

## 8. SISTEME DE POZITIONARE GLOBALA CU SATELITI(GPS).

### 8.1. Principii de baza.

Dezvoltarea tehnicii militare, în special după cel de al II-lea război mondial, a condus inevitabil la apariția necesității unei orientări permanente în spațiu. Astfel, avioanele, sau rachetele sau vasele militare aflate în mers pe mare, puteau fi mai ușor urmărite și îndrumate dacă s-ar fi dispus de un sistem care să permită determinarea poziției lor în orice moment. Datorită distanțelor mari față de bazele de comandă, se impunea conceperea unui sistem global de poziționare, care să facă legătura între diversele locuri de pe glob cu alte locuri de pe glob prin intermediul sateliților. Pentru a putea determina coordonatele vectorilor militari, se impunea realizarea unei rețele de puncte de coordonate cunoscute. Dacă pentru a determina coordonatele unor puncte de detaliu aflate pe suprafața terestră, a fost creată rețeaua geodezică, similar a fost concepută o “rețea de puncte” aflate în spațiu, puncte ce aveau coordonate cunoscute, denumit *Sistem de Poziționare Globală (G.P.S)*.

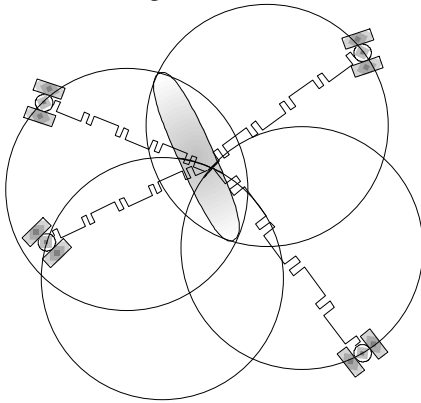


Figura 8.1 - Principiul de funcționare GPS.

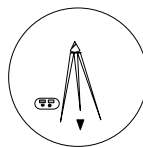
Asa cum am văzut în capitolul referitor la metode de îndesire a rețelelor geodezice, prin staționarea unui punct în vederea determinării coordonatelor lui, avem nevoie de cel puțin (matematic) trei puncte de coordonate cunoscute. În mod similar, dacă aceste trei puncte sunt situate nu pe suprafața terestră ci pe bolta cerească, problema pare aparent rezolvabilă. Numai că, datorită distanței mari, punctele de pe bolta vor trebui să fie “vizibile”. Acest lucru este posibil numai dacă aceste puncte vor emite un semnal care să permită atât identificarea punctului cât și determinarea poziției lui la un anumit moment. Pentru a putea ajunge la un receptor terestru, un astfel de semnal are nevoie de un timp, timp în care însă sateliții se deplasează și ajunge într-o poziție cu alte coordonate. Problema timpului necesar pentru a parcurge distanța de la satelit la receptorul terestru se rezolvă prin “vizarea” unui al patrulea satelit (figura 10.1). În ca din faza de început, s-a stabilit ca tema de rezolvat pentru acest sistem de poziționare, o precizie de 10 cm pentru distanțe de ordinul a 2000 km.

### 8.2. Segmentele componente ale sistemului.

Dacă principiile de bază au fost arătate mai sus, realizarea practică presupune realizarea unei rețele compacte de sateliți, cu o traiectorie de mișcare posibil de definit în orice moment. Acest lucru va fi posibil urmărind segmentele ce contribuie la exploatarea sistemului de poziționare globală.

#### RECEPTOARE

INREGISTRARI DE COD SI FAZA  
CALCULUL POZITIEI  
EXTRAGEREA DE MESAJE



**SATELITI**  
24 SATELITI  
12 ORE PERIOADA  
20000 KM ORBITA

**STATII DE CONTROL**  
SINCRONIZAREA TIMPULUI  
PREDICTIA ORBITEI  
STAREA SATELITULUI  
INJECTAREA DE DATE

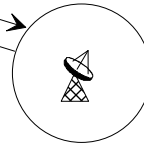


Figura 8.2 - Segmente componente ale GPS.

