Geotelemàtica

Posicionament i navegació

Jordi Rovira Jofre

PID_00194227

UOC
Universitat Oberta de Catalunya

Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca

Índex

Introducció 5

Objectius 6

1. Introducció a la geotelemàtica 7
1.1. Concepte de *geotelemàtica* 7
1.2. Elements d'un sistema de geotelemàtica 8
1.3. Posicionament, localització i navegació 10
1.3.1. Posicionament 11
1.3.2. Localització 11
1.3.3. Navegació 12
1.4. Satèl·lits 12

2. Sistemes de posicionament 15
2.1. Sistemes de posicionament per satèl·lit, GNSS 18
2.1.1. Funcionament dels sistemes de posicionament per satèl·lit 19
2.1.2. GPS 22
2.1.3. Galileo 23
2.1.4. GLONASS 25
2.1.5. Comparació dels sistemes de posicionament per satèl·lit 26
2.2. Sistemes d'augmentació 27
2.2.1. SBAS 27
2.2.2. GBAS 28
2.3. Sistemes de posicionament terrestres 28
2.3.1. Funcionament dels sistemes de posicionament terrestres 29
2.3.2. Sistemes de posicionament terrestres per a la navegació 30
2.3.3. Sistemes de posicionament terrestres basats en xarxes de telecomunicacions 32
2.4. Sistemes de posicionament inercials 35
2.5. Sistemes de posicionament híbrids 36

3. Elements d'una aplicació geotelemàtica 38
3.1. Terminals geotelemàtics 39
3.1.1. Elements d'un terminal geotelemàtic 40
3.1.2. Criteris per a la selecció d'un terminal geotelemàtic 44
3.1.3. Tipus de terminals geotelemàtics 46
3.2. Centre de control 47

3.2.1. Nucli principal 48
3.2.2. Mòdul de serveis SIG 50
3.2.3. Mòdul de base de dades i registre de dades 50
3.2.4. Servidor web 51
3.2.5. El núvol redefineix el centre de control clàssic 51
3.3. Infraestructures i proveïdors de serveis 52
3.3.1. Infraestructures de comunicació 52
3.3.2. Proveïdors de serveis 53
3.3.3. Serveis de geolocalització globals 54

4. Aplicacions dels sistemes de posicionament..... 56
4.1. Aplicacions en el sector aeronàutic i espacial 56
4.1.1. Aplicació en el sector aeronàutic 57
4.1.2. Aplicacions espacials 60
4.2. Aplicacions en el sector marítim 60
4.2.1. Seguiment del trànsit i la navegació marítima 61
4.2.2. Maniobres en el port 61
4.2.3. Seguiment de flotes de vaixells i de contenidors 61
4.2.4. Recerca i rescat en alta mar 62
4.2.5. Altres aplicacions 62
4.3. Aplicacions en el sector terrestre 63
4.3.1. Sistemes intel·ligents de transport (ITS) 63
4.3.2. Serveis basats en la localització (LBS) 65
4.4. Aplicacions de caràcter científic 67
4.5. Aplicacions creatives 69
4.6. Aplicacions relacionades amb l'oci i el temps lliure 71
4.7. Aplicacions de masses: el núvol i les xarxes socials 72
4.8. Aplicacions de realitat augmentada 72
4.9. Aplicacions de caràcter militar 73

Resum..... 75

Abreviatures..... 77

Bibliografia..... 80

Introducció

És molt possible que, arran de l'eclosió recent dels mapes en la web i els dispositius mòbils amb capacitats de posicionament, ja us hàgiu trobat amb aplicacions de posicionament i navegació. Al darrere d'aquests mapes i aquests dispositius hi ha diferents disciplines de mesura i representació del territori, a més d'eines SIG (sistemes d'informació geogràfica) que ens permeten realitzar càlculs i gestionar la informació espacial i geogràfica que obtenim del territori. En aquest mòdul veureu els diferents sistemes i eines de què disposem actualment per a conèixer la nostra posició sobre el territori en temps real, també coneguts com a **sistemes de posicionament**.

Aquests sistemes són la base tecnològica per a instruments i equips que han aconseguit penetrar en els hàbits de centenars de milers de persones i empreses i que anomenem ***navegadors personals GPS***. Aquests equips formen part del que es coneix com a **equips geotelemàtics**. L'objectiu d'aquest mòdul és, precisament, mostrar-vos una visió de conjunt del concepte, les tècniques, els sistemes i les aplicacions que envolten aquesta disciplina.

GPS

De l'anglès *global positioning system*.

En primer lloc veurem els sistemes de posicionament i navegació (apartats "Introducció a la geotelemàtica" i "Sistemes de posicionament") i ens centrarem en els sistemes de posicionament per satèl·lit (més coneguts per les seves sigles angleses, GNSS). Coneixereu com funcionen i quins són els diferents sistemes que permeten aquest tipus de posicionament.

GNSS

Global navigation satellite systems.

A continuació (apartat "Elements d'una aplicació geotelemàtica") ens dedicarem a descriure cadascun dels elements que componen una aplicació geotelemàtica. Veurem quins mòduls componen un terminal geotelemàtic genèric, un centre de control i sobre quines infraestructures es basen aquestes aplicacions per a poder ser operatives.

Finalment (apartat "Aplicacions dels sistemes de posicionament"), ens dedicarem a descriure algunes de les aplicacions geotelemàtiques que s'han desenvolupat fins al moment. Així, començarem per les aplicacions en el sector aeronàutic i espacial, continuarem pel sector marítim i terrestre i finalitzarem amb les aplicacions de caràcter científic i governamental i les noves tendències quant a les xarxes socials i el nou concepte de *núvol*. El nombre d'aplicacions creix dia a dia i la nostra selecció és només un subconjunt petit de totes les possibles; sens dubte, al llarg d'aquest mòdul en descobrireu i fins i tot –per què no?– en creareu unes quantes més pel vostre compte.

Objectius

En aquest mòdul trobareu els elements imprescindibles per a assolir els objectius següents:

1. Conèixer els conceptes de *posició*, *localització* i *navegació*.

2. Conèixer el funcionament general dels sistemes de posicionament per satèl·lit.

3. Conèixer les característiques dels sistemes GPS i Galileo.

4. Conèixer el funcionament i les característiques de sistemes de posicionament terrestres, com el posicionament per telefonia mòbil.

5. Tenir la capacitat de dissenyar i usar eines de navegació i entendre'n les capacitats i limitacions.

6. Conèixer l'ampli ventall d'aplicacions geotelemàtiques existents.

7. Conèixer els llocs web principals on es pot obtenir informació detallada i actualitzada dels temes introduïts en el mòdul.

1. Introducció a la geotelemàtica

En aquest primer apartat veureu els conceptes que envolten la geotelemàtica. D'aquesta manera, adquirireu el vocabulari per a poder entrar de ple en l'estudi de les tecnologies que li donen suport.

Pel que fa al concepte de ***geotelemàtica***, agrupa una gran varietat de tecnologies i aplicacions de manera ambigua.

En particular, es refereix al conjunt de disciplines científiques i tecnològiques (física, matemàtiques, geodèsia, informàtica, electrònica, telecomunicacions, etc.) que permeten adquirir, transmetre, gestionar, modelitzar, processar, simular i visualitzar informació relacionada amb el territori i el seu entorn, i generar un nou tipus d'informació útil per a analitzar-los.

> Per tant, podeu entendre la geotelemàtica com el conjunt de ciències, tecnologies i sistemes necessaris per a aplicacions de mobilitat i navegació.

Hi ha diverses ciències i tecnologies que formen part de la geotelemàtica, com ara la cartografia, la geodèsia, l'emmagatzematge de dades geogràfiques, els SIG o sistemes d'informació geogràfica, etc. En aquest mòdul ens centrarem en els sistemes de posicionament i navegació, que són els que aporten el terme *telemàtica*, associat a la integració dels sistemes d'informació i telecomunicacions amb els dispositius mòbils.

Començarem aquest apartat explicant el concepte de *geotelemàtica* i, a continuació, descriurem breument els elements que componen un sistema de geotelemàtica. Finalment veurem una introducció als sistemes de posicionament, localització i navegació. En finalitzar aquest apartat, ja tindreu una visió de conjunt dels diferents aspectes que acompanyen la tecnologia geotelemàtica.

1.1. Concepte de *geotelemàtica*

Encara que el concepte *geotelemàtica* no té encara una definició oficial, la podem definir de la manera següent:

La **geotelemàtica** és el conjunt de recursos tècnics que permeten el desenvolupament d'activitats sobre el territori amb coneixement previ de la posició en la qual ens trobem, amb accés a serveis de telecomunicacions i amb disponibilitat d'informació geogràfica del territori on estem situats.

La geotelemàtica amplia el concepte de ***geomàtica***. Aquest últim terme es va definir en els anys vuitanta del segle XX per a reunir el conjunt de disciplines que apareixien amb la ràpida tecnificació que es produïa en el sector de la gestió de la informació del territori. Recull termes com els següents:

- Mesurament
- Cartografia
- Geodèsia
- Adquisició, gestió, processament i visualització de dades
- Posicionament per satèl·lit
- Fotogrametria
- Teledetecció

Podríem definir la geomàtica de la manera següent:

La **geomàtica** és un terme científic que resulta de la unió de les ciències de la Terra i la informàtica, per tal d'expressar una integració sistemàtica de tècniques i metodologies d'adquisició, emmagatzematge, processament, anàlisi, presentació i distribució d'informació geogràficament referenciada.

La geotelemàtica és una evolució natural de la geomàtica quan hi afegim la integració de les noves tecnologies de la telecomunicació i dels dispositius mòbils. Per tant, la geotelemàtica és només una actualització del concepte de *geomàtica* amb les noves tendències en sistemes d'informació i telecomunicacions.

1.2. Elements d'un sistema de geotelemàtica

Tal com heu vist en l'apartat anterior, la geotelemàtica integra multitud de tecnologies i mètodes. Per això, un sistema que doni eines i funcionalitat geotelemàtiques ha d'estar format per diferents elements connectats mitjançant les telecomunicacions. Podeu veure representats en la figura 1 tots aquests elements, que són el centre de control, els terminals mòbils i la xarxa de telecomunicacions per al posicionament.

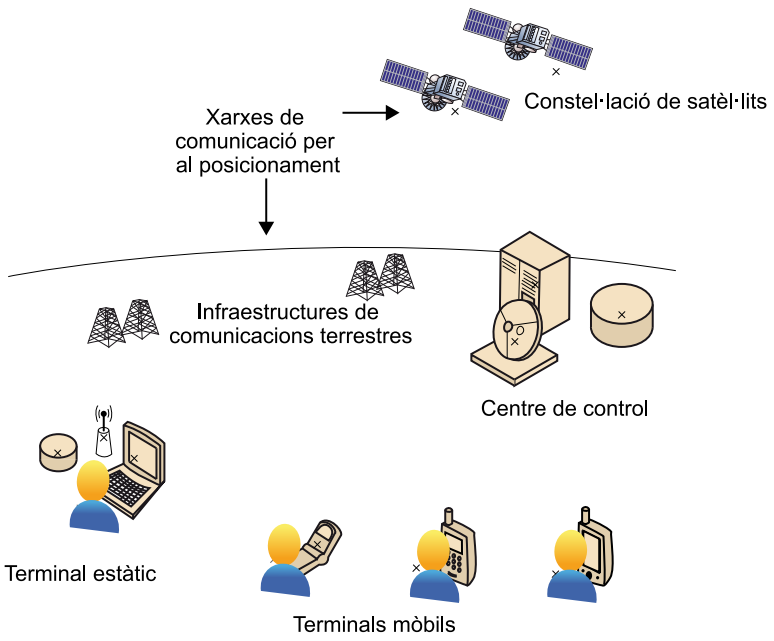

Figura 1. Representació dels elements d'un sistema de geotelemàtica

1) El centre de control

El centre de control és un conjunt de sistemes informàtics, bases de dades i sistemes de telecomunicacions que ofereixen serveis als terminals mòbils que es troben desplegats pel territori. Normalment proveïts per un operador de telecomunicacions o una gran companyia, aquests centres disposen de maquinari i tecnologies de comunicació.

2) Els terminals mòbils

Els terminals mòbils ofereixen les funcionalitats finals a l'usuari i poden ser des d'ordinadors portàtils a dispositius electrònics especialitzats –també anomenats *caixes negres*–, passant per telèfons mòbils o agendes personals. Els terminals mòbils inclouen elements de maquinari, alguns opcionals, que en permeten la funcionalitat. Aquests són:

- **Processador, memòria i dispositius gràfics**: components mínims per a oferir aplicacions a un usuari.

- **Dispositius de posicionament**: antenes, sensors i altres dispositius que permeten la comunicació amb els sistemes de posicionament. En el cas del posicionament per satèl·lit, faria referència a l'antena de recepció dels senyals dels satèl·lits.

- **Dispositius de telecomunicació**: antenes de comunicació mòbil, connexions de dades 3G (tercera generació de transmissió de veu i dades per mitjà de telefonia mòbil), Wi-Fi (mecanisme de connexió de dispositius electrònics sense fil, gestionada per la Wi-Fi Alliance), Bluetooth i qualse-

vol altra tecnologia que permeti la comunicació d'un terminal amb altres terminals i amb el centre de control.

També cal disposar de programari per al funcionament del terminal, a banda del sistema operatiu que inclou qualsevol dispositiu:

- **Sistemes d'informació geogràfica**: sistemes que ens ofereixin capacitats de processament i visualització de les dades.

- **Programes de control del posicionament**: programes que gestionin els dispositius de posicionament i en permetin l'ús per part dels altres programes.

- **Programes de gestió de telecomunicacions**: programes que gestionin les telecomunicacions i en permetin l'ús per part d'uns altres.

Finalment, però no per això menys important, el terminal també ha de disposar de dades geogràfiques per a situar-nos al territori. Aquestes dades poden ser subministrades pel centre de control mitjançant les telecomunicacions o poden estar emmagatzemades en el terminal.

3) La xarxa de telecomunicacions per al posicionament

Tant si és via satèl·lit, com a través de la telefonia mòbil o mitjançant qualsevol altra tècnica de posicionament, cal disposar d'una xarxa de dispositius que permeti la ubicació dels terminals mòbils. Ens referim a tots els elements necessaris per a poder proveir posicionament amb cadascuna d'aquestes tecnologies. El senyal de posicionament pot procedir de **sistemes espacials** (mitjançant, per exemple, una constel·lació de satèl·lits) o de **sistemes terrestres** (per exemple, un sistema de ràdio).

Vegeu també

En l'apartat "Sistemes de posicionament" d'aquest mòdul estudiarem tant els sistemes de posicionament espacials com els sistemes terrestres.

Cal dir que un sistema geotelemàtic permet que l'usuari treballi de forma autònoma respecte al subministrament elèctric. Els terminals consumeixen energia per al seu funcionament, per la qual cosa cal un subministrament continu d'energia; mentre l'equip està desconnectat d'una font d'energia es pot mantenir amb bateries. L'autonomia d'un terminal dependrà de la capacitat de les seves bateries i del consum d'energia que requereixi el seu maquinari.

Observació

Encara que l'autonomia dels terminals mòbils és important, no ens n'ocuparem en aquest mòdul, ja que correspon a l'àmbit més general del maquinari i dels dispositius mòbils.

1.3. Posicionament, localització i navegació

Ara que ja heu vist el concepte ben ampli de *geotelemàtica* i els elements necessaris per a construir un sistema geotelemàtic, abans d'aprofundir més hem d'aclarir les diferències entre alguns conceptes que aniran apareixent durant el mòdul i poden dur a confusió. En particular, aclarirem els conceptes de *posicionament*, *localització* i *navegació*.

1.3.1. Posicionament

Un dels principals objectius d'un sistema geotelemàtic és el de ser capaç de conèixer la posició en què es troba un objecte amb la màxima exactitud possible. Quan coneixem la posició d'un element mòbil, s'obre una infinitat de possibilitats pel que fa a l'ús que fem d'aquesta informació. Podem:

- Representar la posició de l'element mòbil sobre un mapa de la zona.
- Enviar la posició al centre de control, del qual podem rebre informació o instruccions.
- Desenvolupar sistemes de navegació que ens permetin desplaçar-nos d'una posició a una altra.
- Rebre informació associada a la nostra posició.

Anomenem ***posicionament*** la ubicació d'un objecte entesa com una sèrie de coordenades geogràfiques. Els sistemes de posicionament ens donen les coordenades en les quals es troba un dispositiu en un sistema de coordenades establert.

1.3.2. Localització

Per què parlem de sistemes de posicionament però, en canvi, ens referim a serveis basats en la localització (LBS)? La localització i el posicionament són conceptes propers però que no s'han de confondre. La localització permet situar-nos al món, però respecte a altres elements referenciats geogràficament.

Anomenem ***localització*** el fet de conèixer la ubicació d'un objecte entesa com a vincle amb elements de referència. La localització d'un objecte ens dóna els elements que té a prop, com poden ser carreteres, termes municipals, llacs, accidents orogràfics, etc.

Podeu veure que la localització necessita els sistemes de posicionament, però també dades geogràfiques de referència. Per això parlem de serveis basats en la localització, que tenen a veure amb la idea d'on som dins del món real, no amb la idea d'on som dins d'un sistema de coordenades.

Un sistema de posicionament[1] no ens localitza, sinó que ens posiciona. No podeu saber si sou en una carretera o en un país determinat només amb el sistema de posicionament, ja que us fan falta dades geogràfiques per a localit-

(1)El conegut GPS és un sistema de posicionament.

zar-vos, en aquest cas la xarxa de carreteres i la capa de països. Com més rica sigui la base de dades geogràfica, més rica serà la informació de localització que obtindrem.

Vegeu també

Estudiarem el sistema GPS en l'apartat "Sistemes de posicionament" d'aquest mòdul.

1.3.3. Navegació

De manera molt simplificada, podem dir que navegar és traslladar-se d'un punt a un altre del territori, sigui per mar, per terra o per aire. Entenem per *eines de navegació* totes aquelles eines que ajuden a navegar planificant i guiant un vehicle per una ruta entre un punt d'origen i un punt de destinació coneguts.

Habitualment, es confonen els sistemes de navegació amb els de posicionament. Des de l'òptica de la geotelemàtica, aquests conceptes són molt propers i, alhora, són molt diferents. Els sistemes de posicionament són imprescindibles per a navegar, però si només coneixem la posició no es pot navegar. Per a ajudar a la navegació, cal conèixer també la ruta, la direcció i el sentit del moviment, la xarxa de vies de transport per la qual ens podem moure, etc.

La **navegació** implica oferir ajuda al trasllat d'un o diversos objectes sobre el territori basant-se en la seva posició o localització.

1.4. Satèl·lits

Els **satèl·lits** tenen un paper molt important en diversos aspectes de la telemàtica. Al llarg del mòdul veurem com s'utilitzen. A continuació veurem una petita classificació de satèl·lits artificials. Generalment, els satèl·lits es poden dividir en funció de la seva òrbita o bé per les seves aplicacions.

ISS

La ISS (International Space Station, Estació Espacial Internacional) és una estació en òrbita destinada a fer experiments en l'espai. És un projecte de cooperació internacional.

1) Tipus de satèl·lit en funció de l'òrbita

En funció de l'òrbita, els satèl·lits meteorològics poden ser geostacionaris, d'òrbita mitjana, d'òrbita baixa, polars, d'òrbita el·líptica, etc.

- Els **satèl·lits geostacionaris** se situen a 36.000 km d'altura en la vertical de l'equador de la Terra, i giren amb la Terra una vegada cada 24 hores. Gràcies a les característiques de l'òrbita geostacionària (el període orbital del satèl·lit coincideix exactament amb el de rotació de la Terra) sempre romanen fixos en el mateix punt del cel (des d'un punt de vista situat a la superfície terrestre). Des d'un punt geostacionari, un satèl·lit pot abastar un 40% de la superfície terrestre, per la qual cosa calen almenys tres satèl·lits per a donar cobertura geostacionària global.

- Els **satèl·lits polars** donen la volta a la Terra cada cert temps i s'anomenen així perquè viatgen de pol nord a pol sud.

- Els **satèl·lits d'òrbita baixa** acostumen a trobar-se a una altura propera als 1.000 km de la superfície terrestre. Igual que els polars, la seva posició relativa en el cel canvia constantment.

2) Tipus de satèl·lit en funció de l'àmbit d'aplicació

- **Telecomunicacions**: els satèl·lits de comunicacions es poden considerar enormes antenes repetidores amb cobertura gairebé global. Transmeten ones de ràdio, de televisió, dades, etc. Normalment es troben en òrbites geostacionàries, la qual cosa els converteix en antenes fixes en el cel.

Vegeu també

Els satèl·lits de navegació es tracten amb més detall en l'apartat "Sistemes de posicionament" d'aquest mòdul.

- **Observació de la terra**: són satèl·lits dissenyats per a aplicacions com ara control del medi ambient, meteorologia, cartografia, etc. Duen a bord diferents càmeres d'observació, semblants a les càmeres fotogràfiques digitals que tots coneixem. Unes són càmeres que capten informació en l'espectre visible, altres són càmeres infraroges, altres són capaces de captar la calor emesa per la Terra, unes altres poden captar senyals emesos pel mateix satèl·lit (radar), etc. Habitualment es tracta de satèl·lits d'òrbita baixa i, sovint, d'òrbita polar. Alguns (com els meteorològics) són geostacionaris. Els satèl·lits d'observació de la Terra permeten obtenir imatges de satèl·lit de tot el globus terraqüi. Moltes vegades aquestes imatges són la base per a la generació de la cartografia i dels mapes que utilitzem habitualment.

- **Navegació**: normalment es tracta de constel·lacions –grups– de satèl·lits que transmeten rangs de senyals utilitzats per al posicionament i la localització en qualsevol part del globus terrestre. Les seves òrbites es troben al voltant dels 20.000 km sobre la superfície terrestre.

- **Altres usos**: podem trobar una gran varietat de satèl·lits en funció de l'ús que se'n fa, que no valorarem en aquest mòdul però que val la pena conèixer. Podem trobar satèl·lits militars i espies, satèl·lits de radioaficionat, satèl·lits científics, satèl·lits de propòsits experimentals, etc.

