
3. 遮蔽和干擾：一些地方可能會有無線信號的干擾，這可能會對GPS追蹤器的性能造成干擾。例如，如果在靠近無線電塔或雷達站的地方使用GPS追蹤器，可能會受到無線信號的干擾。

2.3 時間校正

每一個GPS 衛星攜帶有兩個銫原子鐘 (Cesium Atomic Clock) 和兩個銣原子鐘 (Rubidium Atomic Clock)。銫原子鐘的震盪頻率為9,192,631,770 Hz，銣原子鐘的震盪頻率約6 GHz，銫原子鐘一秒的定義是 ” 銫-133原子在地球上兩個固定位準之間震盪9,192,631,770 Hz ”，它的準確度約每1,400,000年差一秒，是人類歷史上最準確的計時器。

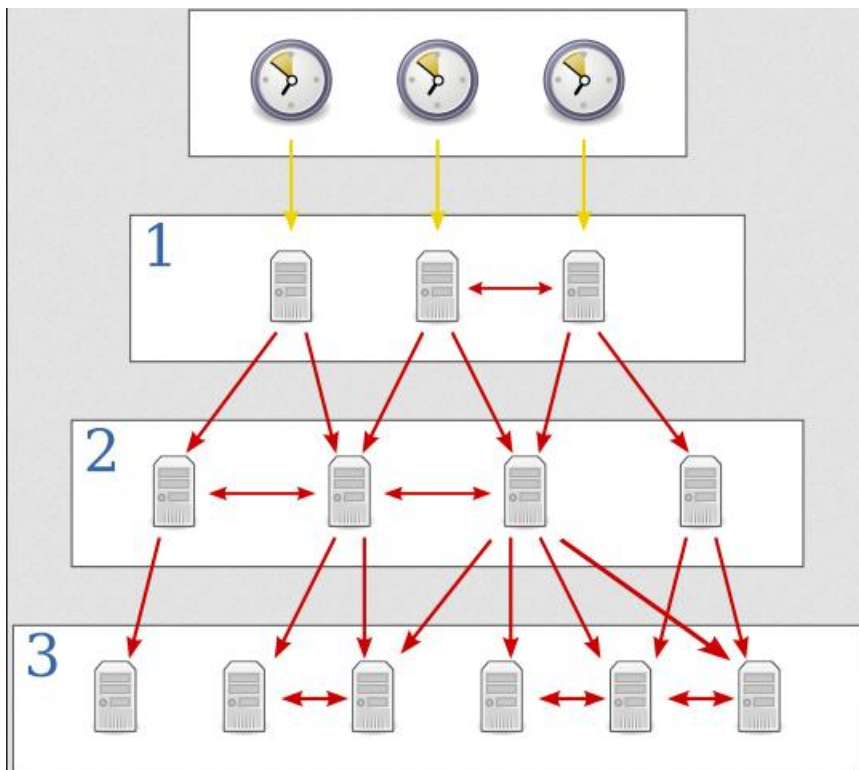
因為GPS衛星載有與控制中心完全相同的最精確原子鐘，這個時間信號隨同定位信號傳送至地球，這個時間的同步，保證了距離測量的準確性。在地球接收端對此時間信號的另一個應用，就是可將其作為標準時鐘使用，目前電腦網路之間的時間同步、導航系統的時間修正、或影像系統的同步等，均利用此標準時間。

GPS自動校時系統主要用於校正PC之時間，其原理為透過GPS上之原子鐘加上1 PPS之信號與PC端之軟體來達成自動校正PC時間之功能，透過本系統可使以PC為系統之任何應用能有絕對之時序，以維持控制系統時間之可信度。

GPS 1PPS 高精度時間訊號

通常電腦主機板上的震盪器精度並不是很高(ppm)，隨著時間越久，系統上的時間可能會與現實時間的誤差越來越大(老化率)，所以一般都會需要與網路上的 NTP server 連線定期做時間校準。

NTP server 是階層式架構，最上層的稱為 Stratum-0，是最準確可靠的參考時間源，通常為原子鐘或 GPS，0 級時間源不會直接對外連接，而是為 1 級時間源提供參考時間，讓 1 級時間源對外提供校時服務。



