

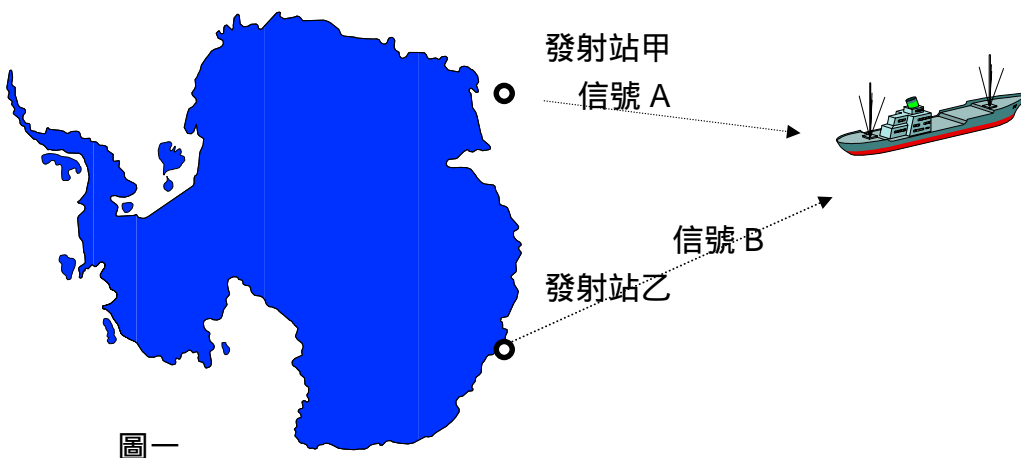
第十三章 環球定位系統及衛星導航

相信略有留意時事的童軍兄弟對於美國的巡航導彈應有所聽聞，從 1992 年聯合國出兵攻打伊拉克，以至九六年再次轟炸伊拉克，美國均用上了這種有聰明導彈之稱，懂得自我調節飛行方向、自動轉彎、準確至數公尺甚至數厘米範圍的武器；巡航導彈頓時成為了全球矚目的軍事科技產品。這種飛彈之所以懂得自行調整方向，依照預定的航線自由飛行，正是利用了本文將要講述的-「環球定位系統」作導航。本文並不是介紹那殺人機器，而是介紹由那神奇的軍事導航設備發展而成的一項民事用途：衛星導航及其在遠足活動上的應用。

I.環球定位系統的簡史

環球定位系統(Global Positioning Systems)，通常簡稱為 GPS，簡單來說是利用數顆人造衛星所發射的信號，由地面接收器接收，將信號加以分析從而得知本身位置。實際上，它的原理可以追溯到本世紀初，由無線電的發明而開始。當無線電(包括調頻信號 FM)由美國發明家 Edwin Armstrong (1890-1954) (註一)於 1912 年間發明後不久，無線電信號便開始應用於確定位置上。在 1920 年代，船隻已可利用由岸上不同發射站所發射的中頻電波而作定位。正如許多其他民用科技一樣，各次戰爭，特別是第二次世界大戰，利用無線電信號作導航的技術亦因軍事上的需要而帶來了極大進展。在 1940 至 1950 年代，一個名為 Hyperbolic Navigation 的方法出現了，它假設電波的速度是固定的，故此，只要計算接收點接收到發射站同一時間發出電波的微少時差，便可推算出本身距離該站的距離，而同一時間接收到兩個固定發射站的信號，從而計算出本身與該兩站的距離，在地圖上再根據該兩站的位置，便可確定本身的所在地，即與地圖閱讀的交錯法相似。以此原理發展出的系統除包括有 Decca Navigation System, Omega, Loran(Long Range Navigation)以及本文將著重介紹的 Global Position Systems。