Webs de referència

Podeu veure per Internet la ubicació actual de tots els satèl·lits amb una aplicació de la NASA. La trobareu a l'adreça següent:

http://science.nasa.gov/realtime/jtrack/3d/JTrack3D.html

Una aplicació semblant, i molt interessant, la podeu trobar en l'enllaç següent. Permet visualitzar la base de dades de satèl·lits des del visualitzador 3D de Google Earth. Comproveu que per a cada satèl·lit es pot consultar, a més de la seva posició actual, la seva òrbita al voltant de la Terra:

http://adn.agi.com/SatelliteDatabase/SatelliteDatabase.kmz

Satèl·lits en òrbita

Sabeu que hi ha més de 2.500 satèl·lits en òrbita al voltant de la Terra? A més, hi ha més de 8.000 objectes diversos en òrbita: satèl·lits inutilitzats, panells i restes de llançaments d'antics satèl·lits.

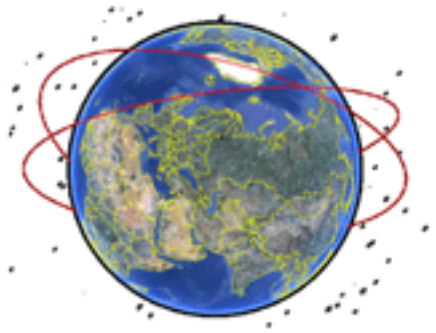

Figura 2. La Terra amb diferents satèl·lits al seu voltant i trajectòria parcial del DEIMOS-1, vista amb Google Earth

Activitat

Com a exercici, busqueu les dades dels satèl·lits NAVSTAR d'Estats Units i comproveu-ne les característiques i l'òrbita, així com del satèl·lit DEIMOS-1 espanyol (d'observació de la Terra). Creieu que es tracta d'un satèl·lit d'òrbita polar?

Altres enllaços d'interès

http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_artificial

http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_comunicaciones

http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_observaci%C3%B3n_terrestre

http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_navegaci%C3%B3n

2. Sistemes de posicionament

Entrant de ple en el concepte de *geotelemàtica*, en aquest apartat veurem el funcionament dels sistemes de posicionament com a peça clau per al posicionament, la localització i la navegació i totes les funcionalitats que se'n deriven.

Entenem per ***sistema de posicionament*** el conjunt de tecnologies i infraestructures que permeten determinar la ubicació d'un objecte, una persona o un vehicle, entre altres. Quan aquest sistema ens permet determinar la ubicació en qualsevol punt de la Terra, l'anomenem *sistema de posicionament global*.

Tot i que la majoria de vosaltres ja estareu pensant en el GPS[2], hi ha molts altres sistemes de posicionament amb tecnologies i usos molt variats. Atesa la rellevància i l'extensió en l'ús del GPS, veurem amb més detall aquest sistema de posicionament. No obstant això, heu de conèixer tots els tipus de sistemes de posicionament, que són:

(2)*Global positioning system* o sistema de posicionament global.

- **Espacials**: es coneixen com a *GNSS*[3] (sistema de navegació global per satèl·lit). Són els sistemes que es basen en infraestructures en l'espai, com els satèl·lits. Alguns exemples són el GPS, l'alternativa russa GLONASS[4] (sistema de navegació global per satèl·lit) o el projecte europeu Galileo.

(3)De l'anglès *global navigation satellite system.*

(4)De l'anglès *global navigation satellite system.*

- **Terrestres**: són els sistemes de posicionament que es basen en infraestructures instal·lades a la Terra. Funcionen sobre sistemes de telecomunicacions amb xarxes d'infraestructures sobre la Terra, com són la telefonia mòbil, la ràdio o la televisió. Alguns exemples són el posicionament de telèfons mòbils sobre GSM[5]- GPRS[6]- UMTS[7] (sistema global de comunicacions mòbils-serveis generals de ràdio per paquets-sistema de telecomunicacions universal) o el sistema de posicionament per ràdio o altres tecnologies sense fil.

(5)De l'anglès *global system for mobile communications.*

(6)De l'anglès *general packet radio services.*

(7)De l'anglès *universal mobile telecommunications system.*

- **Inercials**: són sistemes que integren un conjunt de sensors per a calcular la posició durant el moviment d'un vehicle. Els sensors poden ser acceleròmetres, giroscopis i hodòmetres, entre d'altres. Aquests sistemes ofereixen la posició relativa al punt d'origen. No es poden considerar sistemes de posicionament global, però permeten obtenir posicions allà on els altres sistemes no arriben.

Acceleròmetre, giroscopi i hodòmetre

L'**acceleròmetre** és l'aparell que serveix per a mesurar l'acceleració dels moviments i estudiar-ne les conseqüències i els efectes.

El **giroscopi** és un instrument que consisteix essencialment en una roda que gira a gran velocitat sobre un eix que descansa en dos suports susceptibles de moure's en una o més direccions.

L'**hodòmetre** és un aparell que s'usa per a comptar el nombre de voltes donades per la roda d'un vehicle i mesurar així la distància recorreguda.

- **Híbrids**: són sistemes de posicionament que combinen els altres tres tipus per a oferir un posicionament més complet i continu, tant pel que fa al moviment de l'objecte com a la disponibilitat de la posició durant tot el temps.

A continuació veureu el funcionament de cadascun dels tipus de sistemes de posicionament i en repassareu també les característiques principals.

Exactitud i precisió

Abans d'entrar en l'estudi de cadascun dels sistemes de posicionament, és interessant aclarir dos termes que s'usen freqüentment en el càlcul de la posició i que sovint duen a errors d'interpretació. Aquests termes són **exactitud**[8] i **precisió**[9].

(8) *Accuracy* en anglès.

(9) *Precision* en anglès.

L'**exactitud** és un paràmetre que ens indica quina és la proximitat del resultat d'una mesura respecte al valor real. L'exactitud, segons la seva definició estricta, no és un valor quantificable, sinó una qualitat atribuïble, ja que no es pot mesurar l'exactitud: una cosa és exacta o no ho és. En un abús del llenguatge, en aquest mòdul –i també en referències que podeu trobar a Internet i en general en qualsevol text sobre geotelemàtica– trobareu l'exactitud mesurada com el marge d'error del posicionament. Així doncs, trobareu l'exactitud mesurada en metres, centímetres o qualsevol altra unitat de mesura lineal que indiqui el marge d'error.

La **precisió** té a veure amb el mètode usat per a fer la mesura i és un indicador de la capacitat de reproducció d'un resultat. La diferència de la precisió respecte a l'exactitud és que la precisió no té en compte només una mesura, sinó el conjunt de totes les mesures que es puguin fer.

Podeu entendre l'exactitud com el marge d'error en una mesura i la precisió com la variabilitat en el comportament del sistema de mesura (donat sempre el mateix escenari, un sistema molt precís mesura sempre el mateix valor –sigui correcte o no– i un sistema poc precís mesura valors diferents cada vegada que es repeteix la mesura). Conèixer la precisió i l'exactitud és important per a decidir si les dades d'un sistema de posicionament són vàlides o no.

Per a entendre millor els conceptes que acabem d'explicar, observeu la figura 3, on es representen amb uns punts sobre diferents dianes els valors obtinguts per un instrument de mesura durant mesures successives. La dada real seria el centre de la diana.

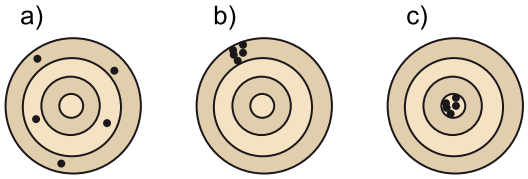

Figura 3. Representacions gràfiques dels conceptes d'*exactitud* i *precisió*

- En la diana de la figura 3a els valors són lluny del centre; per tant, concloem que són poc exactes. A més, els punts també es troben allunyats els uns dels altres; per tant, concloem que aquest instrument de mesura és poc precís.

- En la diana de la figura 3b l'instrument ha estat molt precís, ja que ha donat sempre el mateix valor, però ha estat inexacte, ja que el valor que ha donat s'allunya molt del valor real.

- En la diana de la figura 3c els valors són exactes i precisos.

En la figura 4 podeu veure el mateix concepte en una comparativa exactitud/precisió.

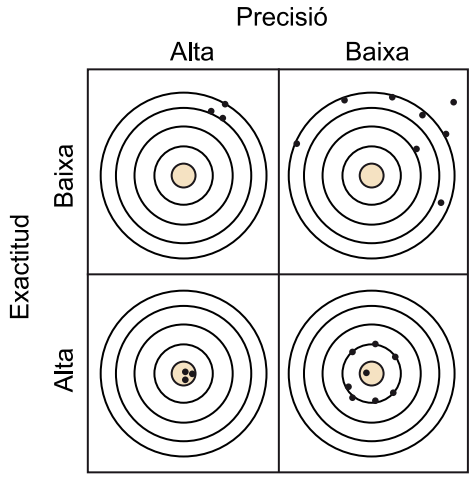

Figura 4. Comparativa exactitud / precisió

En la figura 5 es pot apreciar també que, encara que els dos termes estan íntimament relacionats, defineixen conceptes diferents.

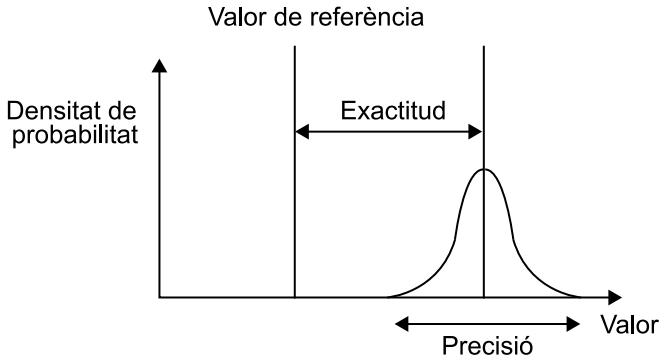

Figura 5. Exactitud i precisió. Font: http://es.wikipedia.org/wiki/Precisión_y_exactitud

2.1. Sistemes de posicionament per satèl·lit, GNSS

Ara que ja heu vist que hi ha diversos tipus de posicionament, abordarem el primer grup, que és el més important per la seva popularitat i pel seu ús entre la població civil i la seva cobertura global: els **sistemes de posicionament per satèl·lit**. Els sistemes de posicionament per satèl·lit es coneixen amb les sigles en anglès *GNSS* i engloben tots aquells sistemes que utilitzen infraestructures en l'espai. En l'actualitat, a banda de l'Estació Espacial Internacional, les úniques infraestructures que hi ha en l'espai són satèl·lits. Podem afirmar, doncs, que quan parlem d'infraestructures en l'espai parlem de satèl·lits.

Hi ha dos tipus de GNSS diferents segons quines funcions tinguin:

1) Els sistemes de posicionament bàsics: també coneguts com a *constel·lacions bàsiques de GNSS*, permeten el posicionament amb més o menys precisió. Només hi ha dos sistemes dins d'aquest grup en l'actualitat: GPS (nord-americà) i GLONASS (rus). No obstant això, hi ha projectes de desplegament de més constel·lacions, com el projecte Galileo (europeu) o el projecte COMPASS (xinès). L'Índia i el Japó també tenen projectes oberts en aquest sentit, però només amb voluntat de cobrir el posicionament al seu propi territori. Cadascun d'aquests projectes té la seva constel·lació pròpia de satèl·lits independent.

2) Els sistemes d'augmentació: es basen en satèl·lits geostacionaris i cobreixen la regió sobre la qual es vol millorar la qualitat del posicionament. Hi ha diferents sistemes d'augmentació en funcionament, com el WAAS a Amèrica o l'EGNOS a Europa.

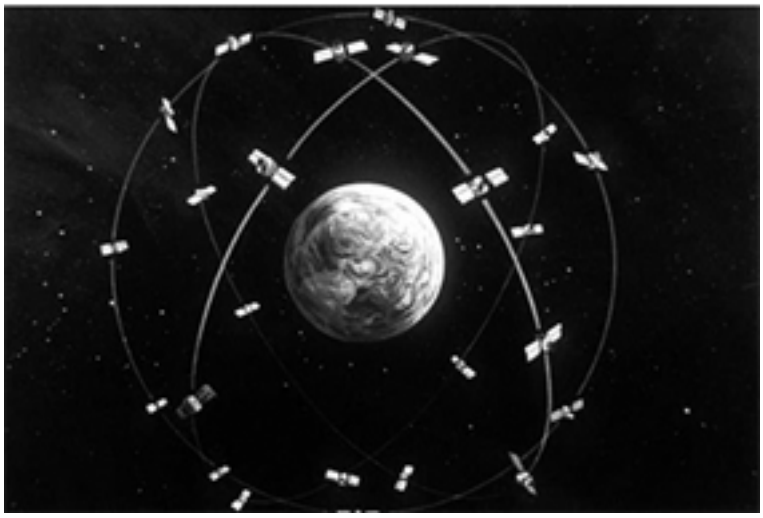

Figura 6. Imatge simulada de la constel·lació de satèl·lits GPS

En primer lloc veureu com funcionen els sistemes de posicionament per satèl·lit, després, les característiques de les diferents constel·lacions de satèl·lits bàsiques i, finalment, les característiques dels sistemes d'augmentació.

2.1.1. Funcionament dels sistemes de posicionament per satèl·lit

Tots els sistemes de posicionament per satèl·lit calculen la posició d'un receptor basant-se en el mateix principi. Perquè un receptor d'un GNSS (en particular un receptor GPS i en un futur també un receptor Galileo) funcioni, ha de poder rebre el senyal de, com a mínim, tres satèl·lits. Quan es calculen les òrbites dels seus satèl·lits, els dissenyadors de sistemes de posicionament per satèl·lit ja s'encarreguen que des de qualsevol punt de la Terra i en tot moment es puguin "veure" com a mínim quatre satèl·lits; així s'augmenta la probabilitat que hi hagi almenys tres satèl·lits en el camp de visió del receptor encara que hi hagi obstacles sòlids (com ara muntanyes, edificis alts, etc.) en el camí del senyal d'algun d'ells.

Observació

Noteu que no és possible garantir que sempre es puguin veure tres satèl·lits, ja que això depèn de l'entorn geogràfic o urbà de la ubicació del receptor.

Cada satèl·lit transmet contínuament un senyal que indica la seva posició i el temps actual. Tots els satèl·lits d'una mateixa constel·lació se sincronitzen de manera que el senyal es va repetint i es transmet exactament en el mateix instant. Aquests senyals es desplacen a la velocitat de la llum i arriben al receptor situat sobre la Terra. Fixeu-vos en el fet que són els satèl·lits els que emeten contínuament, sense que els receptors hagin de sol·licitar-ho.

El receptor rep els senyals dels satèl·lits en instants de temps lleugerament diferents, ja que els satèl·lits estan a distàncies diferents del receptor. Podem calcular la distància al satèl·lit mesurant el temps que triga a arribar el senyal, ja que coneixem la velocitat a la qual es desplaça i la seva periodicitat d'enviament. Mesurant el temps, doncs, podem conèixer la distància que separa el satèl·lit del receptor.

El receptor pot calcular la seva posició només amb aquesta informació i les dades incloses dins del senyal que envia el satèl·lit. Com? Amb una mica de geometria, aplicant la intersecció d'esferes.

Càlcul de la posició

Com heu vist, el receptor disposa de les dades següents:

- **Posició en tres dimensions de cada satèl·lit**: cada satèl·lit li envia la seva posició, que la coneix perquè segueix una òrbita coneguda i té un rellotge atòmic que li indica, amb precisió, l'instant de temps en el qual es troba.

- **Distància lineal fins a tres satèl·lits, com a mínim**: obtinguda mesurant el temps que triguen els senyals a arribar.

Amb aquestes dades podem imaginar-nos un espai tridimensional on la Terra és una esfera, i afegim una esfera per cada satèl·lit, el centre de la qual és la posició del satèl·lit i té per radi la distància al receptor; per tant, tenim quatre esferes. Podeu veure'n una representació en la figura 7.

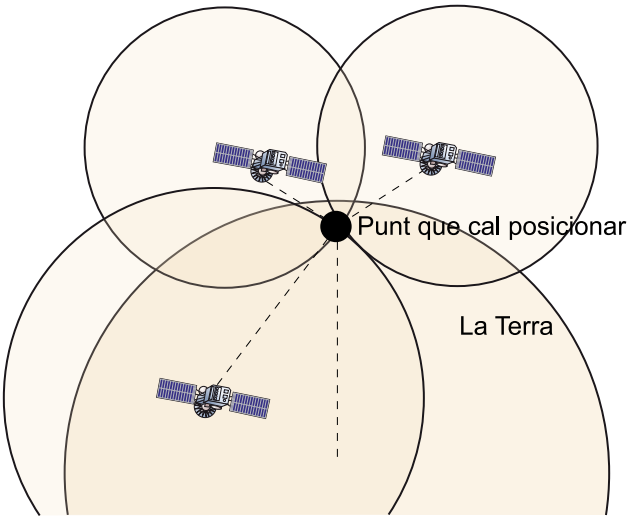

Figura 7. Representació del càlcul de posició en un GNSS

Reflexió

Les esferes definides per a calcular la posició en un sistema de posicionament per satèl·lit sempre són secants i donen, per intersecció, un cercle. Ho sabríeu justificar?

Intersecant les quatre esferes obtenim el punt que buscàvem. Com a resultat de la intersecció de dues esferes secants s'obté una circumferència. En casos extrems, es podria obtenir un punt, si les esferes fossin tangents; una esfera, si fossin iguals; o cap tipus d'intersecció, si fossin exteriors o interiors. Aquests casos, no obstant això, no es poden donar a causa de la disposició dels satèl·lits en l'espai. Si afegim una altra esfera (és a dir, un altre satèl·lit), la intersecció entre tres esferes de les nostres característiques dóna lloc a dos punts. Ja per acabar, la intersecció amb la quarta esfera, la Terra, dóna lloc a un únic punt.

Comunicacions i informació que transmeten els satèl·lits

Cada GNSS té les seves característiques particulars i envia informació diferent als receptors. Tot i així, hi ha característiques i problemes comuns que comentarem en aquest apartat. Més endavant veureu les característiques de cada GNSS.

Els satèl·lits envien senyals de ràdio en la banda de les microones (típicament, al voltant d'1,5 GHz, encara que cada GNSS treballa a les seves pròpies freqüències) que des de l'espai travessen la ionosfera, els núvols, el vidre i el plàstic; però no poden travessar objectes sòlids com ara murs de formigó o maó, pedra i terra. Per això, els aparells de posicionament no funcionen dins d'edificis, en túnels, sota terra o en valls molt tancades (el que en telecomunicacions es coneix com a *cobertura indoor* o *cobertura interior*). És necessari, doncs, que el receptor tingui visibilitat directa fins als satèl·lits.

Entre el receptor i el satèl·lit hi ha les diferents capes de l'atmosfera. Hi ha una que afecta els senyals radioelèctrics: la **ionosfera**. Aquesta capa retarda els senyals de ràdio de manera variable i cada sistema GNSS ha de tractar de minimitzar aquest retard per tal de ser més exacte en les mesures, mesures que poden arribar a ser afectades per errors d'entre 10 i 20 m.

La informació que envien els satèl·lits dins del senyal de ràdio es divideix en tres parts:

1) El codi pseudoaleatori, que és un identificador que ens indica quin satèl·lit està enviant el senyal.

2) Les efemèrides, que contenen informació sobre l'estat i la posició del satèl·lit (operatiu o avariat) i la data i hora actuals. Aquesta informació és vital per a calcular la posició, tal com ja heu vist.

3) L'almanac, que diu al receptor on hauria de ser cada satèl·lit en qualsevol moment durant el dia. Cada satèl·lit envia aquesta informació per a la seva òrbita i per a la dels altres satèl·lits de la constel·lació (d'aquesta manera, si se'n localitza un, pot saber on buscar els altres).

Referència web

Consulteu el web següent per a obtenir més dades sobre la informació que envien els satèl·lits:

http://www.jcea.es/artic/gps-definiciones.htm

A-GPS

El **sistema A-GPS**[10] millora el funcionament dels receptors GPS. El seu principi és molt simple: es tracta de proporcionar al receptor les dades de l'almanac –on hauria de ser cada satèl·lit– mitjançant una connexió de dades, ja sigui en temps real o mitjançant una descàrrega prèvia (la validesa normal d'un almanac és de diversos mesos). Això permet al receptor obtenir una primera posició (TTFF[11]) per a començar la navegació d'una manera més ràpida.

(10) De l'anglès *assisted GPS*.

(11) De l'anglès *time to first fix*.

A continuació veurem les característiques pròpies dels principals projectes de GNSS, tant si estan actualment en funcionament (com el GPS o el GLONASS) com si només es troben en fase de projecte (com el Galileo).

2.1.2. GPS

El terme ***GPS*** és un abreujament de *NAVSTAR GPS*, que són les sigles en anglès de ***nav****igation* ***s****ystem with* ***t****iming* ***a****nd* ***r****anging* ***g****lobal* ***p****ositioning* ***s****ystem* (sistema de posicionament global i sistema de navegació amb sincronització i mesura de distància). Va ser desenvolupat pel Departament de Defensa dels Estats Units, però pot ser usat tant per militars com per civils. Permet posicionar receptors situats entre el paral·lel 70 N i el 70 S (des del nord de Noruega fins a l'Antàrtida).

El primer satèl·lit GPS es va posar en òrbita el 22 de febrer de 1978. El 1994 es va arribar a disposar de 24 satèl·lits en la constel·lació de satèl·lits GPS, que és el nombre mínim per a cobrir tota la Terra en qualsevol moment. Actualment n'hi ha entorn de 30, entre els operatius i els de reserva. Cada satèl·lit té una vida aproximada de deu anys, per la qual cosa es van substituint contínuament els satèl·lits vells per tal de mantenir la constel·lació.

Els satèl·lits segueixen una òrbita no geostacionària gairebé circular, amb un radi de 26.560 km, és a dir, a una altura aproximada de la Terra de 20.200 km (per sobre del nivell del mar). La velocitat dels satèl·lits és de 3.218 km/h, cosa que els permet fer dues vegades la volta al món en 24 hores; triguen 11 hores i 58 minuts a fer una volta completa a la Terra. Les òrbites es desplacen sobre sis plans orbitals inclinats 55 respecte a l'equador terrestre, i en cadascuna se situen quatre satèl·lits amb una separació de 90 entre ells. El disseny d'aquestes òrbites assegura que des de qualsevol punt de la Terra i en qualsevol moment (qualsevol dia de l'any a qualsevol hora) un receptor pugui rebre el senyal de, com a mínim, quatre satèl·lits.