După cum se vede din figura 10.2, sistemul conține atât partea tehnică cât și cea comercială : sateliții și stațiile de urmărire și control au costat suficient de mulți bani pentru că după satisfacerea necesităților militare, sistemul să nu producă bani. În prezent el este folosit pentru foarte multe aplicații civile, iar prin precizia și randamentul lucrărilor pe care îl asigură, sistemul este din ce în ce mai mult folosit în lucrările de topografie, produsele rezultate fiind extrem de precise.

Aplicațiile sistemului nu sunt numai în domeniul militar și cel al măsurătorilor terestre. O serie de firme constructoare de automobile au început să livreze pe piața mașini echipate cu sisteme de poziționare, atât de performante încât conducătorul indicând punctul de plecare și destinația, poate capata un traseu optim de urmat care să fie cel mai scurt, sau cel mai rapid, sau cel cu cele mai mari șanse de evitare a locurilor predispuse blocajelor rutiere. Același sistem echipază vehiculele ce participă la raliuri de anduranță, cu trasee ce străbat zone aride, fără puncte de reper, iar prezența echipamentului GPS asigură o orientare extrem de rapidă.

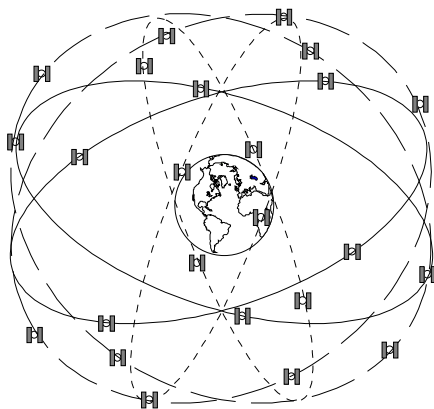
Dacă echipamentele descrise mai sus sunt toate staționare pe mașinile pe care sunt montate, tehnica a mers mai departe și s-au produs receptoare GPS pentru personal, care pot fi folosite pentru determinarea poziției în orice punct cu erori de ordinul a 10-15 metri după o recepționare de semnal satelitar ce durează 2 minute.

Practic, putem afirma că în prezent se poate determina poziția unui obiect oriunde pe glob.

### 8.2.1. Segmentul spatial.

Pe de alta parte, acesti sateliti vor fi astfel distribuiti încât sa asigure o acoperire uniforma a întregului glob terestru. O astfel de distributie presupune existenta a 6 orbite pe care graviteaza câte patru sateliti. Cei 24 de sateliti, împreuna cu traseele lor constituie segmentul spatial al GPS.

Caracteristicile tehnice ale satelitilor din sistemul GPS se refera la:



- altitudine - 20200 km
- perioada - 12 ore
- frecvente - 1575 MHz  
- 1228 MHz
- date de navigatie- 4D, X, Y, Z, t
- înregistrare - continua
- precizie - 15m (codul P)
- constelatie de sateliti - 24
- geometrie - repetabila
- ceasul satelitului - rubidium, cesium

Orbitele satelitilor sunt înclinate fata de ecuator cu un unghi de 30°. Unghiul între doi sateliti de pe aceeasi orbita este de 120°, iar unghiul între doua orbite vecine este de 60°. Satelittii GPS au 845 kg si dispun de sisteme de stabilizare a orbitei. Pentru determinarea cu precizie a timpului, sunt folosite oscilatoare din clasa de precizie 10<sup>-12</sup> - 10<sup>-13</sup>, pe baza de cesium sau rubidium. În afara frecventei de baza de 10,23 Mhz, sunt folosite alte doua

Figura 8.3 - Satelittii GPS.

frecvente purtatoare cu valori de :

$$L_1 = 154 \times 10,23 \text{ MHz} = 1575,42 \text{ Mhz}$$

$$L_2 = 120 \times 10,23 \text{ MHz} = 1227,60 \text{ Mhz}$$

fiecare satelit emitând ambele frecvente, folosite semnale de navigatie ca si pentru mesaje de date .