註一：亦有一說是由美國人 Lee D FOREST 所發明的



發射站甲乙同時在 GMT08:15:00 分別發出信號 A 及信號 B，一艘航行中的船在

0.0001 秒後收到了甲發射站的信號，而在 GMT08:15:00 後的 0.005 秒後收到了乙發射站的信號，以電波每秒可進行 300,000 公里計算，該船可得知距離甲發射站 30 公里；同樣，亦可計算得知距離乙站 60 公里，在地圖上分別以甲站為圓心畫一半徑 30 公里及以乙站為圓心畫一半徑 60 公里的圓形，兩圓相交之處便是現時位置。當然，在多數情形下，兩圓會相交於兩點，但加以適當考慮，包括航線及其他景物，亦可配合海圖，即可判辨那一點才是正確位置；而在情況許可接收多一發射站之信號時，三圓即會相交於一點，那時的位置即可準確無誤。原理雖然看似很簡單，但實際的問題卻有不少。首先，如何可以確知兩發射站可以同時發出信號，又如何可以避免無線電的干擾等等均需解決，因內在牽涉較多技術問題，在此不作詳細解說。

所謂利用衛星作導航，其實是將地面的無線電發射站用搬上了太空，利用人造衛星將信號發射回地球表面。人造衛星的發展，始自第二次世界大戰。大戰後，美國及蘇聯基於本身信念的不同及互相的不信任，兩國之間展開了一場維期數十年的軍事及太空競賽，此一競賽亦直接促成了衛星導航的發展。1957 年 10 月 4 日是太空探索的大日子，蘇聯在當天成功發射了人類的第一枚人造衛星上太空，當時，並沒有特別針對性的附帶研究，其主要目的只在於測試人造衛星的理想而已。到了一個月之後，蘇聯發現了可以利用衛星的軌跡計算從而得知地面的相對位置。翌年 1 月 31 日，美國亦成功發射了她的第一枚人造衛星。但直至 1959 年 9 月 17 日，美國才正式發射了第一枚專為導航而設計及建造的人造衛星 TRANSIT 1A，但不幸於發射時失敗了。到了 1960 年 4 月 13 日，美國海軍終於成功發射了第一枚導航衛星 TRANSIT 1B，當時正藉美蘇冷戰的高峰期，不用說，軍事用途當然是其首要目標，它的唯一功能是為洲際導彈潛艇及其他軍艦作定位之用。隨後的數年，美蘇兩國不斷發展出不同的系統，在 1970 年代早期，在其他系統不斷發射並使用的同時，美國亦正積極地開展了一套全新系統的發展工作，該計畫亦最後演變成了由 1993 年起正式全面使用的環球定位系統，該系統至今亦已經被非常廣泛地應用在不同的民用領域上。事實上，蘇聯在未分裂前亦已研製成了一套蘇聯版本的環球定位系統-GLONASS，其準確度比美國的還要高許多，計畫中所用的衛星為六十一枚，比美國的二十四枚多很多；再者，有別於美國，蘇聯的系統在民間使用上並沒有任何準確度的減低(本文稍後將再詳述)，但為甚麼全球並不通行呢？蘇聯在 1981 年起為 GLONASS 系統發射了第一枚衛星，但到了十一年後即 1992 年，六十一枚衛星中只餘下約四分之一仍在工作，作為民間使用者，你是否敢於投資應用呢？

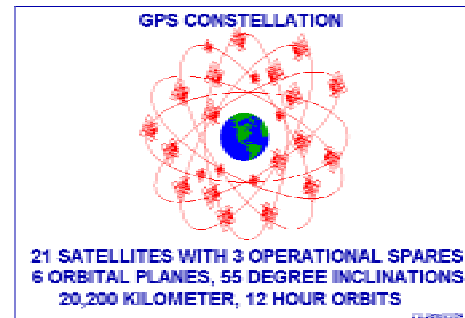
II. 環球定位系統 GPS 的簡介

1. 名稱及組成:

此系統的正式名稱為 Global Positioning System (GPS)，中文譯作環球定位系統(亦有稱為全球定位系統)，全個系統約可分為三大部份: Space, Control & User Segments.