既然原子鐘或 GPS 是 0 級時間源，那想要自己搭建 NTP server 或是取得高精度的時間的話，那就應該要使用這兩種當作參考時間，因為原子鐘太貴也少見，一般都是使用經濟實惠的 GPS 1PPS 訊號當作時間源，而網路上也有很多用 GPS 當時間源自架 NTP server 的教學。

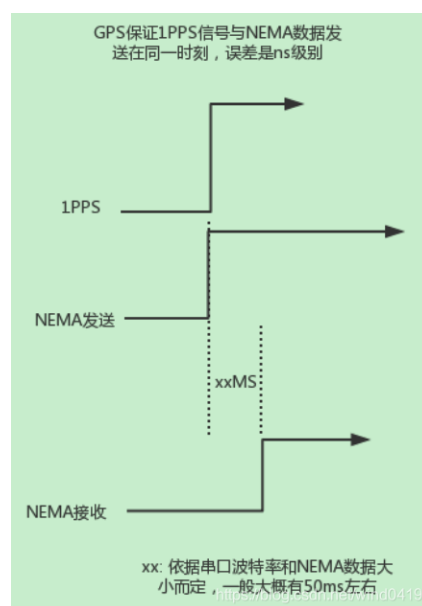
GPS 1PPS 就是一秒輸出一次的脈衝訊號，其精度通常都可以在 20ns 之內，GPS 衛星上都搭載高精度的原子鐘，而且會將衛星上的時間傳輸出來，GPS 晶片內部也會內建高精度的 clock，精度比一般電腦主機板上的震盪器高得多，讓內建 clock 跟 GPS 訊號內的時間做同步，就可以輸出高精度的 1PPS 時間訊號。

若要利用 GPS 1PPS 時間訊號，則在選購 GPS 模組時需要還有帶 1PPS 針腳輸出的模組，有些 GPS 模組只有 4 pin UART 輸出針腳，就須看規格書能不能提供 1PPS 訊號。



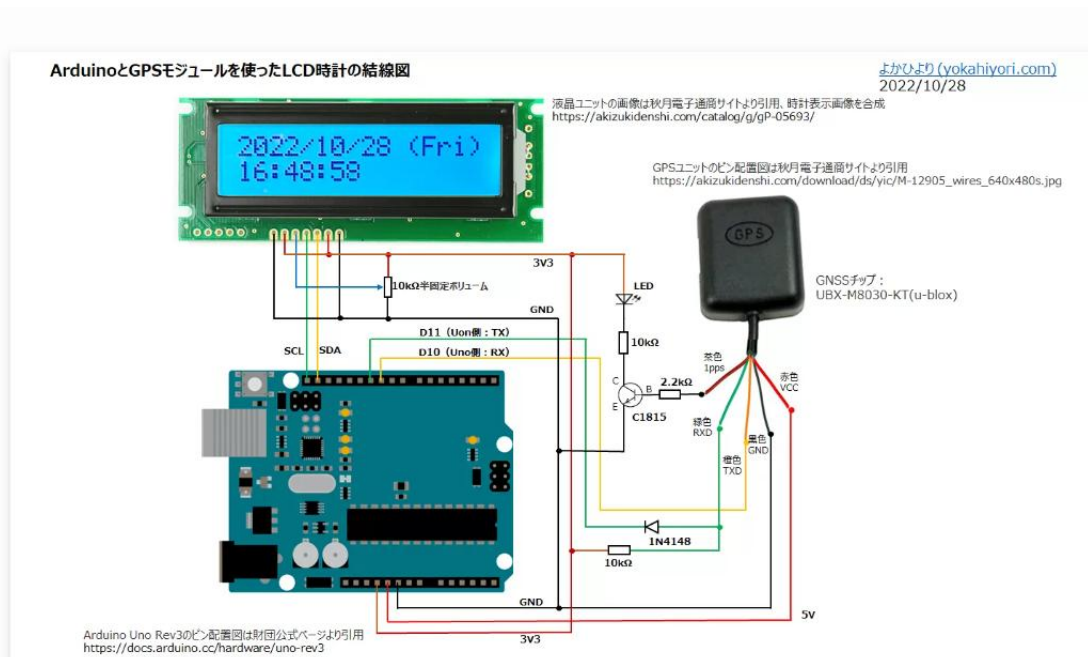
下面是 Ublox 模塊，UART 輸出 NEMA 數據，另外一個 GPIO 輸出 1PPS 脈衝

