



SISTEMA DE POSICIONAMENT GLOBAL, GPS

Marina Martínez-García

*Professora associada del grup d'Astronomia i Geodèsia Espacial,
Departament de Matemàtica Aplicada i Telelemàtica, UPC
e-mail: marina@mat.upc.es*

Fins fa poc, la possibilitat d'accedir a un sistema de posicionament precís es limitava als exèrcits professionals o a la recerca científica més puntera. Determinar la posició de qualsevol punt de la Terra amb errors per sota del centímetre ha estat possible gràcies un revolucionari sistema de posicionament: el GPS o Sistema Global de Posicionament.

El Global Positioning System (GPS) aplicat a problemes «civils» va néixer als EUA a principis dels vuitanta i ha demostrat des dels seus inicis ser una eina molt valuosa en tots els camps en els quals ha estat aplicat: de la navegació marítima i aèria fins a tasques tant quotidianes com la conducció de cotxes.

El que és clar és que el GPS ha revolucionat el mercat de les aplicacions tecnològiques d'aquest final de segle i ha assentat les bases dels sistemes de posicionament del segle XXI.

Però, en que consisteix el Sistema GPS?

El GPS és un sistema de posicionament que determina distàncies i posicions fent servir com a observable el temps que triga un senyal elèctric en viatjar del satèl·lit emissor a una antena receptora. Aquest temps multiplicat per la velocitat de la llum ens dona la distància aparent («pseudo-distància») entre el satèl·lit i el receptor.

Resoldre un model senzill de navegació suposaria tenir alhora les pseudo-distàncies de com a mínim quatre

satèl·lits per poder «triangular» i estimar la posició (tres coordenades incògnita) a més de l'error del rellotge del receptor.

El sistema consta de tres parts ben diferenciades o segments. D'una banda disposem de la constel·lació de vint-i-cinc satèl·lits NAVSTAR en òrbita al voltant de la Terra que emeten un senyal i que constitueixen l'anomenat segment espacial. De l'altra, cinc estacions formen

*Determinar la posició de
qualsevol punt de la Terra
amb errors per sota del
centímetre ha estat possible
gràcies un revolucionari
sistema de posicionament: el
GPS*

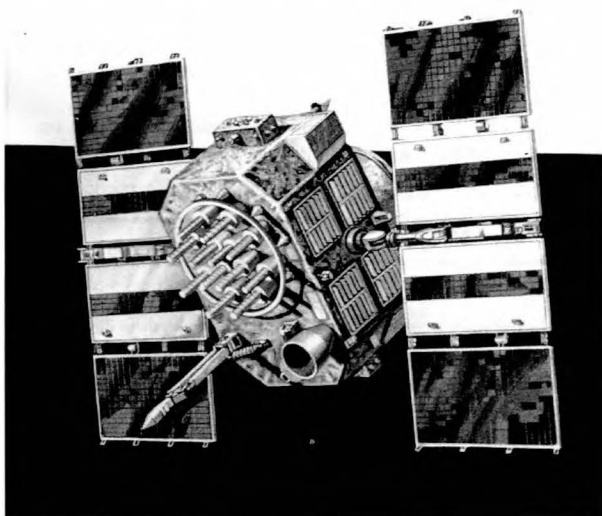
l'anomenat segment de control. L'estació principal (master control station) està situada a Colorado Springs (Califòrnia). Finalment, els aparells receptors i de processament del senyal rebut des dels satèl·lits constitueixen el segment utilitari.

Sobre l'ona portadora que emet cada satèl·lit es modula un codi i un missatge de navegació. L'emissió d'ambdós elements es controla per rellotges d'alta precisió i es repeteix de forma periòdica.

El missatge de navegació indica les efemèrides del satèl·lit, dades atmosfèriques i paràmetres de control dels rellotges de precisió.

Existeixen dos tipus de codi: el codi C/A (Course/ Acquisition or Clear /Acces code), de baixa precisió, i el codi P (Precise or Protected code), d'alta precisió. El primer es d'ús civil mentre que el segon es reserva a les Forces Armades dels EUA, la OTAN, els Australian Defence Forces i alguns organismes civils com el Defense Mapping Agency i la National Geodetic Survey.

Cada satèl·lit emet dues ones portadores de codi i de missatge, L1 i L2, de freqüències 1.5 GHz i 1.2 GHz



aproximadament. Depenent de la freqüència de la portadora i del codi a desxifrar podem accedir a un posicionament d'alta de baixa precisió. El processament del senyal es pot fer mitjançant la mesura de la fase o mitjançant les pseudo-distàncies.



El primer mètode permet la determinació de distàncies de forma molt precisa però es veu afectat de l'ambigüitat en la inicialització de la fase (mesura del número inicial de cicles), l'eliminació de la qual requereix del post-processament de les dades. Per tant, per ara el preu de l'exactitud és la impossibilitat d'obtenir resultats a l'instant.

El segon mètode no es veu afectat per aquest problema però dona un posicionament de baixa precisió. En aquest sentit es pot dir que la baixa precisió amb un mínim pre-procés permet posicionament a temps real. És per aquest motiu que la primera tècnica s'empra per Topografia i Geodesia mentre que la segona s'utilitza per navegació.