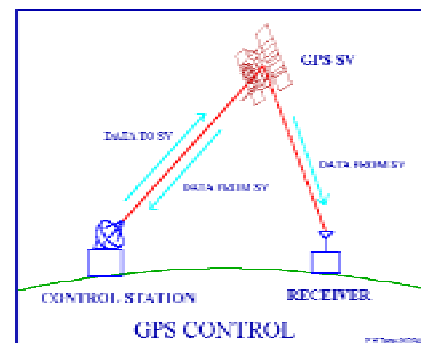
A. 太空部份(Space Segment)

總共由二十四枚 GPS 人造衛星組成(亦稱 SV- Space Vehicle)，廿四個運行中的衛星當中，廿一個為導航 SV，另外 3 個為後備用。它們依著一個 12 小時軌跡航行每日重覆同一地面一次，但因軌跡問題，每日會早 4 分鐘，廿四個衛星共分為六大軌跡平面，每一軌跡一般有四個 SV，各軌跡分別相隔 60 度，而與赤道平面傾斜 55 度，故此地球上每一點在任何時間同一時間可看到 5 至 8 個 SV，各 SV 由太空發送無線電信號致地面，由地面接收器加以接收、分析及應用。此二十四枚衛星並非全部皆為新發射的，其中包括了數枚早年發射但現時仍可使用的舊有衛星。



B. 控制部份(Control Segment)

由分佈全球的地面跟縱站組成，主控制中心位於美國科羅拉多 Falcon Air Force Base，其餘四個分佈於世界各地。各中心主要的工作是負責監察各衛星出的信號並作出適當修正。



C. 用者部份(User Segment)

此部份由各式的接收器(Receiver)及使用者所組成，接收器將 SV 信號轉換成位置，速度及時間等資料。要準確計算出位置及時間，接收器必需要有四個衛星的信號才可得到四維資料(4-Dimensions)，即 x, y, z(位置)及時間，xyz 分別代表了橫、直座標及高度。使用者可根據此等數據作不同的運用：如大地測量，地球板塊運動研究等等。

環球定位系統的資料雖然可供公眾使用，雖其設計、發展、資助與控制均由美國國防部(U.S.Department of Defense -DoD)負責，民用不須繳費亦不受任何限制，而美國政府亦不會對任何使用者提供任何形式的保障。

2. 準確度

現時環球定位系統的準確度最高可達致數十公尺以至數厘米範圍，但 DoD 意識到如果任何人均可隨意獲得此極準確之資料，將會對國家甚至世界安全構成潛在危機，故此對獲得信號的準確度作出了限制。1983 年 6 月 28 日 DoD 發表 NAVSTAR 政策，此政策規定了 Standard Positioning Service (SPS)的精確範圍為水平面 100 米、垂直 156 米(或 95% 最高水平誤差)及時間為 167 毫微秒(nanosecond) 以內，此等信號可無條件作公開，但應可隨時減低其準確度，至於更精密的 Precise Positioning Service (PPS)，則只可作美國軍事或指定之特定用途。因此 DoD 隨後故意在衛星信號中加入了隨機誤差，即誤差

度經常改變，令一般準確度下降致平面一百米範圍，此即為 Selective Availability (SA)。雖然誤差經常不同，但根據外國實際使用經驗，誤差度極少超過一百公尺，對於一般民用目的例如遠足，一百公尺之準確度已十分足夠；況且，遠足常用的六位網格亦是一百公尺範圍。此誤差已於 2000 年 5 月 1 日開始取消，令民用的 GPS 的準確性大大提高。但如果使用者有特殊需要，可以用 Differential GPS (DGPS)去計算及排除誤差值，從而獲得更準確的資料。利用 DGPS 去除誤差的方法有數種，其中一種是利用美國位於全球不同地點的控制中心所發出的無線電修正信號而對有關衛星信號作出調整。-依據 PPS 標準，最高可達致數米範圍，其準確度不會超越平面 17.8 米、垂直 27.7 米及時間 100 毫微秒(nanosecond, 10^{-9})。一些特定用途之儀器，甚至可以計算得數厘米的範圍。