首先看一張時序圖：



1. NEMA 中包含有時間信息，一般是秒級別，也有部分帶有毫秒。
2. 1PPS 即每秒輸出一個脈衝，圖中以高電平觸發為例（沒畫下降沿），接收及處理 1PPS 脈衝的時間也在 ns 級別。
3. 因為 NEMA 是通過串口發送和接收，而且一次 NEMA 數據量也有 KB 級別大小，處理時間遠比 1PPS 時間長。
4. 通過 NEMA 中的秒級時間和 1PPS 脈衝相配合，即可實現高精度時間同步（ns 級：依據 1PPS 的響應時間）。

具體時間同步實現，以 Linux 為例，常用組合方式為：kernel pps.ko，GPSD，chronyd 或者 NTPD。

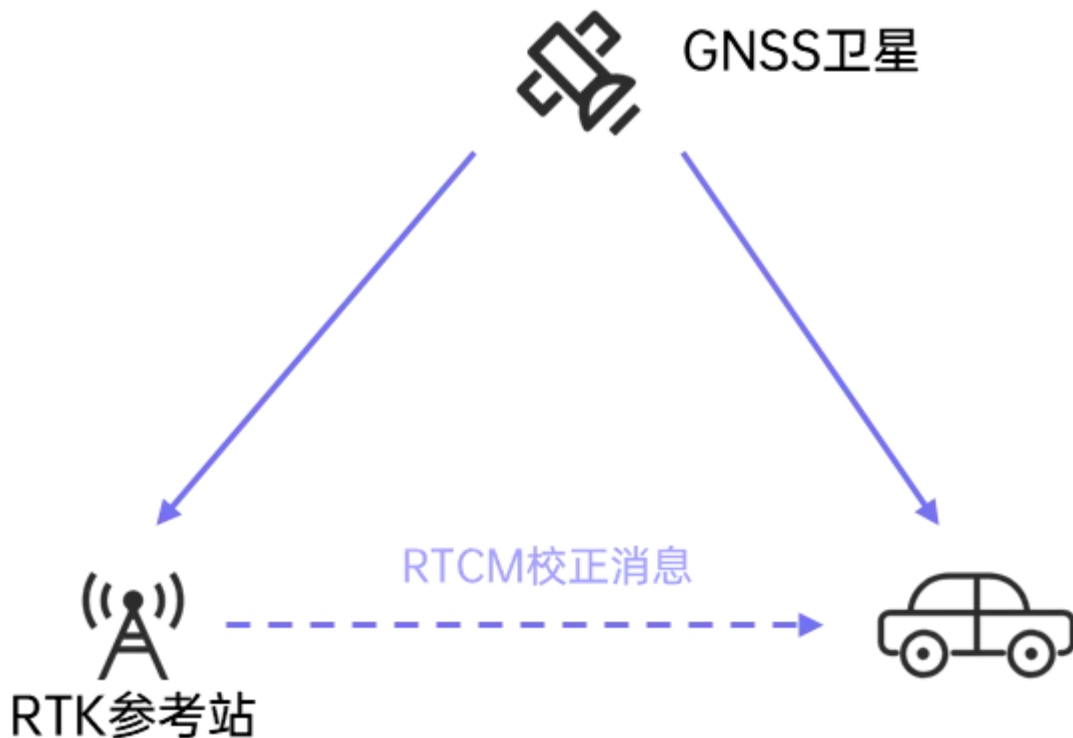


3. RTK、PPP與RTK-PPP技術

3.1 RTK技術

RTK (Real-Time Kinematic, 即即時動態定位) 技術是基於兩個 GNSS 接收器，其中一個作為基準站，另一個作為流動站。基準站精確定位並持續接收衛星訊號，同時記錄數據，而流動站接收衛星訊號以定位自身，並從基準站取得包含改正數據的 RTCM 資訊來減少運算過程中的誤差。這一過程實現了厘米級的高精度三維定位，依賴於實時傳輸的改正數據，適用於測繪、建築、農業、無人機導航等多個應用領域。