L'ús civil de la constel·lació es pot veure afectat pel que es coneix com a ***SA***[12], la disponibilitat selectiva, que és una combinació de mètodes per a degradar l'exactitud del senyal GPS. Encara que aquesta degradació es va desactivar l'any 2000, el govern dels Estats Units encara es reserva l'opció de tornar a activar-la en períodes de temps en què es vegi amenaçada la seguretat nacional dels Estats Units.

(12)De l'anglès *selective availability*.

L'exactitud dels serveis GPS és de 15 metres, malgrat que amb una disponibilitat de set a nou satèl·lits es pot arribar a una exactitud de 2,5 metres. Utilitzant noves codificacions i amb el suport de senyals d'ús militar, es pot arribar a una precisió de 30 cm.

El futur del GPS

No podem predir del tot l'evolució que seguirà el GPS en els propers trenta anys. En tot cas, sí podem dir que el sistema GPS seguirà tenint un paper rellevant com a suport de serveis comercials, civils i militars, sobretot en l'àmbit de la navegació. El GPS actual no és prou fiable per a la navegació aèria ni marítima i l'evolució del GPS es dirigirà a millorar les prestacions de fiabilitat i integritat de les quals pateix actualment.

El sistema GPS està evolucionant cap a un sistema més sòlid, anomenat *GPS III*, que permeti més exactitud sense necessitat de sistemes d'augmentació. Algunes de les millores que està previst incorporar són nous senyals i amb més potència, la qual cosa permetrà treballar amb una exactitud d'entre 1 i 5 m. També es preveu la interoperabilitat amb el futur sistema europeu Galileo. Es preveu una transició completa al sistema GPS III per a l'any 2017.

2.1.3. Galileo

El **sistema de posicionament Galileo** és un projecte europeu per al desplegament d'un GNSS. Els impulsors del projecte són la Unió Europea i l'Agència Espacial Europea (ESA[13]), encara que en els últims anys s'hi han adherit altres països com la Xina, Israel, Ucraïna, l'Índia, Aràbia Saudita, el Marroc i Corea del Sud, com a col·laboradors. El nom del projecte prové de l'astrònom italià Galileu Galilei.

(13) De l'anglès European Space Agency.

Els objectius principals del projecte Galileo són:

- Oferir un sistema de posicionament més precís que el disponible avui dia amb els sistemes GPS i GLONASS.

- Oferir millor posicionament a latituds superiors a 70 N i S (al nord de Noruega, per exemple).

- Principalment, disposar a Europa d'un sistema independent en el qual es pugui confiar en temps de guerra o de desacords polítics. D'aquesta manera, es vol fugir de la dependència actual del sistema de posicionament GPS dels Estats Units, en el qual no es pot basar l'aviació o la navegació marítima europees. Encara que els EUA van desactivar la SA del servei GPS i s'han compromès a no tornar a activar-la, el servei de defensa dels EUA segueix disposant dels mitjans per a activar-la i, en cas de guerra o desacords polítics, es podria trencar l'acord.

Galileo oferirà cinc serveis:

1) *Open service* o OS (servei obert): servei obert (la resta de serveis estan encriptats) a tots els usuaris amb prestacions similars al GPS actual, però sense les limitacions del GPS. Disposarà de dos senyals, la qual cosa permetrà treballar amb una exactitud de 4 m en horitzontal i 8 m en vertical quan es rebin ambdós senyals. Els usuaris que només puguin rebre un dels dos senyals treballaran amb una exactitud de 15 m en horitzontal i 35 en vertical, igual que l'actual GPS amb un sol senyal.

2) *Safety of life* o SOL (seguretat de vida): servei orientat a usuaris que poden posar en perill vides humanes si la precisió del sistema de navegació es degrada sense avís previ en temps real. El servei SOL subministra informació sobre la qualitat del senyal perquè es pugui determinar la fiabilitat de la posició. Els usuaris principals seran aplicacions crítiques de seguretat en el sector marítim, aeri i ferroviari.

3) *Comercial service* o CS (servei comercial): servei orientat al desenvolupament d'aplicacions comercials per a distribuir informacions d'alt valor afegit i de pagament.

4) *Public regulated service* o PRS (servei públic regulat): servei orientat a les administracions públiques que afegeix tecnologies de reducció d'interferències al voltant del receptor, per a millorar la qualitat del senyal i, per tant, l'exactitud.

5) *Search and rescue service* o SAR (servei de recerca i rescat): amb aquest servei, el projecte Galileo contribueix a l'organització internacional COSPAS-SARSAT en la millora del servei global de recerca i rescat que permet localitzar en qüestió de minuts un avió o vaixell que enviï un senyal d'emergència. Per fer-ho possible, els satèl·lits Galileo portaran integrat un equip receptor-transmissor, independent del sistema de posicionament, que permetrà retransmetre senyals d'emergència enviades des de terra per balises d'emergència. Aquests senyals s'enviaran per la freqüència 450 MHz fins al centre de control, on s'atendrà la petició. La novetat del sistema Galileo és la capacitat de comunicar a l'emissor de l'emergència, amb un missatge curt, que el senyal ha estat rebut i que rebrà ajuda en breu. Aquest servei es diu *return link service* (servei de resposta).

Encara que el programa de desenvolupament del sistema Galileo pateix ajustaments continus, en el moment d'escriure aquests materials estava previst que Galileo fos operatiu el 2014 i que estigués totalment desplegat el 2019. Quan estigui totalment desplegat estarà dividit en tres elements, com qualsevol sistema de posicionament:

1) El centre de control: estarà format per dues estacions de terra: una a Munic (Alemanya) i l'altra a Fucino (Itàlia). Una de les estacions estarà activa i l'altra estarà en reserva per si l'estació activa pateix alguna incidència o funciona malament. El centre de control rebrà dades de 40 estacions amb sensors dis-

tribuïts estratègicament per tota la Terra. Aquestes estacions enviaran senyals de telemetria i navegació que permetran controlar la qualitat del senyal que els satèl·lits estiguin transmetent als usuaris.

2) La xarxa de telecomunicacions per al posicionament: estarà composta per 30 satèl·lits d'òrbita mitjana al voltant de la Terra, dels quals 27 estaran actius i 3 en reserva. Els satèl·lits es disposaran en tres plans orbitals de 56 d'inclinació respecte a l'equador i seguiran una òrbita gairebé circular amb un radi aproximat de 23.222 km. Cada satèl·lit emetrà quatre tipus de senyals per donar suport als diferents serveis que ja hem esmentat.

3) Els terminals mòbils: hi haurà equips capaços de rebre els senyals del sistema Galileo. Aquests equips podran determinar la posició, de la mateixa manera que ho fan els altres GNSS, amb una exactitud de 4 metres en la coordenada horitzontal i en el servei obert i una exactitud més gran per als altres serveis.

2.1.4. GLONASS

GLONASS[14] (sistema global de navegació per satèl·lit) és un GNSS desplegat i operat per Rússia. És l'única alternativa operativa actual al GPS, però els problemes econòmics i polítics de l'antiga URSS han provocat la interrupció del projecte i algunes dificultats en la seva posada en marxa.

Actualment, la República Russa està reprenent el projecte per a fer-lo completament operatiu i poder competir amb el GPS i amb el futur Galileo.

(14)De l'anglès ***gl**obal **na**vigation **s**atellite **s**ystem.*

GLONASS consta de 24 satèl·lits (21 actius i 3 en reserva) que orbiten en tres plans inclinats 64,8 respecte a l'equador. Cada pla orbital consta de 8 satèl·lits. El radi de les òrbites és de 25.510 km i el període de revolució de cada satèl·lit és d'11 hores i 15 minuts. Cada 8 dies completen 17 voltes.

Cobertura global de la Terra

Penseu que la Terra és com una esfera. Perquè des de tota la superfície de l'esfera es tingui cobertura, s'haurien de poder veure tres satèl·lits. Si dividim l'esfera en quadrants i posem tres satèl·lits en cada quadrant, hauríem de tenir 8 × 3 = 24 satèl·lits. És el mínim necessari per a donar cobertura global.

GLONASS no ha suposat competència ni alternativa per al sistema GPS a causa de la manca d'operació dels satèl·lits durant els anys noranta. Els primers satèl·lits es van posar en òrbita el 1982, però el sistema no va començar a ser operatiu fins al 1996. No obstant això, el 2002 només hi havia 8 satèl·lits operatius; el 2007 n'hi havia 21 i se segueix treballant des de la República Russa per a disposar dels 24 satèl·lits necessaris per a donar cobertura global.

Els plans de desplegament inclouen:

- Modernitzar els satèl·lits perquè puguin emetre tres senyals, amb l'objectiu d'oferir diferents serveis i completar la constel·lació cap a l'any 2012.

- Oferir serveis de recerca i rescat (SAR) per a contribuir a l'organització internacional COSPAR-SARSAT.

GLONASS utilitza dos senyals portadors diferents per a cadascun dels seus satèl·lits. Igual que el GPS, GLONASS tenia un dispositiu que controlaven els militars amb la intenció de fer menys precís el posicionament en l'ús civil. No obstant això, el 2007 ja es va retirar aquesta disponibilitat selectiva per a fomentar l'ús del sistema i ja han sortit al mercat alguns dispositius que permeten escollir o bé els senyals GPS o bé els senyals GLONASS, o fins i tot utilitzar-los tots dos de manera combinada. Tot i que encara no és un sistema que disposi de moltes aplicacions ni dispositius per a l'ús civil, alguns fabricants han apostat ja per GLONASS.

Referència web

L'enllaç següent presenta un exemple de la utilització del GLONASS:

http://en.rian.ru/business/20111118/168813972.html

2.1.5. Comparació dels sistemes de posicionament per satèl·lit

Encara que ja heu vist detalladament els GNSS operatius i el projecte de desplegament més rellevant, ara convé donar una visió resumida que us ajudi a comparar les dades que heu anat veient. En la taula 1 teniu una recopilació de les característiques principals dels tres GNSS que hem vist:

Taula 1. Resum de les característiques dels sistemes GNSS "actuals" i en desenvolupament quan es trobin en fase operativa

	GPS	Galileo	GLONASS
Nombre de satèl·lits	31	30	24
Satèl·lits operatius	24	27	24
Satèl·lits en reserva	3	3	3
Altura de l'òrbita (km)	20.182	23.222	19.140
Període de l'òrbita (minuts)	718	845	676
Plans orbitals	6	3	3
Satèl·lits per pla	4	9	8
Inclinació del pla orbital	55	56	64,8

Les dades referents al GPS i al GLONASS són les corresponents a l'any 2008 i 2011, respectivament. Les dades referents al projecte Galileo són les planificades per a la seva entrada en funcionament l'any 2014.

Referència web

La imatge següent també us ajudarà a comparar els tres sistemes entre si i també amb altres constel·lacions o sistemes de satèl·lits:

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Comparison_satellite_navigation_orbits.svg

2.2. Sistemes d'augmentació

Els **sistemes d'augmentació** són sistemes de correcció dels senyals dels GNSS amb la finalitat de millorar la qualitat del posicionament. Aquests sistemes milloren el posicionament en horitzontal i en vertical i, a més, ofereixen informació de la qualitat dels senyals. Encara que en principi es van desenvolupar per a la navegació aèria, cada vegada se n'està generalitzant més l'ús per a qualsevol aplicació que necessiti un posicionament precís i fiable.

El funcionament dels sistemes d'augmentació es basa en la correcció dels senyals del GNSS mitjançant estacions terrestres de referència que coneixen la seva posició amb exactitud i mesuren l'error en obtenir la seva posició mitjançant els senyals provinents dels satèl·lits GNSS. Aquests errors, principalment deguts als retards provocats en travessar la ionosfera, es calculen i es transmeten a la resta de receptors GPS perquè corregeixin la seva posició tenint en compte aquest error.

Hi ha dos tipus de sistemes d'augmentació segons la infraestructura en la qual es basen per a millorar la qualitat del posicionament:

1) SBAS[15] (sistema d'augmentació basat en satèl·lits): són sistemes d'augmentació que usen satèl·lits geostacionaris per a millorar la qualitat del posicionament en una àrea molt extensa.

(15) De l'anglès satellite *based augmentation system*.

2) GBAS[16] (sistema d'augmentació basat en terra): són sistemes d'augmentació que usen un conjunt d'infraestructures terrestres comunicades amb senyals VHF o UHF. Cobreixen només un àrea petita però són més precisos que els SBAS.

(16) De l'anglès *ground based augmentation system*.

A continuació els comentem més detalladament.

2.2.1. SBAS

En els **sistemes SBAS** els errors es distribueixen als receptors mitjançant els satèl·lits geostacionaris. Les estacions terrestres transmeten els errors obtinguts al satèl·lit que, al seu torn, els transmet als receptors finals. Aquest mètode cobreix una zona molt més àmplia però, a causa de les característiques de comunicació, la informació pot trigar a arribar (fins a 6 s), cosa que provoca que ja no sigui fiable.

Alguns dels sistemes SBAS disponibles actualment són:

WAAS[17] **(sistema d'augmentació de gran abast)**: l'opera el Departament de Defensa dels EUA i cobreix principalment Amèrica del Nord. El sistema consta de 24 estacions de vigilància, dues estacions mestres, sis antenes de retransmissió de dades als satèl·lits i tres satèl·lits geostacionaris.

(17)De l'anglès *wide area augmentation system*.

EGNOS[18] **(servei europeu d'augmentació per a la navegació basat en satèl·lits geostacionaris)**: està desenvolupat per l'ESA (http://www.egnos-pro.esa.int/index.html) i la Comissió Europea i està en fase de desplegament des de 2005 i accessible per a tothom des de 2009. Es compon de 34 estacions de referència anomenades *RIMS*[19] (estació de mesura de distàncies i de monitoratge de la integritat o estació remota per al monitoratge de la integritat), quatre estacions de control anomenades *MCC*, tres antenes de retransmissió de dades als satèl·lits anomenades *NLES*[20] (estació terrena per a navegació terrestre) i tres satèl·lits geostacionaris.

(18)De l'anglès *European geostationary navigation overlay service*.

(19)De l'anglès *ranging and integrity monitorin station* o *remote integrity monitoring station*.

(20)De l'anglès *navigation land Earth station*.

Hi ha altres sistemes, com el MSAS al Japó, o el GAGAN, planificat per l'Índia.

Amb sistemes SBAS es pot arribar a una exactitud inferior a 1 metre tant en vertical com en horitzontal. Això permet la navegació aèria assistida utilitzant aquesta posició com a referència. El fet de conèixer la posició amb certesa en l'aviació és molt important amb vista al control aeri, la reducció de costos en carburant i la reducció d'aparells de posicionament menys precisos, més antics i més costosos de desplegar i de mantenir. No obstant això, aquesta exactitud no és suficient per a les operacions d'aterratge i per a això estan els sistemes GBAS.

2.2.2. GBAS

Els sistemes GBAS poden operar en els aeroports i aeròdroms i ofereixen una exactitud suficient fins i tot per a fer aterratges guiats en situacions de visibilitat nul·la. En els sistemes GBAS la informació de l'error s'envia directament al receptor mitjançant VHF. Això requereix que el receptor sigui molt a prop de l'estació terrestre, però dóna una posició molt exacta.

2.3. Sistemes de posicionament terrestres

Ja heu vist el primer tipus, i el més important, de sistema de posicionament. Ara veurem els sistemes de posicionament terrestres, que són aquells que es basen en infraestructures instal·lades a la Terra.

Ja sabeu que hi ha sistemes d'augmentació que disposen només d'infraestructures a la Terra, coneguts com a *GBAS*, però aquests no es consideren sistemes de posicionament terrestres, sinó sistemes de posicionament

GNSS, ja que sense la constel·lació bàsica no serien operatius. Els sistemes de posicionament terrestre són, doncs, els sistemes capaços de posicionar un receptor sense cap infraestructura en l'espai.

En general, els sistemes de posicionament terrestres per si sols no poden competir amb els GNSS, ni per exactitud ni per globalitat, però és important conèixer-los, ja que els sistemes de posicionament híbrids usen combinacions dels sistemes de posicionament terrestres i dels GNSS per a anar més enllà del que es pot arribar només amb els GNSS. A més a més, poden donar més exactitud en un àmbit de territori determinat o per a una aplicació concreta.

Podem classificar els sistemes de posicionament terrestre en els tipus següents:

- **Sistemes de posicionament per a la navegació**: són aquells que usen infraestructures concebudes especialment per a ajudar a la navegació. N'hi ha tant per a la navegació marítima com per a la navegació aèria. Actualment en són una representació el sistema LORAN[21] (navegació de llarg abast), usat principalment per a la navegació marítima, i l'ILS[22] (sistema d'aterratge per instruments), usat per als aterratges en l'aviació civil.

(21) De l'anglès *long range navigation*.

(22) De l'anglès *instrument landing system*.

- **Sistemes de posicionament basats en xarxes de telecomunicacions**: són aquells que utilitzen xarxes de telecomunicacions ja desplegades per a un ús diferent, amb vista a obtenir el posicionament. N'és un clar exemple el posicionament de telèfons mòbils usant la xarxa de repetidors de telefonia mòbil.

A continuació veureu les característiques de cadascun d'aquests tipus de posicionament, però abans us mostrarem el conjunt de mètodes que usen aquests sistemes per a obtenir la posició. De la mateixa manera que heu vist com troben la posició els GNSS, ara sabreu com la troben els sistemes de posicionament terrestres, malgrat que en aquest cas hi ha més varietat de tècniques.

2.3.1. Funcionament dels sistemes de posicionament terrestres

Hi ha molts mètodes de funcionament diferent per a obtenir la posició dins dels sistemes de posicionament terrestres i cadascun es basa en dades diferents. Encara que després explicarem quin mètode usa cada sistema, primer heu de veure'ls en general per conèixer els conceptes en els quals es basen. Aquests mètodes són:

- **CID[23] (identificació de cel·la) o COO[24] (cel·la d'origen)**: és un mètode de posicionament molt simple que consisteix a identificar l'estació base que és més a prop o que es comunica amb el dispositiu. Entenem que el CID és l'identificador de l'estació base que ens dóna la posició més propera al dispositiu.

(23) De l'anglès *cell ID*.

(24) De l'anglès *cell of origin*.

- **AOA**[25] **(angle d'arribada)**: és un mètode de posicionament que obté la posició segons l'angle d'arribada del senyal provinent de dues estacions base. Cal tenir, doncs, eines per a poder mesurar l'angle d'arribada del senyal.

(25)De l'anglès *angle of arrival.*

- **TDOA**[26] **(diferencia en el temps d'arribada)**: és un mètode de posicionament que obté la posició segons la diferència en els temps d'arribada dels senyals provinents de tres o més estacions. Amb aquest mètode, el càlcul de la posició el realitzen les infraestructures de comunicació i no el terminal mòbil.

(26)De l'anglès *time difference of arrival.*

- **E-OTD**[27] **(observació de la diferència de temps millorada)**: és un mètode de posicionament similar al TDOA, amb la diferència que la posició la calcula el mateix terminal mòbil en lloc de les infraestructures de base.

(27)De l'anglès *enhanced-observed timed difference.*

2.3.2. Sistemes de posicionament terrestres per a la navegació

Entenem per ***sistemes de posicionament terrestres per a la navegació*** aquells que basen el posicionament en infraestructures terrestres instal·lades expressament amb l'objectiu d'oferir posicionament per a la navegació en un mitjà de transport determinat, principalment en la navegació marítima i aèria.

Navegació marítima

El sistema principal de posicionament terrestre per a la navegació marítima és el **LORAN**[28] (navegació de llarg abast), que actualment es troba en la versió LORAN-C. Aquest sistema és operat pels guardacostes dels Estats Units des de 1979 i és descendent del sistema LORAN-A, creat el 1942, durant la Segona Guerra Mundial.

(28)De l'anglès *long range navigation.*

Actualment, hi ha operatives unes 70 estacions de LORAN-C amb un abast mitjà d'uns 2.000 km cada una. El LORAN-C no cobreix tot el món, però la cobertura és bastant bona als EUA, a Europa i a la costa del Pacífic. L'ús del LORAN-C no és exclusiu de la navegació marítima, però el seu ús i la seva cobertura estan orientats principalment a aquest sector.

En la comunitat internacional s'han aixecat algunes veus a favor de l'eliminació del sistema LORAN-C. Argumenten que el cost que representa mantenir-lo operatiu no justifica els pocs usuaris del sistema i que els sistemes GNSS són una bona alternativa a la seva funcionalitat. Els defensors del LORAN-C argumenten, com a resposta, el següent:

1) Utilitza un senyal molt potent i difícil d'interferir (més potent que el dels GNSS).

2) És un sistema independent que es pot fer servir com a reserva en cas que no hi hagi cap GNSS operatiu o disponible.

3) Els senyals de LORAN-C poden combinar-se amb els senyals de GNSS per a crear sistemes de posicionament híbrids.

El sistema LORAN-C està essent objecte d'estudi per a avaluar la possibilitat de realitzar millores en el senyal transmès i en els receptors. Aquestes millores duran a l'E-LORAN[29] (LORAN millorat). Aquest nou sistema inclourà pulsacions de senyal addicionals, que podran transmetre dades que continguin correccions diferencials de senyals GPS i així funcionaran com un sistema d'augmentació.

(29)De l'anglès *enhanced LORAN*.

Amb el sistema LORAN-C actual, l'error mitjà en el posicionament és de 450 m, mentre que, amb el nou sistema E-LORAN, l'error pot ser de només 8 m. Això fa que el sistema E-LORAN pugui ser una alternativa en els casos en què els GNSS no estiguin disponibles o en què la seva funcionalitat estigui degradada.

Hi ha altres sistemes de posicionament per a la navegació marítima que cal esmentar:

- **CHAYCA** és l'alternativa russa al sistema LORAN-C i també està operatiu actualment.

- **DECCA** va ser un sistema usat pels britànics durant la Segona Guerra Mundial i també es va utilitzar per a les explotacions petrolieres, com les del mar del Nord, fins a l'any 2000. Actualment ja no és operatiu.

- **OMEGA** va ser el primer sistema de posicionament realment global per a aplicacions aeronàutiques militars. El sistema va ser operatiu entre 1971 i 1997 i servia principalment per a guiar bombarders nuclears a través del Pol Nord fins a Rússia i per al posicionament de submarins.

Navegació aèria

Actualment, per a l'aviació civil –és a dir, els avions que tots coneixem i agafem per moure'ns d'un lloc a un altre del planeta– s'usen majoritàriament dos sistemes de posicionament terrestres:

1) VOR/DME[30] (equip de mesura de distàncies d'abast omnidireccional de molt alta freqüència).