### 8.2.2. Segmentul de control.

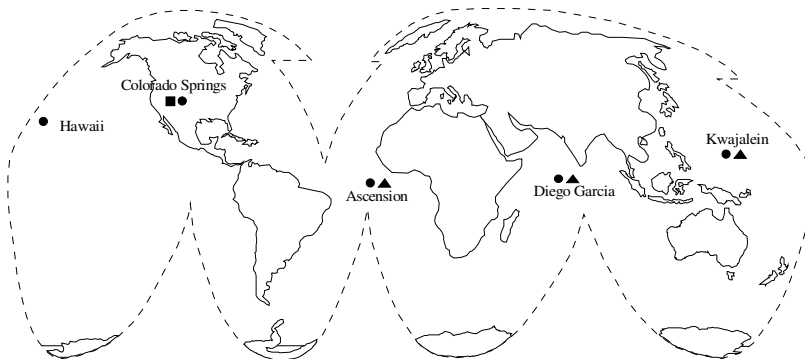


Figura 8.4 - Alcatuirea segmentului de control.

Rolul acestui segment este poate cel mai important din întregul sistem. El este cel ce controleaza satelittii, verifica timpul satelitilor, calculeaza efemeridele (trajectoriile) si corectiile de timp ale satelitilor, precum si datele de navigatie precum si continutul fiecarui mesaj emis de sateliti.

Segmentul se compune dintr-o statie principala (Master Control Station MCS) situata în Colorado Springs, trei statii de monitorizare si antene terestre în Kwajalein, Ascension si Diego Garcia, precum si doua statii de monitorizare în

Colorado Springs si Hawaii(figura 10.3).

Statiile de monitorizare receptioneaza semnalele de la sateliti si le trimit la statia centrala împreuna cu datel meteorologice. Aici, informatiile primite sunt preluate si prelucrate, obtinându-se efemeridele si corectiile de ceas astfel ca sa se poata alcatui mesajele satelitare. Aceste date prelucrate se redirectioneaza catre statiile de antene care le retrimite sub forma de mesaje la fiecare satelit în parte.

Statia principala are rolul de a calcula efemeridele satelitilor, pentru ca apoi aceste date sa fie "injectate" în mesajele catre sateliti. Un alt obiectiv este acela de a testa starea de "sanatate" a ficarui satelit, iar în momentul în care, din diverse motive ceva nu este normal cu un satelit, prin mesajele ce acesta le va transmite, va avertiza utilizatorii ca nu este disponibil pentru a putea fi utilizat în masuratori.

### 8.3. Structura semnalului GPS.

Deoarece în masuratorile cu sateliti este nevoie de informatii foarte precise asupra timpului si frecventelor, de ordinul a ± 1µs, se impune ca frecventele sa fie deosebit de stabile, cu valori de 1.10<sup>-15</sup> s, pe durata mai multor ore. Din acest motiv, singurele dispozitive care pot asigura o astfel de precizie sunt ceasurile atomice. Cum în sistemul international de unitati de masura, secunda de timp este definita ca parte a perioadei de oscilatie a atomului de Cesium<sup>133</sup>, atât statiile terestre cât si satelittii sunt echipati cu ceasuri pe baza de cesiu (sau ribidiu).

Semnalele folosite la comunicare între satelittii si statiile terestre, sau între satelittii si utilizatori, sunt semnale modulate. Vom avea astfel de-a face cu semnale purtatoare, coduri si date pentru toate informatiile receptionate. Astfel, frecventa de baza este de 10,23 Mhz si apartine ceasului atomic.Frecventele semnalului purtator sunt doua si anume L<sub>1</sub> cu valoarea 1575,42 Mhz, ceea ce corespunde unei lungimi de unda de 19,05 cm si L<sub>2</sub> cu valoarea 1227,60 Mhz, cu o

## Capitolul 08 - Tehnologie GPS

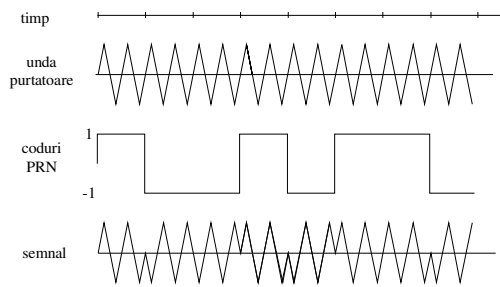


Figura 8.5 - Structura semnalului GPS.

eventuale obstacole, cum sunt construcțiile înalte sau vegetația. Dar perturbarea semnalului se poate datora și reflectării