RTK 技術的主要特點是在實時中提供厘米級別的定位精度。RTK 是基準站與流動站之間的直接改正資訊傳輸，因此可以解決衛星、傳輸軌道以及接收機本身的誤差問題，但覆蓋區域小，且精度隨著兩者之間的距離增加而降低。

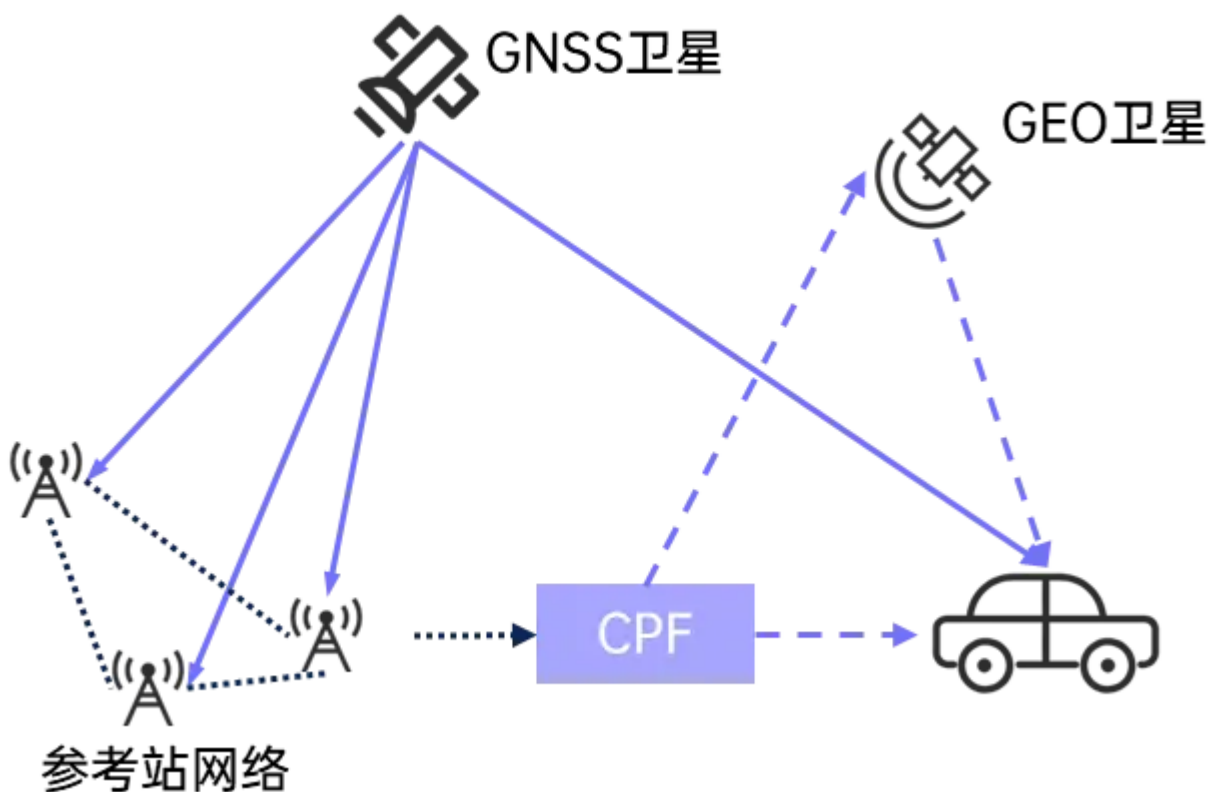


3.2 PPP技術

PPP (Precise Point Positioning, 精密單點定位) 技術是一種高精度的全球導航衛星系統 (GNSS) 定位技術，它是一種廣域的部署方案，透過 CPF 解算衛星誤差並傳輸給接收機做校正，允許用戶實現厘米級的三維位置精度，而無需依賴差分基站。