(30)De l'anglès *very high frequency, omnidirectional ranging / distance measuring equipment*.

2)ILS[31] (sistema d'aterratge per instruments).

La precisió és molt millor que en els sistemes de posicionament com el LORAN-C, ja que les ones són de freqüència més alta, però d'altra banda, tenen molt menys abast. A més, requereixen visió directa entre l'emissor i el receptor per a poder operar. L'exactitud dels sistemes VOR/DME és d'entre 60 i 80 m, mentre que amb l'ILS és de 10 m.

(31)De l'anglès *instrument landing system*.

El sistema ILS s'usa per a ajudar en aterratges amb visió reduïda o nul·la. Els emissors de senyals se situen a banda i banda de la pista d'aterratge i emeten des de cada costat una freqüència portadora modulada en amplitud a diferents freqüències. Els sensors de l'avió reben aquests senyals, calculen la diferència entre els senyals de l'esquerra i de la dreta i, quan la diferència és zero, això implica que estan centrats en la pista d'aterratge.

Aquests sistemes són molt cars d'instal·lar i per això s'estan esperant les millores dels sistemes de posicionament GNSS i dels sistemes d'augmentació per a estalviar-se'n el cost.

2.3.3. Sistemes de posicionament terrestres basats en xarxes de telecomunicacions

Vegem ara el segon tipus de sistemes de posicionament terrestres: els **basats en xarxes de telecomunicacions**. Amb l'expressió *xarxes de telecomunicacions* no solament ens referim a les infraestructures de telefonia mòbil, sinó també a qualsevol tecnologia de comunicacions actual, amb una cobertura global o amb una cobertura molt reduïda. Les tecnologies de telecomunicacions sobre les quals es poden implementar sistemes de posicionament són:

- **Bluetooth**. És un sistema de comunicacions de curt abast entre dispositius. De manera similar a la telefonia mòbil, els dispositius Bluetooth poden constituir minicel·les de 100 m de cobertura. Es poden desenvolupar sistemes de posicionament basats en aquestes cel·les amb mètode CID. Aquesta tecnologia es podria usar per a un àmbit de territori molt petit i requereix molts dispositius si vol oferir una exactitud acceptable.

- **WLAN**[32] **(xarxa sense fil d'àrea local)**. És un sistema de comunicacions sense fil per a xarxes d'ordinadors. Els sistemes de posicionament sobre WLAN poden calcular la posició segons les característiques de propagació del senyal –en concret la intensitat del senyal rebut– i s'hi poden aplicar les tècniques TDOA i AOA.

(32)De l'anglès *wireless local area network*.

- **RFID**[33] **(identificació per radiofreqüència)**. És un sistema d'identificació automàtic de baix cost, comparable als codis de barres però amb comunicació per ràdio. La tecnologia RFID no permet el posicionament, però sí el seguiment real del recorregut d'un element mòbil a mesura que va passant per llocs d'identificació.

(33)De l'anglès *radio frequency identification*.

Totes aquestes tecnologies sense fil permeten posicionament dins d'àmbits molt petits, però podrien cobrir zones d'interès com un hotel, una convenció o un esdeveniment que podria organitzar-se en un edifici i no disposar de posicionament GNSS.

Telefonia mòbil

Els sistemes de posicionament basats en xarxes de comunicació terrestre són els més estesos gràcies a l'àmplia xarxa de repetidors disponibles d'aquest tipus de tecnologies. Entre ells es troben els sistemes de posicionament basats en tecnologies de telefonia mòbil, com GSM, GPRS o UMTS.

Per a posicionar un dispositiu amb telefonia mòbil, es poden fer servir tots els mètodes que heu vist en el subapartat "Funcionament dels sistemes de posicionament terrestres". Aquests es basen en el fet que el senyal de radiofreqüència es propaga a velocitat constant i que el trajecte seguit pel senyal és previsible. Ara veureu les característiques i les capacitats concretes de cada mètode per a la telefonia mòbil:

Compartimentació del territori

En telefonia mòbil el territori es compartimenta en una xarxa de cel·les. En el centre de cada cel·la se situa una estació base, que proveeix de cobertura tota la cel·la.

- **CID o COO**. El mètode de CID és el més senzill i econòmic d'implementar. Consisteix a indicar la cel·la a la qual està connectat el telèfon. Com que les cel·les de telefonia mòbil poden tenir quilòmetres de radi de cobertura, aquest mètode és molt poc exacte. L'exactitud pot arribar a ser de 100 m en àrees urbanes amb una gran densitat d'estacions base i de fins a 32 km en zones rurals. Aquest mètode només és accessible per a l'operadora, ja que la informació de l'estació base a la qual estem connectats no és pública.

- ***E-CID***[34] (identificació de cel·la millorada). Es basa en el mateix principi que el mètode CID però, aplicant un parell de tècniques més, és capaç de millorar-ne la precisió. S'utilitzen tècniques d'avançament temporal (TA[35]) i de mesura de potència (PM[36]) per a determinar la distància a la qual es troba el telèfon mòbil:
  - La **tècnica TA** consisteix a mesurar el temps que triga a rebre's de tornada un pols que s'emet des de l'estació base cap al telèfon mòbil, i el telèfon mòbil el reemet cap a l'estació base. Es dedueix la distància a partir del retard mesurat multiplicat per la velocitat de la llum (299.792.458 m/s).

  - La **tècnica PM** consisteix senzillament a suposar que com més lluny es trobi el dispositiu, la potència del senyal que tindrà serà menor. També és freqüent que les estacions base disposin de sistemes radiants amb tres o quatre sectors circulars. Això permet determinar en quin terç o quadrant es troba el telèfon i, així, delimitar-ne una mica més la posició. L'avantatge d'aquest mètode és que no cal cap inversió addicional en infraestructures ni en dispositius. Ja s'ha implantat als Estats Units per a reduir l'espai d'atenció en trucades al servei d'emergència E-911.

(34) De l'anglès *enhanced cell identification*.

(35) De l'anglès *timing advance*.

(36) De l'anglès *power measurement*.

- **AOA**. El mètode d'angle d'arribada calcula la posició del telèfon mòbil en funció de l'angle amb què el senyal arriba a l'estació base. Per a això, cada estació base usa un conjunt d'antenes agrupades en allò que es coneix com a **sistema radiant**. Mesurant la potència del senyal rebut, el moment en què arriba i la fase de cada antena del sistema radiant, és possible calcular la direcció d'arribada del senyal del telèfon mòbil a l'estació base. Si a la mateixa zona disposem d'altres estacions base amb sistemes radiants similars, podem obtenir a direcció d'arribada del senyal a aquestes altres estacions i aplicar el mètode de l'AOA. Si bé el principal avantatge de l'ús d'aquest mètode és que funciona amb qualsevol telèfon mòbil, l'inconvenient és que requereix l'ús d'estacions base especials amb sistemes radiants.

- **TDOA**. El sistema TDOA calcula la posició del telèfon mòbil comparant els temps d'arribada del senyal del telèfon a diferents sensors situats en les estacions base. Aquests sensors s'anomenen *LMU*[37] (unitat de mesura de localització) i s'han d'instal·lar expressament per a realitzar aquests tipus de posicionament. Aquest sistema funciona per a qualsevol telèfon mòbil i la seva exactitud varia entre els 50 i els 200 m. El sistema és adequat per a entorns urbans, on es volen posicionar principalment elements que són a l'interior d'edificis i, per tant, no es pot fer amb GNSS. Ara bé, l'operador ha de fer una forta inversió en xarxa per a poder oferir aquest servei.

(37) De l'anglès *location measurement unit*.

- **E-OTD**. Aquest mètode és similar al TDOA, amb la diferència que és el terminal mòbil el que calcula la posició. Aquest mètode només funciona amb terminals amb funcionalitats específiques per a calcular el temps d'arribada dels senyals.

En la taula 2 teniu una comparació d'aquests mètodes. Se separa l'entorn rural i l'entorn urbà, ja que tenen una densitat d'estacions base molt diferent que pot afectar l'exactitud.

Taula 2. Comparativa de l'exactitud dels mètodes de posicionament utilitzats en telefonia mòbil cel·lular

Mètode	**Entorn rural**		**Entorn urbà**	
	Exactitud horitzontal	Disponibilitat	Exactitud horitzontal	Disponibilitat
CID	10 km a 30 km	95%	300 m a 3 km	95%
E-CID	500 a 2.000 m	< 70% depenent del nombre d'estacions base	150 m a 2.000 m	< 95% depenent de la disponibilitat del senyal GSM

Font: ESA

Mètode	Entorn rural		Entorn urbà	
	Exactitud horitzontal	Disponibilitat	Exactitud horitzontal	Disponibilitat
AOA	> 10 km en funció del diagrama de radiació de les antenes	< 70% depenent del nombre d'estacions base	> 10 km en funció del diagrama de radiació de les antenes	< 95% depenent de la disponibilitat del senyal GSM
TDOA	50-200 m	< 70% depenent del nombre d'estacions base	50-200 m	< 95% depenent de la disponibilitat del senyal GSM
E-OTD	50-400 m	< 70% depenent del nombre d'estacions base	50-400 m	< 95% depenent de la disponibilitat del senyal GSM

Font: ESA

Aquests mètodes de posicionament es poden usar tant amb GSM com amb GPRS o UMTS.

2.4. Sistemes de posicionament inercials

Ja heu vist els sistemes de posicionament per satèl·lit i terrestres i els sistemes d'augmentació respectius. Ara passarem al tercer tipus: els sistemes de posicionament inercials o INS[38] (sistemes de navegació inercials).

(38) De l'anglès *inertial navigation systems*.

Un sistema de posicionament inercial és una ajuda a la navegació que fa servir un processador i sensors de moviment per a seguir contínuament la posició, l'orientació i la velocitat d'un vehicle sense necessitat de referències externes. Es basa en el principi que, si coneixem la nostra posició inicial i registrem tots els nostres moviments, hem de conèixer per força la nostra posició a cada moment. Actualment molts telèfons intel·ligents (*smartphones*) incorporen aquests sistemes.

Un **sistema de posicionament inercial** inclou com a mínim un processador i un conjunt de sensors que comprenen acceleròmetres, giroscopis i altres sensors de moviment. L'INS obté la seva posició inicial d'una altra font, com un GNSS. També aconsegueix la seva velocitat d'una font externa com ara el mateix vehicle. Una vegada inicialitzat amb la posició inicial i la velocitat inicial, l'INS no necessita cap altra informació externa: pot detectar un canvi en la seva posició, un canvi en la seva velocitat i un canvi en la seva orientació; i ho fa mesurant les acceleracions lineals i angulars.

Com que no requereixen comunicació amb l'exterior, els INS són ideals per a posicionament en interiors (*indoor*), on no hi ha cobertura de telefonia mòbil ni visió directa de satèl·lits. Per això es poden usar per al posicionament de vehicles quan passen per túnels, per al posicionament de trens de metro o per al posicionament de persones quan entren en una mina.

Indoor

Amb el terme *indoor* ens referim a totes aquelles activitats que es fan a l'interior d'edificis, soterranis, túnels, galeries, coves, etc.

Els giroscopis mesuren la velocitat angular i, una vegada conegudes les condicions inicials, permeten conèixer l'orientació de l'objecte en moviment en tot moment. L'acceleròmetre mesura l'acceleració lineal en la direcció de moviment actual, la qual cosa permet, coneixent les condicions inicials, mesurar la variació de velocitat per a deduir la posició al llarg del temps.

Els INS no pateixen errors deguts a la comunicació, però sí errors causats per les mesures. Aquests petits errors en la mesura de l'acceleració i de l'orientació s'acumulen en errors cada vegada més grans. Per tant, aquests sistemes acumulen l'error i el propaguen i, per això, és convenient anar inicialitzant o rectificant la posició allà on sigui possible per tal de corregir l'error acumulat.

El mètode de seguiment usat pels INS es coneix com a *càlcul de posició per deducció* o *dead reckoning*, que també es podria traduir com a *estimació* o, col·loquialment, *càlcul a ull*.

2.5. Sistemes de posicionament híbrids

L'últim tipus de sistema de posicionament que ens queda per veure no és res més que la combinació de tots els anteriors. Com heu vist, tots els sistemes de posicionament tenen els seus avantatges i els seus inconvenients.

En resum, podríem dir:

- Els sistemes de posicionament per satèl·lit són els que ofereixen més exactitud i tenen cobertura més global, però presenten els inconvenients que no poden calcular la posició en entorns d'interior i que el seu senyal és fàcilment interferible, ja que és molt feble.

- Si necessitem encara més exactitud que la donada pels GNSS, hem de disposar de sistemes d'augmentació.

- Si volem evitar que puguin interferir-nos el senyal, necessitem un sistema amb potència de senyal, com el LORAN-C.

- Si volem posicionar elements en entorns d'interior que disposen de comunicacions (com per exemple cobertura de telefonia mòbil), podem utilitzar sistemes de posicionament basats en xarxes de telecomunicacions.

- Si no solament és un entorn d'interior, sinó que a més a més no tenim cobertura de cap xarxa de telecomunicacions, ens calen sistemes de posicionament inercials.

- Totes aquestes combinacions donen lloc als diferents sistemes de posicionament híbrids.

Les combinacions més habituals entre sistemes de posicionament per a formar sistemes híbrids són:

- A-GNSS
- GNSS + LORAN-C
- GPS + GLONASS + Galileo
- GNSS + INS.

3. Elements d'una aplicació geotelemàtica

Ja hem vist els diferents mètodes que s'utilitzen per a conèixer la posició d'un dispositiu mòbil. Ara cal preguntar-se per la utilitat pràctica d'aquesta informació; és a dir, com pot ser utilitzada per les aplicacions.

Hi ha diversos tipus d'aplicacions, encara que totes comparteixen una estructura i una infraestructura comunes. Tant si es tracta d'aplicacions de localització, d'ajuda a la navegació, de recerca i rescat en cas d'emergència, etc. la majoria de les aplicacions inclouen quatre elements fonamentals:

1) El fet que l'usuari en moviment dugui amb ell, o en el seu vehicle, un terminal geotelemàtic.

2) L'existència de diferents tipus d'infraestructures:

- Infraestructures de posicionament.

- Infraestructures de telecomunicació, capaces de donar cobertura radioelèctrica a una àmplia zona geogràfica, per la qual es desplaçaran els terminals.

3) L'existència de proveïdors de serveis de telecomunicacions, serveis de continguts i serveis de suport (pagament, pagament per ús, etc.).

4) L'existència d'un centre de control (CC) o d'una aplicació informàtica, que s'executa localment en un PC o en un servidor, al qual podem accedir via Internet.

L'esquema de la figura 8 representa gràficament la relació existent entre aquests quatre elements que componen l'arquitectura global d'una aplicació geotelemàtica.

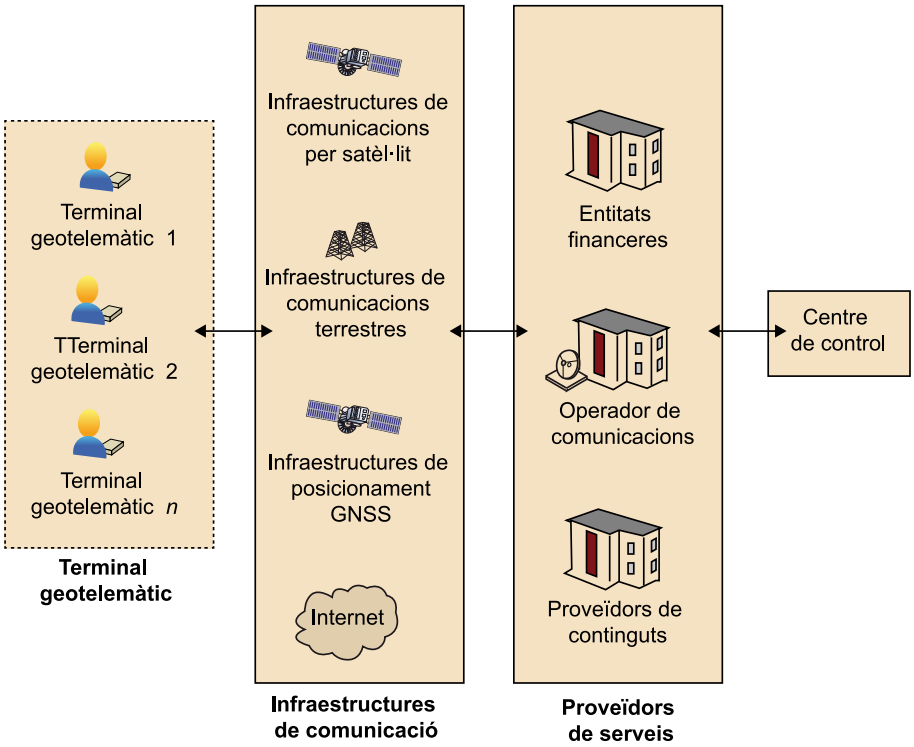

Figura 8. Arquitectura global d'una aplicació geotelemàtica genèrica

Aquests quatre elements són presents de manera més o menys dominant en la majoria de les aplicacions dels sistemes de posicionament, que també podem denominar *aplicacions geotelemàtiques*. En els apartats següents descriurem breument la funció que compleix cadascun d'aquests elements en una aplicació geotelemàtica.

3.1. Terminals geotelemàtics

Les aplicacions dels sistemes de posicionament es basen en el fet que disposem d'un terminal geotelemàtic (TG) o dispositiu mòbil, el nucli central del qual és un microprocessador o CPU[39] (unitat central de procés), que té en la memòria un programa informàtic que obté la seva posició per mitjà del mòdul de posicionament. La informació de posició s'emmagatzema i es processa, segons requereixi l'aplicació per a la qual ha estat dissenyat, i gràcies al mòdul de comunicacions, accedeix a un sistema o infraestructura de telecomunicacions. Aquest sistema permet transmetre, en funció de les necessitats, la informació de posicionament adquirida, ja sigui immediatament, periòdicament o a petició del centre de control.

(39) De l'anglès *central processing unit*.

En el centre de control s'analitza la informació rebuda per a prendre les decisions que calgui. En algunes aplicacions pot ser necessari enviar les dades adquirides cap a altres dispositius electrònics mòbils que puguin estar interessats a conèixer-ne la posició i les dades.

La descripció anterior correspon a un equip amb funcionalitats bàsiques de posicionament, processament i emmagatzematge de la posició i capacitats de telecomunicació. En la figura 9 teniu els diferents tipus de mòduls i d'elements que poden arribar a formar part d'un terminal geotelemàtic genèric.

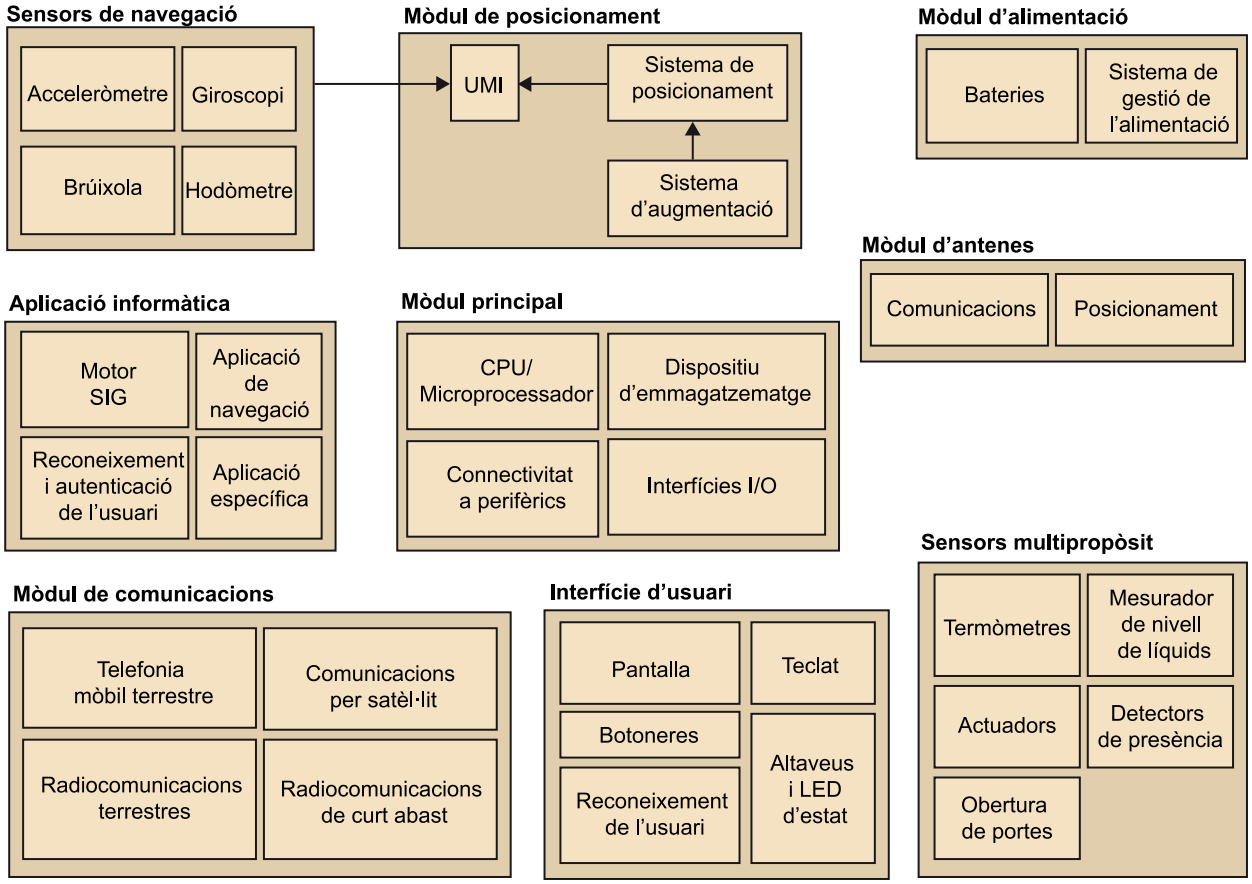

Figura 9. Elements que componen un terminal geotelemàtic.

3.1.1. Elements d'un terminal geotelemàtic

De forma esquemàtica, els mòduls que formen un TG són els següents:

1) Mòdul principal: en aquest mòdul resideix la intel·ligència de l'equip i és el lloc des del qual es controlen la resta de mòduls que componen el sistema.