III.GPS 的一般用途及對遠足的應用及影響

GPS 接收器根據不同的用途例如航海或航空等而有不同的設計，但其基本上是一樣的。透過特別為陸上使用而設計的接收器，在陸上遠足應可完全代替傳統的指南針，亦可以配合電子地圖，令使用更加方便，近期出現的汽車內的導航地圖便是極佳例子。現時一般的 GPS 接收器皆有上百的地點記憶，可以將整個行程表預先輸入接收器的記憶內，於行進間隨時使用，行進間亦可以準確計算行進速度，不用說，現時所在位置及高度亦可以即時測知。環球定位系統的實際用途十分廣泛，亦正在不斷發展之中，遠足導航只會是其中的一個小環節。



一些常見的遠足用接收器

此外相信經常遠足的童軍兄弟已經留意到，香港的地圖網格已經作出修訂，現時使用的是 WGS84，此更改亦是因應 GPS 的廣泛應用而作出的，WGS84 是現時全世界通用的網格標準，只要打開 GPS 接收器的開關，調節好所需的座標系統，不消一會，顯示屏上面所出示的便是現時的座標、高度、時間等的準確資料了，不是比舊日用指南針，自然影物等等資料，再配合訓練及經驗才作出判斷方便很多嗎？究竟 GPS 是否可以完全取代傳統的指南針呢？使用 GPS 作遠足用是否只有好處而沒有壞處？

IV. GPS 在遠足應用的優缺點

環球定位系統接收器與傳統的指南針在陸上遠足導航時的優點:

1. 非常準確及快捷；極難發生錯誤；
2. 功能十分強大，用途極之廣泛，非傳統的指南針所能比擬；
3. 發展潛力極大，可配合電子地圖使用；
4. 夜間使用較方便；
5. 以一般戶外情況來說，不易受外界干擾，包括天氣、磁場及電纜等。

環球定位系統接收器與傳統的指南針在陸上遠足導航時的缺點:

1. 價錢十分昂貴；雖然已降至港幣一千元左右，但仍較一般指南針貴十倍；
2. 除了最初購買的投資外，使用時亦不便宜；一般指南針購買後不用再投資，但現時所有類型之環球定位系統接收器均較為耗電，行進間必須時常保持開啟，六枚 AA 鹼性電芯往往只能維持二十小時左右；
3. 需要費時學習，由於其功能強大，使用上亦需要更多技巧；
4. 缺乏一致性，雖然不同牌子及型號的接收器在原理上是一致的，但無論在功能及用法上均截然不同，令訓練及使用上皆較傳統的指南針運用來得困難；
5. 重量較大，除接收器外亦要帶備後備電池；
6. 必須在室外沒有阻擋電波的地方才可使用，但一般遠足時的困難不大；
7. 結構複雜，較難抵抗撞擊；防水能力亦較低；
8. 極易落伍，由於技術快速發展，今天買的接收器，過了幾個月後便可能已有功能更強、價錢更低的型號出現了。

童軍總會部份領袖最近從美國訂購了一小批接收器回港，平均每部約為港幣一千元左右，該型號已可以同一時間記錄二百個地標，即使事先將榮譽童軍獎章遠足一項四日三夜旅程的全部檢查站記於接收器內亦卓卓有餘，在旅程時一站一站的逐點追縱；從此，迷路及不知自己身在何方的日子亦可能一去不返。事實上，經過試用後亦證實效果非常良好，隨著價錢日漸下降而功能則日漸增強，相信日後 GPS 在遠足上的應用將更加普及。

註:本文摘錄自陳湛明總監於香港童軍所發表的文章。