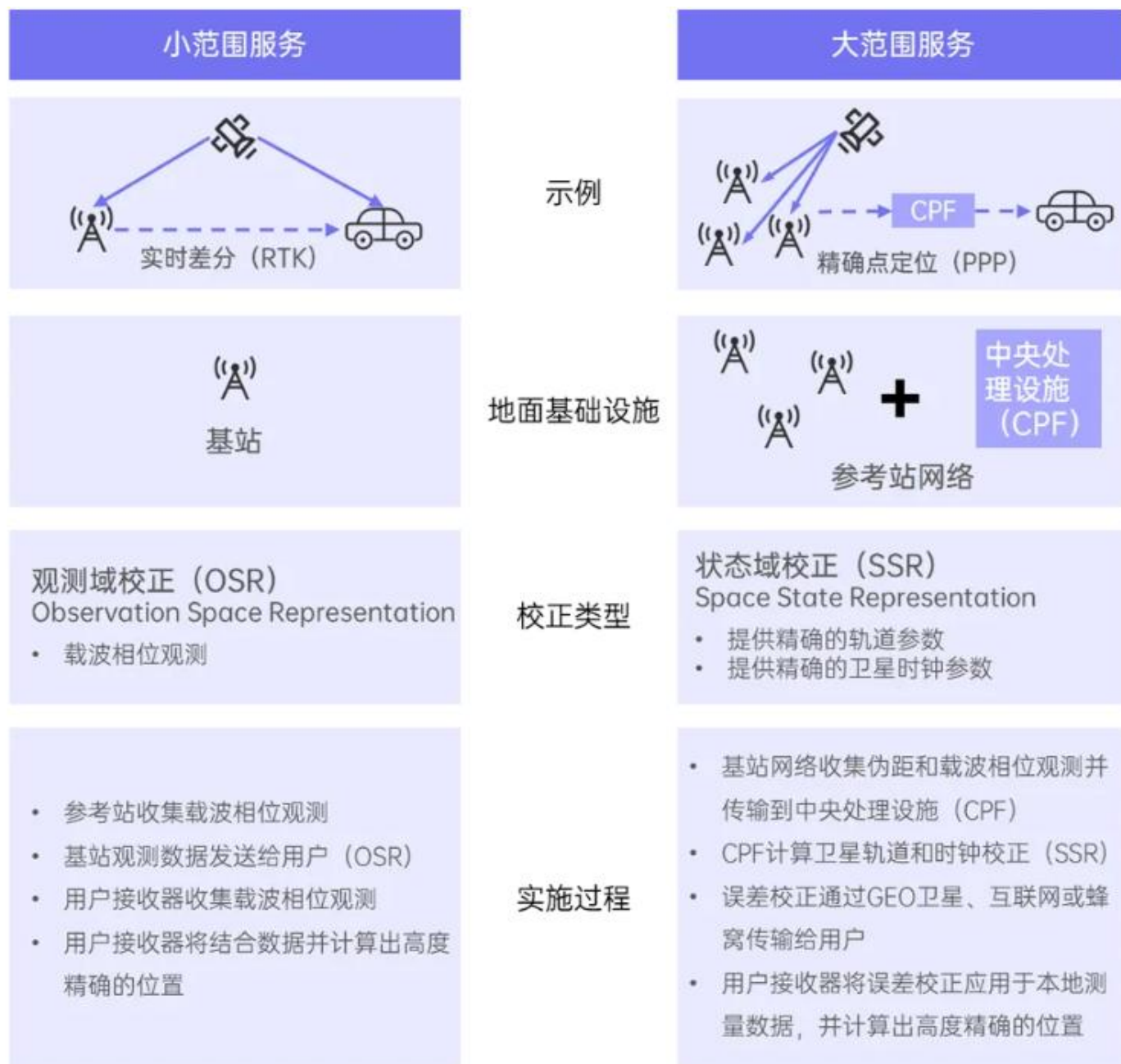
與差分定位技術不同，PPP 技術不需要在接收器和差分基站之間建立通訊鏈接。用戶只需能夠的 GNSS 接收器訪問 PPP 改正數據的互聯網連接，即可進行高精度定位。

PPP 技術適用於全球範圍，因為它不依賴於特定地理區域的差分基站，只需有足夠的衛星可見性即可進行定位。但通常需要更長收斂時間的衛星訊號觀測來實現高精度，因此對於需要長時間持續定位的應用更為適用。