Protocol de comunicació

Un **protocol de comunicació** està constituït per un conjunt de normes que estableixen les característiques que ha de tenir el senyal elèctric que s'intercanvien dos dispositius electrònics, com per exemple la banda de freqüència, la modulació, els nivells de tensió i el format de les dades transmeses.

Índex de protecció

L' **índex de protecció** és un estàndard internacional de la Comissió Electrotècnica Internacional que classifica el grau de protecció que proveeix una aplicació elèctrica contra la intrusió d'objectes sòlids o pols, contactes accidentals o aigua. El resultat és l'índex de protecció (IP), que s'identifica mitjançant un codi que consisteix en les lletres *IP* seguides de dos dígits: el primer dígit indica el grau de protecció que proveeix contra l'accés d'elements perillosos, el segon indica la protecció de l'equip contra la intrusió perjudicial d'aigua.

Així, IP-65 significa que la carcassa no tindrà cap penetració de pols i disposarà de protecció completa dels contactes elèctrics (indicat pel dígit 6) i que l'aigua disparada per un brocal cap als elements d'unió, de connexió i de protecció de la carcassa des de qualsevol direcció no tindrà efectes nocius per a l'equip contingut en el seu interior (indicat pel dígit 5).

El mòdul principal està format per dispositius d'emmagatzematge de dades (memòries), on quedaran registrades les dades que generarà el mòdul de l'aplicació informàtica. També té capacitat de connectivitat a altres equips externs (que, al seu torn, també podrien generar dades), interfícies d'I/O[40] (entrada/sortida de dades).

(40)De l'anglès *input/output*.

2) Mòdul de comunicacions: aquest mòdul permet la comunicació del terminal amb l'exterior, en general, sense fil. Els requisits de l'aplicació decideixen el sistema de radiofreqüència que s'utilitzarà. La seva funció bàsica és facilitar que el terminal interaccioni amb el centre de control intercanviant missatges i dades. Els mitjans de telecomunicació disponibles són els següents:

- **Telefonia mòbil terrestre**, que com ja hem vist també s'utilitza en algunes aplicacions (en les quals no està disponible el senyal dels GNSS) per a obtenir la posició del TG.

- **Comunicacions per satèl·lit**, que s'utilitzen quan l'aplicació no té disponibles infraestructures terrestres de comunicacions.

- **Radiocomunicacions terrestres** que, com a alternativa a la telefonia mòbil terrestre, cobreixen determinades zones del territori i ofereixen unes comunicacions de gran fiabilitat i qualitat.

- **Radiocomunicacions de curt abast**, que s'utilitzen quan la distància de connexió requerida és inferior a uns centenars de metres; així, si utilitzem Wi-Fi podem disposar d'un abast de diversos centenars de metres, mentre que si utilitzem Bluetooth l'abast es redueix a una desena de metres.

Comunicacions per satèl·lit

En l'actualitat els sistemes de telecomunicació mòbil per satèl·lit d'ús més estès en aplicacions de mobilitat són Iridium, Inmarsat, Globalstar, Thuraya i Orbcomm.

Per obtenir més informació, consulteu els webs següents:

- www.iridium.com
- www.thuraya.com.pk
- www.globalstareurope.com
- www.orbcomm.com

Curt abast

Es poden cobrir distàncies curtes si s'empren les tecnologies de comunicacions emergents en aquests moments: Zigbee i UWB[41] (banda ultraampla).

En aplicacions de cobrament automàtic de peatges s'utilitza el sistema DSRC[42] (comunicació de curt abast dedicada). A Espanya és habitual el pagament de peatges a través del sistema Tele-Tac o Via-T. Via-T és un dispositiu electrònic, més petit que un paquet de cigarrets, que s'instal·la al parabrisa davanter del vehicle i s'activa automàticament al seu pas per la barrera de peatge.

(41)De l'anglès *ultra wide band*.

(42)De l'anglès *dedicated short range communication*.

3) Mòdul d'interfície d'usuari: aquest mòdul conté diversos elements que permeten que l'usuari interaccioni amb el mòdul principal per a conèixer les dades de què disposa la CPU, per a entrar dades de programació o de configuració del sistema o per a generar una acció específica del terminal. Cada aplicació en particular disposarà dels elements necessaris per a complir els seus requisits de funcionament. Componen aquest mòdul la pantalla, el teclat, conjunts de polsadors (o botoneres), altaveus, llums d'avís, elements per al reconeixement de l'usuari (lectors d'empremtes dactilars , sistemes de reconeixement de veu o de l'iris, un pany on introduir una clau física, etc.). Una vegada identificat l'usuari, el terminal li dóna accés a les funcionalitats de l'equip.

4) Mòdul de posicionament: aquest mòdul conté les funcionalitats de posicionament, que en la majoria de les aplicacions es basaran en receptors GNSS i en sistemes de navegació inercial.

Nota

Diem que dos sistemes de posicionament GNSS són interoperables quan un únic receptor GNSS, per a calcular la seva posició, pot utilitzar el missatge de navegació procedent dels satèl·lits de les dues constel·lacions de forma indistingible. El futur sistema Galileo serà interoperable amb el GPS.

a) Sistema de posicionament: dispositiu electrònic amb les funcions de recepció i de processament dels senyals de posicionament dels sistemes GNSS (a Europa, GPS i EGNOS en l'actualitat) o de sistemes de posicionament terrestre (com el LORAN-C). Una vegada obtinguda la posició, es transfereix al mòdul principal per al seu tractament i emmagatzematge específic de l'aplicació que utilitzi el terminal.

b) Unitat de mesura inercial (UMI): la unitat de navegació inercial està formada per una petita CPU especialitzada en l'adquisició i el processament de les dades procedents de sensors de navegació, com per exemple acceleròmetres (acceleració), giroscopis (desplaçament angular), brúixoles electròniques (rumb) o hodòmetres (distància recorreguda). L'UMI refresca la posició que calcula internament amb la posició actualitzada que rep periòdicament del mòdul del sistema de posicionament i la retransmet immediatament cap al mòdul principal. Si per algun motiu deixa de rebre aquesta posició actualitzada, utilitza els sensors de navegació per a deduir la posició en què es troba el dispositiu.

L'avantatge és que el mòdul principal no percep la manca de dades de posicionament provinents del sistema de posicionament GNSS i utilitza les dades generades per l'UMI. L'inconvenient és que els sensors de navegació generen un error en el càlcul de la posició que pot arribar a ser de 50 m després de 30 s sense disposar de posicionament GNSS. Aquest error en el posicionament limita el nombre d'aplicacions en les quals es poden utilitzar les UMI.

c) Sistemes d'augmentació: com ja hem vist, disposem de diferents sistemes d'augmentació de la posició interoperables entre si, la cobertura dels quals abasta diferents regions del globus. Les aplicacions que necessitin un grau més gran d'exactitud en el posicionament que el proporcionat per un receptor GNSS convencional, hauran de disposar dels elements electrònics i informàtics que li puguin subministrar les dades procedents d'algun d'aquests sistemes d'augmentació, disponible a la regió geogràfica on el terminal tindrà la seva àrea d'operació.

5) Mòdul d'aplicació informàtica: aquest mòdul conté diferents tipus d'aplicacions habituals en un terminal geotelemàtic, que es poden trobar aïllades o en qualsevol tipus de combinació entre si.

a) Aplicació específica: programa informàtic resident en la memòria del microprocessador del mòdul principal dedicat a obtenir, analitzar, transmetre al CC i emmagatzemar en la memòria del terminal tots els paràmetres de posicionament amb la periodicitat i seqüència que requereixi l'aplicació per a la qual ha estat dissenyat.

b) Motor del sistema d'informació geogràfica (SIG): els terminals dedicats a aplicacions que necessitin funcionalitats més complexes poden portar un SIG simplificat integrat en el mòdul principal. Aquest SIG permet realitzar càlculs i operacions sobre la cartografia digital quan se li sol·liciti, per exemple calculant o recalculant rutes òptimes per a determinats llocs de pas prèviament identificats.

c) Aplicació de navegació: les aplicacions l'objectiu principal de les quals és poder desplaçar-se amb precisió d'un lloc a un altre, és a dir, navegar, són les que més mòduls, i de característiques més complexes, integren en el terminal geotelemàtic.

d) Reconeixement i autenticació de l'usuari: aplicacions que garanteixen l'accés a les funcions del terminal per a un usuari autenticat i correctament identificat per part del terminal. Aquestes funcions del mòdul d'interfície d'usuari aporten seguretat al sistema i eviten que usuaris no autoritzats utilitzin els serveis que subministra l'equip.

6) Mòdul de sensors multipropòsit: aquest mòdul conté els elements que interaccionen amb l'entorn del terminal geotelemàtic, bé mesurant-ne paràmetres físics, bé interaccionant-hi a través de relés o elements actuadors.

Sensors multipropòsit

Per exemple, l'estat en què es troben els recursos del vehicle (nivell del dipòsit de gasolina, nivell del líquid de frens o pressió dels pneumàtics).

7) Mòdul d'antenes: les antenes són un element indispensable en els equips geotelemàtics. Per mitjà de les antenes es reben els senyals de radiofreqüència que permeten conèixer la posició de l'equip i també permeten establir una comunicació de dades bidireccional amb el CC.

8) Mòdul d'alimentació: aquest mòdul subministra l'energia necessària perquè la resta dels mòduls compleixin la funció per a la qual han estat dissenyats.

a) Bateries: constitueixen el magatzem d'energia de l'equip. L'elecció del tipus de tecnologia de la bateria principal dependrà del consum instantani de l'equip i de les hores de funcionament ininterromput que es vulgui obtenir.

b) Sistema de gestió de l'alimentació: controla el consum dels diferents mòduls del terminal gràcies a l'establiment d'estratègies d'estalvi que l'usuari pot configurar segons les necessitats de l'aplicació. Dins d'aquest mòdul rau també la funcionalitat de gestió de la càrrega de la bateria que té un caràcter més

electrònic que informàtic. Un bon disseny del mòdul de càrrega de la bateria permetrà allargar-ne la vida útil i mantenir l'autonomia del terminal dins dels valors de disseny durant més temps.

3.1.2. Criteris per a la selecció d'un terminal geotelemàtic

No existeix un dispositiu universal que sigui apte per a tot tipus d'aplicacions. Per això s'ha de seleccionar el terminal després d'haver elaborat una llista detallada de requisits que ha de complir el terminal per tal de realitzar les funcionalitats que requereix l'aplicació.

Si bé la llista de requisits pot arribar a ser molt extensa, en presentarem una selecció i alguns criteris que podeu utilitzar com a guia per a avaluar-los adequadament:

- **Robustesa**: la robustesa d'un equip és la seva capacitat de suportar les condicions de treball canviants, incloses les ambientals, a les quals estarà exposat. Amb aquest requisit es valora el factor constructiu i els aspectes físics que ha de tenir el terminal per a adaptar-se a l'aplicació concreta que esteu analitzant. Així, cal considerar els aspectes següents:
  - El lloc on estarà instal·lat el terminal (a l'exterior o a l'interior d'un vehicle) i si el seu funcionament serà estacionari o mòbil.
  - L'exposició prevista a vibracions, cops i caigudes. Els components han d'estar fermament subjectats a la carcassa i els connectors han de ser de bona qualitat.
  - L'ambient extern que haurà de suportar el terminal. Si el terminal es farà servir en un entorn marí, les caixes i els connectors hauran de ser resistents a la corrosió salina i altament estancs.
  - El marge de temperatures a què estarà sotmès mentre estigui en funcionament. Pot caldre incorporar dissipadors tèrmics passius (com una carcassa aïllant tipus nevera o radiadors externs) o dissipadors tèrmics actius (com un ventilador o un sistema de refrigeració per líquid).
  - L'usuari habitual. Si l'equip ha de ser utilitzat en un ambient industrial o físicament agressiu cal tenir cura que els elements d'interacció es puguin identificar fàcilment i utilitzar amb rapidesa: els textos han de ser de mida gran i els botons o tecles han d'estar clarament diferenciats i han de ser fàcils d'utilitzar.
- **Consum energètic**: els dispositius mòbils depenen d'una font d'alimentació externa o de la seva bateria per a obtenir l'energia elèctrica necessària per al seu funcionament. És important conèixer el consum energètic del terminal en els diferents modes de funcionament per als quals ha estat dissenyat (mode de recepció de dades, mode de transmissió de dades,

mode d'espera o mode de navegació). Coneixent el consum del terminal, es podrà escollir la tecnologia de bateria que s'adapti millor a aquest ritme de consum i calcular la capacitat de la bateria principal més adequada per a proporcionar aquest consum.

- **Aplicacions en temps real**: des del punt de vista energètic, les aplicacions que requereixen dels terminals geotelemàtics un funcionament en temps real són les més exigents, ja que han de tenir sempre en funcionament la majoria dels mòduls que componen el terminal, com a mínim la CPU, el sistema de posicionament i el sistema de telecomunicacions.
  Per aquest motiu, aquestes aplicacions requereixen un subministrament d'energia constant i garantit. En equips instal·lats a l'interior de vehicles resoldrem el problema connectant-los a la bateria del vehicle; en equips autònoms s'ha de conèixer l'energia que consumirà durant el període de funcionament, per tal de dimensionar adequadament el nombre i la capacitat de les bateries.

- **Precisió requerida per a obtenir la posició**: en algunes aplicacions la precisió obtinguda amb un receptor GNSS no serà suficient, de manera que el terminal haurà d'incorporar sistemes d'augmentació que li proporcionin les dades suficients per a assolir el grau de precisió desitjat. Aquests sistemes proporcionaran la millora en el càlcul de la posició que requereix l'aplicació i poden estar integrats en la carcassa principal del TG o estar connectats mitjançant un cable o amb tecnologia sense fil. Per exemple, en una aplicació en l'àmbit europeu que requereixi posicionar amb precisions d'aproximadament 1 m, s'haurà d'utilitzar el sistema europeu d'augmentació basat en satèl·lits anomenat EGNOS.

- **Sistema de telecomunicació**: El sistema de telecomunicació utilitzat per a comunicar el terminal amb el CC condiciona el dimensionament físic i elèctric d'aquesta terminal:
  - Si l'aplicació s'executarà en un ambient urbà, es poden transmetre les dades mitjançant telefonia cel·lular. Atès que aquesta tecnologia està molt desenvolupada i consolidada, es podrà escollir entre una gran varietat d'equips amb consums molt baixos.

  - Si l'aplicació es desenvoluparà en un entorn sense infraestructures terrestres de comunicacions, com per exemple l'Àfrica meridional, s'haurà d'acudir al sistema de comunicacions per satèl·lit que s'adapti millor als requeriments de l'aplicació (cobertura, cost de les comunicacions o grandària i pes). Per a aquest tipus de terminals de telecomunicació es disposa de moltes menys opcions.

3.1.3. Tipus de terminals geotelemàtics

Hi ha una gran diversitat de terminals geotelemàtics, gairebé tants com possibles aplicacions puguem imaginar. La taula 3 presenta una petita mostra de receptors que podem trobar actualment al mercat.

Terminal	Àmbit d'aplicació
	Navegadors per a vehicles. Navegadors que permeten seguir una ruta fins al punt de destinació proporcionat. Incorporen cartografia navegable.
	Terminal programable multipropòsit. Disposa de diferents entrades/sortides, comunicació sense fil, receptor GPS, port sèrie, Ethernet, etc. En ser programable, es pot adaptar per a gairebé qualsevol propòsit. S'utilitza majoritàriament en flotes de vehicles.
	Registrador de dades (*datalogger*). Permet emmagatzemar les coordenades del trajecte realitzat. No disposa d'interfície d'usuari, però té la possibilitat de comunicar-se, mitjançant Bluetooth, amb un terminal remot amb interfície d'usuari i aplicacions de posicionament i navegació.
	Activitats a l'aire lliure. Diversos dispositius permeten la realització d'esports i activitats a l'aire lliure amb el suport i els avantatges del posicionament continuat: travesses, esquí, ciclisme, etc. Permeten seguir rutes ja realitzades o bé memoritzar-ne de noves. Disposen de diversos accessoris en funció de l'activitat que es vol realitzar: brúixola, altímetre, pulsímetre, sensor de cadència (per a ciclistes), etc.
	Navegadors duals. Permeten tant el seguiment de rutes GPS i la càrrega de mapes com la navegació a través d'una cartografia navegable.
	Rellotges d'esport. Normalment inclouen pulsímetre i diverses funcions d'ajuda per a l'entrenament habitual. Publicació en web dels trajectes realitzats, amb bones eines de visualització.
	Telèfons intel·ligents. Avui dia la majoria de telèfons intel·ligents incorporen un receptor GPS i també components inercials, WLAN, Bluetooth, càmera de més de 5 megapíxels, sensor de llum, acceleròmetre i connectivitat a la xarxa de telefonia mòbil 3G. Atesa la seva intel·ligència, s'han convertit en un dels dispositius geotelemàtics més complets i que permeten una gran diversitat d'aplicacions.

Taula 3

Ara ja coneixem la composició d'un terminal geotelemàtic i tenim uns criteris bàsics per a poder-lo escollir en funció de l'aplicació a la qual es dediqui. Ara és el moment de veure de quins mòduls consta un centre de control i quin paper té en una aplicació geotelemàtica.

3.2. Centre de control

Podem definir el ***centre de control***[43] com una instal·lació des de la qual se centralitzen tots els aspectes relacionats amb una aplicació concreta, es reben els missatges amb les dades dels terminals geotelemàtics, es processen aquestes dades en el servidor de l'aplicació i s'emmagatzemen en la base de dades per a la seva consulta posterior.

(43) D'ara endavant CC.

En la figura 10 incloem els mòduls constitutius del CC.

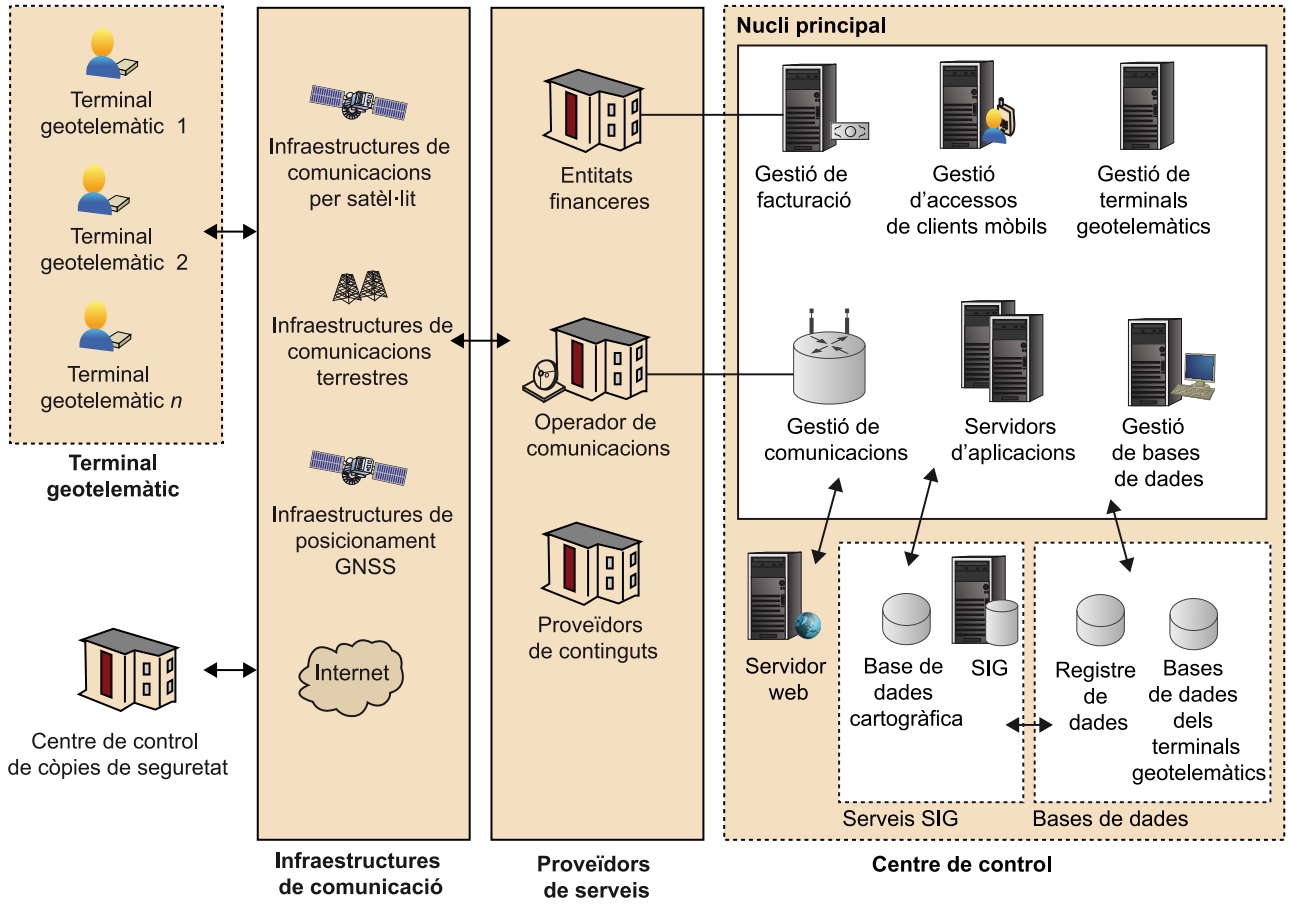

Figura 10. Composició d'un CC d'una aplicació geotelemàtica genèrica

Les funcionalitats bàsiques del CC són:

- Fer el seguiment de la posició dels terminals geotelemàtics dispersos pel territori.
- Prestar un determinat tipus i nombre de serveis a aquests terminals.

- Gestionar tots els aspectes operatius relacionats amb l'aplicació geotelemàtica.

Per poder dur a terme aquestes funcionalitats, el CC integra un conjunt de subsistemes, el nombre i funcionalitat dels quals dependran del tipus d'aplicació:

- Nucli principal
  - Subsistema de gestió de les comunicacions
  - Subsistema de gestió de la facturació
  - Servidors de les aplicacions
  - Subsistema de gestió dels terminals
  - Subsistema de gestió dels accessos dels clients mòbils als serveis del CC
  - Subsistema de gestió de les bases de dades

- Mòdul de serveis SIG
  - Servidor de l'aplicació SIG
  - Bases de dades geogràfiques

- Mòdul de bases de dades
  - Bases de dades dels terminals geotelemàtics
  - Registre de les operacions que es fan en cada moment en el CC

- Servidor web, que permet l'accés a l'aplicació des d'Internet als clients autoritzats

En els subapartats següents descriurem breument les característiques de cadascun dels subsistemes que componen un CC.