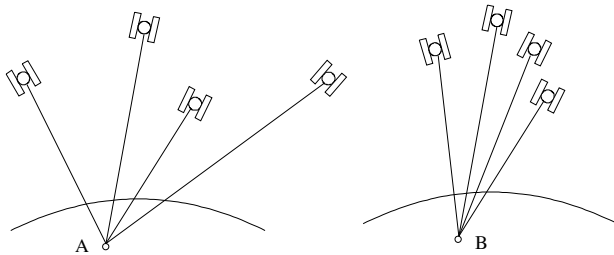


Figura 8.6 - Influența poziției sateliților asupra PDOP.

proaste ale determinărilor. Funcție de marimile care se vor determina, o serie de coeficienți arată acurătatea determinărilor :

- pentru poziția orizontală - HDOP
- pentru poziția verticală - VDOP
- pentru determinări tridimensionale - PDOP
- pentru timp - TDOP

În configurațiile de sateliți din figura 10.6, pentru punctul A vom beneficia de determinări tridimensionale bune, sateliții fiind dispusi sub unghiuri mari unul față de celălalt, în timp ce determinările punctului B vor fi mai puțin precise.

### 8.4. Locul tehnologiei GPS în cadrul măsurătorilor terestre.

O evaluare corectă a poziției măsurătorilor GPS în cadrul tehnicilor de măsurare a terenului trebuie să se bazeze pe de o parte pe o analiză atât a posibilităților legate de domeniul lungimilor extreme ce se pot determina, pe de altă parte pe preciziile obținute cu tehnicile respective și nu în ultimul rând pe criteriul costurilor pentru aparatură și personal. Aceasta comparație se poate urmări în figura 10.7.

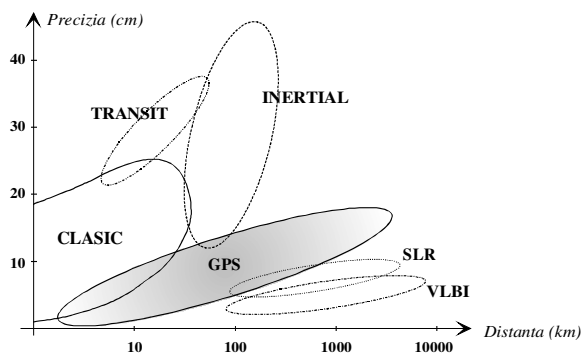


Figura 8.7 - Compararea tehnicilor de măsurare.

mici de 15 km, deoarece peste această valoare, tehnica GPS este mult mai precisă. Un alt amanunt care trebuie avut în vedere este cel care se referă la manevrabilitate. Deoarece au fost făcuți pași importanți în domeniul miniaturizării receptoarelor, practic acestea au devenit extrem de comod de folosit, indiferent de poziția pe glob sau condițiile de relief.

lungime de undă de 24,45 cm. Codurile folosite sunt denumite P, cu o frecvență de 10,23 Mhz, cu o lungime de undă corespunzătoare de 29,31 m și o ciclicitate de 267 zile, respectiv codul C/A cu aceeași valoare a frecvenței, lungime de undă de 293,1 m și ciclicitate de 1 milisecundă. Pentru date, frecvența de 50 bps și durata 30 s.

Structura semnalului emis de sateliții GPS este prezentată în figura 10.5. La sol, semnalele sunt recepționate prin intermediul antenelor, de receptoarele GPS. Dacă în măsurătorile clasice, se impunea ca între punctele rețelei de sprijin să existe vizibilitate directă, acum se impune ca vizibilitatea să fie către sateliți. Pentru a putea fi recepționate, semnalele trebuie să nu fie perturbate de reflectării lui de către sol sau construcțiile aflate la oarecare distanță de antena. Pentru a elimina posibilitatea recepționării unor semnale parazite, antenele sunt prevăzute cu un "guler" care ecranează semnalele venite de sub linia orizontală și în plus operatorul are posibilitatea să seteze unghiul de pantă minim peste care se pot observa sateliții. De obicei, se recepționează sateliții aflați la peste 15° unghi de pantă.

În vederea determinării cu precizie a coordonatelor punctelor prin observații la sateliți, este necesar ca aceștia să fie dispusi uniform pe bolta cerească; o conformație a sateliților grupați, conduce la rezultate