3.3 二者的比較

本質上來說，這兩種技術都是在傳統 GNSS 定位的基礎上，使用增強技術來提高 GNSS 定位精度的，是在不同校正領域上的延伸與實現。

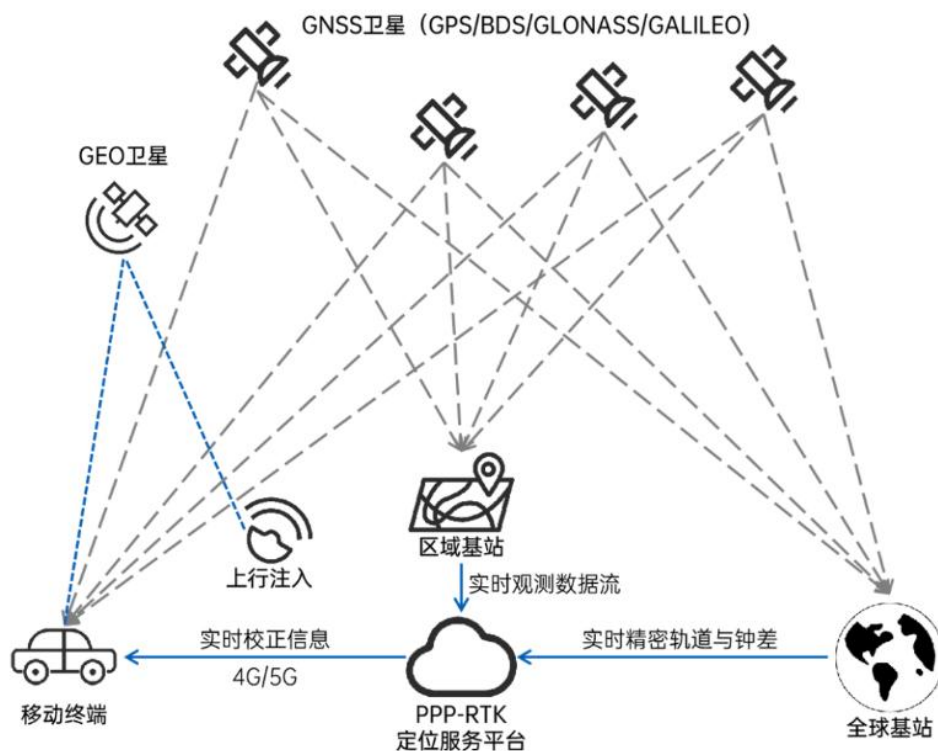


3.4 PPP-RTK技術

從上述的介紹中可以發現，RTK 技術與 PPP 技術各有優勢——RTK 定位時間快，但覆蓋距離小；PPP 定位精度高、全球覆蓋，但收斂時間慢，且部署成本較高。隨著需求和技術的發展，將 PPP 與 RTK 結合的技術（PPP-RTK）也出現了。



PPP-RTK 是未來的主流與趨勢，PPP-RTK 狀態域具備良好的服務優勢，可以實現全覆蓋、高精度、收斂快的高精度 GNSS 定位技術。



其主要原理為使用全球基準站確定衛星鐘差、衛星軌道誤差；使用區域基準站計算與電離層誤差、對流層誤差等區域性誤差進行分析，建立整網的電離層延遲、對流層延遲等誤差模型，並將全域和區域的誤差產品發送給移動終端進行定位。總的來看，具有以下優勢：

- 全國覆蓋

PPP-RTK 僅需不超過 1000 座基站即可實現全國覆蓋，極大減少基站建設的成本投入，提高服務覆蓋範圍。

- 單向播送

PPP-RTK 採用單向廣播模式，更易實現海量用戶並發。同時，單向播送的服務模式能有效保護用戶隱私。

- 連續性

PPP-RTK 對各項誤差採用廣域統一建模，提供全國範圍內的無縫連續定位服務。

- 完好性

PPP-RTK 透過對 GNSS 各類誤差分別建模並提供輸出，各類誤差相互獨立，可分別進行完好性監測並生成相應的完好性產品，實現功能完備。

4. YIC推薦用料:

[illegible]

圖片或文字如有侵權煩請告知！