3.2.1. Nucli principal

Tal com hem vist en la figura 10, el nucli principal d'un CC està format pels elements següents:

- El subsistema de gestió de les comunicacions
- El subsistema de gestió de la facturació
- Els servidors de les aplicacions
- El subsistema de gestió dels terminals
- El subsistema de gestió dels accessos dels clients mòbils als serveis del CC
- El subsistema de gestió de bases de dades

A continuació, descriurem les funcions que fan cadascun dels subsistemes que conté el CC:

1) El subsistema de gestió de les comunicacions. Aquest subsistema és la porta d'entrada al CC des de l'exterior i comparteix aquesta funcionalitat amb el gestor de facturació.

El gestor de comunicacions del CC està comunicat, mitjançant un enllaç dedicat, a un o diversos operadors de comunicacions que poden ser un operador de telefonia mòbil, un operador de comunicacions per satèl·lit (com IRIDIUM o GLOBALSTAR) o una combinació d'aquests.

IRIDIUM

Constel·lació de 66 satèl·lits, l'òrbita dels quals es troba a 781 km d'altura de la superfície terrestre. Els seus satèl·lits ofereixen comunicacions mòbils de veu, dades i missatges amb cobertura mundial.

El gestor de comunicacions també serveix per a establir comunicacions de dades segures i fiables amb els servidors de contingut, com veurem més endavant.

GLOBALSTAR

Constel·lació de 40 satèl·lits per a comunicacions mòbils de veu i dades de baixa capacitat, els satèl·lits de la qual es troben a una altura aproximada de 1.400 km de la superfície terrestre.

2) El subsistema de gestió de la facturació. Aquest subsistema permet que el CC pugui cobrar un servei a un client o usuari.

Per exemple, una aplicació emergent és el pagament de peatges d'autopistes o d'aparcaments per mitjà de terminals instal·lats en vehicles. Quan el terminal comunica al CC el consum d'aquests serveis, el CC cobra el servei a l'entitat bancària corresponent. Aquesta aplicació encara no està molt estesa, ja que encara hi ha inconvenients per part de totes les parts implicades, però es preveu que en menys d'una dècada puguem travessar Europa sense aturar-nos en cap barrera de peatge i amb una sola factura que reflecteixi detalladament el cost dels peatges travessats, amb la data, l'hora i el cost associat.

Les aplicacions de pagament per ús amb terminals instal·lats en vehicles o duts per usuaris de carrer té un futur prometedor. Dins d'aquest grup d'aplicacions hi hauria el pagament d'assegurances d'automòbil en funció de l'ús que se'n faci: els conductors que utilitzen diàriament el vehicle tenen més risc de patir un accident i, per tant, la seva assegurança haurà de ser més alta que la d'un conductor esporàdic.

3) Els servidors de les aplicacions. En un CC hi pot haver concentrades diverses aplicacions; per aquest motiu pot ser necessari disposar d'un servidor independent per a cada aplicació. Cada aplicació resident en el servidor d'aplicacions rebrà del gestor de comunicacions missatges enviats pels terminals a aquesta aplicació de manera específica. Al seu torn, l'aplicació enviarà missatges als terminals a través del gestor de comunicacions. Per tant, el servidor d'aplicacions s'ha de dissenyar perquè actuï com a interfície entre diferents aplicacions, locals o remotes, de mode que puguin compartir informació de les seves bases de dades.

Per exemple, una aplicació que gestioni el lloguer de vehicles, quan hagi d'emetre la factura al client necessita saber, entre altres dades, quins consums ha tingut el vehicle (com ara peatges o aparcaments). Per tant, haurà d'acudir a altres servidors d'aplicacions per aconseguir la informació que li permeti generar una factura completa dels serveis consumits per cada client.

4) El subsistema de gestió dels terminals. Aquest subsistema controla l'accés de cada terminal a les funcionalitats i als serveis del CC. Després de rebre el missatge del centre de gestió de comunicacions, comprova la identitat i autenticitat del terminal o usuari que inicia una acció i verifica que està autoritzat a accedir al CC; és a dir, l'autentifica davant del CC.

Aquest subsistema és apropiat quan l'aplicació es dedica a gestionar terminals instal·lats en vehicles; és a dir, en comunicacions màquina a màquina (M2M).

5) El subsistema de gestió dels accessos dels clients mòbils als serveis del CC. Aquest subsistema és apropiat en els casos en què els terminals són equips d'ús personal –com els telèfons intel·ligents, per exemple– des dels quals l'usuari pot sol·licitar serveis en temps real al CC. Així doncs, és el responsable de controlar l'accés de cada terminal a les funcionalitats i serveis del CC: després de rebre el missatge del centre de gestió de comunicacions, comprova la identitat i l'autenticitat de l'usuari que inicia una sol·licitud de servei i verifica que està autoritzat a accedir al CC; és a dir, l'autentifica davant del CC.

Com a exemples de serveis que es poden sol·licitar en temps real, citarem serveis de càlcul de ruta òptima per a anar d'un lloc a un altre o serveis de geolocalització de llocs d'interès (gasolineres, hotels, farmàcies, museus, comissaries de policia, etc.) en un marge de distància respecte a la ubicació proporcionada pel propi terminal.

6) El subsistema de gestió de les bases de dades. Aquest subsistema gestiona els accessos a les bases de dades per part de la resta de subsistemes i aplicacions. Així, les peticions d'informació i l'actualització d'informació en les bases de dades han de passar per aquesta aplicació, la missió principal de la qual és evitar que es perdi informació en el procés d'accés o que es lliuri informació obsoleta. Encara que hem representat aquest subsistema amb un servidor independent, en la pràctica pot ser una aplicació que s'executi per darrere de l'aplicació principal.

3.2.2. Mòdul de serveis SIG

Després de conèixer la composició i les funcions del nucli principal del CC, ens centrarem en el mòdul de serveis SIG.

El mòdul de serveis SIG està format pel servidor de l'aplicació SIG i el de les bases de dades geogràfiques o cartogràfiques. En aquest mòdul resideixen totes les capacitats de càlcul de l'aplicació sobre la informació cartogràfica del territori continguda en les bases de dades de què disposi. La potència de procés d'aquest mòdul SIG s'ha de dimensionar segons les funcionalitats geogràfiques que l'aplicació necessiti obtenir del SIG.

D'aquesta manera, una aplicació la funcionalitat principal de la qual sigui la de representar sobre la cartografia la posició dels terminals no requerirà algorismes de càlculs de ruta.

Una aplicació que gestioni el lliurament i la recollida de paquets per part d'un camió de transport necessitarà capacitats del SIG que permetin recalcular les rutes quan s'han afegit o eliminat punts de pas, a més d'altres condicions de càlcul de rutes, com pot ser evitar nuclis urbans o determinades carreteres que no permeten el tràfic de camions durant un horari determinat.

3.2.3. Mòdul de base de dades i registre de dades

El següent mòdul que forma part del CC és el mòdul de base de dades i el registre de dades o registre de successos (*data log*).

El mòdul de base de dades està compost per les dades particulars i operatives de tots els terminals i d'un registre de les operacions que es fan a cada moment en el CC, el *data log*.

Com ja hem vist anteriorment, la gestió de l'accés a les dades per a la seva lectura, enregistrament o modificació, es duu a terme des del subsistema de gestió de bases de dades. L'existència d'una base de dades es justifica per la necessitat de fer informes històrics de les activitats dels terminals. Aquests informes els fa l'operador del CC a petició de l'usuari o client amb la periodicitat convinguda.

Finalment, cal destacar la funció que un *data log* pot tenir en un CC en què es requereixi una gestió de seguretat del servei prestat. La seva funció és registrar en una base de dades, de manera cronològica i independent, qualsevol succés que es produeixi en el CC: accessos a la base de dades per part d'un operador del CC, recepcions de missatges per part d'un terminal, gestió de facturació amb l'entitat bancària, missatges enviats als terminals, etc. En aquesta base de dades es poden fer *a posteriori* recerques d'informació per a seguir la traçabilitat dels processos que s'han realitzat en qualsevol subsistema del CC, com ara accessos d'usuaris, fallades dels diferents subsistemes, etc. En aplicacions en les quals els serveis subministrats puguin tenir responsabilitat civil amb el client, aquest tipus d'utilitats són indispensables per tal d'argumentar davant del client els successos relacionats amb un error en el servei o per a demostrar un error en l'ús del servei per part del client.

3.2.4. Servidor web

Per a acabar, passem a veure l'últim mòdul que integra el CC: el **servidor web**. Aquest subsistema consta d'un ordinador personal configurat com a servidor HTTPS que dóna accés a l'aplicació via Internet als clients autoritzats. No entrarem en les característiques d'aquest tipus de servidor, només recalcarem que s'han de preveure mesures de seguretat informàtica addicionals, com per exemple tallafocs per a protegir el sistema d'accessos a la base de dades i als serveis per part de personal no autoritzat.

3.2.5. El núvol redefineix el centre de control clàssic

Actualment les capacitats de càlcul avançades de molts dispositius geotelemàtics (bàsicament els telèfons intel·ligents) i la seva capacitat de connexió de dades han redefinit el centre de control. Els terminals disposen de connexions IP i accedeixen als servidors com qualsevol element de la xarxa. Els serveis oferts es poden consultar amb tecnologies totalment obertes i comercials. El centre de control ha deixat de ser un centre específic per a la gestió de recursos mòbils i ha passat a convertir-se en un centre de processament de dades (CPD), habitual en qualsevol projecte relacionat amb les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC).

Les últimes tendències en el sector de les TIC estan evolucionant cap al concepte de **núvol**[44], una metàfora emprada per a fer referència a serveis remots que s'utilitzen a través d'Internet. En el cas que ens ocupa, la **informàtica en núvol** dilueix el centre de control, distribuint diferents parts o funcions entre diferents proveïdors de serveis especialitzats.

(44) *Cloud computing*, en anglès.

3.3. Infraestructures i proveïdors de serveis

Ara que ja coneixem la composició i les funcions dels mòduls que componen un CC, continuarem amb la descripció dels elements que ens falten de l'aplicació geotelemàtica genèrica de la figura 8. Ens centrarem, doncs, en les infraestructures de comunicació i en els proveïdors de serveis.

En primer lloc repassem breument la descripció de les infraestructures de comunicació implicades en una aplicació geotelemàtica i, a continuació, el paper que tenen els proveïdors de serveis en aquestes aplicacions.

3.3.1. Infraestructures de comunicació

En el nostre diagrama d'arquitectura d'una aplicació geotelemàtica, les infraestructures de comunicació ocupen un lloc important. Hem considerat infraestructures de comunicació tots els sistemes que proporcionen un servei de comunicació de dades, ja sigui de pagament o gratuït, la gestió del qual es fa des d'entitats externes al CC. El servei pot ser **unidireccional**, com és el cas de la constel·lació de satèl·lits GPS que difon gratuïtament el senyal de navegació, o **bidireccional** com la resta d'infraestructures: Internet, operadors terrestres i operadors de satèl·lits.

Vegeu també

Vegeu la figura 8 de l'apartat "Elements d'una aplicació geotelemàtica" d'aquest mòdul.

Les **infraestructures de comunicació** són el mitjà a través del qual el centre de control es comunica amb qualsevol dels elements exteriors: els terminals geotelemàtics, els proveïdors de contingut, els proveïdors de serveis i els clients que accedeixen a l'aplicació a través del servidor web.

El CC hauria de contractar els serveis de comunicació d'un o més proveïdors de comunicacions, sobretot quan manegi un nombre important de clients o usuaris. Quan el nombre de clients és superior al centenar i les seves necessitats de comunicació de dades se centren en l'enviament de missatges amb les posicions i dades operatives, l'aplicació es pot establir sobre la base de terminals de comunicació instal·lats en el mateix CC.

- **Infraestructures de comunicacions per satèl·lit**: les componen les constel·lacions de satèl·lits que donen cobertura de comunicacions de veu o dades a la zona geogràfica on opera l'aplicació geotelemàtica. En general, per a les aplicacions en mobilitat, es tracta de les constel·lacions de satèl·lits dedicades a les comunicacions per satèl·lit mòbils personals. Dins d'aquesta categoria tenim les constel·lacions IRIDIUM, GLOBALSTAR, ORBCOMM, Inmarsat i Thuraya.

Diferències entre les constel·lacions

La cobertura geogràfica d'aquests sistemes és diferent. Mentre que Thuraya centra els seus serveis des del nord d'Àfrica al nord d'Europa i des de Portugal a l'Orient Mitjà, la resta són de caràcter global, tot i que amb diferències importants en la disponibilitat, accessibilitat i capacitat dels serveis oferts.

Els operadors d'aquests serveis de satèl·lits disposen d'un centre d'operacions, des del qual reben les comunicacions dels terminals mòbils i via Internet o amb enllaços dedicats s'interconnecten amb els centres de control dels clients.

- **Infraestructures de comunicacions terrestres**: els operadors de telecomunicacions de telefonia mòbil terrestre i els operadors de xarxes de radiocomunicacions. En el moment de planificar una aplicació geotelemàtica, és cabdal disposar de mitjans de comunicació assequibles i amb cobertura suficient a la zona d'interès.

- **Internet**: la infraestructura universal d'accés a les comunicacions de dades terrestres. La majoria d'interconnexions i interfícies del CC utilitzaran el protocol estàndard de transmissió de dades TCP/IP.

3.3.2. Proveïdors de serveis

En l'arquitectura d'aplicació geotelemàtica presentada, entenem com a ***proveïdor de serveis*** qualsevol empresa que proveeixi el CC d'un producte. Segons l'aplicació de què es tracti, s'hauran de localitzar nous tipus de proveïdors de serveis que poden combinar en un sol servei o producte diversos serveis oferts de forma individual per altres proveïdors.

A continuació presentem una llista de proveïdors de serveis útils en l'operativa d'un centre de control:

- **Entitats financeres**: el CC, per a aquelles aplicacions en les quals necessiti facturar en temps real un servei o consum fet per un TG, haurà d'establir connexions directes i segures amb entitats financeres que garanteixin la seguretat de les transaccions econòmiques. S'establiran amb aquestes entitats connexions VPN segures utilitzant mitjans d'encriptació i autenticació per a evitar fraus i infiltracions en la connexió.
  Per a fer-ho possible de manera segura, cal establir els mitjans per a garantir l'autenticació, la integritat i la confidencialitat de totes les comunicacions:
  - **Autenticació**: identificar qui accedeix a la xarxa i quin nivell d'accés ha de tenir.
  - **Integritat**: garantir que les dades enviades no han estat alterades.

VPN

És una tecnologia de xarxa que permet una extensió de la xarxa local sobre una xarxa pública, com per exemple Internet.

– **Confidencialitat**: atès que les dades viatgen a través d'un mitjà tan públic com és Internet, aquestes dades són susceptibles de ser interceptades, per la qual cosa resulta fonamental xifrar les dades. Els algorismes de xifratge habituals són el *data encryption standard* (DES), el triple des (3 DES) i l'*advanced encryption standard* (AES).

– **No-repudi**: els missatges han d'anar signats pels seus remitents que, en qualsevol cas, no poden negar ser-ne els remitents.

- **Operador de comunicacions**: empreses de serveis de telecomunicació (per cable o per ràdio) que el CC ha de contractar per a garantir la seva comunicació amb els terminals i amb l'exterior. Mitjançant un operador de comunicacions es contractarà tant l'accés a Internet com l'accés a les infraestructures de comunicacions, terrestres o de satèl·lit.

- **Proveïdors de contingut**: en l'àmbit de la telemàtica i els SIG, amb la denominació *proveïdors de contingut* ens referim a proveïdors de cartografia, d'imatges de satèl·lit o de contingut especialitzat en SIG. Els proveïdors de contingut als quals ens referim aquí són aquells als quals se'ls sol·licita informació actualitzada relacionada amb el territori o les infraestructures terrestres.

Per exemple, el disseny d'aplicacions geotelemàtiques que requereixi informació actualitzada de la superfície del territori obliga a contractar proveïdors d'imatges de satèl·lit, com poden ser DigitalGlobe, RapidEye, Ikonos o Quickbird. Si el que requereix l'aplicació és disposar d'informació meteorològica actualitzada, s'haurà de recórrer a les agències nacionals de meteorologia com Eumetsat o GOES. Per a conèixer l'estat del trànsit, informació del nombre d'usuaris que està transitant per una via o per a saber si una via està tancada o bloquejada (informacions clau per a una aplicació geotelemàtica el valor afegit de la qual sigui crear rutes òptimes tant des del punt de vista espacial com temporal), es poden establir acords de col·laboració amb les direccions generals de trànsit de les regions o països on actuï l'aplicació geotelemàtica.

3.3.3. Serveis de geolocalització globals

Gràcies als dispositius mòbils d'ús generalitzat –els telèfons intel·ligents–, la **geolocalització** s'ha anat convertint en un servei cada vegada més sol·licitat.

El W3C, consorci internacional que produeix recomanacions per a la World Wide Web, ja ha començat a definir l'especificació per a la informació d'ubicació geogràfica associada al dispositiu que visualitza la informació.

Referència web

Podeu trobar l'especificació per a la informació d'ubicació geogràfica associada al dispositiu que visualitza la informació en l'adreça web següent:

http://dev.w3.org/geo/api/spec-source.html

Això es tradueix en la inclusió en els navegadors web de l'objecte *geolocation*, la qual cosa vol dir que tots els navegadors tindran una propietat d'ubicació, disponible perquè els programadors creïn aplicacions. Hi ha diferents mètodes per a obtenir la ubicació del dispositiu que visualitza la informació, el principal dels quals és el GPS. També es pot obtenir la ubicació a partir de la informació de la xarxa, ja sigui mòbil o fixa. En cas de ser mòbil, el mateix operador de comunicacions pot proporcionar la ubicació en funció de la informació de la

xarxa. En cas de ser fixa, l'adreça IP pot proporcionar la ubicació de la màquina en qüestió. En el passat aquest era l'únic mitjà per a obtenir la possible ubicació dels usuaris. Serveis com MaxMind o Ip2location són exemples d'aquest servei.

Obtenir la posició de la xarxa no proporciona ubicacions tan exactes i precises com les dels GNSS, però moltes vegades és suficient per a saber on es troba una persona (de vacances, de viatge de negocis, etc.). El punt destacable és que la posició d'un usuari és universal, no existeix només en els dispositius mòbils, sinó que es pot utilitzar en tot tipus d'aplicacions.

Facebook Places

L'aplicació Facebook Places, per exemple, ha deixat de ser exclusiva per al Facebook per a mòbil i també es troba disponible en l'aplicació web.

La privadesa de la informació és també un aspecte important en aquest tipus d'aplicacions. L'usuari pot decidir si publica la seva posició o no, per a protegir la seva privadesa si ho creu oportú.

4. Aplicacions dels sistemes de posicionament

Tal com hem vist, hi ha diferents sistemes de posicionament que envien informació als dispositius perquè puguin ser localitzats. Cadascuna de les maneres en què s'utilitza aquesta informació constitueix una aplicació. Algunes aplicacions directes i senzilles de la informació obtinguda poden ser: donar respostes a preguntes com ara "on sóc?", "quina hora i quina data és en aquest moment?", "a quina velocitat m'estic movent?" o "en quina direcció m'estic desplaçant?". Aplicacions una mica més complexes tractarien d'obtenir la forma més ràpida, més curta o més còmoda d'anar de la posició actual a una altra.

Les possibilitats de generar una aplicació geotelemàtica es poden multiplicar enormement. Actualment hi ha moltíssimes aplicacions i el seu nombre continua creixent. En aquest apartat trobareu un petit i variat nombre d'aplicacions, conscients de la impossibilitat de cobrir totes les que es poden presentar.

4.1. Aplicacions en el sector aeronàutic i espacial

En primer lloc, veurem els estrictes requisits que cal complir per a poder utilitzar els sistemes GNSS en el sector aeronàutic. A continuació, veurem les aplicacions en aviació civil comercial i acabarem amb una ressenya d'algunes de les aplicacions dutes a terme en el sector espacial.

El desenvolupament dels sistemes GNSS n'ha permès la introducció en diferents àrees del camp aeronàutic, malgrat que actualment encara ofereixen uns nivells insuficients de disponibilitat, exactitud i integritat per a les necessitats de les aeronaus en les fases crítiques del vol (l'aproximació i l'aterratge). Per aquesta raó el seu ús no s'ha estès tan àmpliament com requereix el sector. Definim aquests tres conceptes:

- Entenem per ***disponibilitat*** el percentatge de temps amb el qual els sistemes GNSS subministren la posició amb la precisió necessària. Els sistemes GNSS actuals, GPS i GLONASS, garanteixen una disponibilitat del 98% del temps, però en les maniobres convencionals d'aproximació de les aeronaus a un aeroport s'exigeix el 99,75% de disponibilitat i percentatges superiors en aterratges de precisió.

- Entenem per ***exactitud*** la diferència entre la posició estimada per l'equip de navegació i la posició real en absència de fallades. El sistema GPS proporciona una exactitud estàndard d'uns 15 m, que és suficient per a les fases de vol i aproximació convencional a l'aeroport, però no prou per a aterratges de precisió que requereixen exactituds de 6 a 7 m en vertical (exactitud CATI), tampoc en els que requereixen exactituds de 2 a 3 m en

vertical (exactitud CATII), i molt menys encara en la categoria més exigent, que requereix exactituds menors d'1 m en vertical (exactitud CATIII). L'aterratge d'un avió comercial a l'aeroport del Prat de Barcelona, amb visibilitat de fins a 732 m i un sostre de núvols de 60 m, requereix CAT I. CAT II i III s'utilitzen en condicions de visibilitat molt reduïda, requereixen sistemes automàtics i una certificació especial de l'aeronau i de la tripulació; en aviació civil comercial no s'utilitzen habitualment aquestes categories d'aterratge.

- Entenem per ***integritat*** la possibilitat de protegir l'usuari davant de fallades en el senyal de navegació que emeten els satèl·lits GNSS, mitjançant l'enviament de missatges d'alerta previs a la fallada. Com ja hem comentat, el futur sistema europeu Galileo disposarà del servei *safety of life* (SOL), que enviarà a l'usuari un missatge d'alerta quan estigui previst que el senyal de navegació es degradi per sota d'uns determinats llindars de precisió horitzontal i vertical amb 6 s d'antelació.

Per a superar aquestes limitacions s'utilitzen, com ja hem comentat, sistemes d'augmentació SBAS i GBAS.