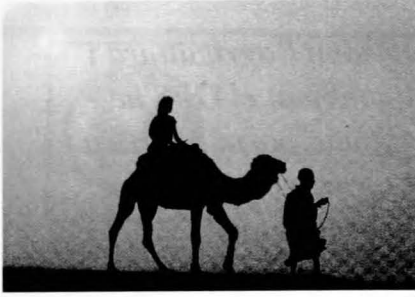
En camps com l'agricultura i el medi ambient el GPS ha esdevingut una porta oberta a un gran ventall de possibilitats

l·ligat als canvis de la fiesomia del lloc: moviments sísmics, catàstrofes, naturals, etc... El GPS dona unes coordenades que després, i segons les necessitats, podem situar dins l'entorn geogràfic de la zona (mapes topogràfics) per a una millor orientació de l'usuari.

Segons això una aplicació immediata del GPS es estudiar variacions de la superfície terrestre (prospeccions geològiques i geotectònica). És el cas d'algunes repúbliques ex-soviètiques de l'Àsia Central que envolten el mar Caspi. En aquests països, i en especial al Kazakhstan, les explotacions petrolíferes i els jaciments minerals que s'extenen a les vores del mar suposen la base de l'economia nacional. És per això que s'han establert xarxes de receptors GPS diferencial que estudien els moviments de la línia de la costa per tal de fer previsions i plans estratègics d'acció davant situacions de risc.



En qualsevol cas, el sistema GPS és tridimensional, no posiciona sobre cap superfície concreta, sinó que dona unes coordenades en un sistema de referència cartesià l·ligat a la Terra (WGS84). Aquest sistema de referència té l'origen al geocentre terrestre i eixos en la direcció del Pol Nord instantani, en la direcció del punt d'intersecció tre l'equador i el meridià de Greenwich i un tercer eix formant un triedre directe amb els anteriors. L'avantatge d'un sistema de posicionament tridimensional que no utilitzi referències del terreny és, bàsicament, que no esta



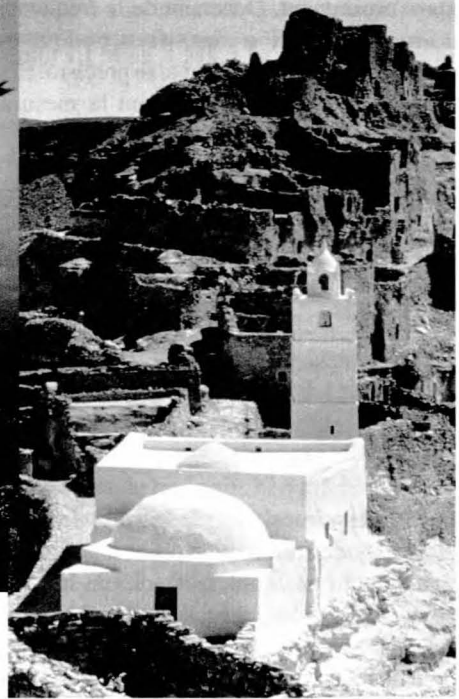
Una altra mostra de les aplicacions geològiques de la tecnologia GPS la trobem en l'estudi del moviment de glaceres.

L'exemple més espectacular és el Gran Glacià de Bering que avança des de l'interior de la península cap al Golf d'Alaska a velocitats d'uns 30 metres per dia. El moviment del glacià produeix una forta erosió i desplaça llacs i rius dels seus llits habituals, la qual cosa remodela el paisatge i la geografia del lloc en molt poc temps.

La medició d'alçades de pics de muntanyes com l'Everest és un altre ús del GPS. Les variacions d'aquestes mesures són un bon punt de referència per a l'estudi indirecte del moviment de plaques tectòniques i de possibles tendències a l'enfonsament o elevació de punts concrets de l'escorça terrestre.

El GPS també té quelcom a dir fora de les aplicacions més lligades al coneixement científic. En camps com l'agricultura i el medi ambient el GPS ha esdevingut una porta oberta a un gran ventall de possibilitats: El departament d'Agricultura dels EUA controla les fumigacions aèries mitjançant mapes detallats amb rutes traçades per cobrir de manera més efectiva cada zona a tractar. Els avions desinsectadors es guien per un sistema de navegació GPS que indica el camí a seguir per tal d'optimitzar recursos de combustible i insecticida.

A Catalunya grups de recerca com el d'Astronomia i Geodesia Espacial de la Universitat Politècnica de Catalunya són capdavanters en aplicacions del sistema



GPS a les Ciències de la Terra. En concret, el nostre grup es concentra en l'estudi de l'Atmosfera: Ionosfera i Troposfera (veieu el nostre web <http://maite125.upc.es/~manuel/storm/storm.html>).

L'interès suscitat per l'ample ventall de possibilitats del GPS ha portat a organismes de la comunitat europea a impulsar un projecte europeu de sistema de posicionament global recolzat en tècniques del GPS diferencial.

A part de les qüestions de més envergadura com l'orientació de satèl·lits de baixa òrbita (LEOS, Low Earth Orbiter Satellite), ja s'estan comercialitzant aparells de navegació per turismes que permetran a l'usuari ubicar-se i escollir rutes alternatives en qualsevol desplaçament.

Cada vegada es comercialitzen antenes i receptors més petits, econòmics i còmodes d'utilitzar.

No caldrà ser un «tuareg» per orientar-se en ple desert ni un aventurer expert dins la selva amazònica per gaudir dels avantatges del GPS!