Amb aquestes mesures de suport s'aconsegueix tenir una exactitud entorn dels 4 m, valor que compleix els graus de disponibilitat i integritat requerits en aviació civil. Per tant, utilitzant els sistemes d'augmentació és possible utilitzar els sistemes GNSS en totes les fases del vol, inclós l'aterratge d'exactitud CATI.

La posada en funcionament del sistema Galileo permetrà assolir els estrictes requisits de disponibilitat, exactitud i integritat que requereixen les aplicacions aeronàutiques.

Ara ja podem abordar amb més coneixement de causa el present i el futur de les aplicacions geotelemàtiques en aquest sector.

4.1.1. Aplicació en el sector aeronàutic

Les principals àrees d'aplicació dels sistemes GNSS en el sector aeronàutic són les següents:

- El transport aeri comercial en les diferents fases del vol
- El control i guiatge d'aeronaus en terra
- Els serveis aeris de rescat
- L'aviació esportiva

En l'actualitat, la Unió Europea ha iniciat un programa d'investigació molt ambiciós per a millorar el sector aeronàutic i, en concret, els sistemes d'ATM[45] (gestió del trànsit aeri). El programa es denomina **SESAR**[46] (investigació en ATM i espai aeri únic europeu) i està coordinat per Eurocontrol, l'organització

(45) De l'anglès *air traffic management*.

(46) De l'anglès *Single European Sky ATM Research*.

europea per a la seguretat de la navegació aèria, i format per un consorci d'aerolínies, aeroports, gestors de navegació aèria i empreses de la indústria aeronàutica. Els estàndards i les conclusions a què arribi el programa SESAR s'aplicaran a partir de l'any 2020.

Referència web

Podeu trobar una referència sobre els estàndards i les conclusions del SESAR a:

http://www.sesarju.eu/

Cal tenir present que el trànsit aeri europeu no ha parat de créixer en els últims anys, que els sistemes actuals són a la vora de la saturació i que els sistemes de control del trànsit aeri tenen més de 20 anys d'antiguitat. Així, va sorgir la necessitat de millorar els sistemes de comunicacions, navegació i vigilància per a poder augmentar la capacitat de l'espai aeri europeu i la seva eficiència sense posar en risc la seguretat.

El programa SESAR incorpora el concepte de *single European sky*, SES (cel únic europeu), que consisteix a integrar els sistemes i els espais aeris dels diferents estats implicats, i sincronitzar els esforços de cadascun d'ells per a marcar una estratègia conjunta en la qual es definiran nous estàndards per als sistemes ATM.

Els objectius del programa SESAR són els següents:

- Optimitzar l'espai aeri amb un augment del 73% respecte al del 2005.
- Reduir els costos operatius a la meitat dels actuals.
- Millorar els nivells de seguretat a un nivell 10 vegades superior als actuals.
- Minimitzar l'impacte ambiental de l'aviació quant a temps en vol, consum de combustible, emissions de CO_2 i contaminació acústica. Això, quantificat, significa estalviar (de mitjana i per vol) de 8 a 14 minuts, de 300 a 500 kg de combustible i de 945 a 1.575 kg de CO_2.

Passem ara a veure com s'han utilitzat els sistemes geotelemàtics basats en GNSS en les àrees d'activitat anteriors i com se'n pot estendre l'ús encara més.

Transport aeri comercial en les fases crítiques del vol

El transport aeri comercial està vivint en els últims anys un creixement a escala mundial del 4% anual. Si el creixement continua a aquest ritme, el nombre de vols es duplicarà en 20 anys; en conseqüència, es generaran congestions i colls d'ampolla que l'alentiran.

Una forma de mitigar aquest problema és augmentar la capacitat dels passadissos aeris, i per a això cal disposar de sistemes GNSS més fiables i precisos, i també de sistemes de vigilància aèria adequats a les noves necessitats. Quan millorin els nivells d'exactitud i d'integritat, es podrà reduir la distància en

vol entre les aeronaus, la qual cosa ajudarà a reduir la congestió de l'espai aeri. Per a aconseguir aquest objectiu és necessari disposar de més constel·lacions GNSS en funcionament.

Els operadors de navegació aèria tenen com a prioritat la gestió de les aeronaus durant les fases crítiques del vol en qualsevol condició climatològica. Per aquest motiu, la posada en funcionament de sistemes d'augmentació local en els aeroports (del tipus GBAS, que ja coneixem) conjuntament amb l'instrumental GNSS adequat a bord de l'aeronau aconseguirà, a mitjà termini, complir els estàndards aeronàutics necessaris per a aproximacions de precisió i poder estendre aquests sistemes d'enlairament i aterratge a tots els aeroports i totes les aeronaus d'ús civil. Aquest és un dels objectius que té programat aconseguir per a la dècada del 2020 el projecte europeu SESAR, tot just estrenat.

Control i guiatge d'aeronaus en terra

La missió de l'operador aeri no acaba quan l'aeronau aterra, ha de conduir-la de manera fiable i segura a la passarel·la (*finger*), a l'hangar o a la zona d'aparcament. Si les aeronaus disposessin d'un terminal geotelemàtic a bord i la seva posició es transmetés cap al controlador aeri de torn, es podrien guiar les aeronaus amb tota seguretat fins a la seva zona de pàrquing. En l'actualitat aquestes operacions es fan únicament amb suport visual, de senyals i de ràdio.

Serveis aeris de rescat

Els serveis aeris de rescat estan basats gairebé exclusivament en helicòpters. L'ús de terminals geotelemàtics a bord facilitaria les tasques de recerca i rescat en condicions meteorològiques poc propícies (per exemple, baixa visibilitat o boira), cosa que acceleraria l'arribada de l'atenció mèdica als accidentats.

Activitats aèries d'esbarjo

L'aviació esportiva (planadors, ultralleugers i globus aerostàtics) també s'ha beneficiat de la introducció de sistemes geotelemàtics a bord. La gestió de les aeronaus i de l'espai aeri en conjunt es veuria facilitada si es pogués disposar d'un centre de control que pogués mostrar la posició de totes les aeronaus d'esbarjo en vol en temps real. Dos aspectes fan impossible, de moment, accedir a aquest escenari idíl·lic:

1) La falta de legislació sobre aquest tema.

2) La despesa econòmica que suposaria per als practicants d'aquestes activitats dotar les seves aeronaus d'un terminal geotelemàtic homologat per aviació civil per a aquestes activitats.

En l'actualitat els sistemes GNSS s'utilitzen a bord únicament com a elements d'orientació i guiatge i a títol personal, ja que no són obligatoris.

Des de fa uns anys es pot trobar al mercat un sistema d'alerta de col·lisió que, dissenyat originalment per a planadors, avisa el pilot si la seva trajectòria es pot creuar amb la trajectòria d'una altra aeronau que porti instal·lat el mateix instrument.

Aquest sistema, anomenat *FLARM*, transmet per ràdio missatges amb la seva posició i el seu vector de velocitat i, al mateix temps, rep missatges emesos per equips similars. Amb un algorisme de predicció de moviment contingut en el seu microprocessador, calcula si pot haver-hi encreuament de trajectòries i avisa el pilot acústicament i visualment si el resultat és positiu.

4.1.2. Aplicacions espacials

La primera utilització del sistema GPS en un vehicle espacial va ser en el programa Landsat de la NASA als anys vuitanta. Cal destacar que gràcies a les imatges obtingudes en aquestes missions, una expedició de la National Geographic Society va descobrir a la península del Yucatán ruïnes de ciutats maies desconegudes fins aquell moment.

Després de les missions Landsat, els transbordadors nord-americans i l'Estació Espacial Internacional van ser equipats amb receptors GPS per a realitzar un seguiment i control continu i d'exactitud el 100% del temps.

L'Estació Espacial Internacional

L'òrbita de l'Estació Espacial Internacional és a una altura de 360 km i fa una volta completa al planeta cada 92 minuts.

Els satèl·lits GPS se situen a una altura de 20.200 km, molt per sobre d'aquesta estació.

L'ús de receptors GNSS a bord de vehicles espacials, les òrbites dels quals estiguin per sota de la constel·lació GPS, simplifica i facilita la determinació contínua de la seva òrbita.

Les constel·lacions de satèl·lits GNSS actuals es van dissenyar per a proveir de senyals de posicionament i de navegació receptors situats en la superfície de la Terra i, per tant, les seves antenes apunten cap a la seva superfície. El disseny de les futures constel·lacions GNSS disposarà de senyal de posicionament també per a vehicles espacials que es trobin per sobre de la seva òrbita, per la qual cosa inclouran antenes que apuntin cap a l'espai exterior. En el moment en què això ocorri podrem dir que tenim una veritable cobertura GNSS a tot el planeta.

4.2. Aplicacions en el sector marítim

És prou conegut que la majoria de les mercaderies viatgen en vaixell i no solament són els grans vaixells de càrrega els que circulen per mars, canals i rius, el trànsit marítim (entès en sentit ampli) és ingent i per això és de gran importància gestionar-lo de tal manera que se'n garanteixi la seguretat i l'eficiència: l'ús de sistemes geotelemàtics basats en GNSS només pot aportar una gran ajuda i benefici tant per als usuaris de les vies marítimes com per a les empreses o institucions que les gestionen o administren.

A continuació descriurem algunes de les aplicacions GNSS que s'han desenvolupat en el sector marítim.

4.2.1. Seguiment del trànsit i la navegació marítima

L'**Organització Marítima Internacional (OMI)** és l'organisme que regula el trànsit marítim en tots els mars i oceans del planeta. Des de desembre del 2004 l'OMI va imposar l'ús de sistemes d'identificació automàtica[47] en totes les embarcacions que superin els 1.200 m^3 de capacitat. D'aquesta manera es pot disposar d'un sistema de gestió del trànsit marítim que incrementi la seguretat, reguli el pas d'embarcacions per les vies d'alta densitat de trànsit i localitzi la posició dels vaixells de manera periòdica en un CC, per a evitar col·lisions.

(47) *AIS* en anglès.

Referència web

Organització Marítima Internacional (OMI): http://www.imo.org

El terminal AIS és un equip que s'adapta a la descripció que hem donat de TG, però especialitzat i adaptat al sector marítim. Cada terminal AIS instal·lat en un vaixell transmet la seva posició, velocitat i rumb, conjuntament amb informació que identifica el vaixell, les seves dimensions i detalls del transport que realitza en aquests moments.

Un terminal AIS està format per un receptor GPS, un transmissor de ràdio amb un abast d'uns 30 km que utilitza els canals 87 i 88 de VHF i una CPU. Periòdicament, el terminal emet les seves dades perquè altres vaixells i el centre de control marítim les rebin i les processin adequadament.

Referència web

Podeu veure la implementació d'un sistema de seguiment com el que s'ha descrit en el web de Marinetraffic, en l'enllaç següent:

http://marinetraffic.com/ais/

La informació proporcionada per l'AIS pot ser utilitzada, al seu torn, per a molts propòsits, com la seguretat marítima, la lluita contra la contaminació i la identificació i el seguiment de vaixells. De tot això se n'encarrega l'EMSA, l'Agència Europea de Seguretat Marítima.

4.2.2. Maniobres en el port

Els proveïdors de serveis marítims identifiquen com a fases crítiques de la navegació l'aproximació al port i les maniobres dins de l'àrea del port, particularment en condicions meteorològiques desfavorables. En aquestes tasques tan delicades, cal utilitzar els sistemes d'augmentació terrestres, ja que aquestes maniobres requereixen posicionament d'alta precisió per a evitar danyar el buc dels vaixells durant la seva execució.

Altres usos

Tasques com el drenatge de dics i canals també resulten beneficiades per l'ús de sistemes GNSS, que permeten disposar de bases de dades i de SIG amb mapes actualitzats amb els treballs fets a cada zona del port.

4.2.3. Seguiment de flotes de vaixells i de contenidors

Gestionar la capacitat de càrrega i transport d'una flota de vaixells petroliers o d'una flota de vaixells portacontenidors són aplicacions de gran valor afegit per als armadors.

En el transport de contenidors, una causa important de pèrdues econòmiques, no solament per al client, sinó també per al transportista i per a l'empresa asseguradora, és l'extraviament de contenidors en el trànsit d'un port a un altre. Per a mitigar aquestes pèrdues s'han desenvolupat terminals geotelemàtics que, adherits a l'exterior dels contenidors, transmeten per ràdio de curt abast les seves dades de posició i estat a una unitat central a bord del mateix vaixell, que les retransmet via satèl·lit a les oficines centrals.

4.2.4. Recerca i rescat en alta mar

Actualment, està en funcionament un sistema d'emergències marines basat en balises que transmeten en UHF un missatge d'alerta cap a la constel·lació de satèl·lits COSPAS-SARSAT, que el reenvia cap a una estació terrestre que s'encarrega de calcular la posició de la balisa a partir del senyal rebut. L'exactitud que s'obté és de diversos quilòmetres i l'alerta no s'activa en temps real, ja que es requereix temps per a rebre tots els missatges dels satèl·lits i per a processar la informació.

COSPAS-SARSAT

Sistema internacional d'ajuda en emergències basat en satèl·lits, la missió del qual és la recerca, el rescat i l'enviament d'alertes de desastres naturals. Va ser posat en marxa pels EUA, el Canadà, França i Rússia.

Amb la nova generació de satèl·lits GNSS s'ha previst incorporar el servei de recerca i rescat SAR[48]: es dissenyaran noves balises de salvament que emetran un missatge d'alerta en cas d'emergència, que serà rebut i retransmès en temps real pels satèl·lits GNSS cap als centres de rescat i ajuda. En aquests centres es localitzarà amb exactitud GNSS el lloc on s'ha produït l'emergència. A més, com a resposta, s'emetrà un missatge curt dirigit a la balisa en estat d'emergència, amb un text que indiqui que el missatge d'alerta s'ha rebut i que s'ha iniciat l'operació de rescat o ajuda.

(48) De l'anglès *search and rescue*.

Tant la propera generació de satèl·lits GPS com el sistema Galileo tenen previst incorporar a bord dels seus satèl·lits aquesta nova funcionalitat. Els sistemes que s'instal·laran són els següents:

- ***DASS***[49] (sistema d'alerta de socors per satèl·lit) en la constel·lació GPS.
- **SAR Galileo**, en els satèl·lits del sistema europeu.

(49) De l'anglès *distresss alerting satellite system*.

Referència web

Podeu trobar informació rellevant de DASS a:
http://searchandrescue.gsfc.nasa.gov/dass/index.html

4.2.5. Altres aplicacions

A continuació us detallem diverses aplicacions del sector marítim que destaquen pel grau d'enginy o d'especialització:

- Instal·lació i manteniment de cables submarins de comunicacions.
- Estudi de marees i corrents marins.
- Seguiment de blocs de gel despresos dels pols.
- Seguiment i mitigació d'abocaments de petroli i productes químics.
- Seguiment de tempestes tropicals, tifons i huracans.

- Seguiment del transport de materials perillosos.
- Navegació de precisió en canals i rius.
- Oceanografia i topografia hidrogràfica (dades del fons marí adquirits per sondes amb GPS).
- Aplicacions pesqueres (localització i seguiment de bancs de peixos, recollida de xarxes i paranys deixats al mar, etc.).

En el subapartat "Aplicacions en el sector terrestre" tractareu les aplicacions que han aparegut en el sector terrestre que, com no podia ser d'una altra manera, són majoritàries, atès que la majoria de les activitats humanes es fan o transcorren sobre la superfície terrestre emergida.

4.3. Aplicacions en el sector terrestre

A continuació presentem una sèrie d'àrees en les quals s'han desenvolupat aplicacions geotelemàtiques terrestres molt especialitzades:

- Agricultura
- Construcció i obra pública
- Automoció
- Sistemes intel·ligents de transport, ITS[50]
- Navegadors personals
- Entreteniment i oci
- Localització d'equips de rescat
- Serveis basats en la localització, LBS[51]

(50) De l'anglès *intelligent transportation systems*.

(51) De l'anglès *location based services*.

Del grup anterior d'aplicacions, descriurem amb més detall les aplicacions relacionades amb els sistemes intel·ligents de transport (ITS) i amb els serveis basats en la localització (LBS), a causa de la gran varietat de solucions operatives que hi ha en l'actualitat en aquestes dues àrees. Això ens servirà per a comprendre millor les diferents classes d'aplicacions geotelemàtiques.

4.3.1. Sistemes intel·ligents de transport (ITS)

Els ITS són el conjunt d'aplicacions geotelemàtiques destinades a millorar les condicions de conducció de tota mena de vehicles, per carretera o per via fèrria.

Els ITS proporcionen al conductor informació en temps real de diferents paràmetres de la via (com per exemple, l'estat dels semàfors, el grau de congestió o si hi ha talls per obres), amb l'objectiu d'avisar-lo amb l'antelació suficient de qualsevol incidència i així tingui temps de reaccionar.

Amb això s'aconsegueixen els objectius següents:

- Augmentar la seguretat vial.
- Disminuir els accidents.
- Estalviar temps i combustible en els desplaçaments i, en conseqüència, disminuir l'emissió de CO_2 a l'atmosfera.

Les **aplicacions ITS** consisteixen en sistemes capaços d'adquirir, emmagatzemar, processar i transmetre informació en temps real de les condicions de trànsit en una via o en una xarxa viària als seus usuaris.

L'usuari ha de disposar al vehicle d'un sistema capaç de rebre aquesta informació i de mostrar-la de forma segura, ràpida i eficient, habitualment gràcies a mitjans acústics, lluminosos o gràfics o una combinació de tots tres.

Els components dels sistemes ITS són un subconjunt adaptat dels propis d'una aplicació geotelemàtica genèrica:

- Sistemes d'adquisició de dades de les vies.
- Centre de control i processament de la informació.
- Infraestructures de comunicació que permeten que s'estableixin els canals de comunicació següents:
  - De la via al centre de control.
  - Del centre de control a la via.
  - De la via a l'usuari.
- De l'usuari a la via.
- Un terminal geotelemàtic a bord del vehicle.

En l'actualitat, els sistemes ITS estan en procés de disseny, experimentació i prova per part d'administracions públiques de diferents països. Els esforços se centren en aplicacions innovadores, com per exemple els sistemes de conducció sense conductor (s'utilitzen, com a elements guia, marques en el ferm de la carretera i càmeres de vídeo o sistemes de senyalització instal·lats a bord del vehicle que reben informació de les infraestructures disponibles situades al costat de la carretera: semàfors, senyals verticals, etc.). Algunes de les aplicacions ja han passat a la fase de proves (els sistemes de telepeatge, per exemple) i altres estan en plena explotació, com els navegadors personals per a vehicles.

Referències webs

Algunes referències sobre diferents sistemes ITS:
http://www.ertico.com/
http://www.itsa.org/
http://www.its.dot.gov/

Telepeatge

En l'àmbit europeu s'està assajant amb el sistema iToll, de l'empresa espanyola Ikusi, un sistema de peatge en *free flow* (sense aturar-se a les barreres) basat en GNSS. iToll proposa estudiar, dissenyar i implementar nous sistemes de peatge per al transport per carretera, el cobrament del qual sigui electrònic, sense necessitat que els vehicles hagin d'aturar-se en una cabina o hagin de reduir la velocitat de trànsit com ocorre amb el sistema ViaT actual. Per a aconseguir les seves funcionalitats, iToll utilitza sistemes de comunicacions de curt abast i visió per càmeres a les quals s'apliquen algorismes de visió artificial per a identificar les matrícules dels cotxes que no disposin de terminal iToll. D'aquesta manera s'aconsegueix el cobrament del peatge de tots els vehicles a la velocitat de circulació legal de l'autopista.

Google

Relacionada amb el sector de l'automoció, cal destacar la iniciativa de Google per a aconseguir un vehicle que es pugui conduir sense conductor, un bon exemple de l'ús de les tecnologies de posicionament:
http://en.wikipedia.org/wiki/google_driverless_car

Ja hem repassat algunes de les aplicacions geotelemàtiques en el món de l'ITS. A continuació abordarem la descripció d'una de les aplicacions amb més perspectiva d'evolució i de negoci dins de les aplicacions geotelemàtiques, però que encara no s'ha desenvolupat prou: els serveis basats en la localització.

4.3.2. Serveis basats en la localització (LBS)

Els LBS són aplicacions geotelemàtiques per a ús personal que ofereixen un servei de valor afegit als seus clients, habitualment per subscripció o prepagament, les característiques principals de les quals són les següents:

- Ocorren en temps real.
- Utilitzen la posició de l'usuari com a dada d'entrada.
- Disposen d'un SIG i una base de dades espacial i especialitzada com a base dels serveis que ofereixen.
- Ofereixen informació veraç i actualitzada, i un servei immediat i eficaç realment útil per als seus clients.

Els serveis i les aplicacions LBS poden cobrir qualsevol activitat relacionada amb la mobilitat de les persones i el seu públic potencial inclou qualsevol perfil social. Algunes aplicacions dels LBS són:

- Ajudes per a la navegació.

- Serveis de seguretat/emergències/salut.
- Serveis d'oci i d'ajuda en viatge.
- Serveis per a millorar la productivitat d'una empresa.
- Ajudes a la gestió d'equips de treballs mòbils.
- Aplicacions automatitzades entre màquines, com la detecció d'avaries en ascensors o la detecció d'accidents en cotxes.

En una aplicació LBS intervenen un gran nombre d'intermediaris: operadors de telecomunicació, proveïdors de serveis, de contingut, de programari intermediari (*middleware*) i de mitjans de pagament. Aquest gran nombre d'intermediaris en la cadena del LBS genera l'obstacle més gran que queda per resoldre per al seu desenvolupament: no disposar de suficients mecanismes que garanteixin la privadesa i la protecció de les dades dels seus usuaris.

Serveis LBS

A tall d'exemple, descriurem tot seguit alguns serveis LBS existents en l'actualitat i que fins i tot es poden contractar en territori de l'Estat espanyol:

- ***ViaMichelin Web Services***: proveïdor de continguts turístics que ofereix a l'usuari, en funció de la seva posició actual, entre d'altres, els serveis següents: localitzar diferents tipus d'establiments, seleccionar zones comercials properes, visualitzar sobre cartografia informació dels voltants, etc.

- ***Sports Tracker***, ***Runkeeper***, ***Endomondo***: utilitats basades en el seguiment de l'activitat física de l'usuari. Poden traçar la ruta recorreguda i proporcionar informació relativa a la velocitat, la distància i el temps emprat per a fer l'activitat. Permeten analitzar i compartir totes les dades a les xarxes socials, tant de l'activitat esportiva com de les rutes associades. En general estan disponibles en totes les plataformes de desenvolupament d'aplicacions mòbils (Android, Blackberry, iPhone, Symbian, Windows Phone, etc.).

- ***TomTom Mobile***: servei que proporciona a l'usuari informació de navegació. Mostra en la pantalla del telèfon mòbil o PDA un mapa amb les instruccions que ha de seguir per a arribar a la destinació indicada. Addicionalment, el servei estima el temps que es trigarà a realitzar la ruta i els punts d'interès propers a la ruta que l'usuari hagi escollit: gasolineres, restaurants, hotels, etc.

- ***Foursquare***: és un servei LBS aplicat a les xarxes socials. Permet trobar persones i serveis propers, mantenir-se al dia amb els amics i compartir experiències amb fotos i comentaris. La idea principal de la xarxa és fer *check-ins* en el lloc específic on hom es troba i anar guanyant punts per descobrir nous llocs. A partir de la informació que els usuaris han anat introduint el servei ha anat evolucionant cap a un motor de recomanacions.

- ***MoviStar Localízame*** (Espanya): aquest servei localitza l'usuari dins de la xarxa mòbil de Movistar i comparteix aquesta informació amb una llista de contactes prèviament seleccionats. També permet desar en memòria de forma periòdica la posició i després poder traçar la ruta seguida sobre un mapa.

Serveis LBS sense fil

Ja estan apareixent també serveis comercials basats en la localització que utilitzen tecnologies sense fil (majoritàriament Wi-Fi) per a calcular la posició. El sistema es basa en la utilització de punts d'accés com a punts de suport per al càlcul de la posició de l'usuari. Actualment s'ha desplegat per a usos mèdics i també relacionats amb l'oci.

Referències web

Podeu veure exemples d'aquesta tecnologia en els webs següents:

www.ekahau.com

www.insiteo.com

Un exemple d'aplicació d'aquesta tecnologia la podeu trobar a la pàgina web següent, una aplicació amb capacitat de localització a l'interior d'un centre comercial:

www.lamaquinista.com/W/do/centre/aplicacion-android

Figura 11. Exemple d'aplicació basada en LBS sense fil.

A continuació veurem aplicacions dels sistemes GNSS de caràcter científic o tècnic, en què els usuaris i les aplicacions tenen un perfil molt especialitzat.

4.4. Aplicacions de caràcter científic

La comunitat científica europea està mostrant des de fa uns anys un gran interès per organitzar l'explotació científica del sistema europeu de navegació Galileo. S'organitzen unes trobades bianuals (Galileo Science Colloquium) que constitueixen el fòrum de discussió i d'exposició d'idees i projectes de recerca. Les principals matèries d'interès s'han classificat en els grups següents:

- **Aspectes relacionats amb la navegació de satèl·lits**: sistemes geodèsics de coordenades de referència, transferència de patrons de temps i freqüèn-

cia, marc relativista, rellotges a bord i en terra, òrbites, radiació al voltant de l'òrbita dels satèl·lits GNSS, enllaços entre satèl·lits i paràmetres de propagació de senyals, incloent-hi correccions troposfèriques i ionosfèriques.

- **Aplicacions científiques**: meteorologia, geodèsia, geofísica, física de l'espai, oceanografia, estudi de la superfície de la Terra i d'ecosistemes, mesures diferencials, mesures de fase, mesures per ocultació de senyals de ràdio (utilitzant receptors situats en terra, en avions o en satèl·lits).

- **Física fonamental**: astronomia, comunicació quàntica i relativitat general utilitzant observacions GNSS.

També s'han creat els premis Galileo Masters, que premien iniciatives i projectes relacionats amb l'ús de les tecnologies de posicionament.

Referència web

Podeu trobar més informació, i també els projectes premiats, a:
www.galileo-masters.eu/

A continuació presentem algunes aplicacions geotelemàtiques de caràcter científic:

- **Captura de dades cartogràfiques**. Sense mapes ni cartes de navegació els sistemes GNSS són de molt poca utilitat. Per tant, el seu primer ús és l'obtenció de mapes digitals de precisió de les vies de comunicació que seran la base sobre la qual es construiran les diferents aplicacions geotelemàtiques.

- **Geodèsia i topografia**. La geodèsia va ser la primera disciplina a crear aplicacions GNSS, en els inicis de la posada en marxa del sistema GPS, així com en el disseny i la fabricació de receptors GPS d'alta precisió aptes per a treballs geodèsics tant en postprocessament com en temps real. L'elaboració de cadastres mitjançant la mesura precisa de finques, i fins i tot l'amidament de fronteres han estat algunes de les aplicacions més habituals en aquestes àrees.

- **Sincronització de rellotges**. La possibilitat de disposar d'una base de temps comuna global amb una precisió superior als 50 nanosegons (10^{-9} s) ha fet dels sistemes GNSS el mitjà idoni per a sincronitzar sistemes situats en qualsevol part del globus, com per exemple les xarxes de subministrament elèctric, les d'ordinadors o les entitats bancàries.

- **Sismologia**. L'aplicació d'algorismes molt especialitzats i en temps real sobre el senyal adquirit per un receptor GPS ha permès estudiar el moviment de l'escorça terrestre abans, després i durant un sisme. Els sismòlegs estan estudiant la relació que hi ha entre els moviments previs a un sisme i el terratrèmol en si.

- **Estudi de la ionosfera i de la troposfera**. Els sistemes GNSS transmeten des de més de 20.000 km d'altura. En el seu viatge, els senyals electromag-

nètics travessen les diferents capes de l'atmosfera, entre les quals la ionosfera i la troposfera.
L'anàlisi dels senyals rebuts a la Terra permet deduir alguns paràmetres físics d'aquestes capes, com la densitat d'electrons en la ionosfera o la quantitat de vapor d'aigua en la troposfera. El coneixement d'aquestes dades no és trivial, ja que aquesta informació és de gran importància per als sistemes de posicionament d'alta precisió. Si els receptors GNSS introdueixen en els algorismes de càlcul de la posició les correccions ionosfèriques i troposfèriques corresponents a la seva zona, es pot millorar el càlcul i evitar possibles pèrdues de dades causades per les fortes distorsions a les quals estan sotmesos els senyals electromagnètics al seu pas per aquestes dues capes atmosfèriques.
Hi ha institucions i organitzacions internacionals que disposen de xarxes d'estacions GNSS distribuïdes arreu del món per a l'adquisició i la distribució de senyals GNSS i el seu processament posterior i obtenció de models de comportament de l'atmosfera.

Tot seguit ens ocuparem d'un conjunt d'aplicacions que, per la seva varietat i caràcter innovador, permeten agrupar-les en un grup que anomenarem *aplicacions creatives*.

4.5. Aplicacions creatives

En aquest apartat tractarem algunes de les aplicacions que hem anomenat *creatives*:

- **Aplicacions per a combatre el canvi climàtic**. Potser una de les aplicacions que pot ajudar millor a combatre el canvi climàtic des del seu origen, és a dir, evitant la generació de gasos d'efecte d'hivernacle (CO_2), és l'ús de navegadors personals en els vehicles.
  Estudis recents fets a Alemanya i als EUA han demostrat que aquests sistemes estalvien temps en la realització dels trajectes, escurcen la distància recorreguda i, per tant, estalvien gasolina, cosa que es tradueix en un benefici econòmic per als usuaris i una generació de gasos d'efecte d'hivernacle més baixa.

- **Seguiment d'animals**. La miniaturització dels equips permet instal·larlos en una gran varietat d'animals de manera que els biòlegs etòlegs poden conèixer en temps real la situació dels animals marcats. Això permet elaborar estudis cada vegada més precisos dels moviments estacionals, els hàbits d'alimentació, etc. dels animals controlats.

Ramaderia bovina

En ramaderia bovina s'utilitzen equips geotelemàtics per a controlar tots els paràmetres vitals i industrials de les vaques: quilòmetres recorreguts cada dia, litres de llet produïts, variació de pes diària, ingesta d'aigua diària, hores en repòs i en moviment, etc. Es poden crear aplicacions similars per a altres tipus de ramaderia.

Nota

Aquest tipus d'aplicacions té un precedent a les solucions GNSS constituït per equips basats en el sistema ARGOS.

ARGOS és un sistema mundial de recollida de dades meteorològiques des de plataformes fixes o mòbils. Utilitza l'efecte Doppler per a localitzar el terminal de dades sobre la superfície terrestre. Aquesta tecnologia, que s'empra per la simplicitat, el baix consum i el baix cost, fa que es puguin aplicar els terminals en animals.

- **Seguiment d'icebergs**. La navegació marítima es veu freqüentment amenaçada pel despreniment de blocs de gel dels casquets polars que els corrents marins desplacen cap a zones de trànsit de vaixells de càrrega o de passatgers. Si s'instal·la un sistema geotelemàtic en els blocs de gel, mitjançant les comunicacions via satèl·lit es pot alertar els vaixells de l'acostament d'aquests blocs de gel a les rutes.

- **Guiatge de persones cegues**. Disposar de sistemes personals portàtils que permetin a una persona amb deficiència visual moure's amb precisió en un entorn urbà o rural és una de les aplicacions més perseguides pel col·lectiu d'invidents. Si bé no existeix en el mercat cap equip d'aquestes característiques, s'han dut a terme diverses investigacions i desenvolupaments sobre aquesta qüestió, entre els quals cal destacar el sistema Tormes, desenvolupat per l'empresa espanyola GMV. Perquè es puguin utilitzar aquests sistemes, s'ha de garantir que la precisió del senyal de posicionament rebuda romangui dins dels marges de treball necessaris durant el trànsit d'una persona pels carrers d'una gran ciutat. L'altura dels edificis provoca que les ocultacions dels satèl·lits GNSS siguin constants i, per tant, que el posicionament obtingut tingui un gran error.

- **Seguiment de nens en parcs d'atraccions**. En una polsera es pot incorporar un element electrònic passiu, denominat *tag*, que contingui les dades del nen. El pas de la polsera pels elements de detecció distribuïts pel parc temàtic indicarien al CC la posició del nen. Aquesta informació pot servir per a prevenir situacions perilloses, com podria ser l'accés a atraccions prohibides per l'edat del nen o l'accés a les sortides del recinte.

- **Seguiment de pacients amb Alzheimer**. La miniaturització aconseguida en els receptors GNSS ha permès generar equips de consum molt baix i grandària petita, fet que permetria utilitzar-los per a localitzar pacients d'Alzheimer que perden el sentit de l'orientació, abans que sigui massa tard.

- **Protecció de dones víctimes de violència domèstica**. Les dones víctimes de violència domèstica utilitzen telèfons mòbils amb GPS integrat per a poder ser localitzades en qualsevol moment des d'un CC. L'agressor disposa

també d'un equip similar. En el CC es coneixen ambdues posicions i es vigila que la distància entre elles no estigui per sota del límit d'allunyament establert pels tribunals. En cas d'emergència, els telèfons disposen d'un botó que, quan es pressiona, envia un SMS d'alerta al CC i estableix una trucada de veu amb aquest centre. A partir d'aquest moment, des del CC es pot fer un seguiment auditiu de què li està succeint a la víctima i queda registrat el so rebut per a revisar-lo posteriorment.

4.6. Aplicacions relacionades amb l'oci i el temps lliure

Les activitats relacionades amb l'oci i el temps lliure són un sector molt actiu, en el qual destaquen les aplicacions relacionades amb la ubicació, tal com hem vist en les aplicacions de serveis LBS.

La majoria d'aquestes aplicacions inclouen mapes i cartografia sobre la qual representar les rutes fetes. Habitualment disposen d'eines per a fer anàlisis exhaustives de les rutes (perfils, desnivells, planificació de rutes, comparació de rutes, etc.). La representació de les rutes es basa en les pistes (*tracks*), una col·lecció de punts de posició que formen un recorregut, i en les fites (*waypoints*), punts d'interès concrets de la pròpia ruta.

Totes aquestes aplicacions destaquen per la rica funcionalitat, però mostren els punts febles de la geolocalització fins al moment: Es basen en fitxers de pistes, dels quals hi ha una gran quantitat de formats. Això complica a un usuari no expert treballar-hi. D'altra banda, hi ha diverses eines per a convertir formats entre si. Potser el format GPX és el que té més adeptes, sense descartar el format KML/KMZ de Google gràcies a la bona acceptació de les aplicacions que l'utilitzen. Quant al format NMEA, és utilitzat majoritàriament per a la comunicació entre equips i no tant com a protocol per a compartir informació entre aplicacions.

GPX i NMEA

GPX, o *GPS exchange format*, és un esquema XML designat per a descriure la informació GPS entre aplicacions de programari.

El protocol NMEA 0183 és un mitjà normalitzat amb el qual es poden comunicar els instruments marítims i també la majoria de receptors GPS.

El va definir l'organització americana National Marine Electronics Association. Més informació a www.nmea.org.

L'ús dels mapes perquè serveixin de base a aquestes pistes també ha estat un problema a causa de la seva disponibilitat i –gairebé nul·la– universalitat. Gràcies a tecnologies com la de Google Maps o la més recent d'OpenStreetMap, aquest punt ha estat resolt en la majoria dels casos.

Les aplicacions que hem comentat en aquest apartat són, entre d'altres:

- CompeGPS

- OziExplorer
- IBP Index
- GPS2KML
- Treckbuddy
- GPSBabel

Destaquen també aplicacions com Wikiloc, que es defineixen com:

> "Un lloc per a descobrir i compartir rutes a l'aire lliure a peu, amb bici i de moltes altres activitats."

Aplicacions web que permeten la compartició de rutes de diferents activitats entre usuaris. Un pas més cap a la universalització de la informació.

4.7. Aplicacions de masses: el núvol i les xarxes socials

Els telèfons intel·ligents han marcat un punt d'inflexió en l'ús de la geolocalització. Aquests dispositius mòbils tan avançats han convertit la geolocalització en un component més de les aplicacions de masses. Han aparegut una sèrie d'aplicacions que fan ús d'aquesta propietat, com Google Places, Facebook Places, Foursquare, etc. Gairebé totes estan vinculades a les xarxes socials, ja que la ubicació afegeix el component que manca en el "moment màgic": ser en un lloc determinat en un moment determinat. Això també ha donat lloc a aplicacions de gestió de bitllets (*ticketing*), de recerca d'amics de la xarxa social, de serveis propers, etc., la majoria pensades des d'un principi per a ser executades en dispositius mòbils.

Aquesta massificació també ha estat afavorida pel concepte de *núvol* i el fet de tenir la possibilitat d'estar permanentment connectat. Hi ha aplicacions com Endomondo, RunKeeper, etc. que permeten publicar gairebé instantàniament tot tipus d'activitats en les quals intervé la localització. La majoria utilitzen la cartografia universal: **Google Maps**. Ja ens podem oblidar de les pistes i les eines de conversió de rutes, ja que des del mòbil (amb GPS) podem publicar-ho i compartir-ho amb qui sigui. Tampoc hem de pensar si disposem o no de cartografia de la zona, segur que trobarem la cartografia que necessitem (Google Maps, OpenStreetMap). Entrenaments, sortides amb amics, la sortida amb bici del diumenge... tot ho podem publicar i compartir amb els nostres contactes a la xarxa.

4.8. Aplicacions de realitat augmentada

No podem deixar d'esmentar les aplicacions de realitat augmentada relacionades amb la posició de l'usuari: Wikitude, Layar, etc. Aquestes aplicacions permeten descobrir tot allò que hi ha al voltant d'un usuari d'una manera completament nova. Mitjançant l'ús de la càmera, el GPS i els sensors inercials,

n'hi ha prou amb sostenir el telèfon intel·ligent per a explorar els voltants. A la pantalla de la càmera se superposen els objectes i la informació de manera interactiva.

Aquestes plataformes permeten desenvolupar noves aplicacions molt interessants, com ara la recerca de serveis propers, la recerca d'elements d'informació, etc. amb una interfície totalment nova.

Referències web

www.wikitude.com
www.layar.com
www.mixare.org

Hi ha altres aplicacions de realitat augmentada en les quals intervé la posició de l'usuari. Algunes poden ser molt útils per al contingut d'aquesta assignatura, com ***Satellite AR***, que permet veure la posició dels satèl·lits al cel (també la constel·lació GPS o, properament, la del sistema Galileo).

Unes altres són de propòsit general, com ***Google Skymap***, que permet veure la situació dels astres al cel.

4.9. Aplicacions de caràcter militar

Descriurem ara algunes de les aplicacions militars per a les quals la utilització del sistema GPS constitueix l'element clau del sistema.

- **Gestió de cossos de seguretat**. Els quarters generals (mòbils o fixos) disposen de sales de control on es rep en temps real la posició dels recursos humans i materials, cosa que en millora la gestió.
  Els equips geotelemàtics utilitzats en aquestes aplicacions es mouen en circuits restringits al cercle militar i allunyats dels mercats de consum.

- **Gestió d'equips de treball en cas d'emergències**. Aquesta és l'aplicació d'ús civil més habitual dels equips i infraestructures dissenyades per a ús militar. Les situacions extremes a què pot estar sotmesa una població civil després d'una catàstrofe de caràcter natural o antropogènica són similars a les situacions bèl·liques per a les quals s'han dissenyat els sistemes militars. Per aquest motiu, cada any aquests sistemes ajuden a salvar un gran nombre de vides malgrat que, d'altra banda i en altres escenaris, ajuden també a destruir-les.

- **Descobriment de carreteres cobertes per la neu**. La combinació d'equips geotelemàtics i de SIG utilitzats conjuntament i en temps real, permet trobar carreteres cobertes per la neu. La seva utilitat és evident: evitar la immobilització d'una columna de vehicles, la puntualitat dels quals a arribar a l'objectiu és decisiva.

- **Guiatge de míssils i d'armament en general**. Es col·loquen a l'interior de projectils sistemes de posicionament i navegació miniaturitzats que poden reduir l'error d'apuntament a valors centimètrics.

- **Guiatge d'UAV[52](vehicles aeris no tripulats)**. La missió dels UAV sol ser d'observació i captura de dades en territoris que, pel seu difícil accés per terra, tenen la via aèria com a únic recurs per a la seva vigilància. Un UAV incorpora una unitat de posicionament i de navegació que li permet ser autosuficient per a realitzar una missió d'observació o bé ser telecontrolat en temps real des de qualsevol lloc, gràcies als avançats sistemes de telecomunicacions que duen a bord. Aquests avions, l'envergadura dels quals pot variar entre pocs centímetres i desenes de metres, estan equipats amb una gran varietat de sensors (infrarojos per a visió nocturna, meteorològics, etc.), càmeres fotogràfiques i de vídeo, radars, etc. i gràcies als sistemes de telecomunicació integrats (via satèl·lit o via ràdio terrestre) poden transmetre en temps real les dades adquirides a un centre de comandament i control, on es prendran les decisions convenients.

- **Gestió de recursos humans en el camp de batalla**. El camp de batalla conforma l'escenari més exigent pel que fa a aplicacions militars. Els equips que es dissenyen per a aquest propòsit han de suportar unes condicions de funcionament extremes, tant físiques com químiques: grans acceleracions i vibracions, cops bruscs, immersió en líquids, el pas d'altes a baixes temperatures o a l'inrevés en un lapse breu, atmosferes corrosives, etc.

(52)De l'anglès *unmanned aerial vehicles*.

Resum

Des de finals dels anys noranta, els sistemes GNSS s'han convertit en una eina generadora de valor afegit en els processos de negoci de les empreses de la majoria de sectors d'activitat. L'aparició de nous equips d'ús personal que incorporen GPS, com ara telèfons mòbils, tauletes (*tablets*), càmeres fotogràfiques o PDA, juntament amb la capacitat d'emmagatzemar dades geogràfiques i de tenir accés a serveis de telecomunicació, han permès que empreses i organitzacions ofereixin nous serveis que ajuden a optimitzar els recursos mòbils i a obrir nous mercats.

Les aplicacions dels sistemes de posicionament són molt variades i cada dia apareixen noves aplicacions que permeten fer de la mobilitat un avantatge i es desenvolupen noves funcionalitats que treuen una mica més de suc al coneixement de la posició.

En aquest mòdul s'ofereix una visió panoràmica del concepte de *geotelemàtica*. S'han definit els conceptes de *geotelemàtica* i d'*aplicació geotelemàtica* i s'han enumerat els elements que componen un sistema geotelemàtic. S'han definit els conceptes de *posicionament*, *localització* i *navegació* i s'han descrit els diferents sistemes de posicionament disponibles en l'actualitat, que constitueixen la clau de volta de la geotelemàtica i de les funcionalitats basades en la localització.

S'han vist els sistemes de posicionament per satèl·lit (GNSS) i s'han descrit els sistemes operatius que s'utilitzen, tant els actuals com el projecte Galileo. S'ha completat la visió dels sistemes de posicionament per satèl·lit amb els sistemes d'augmentació, i s'han explicat els basats en satèl·lits geostacionaris (els SBAS) i els basats en infraestructures terrestres (els GBAS).

A continuació s'han tractat els sistemes de posicionament terrestres, tant els que fan servir infraestructures de telecomunicacions com els especialment dissenyats per a la navegació marítima o aèria.

Després s'han enumerat i descrit les característiques i funcionalitats dels elements que componen un sistema geotelemàtic: s'han presentat les infraestructures sobre les quals s'assenten aquests sistemes i uns criteris bàsics per al disseny d'un centre de control.

Per a finalitzar, s'han descrit les aplicacions geotelemàtiques disponibles en l'actualitat en cadascun dels sectors industrials que focalitzen l'ús de terminals geotelemàtics.

Encara queden molts temes per resoldre quant als sistemes i aplicacions de localització. Sense anar més lluny, les aplicacions d'interior encara no estan resoltes i constitueixen un repte per a la innovació en la indústria GNSS. Encara haurem d'esperar uns anys per a veure o utilitzar nosaltres mateixos aplicacions geotelemàtiques que ens localitzin i ens guiïn per l'interior d'edificis. Potser podreu ser vosaltres els qui desenvolupeu una d'aquestes aplicacions.

Abreviatures

A-GNSS (*assisted GNSS*) GNSS assistit

AOA (*angle of arrival*) Angle d'arribada

ARGOS (*Advanced Research and Global Observation Satellite*) Satèl·lit per a l'observació i la investigació de la terra

ATM (*air traffic management*) Gestió del trànsit aeri

BD Base de dades

CC (*control centre*) Centre de control

CID o **CELL ID** (*cell identification*) Identificació de cel·la

COO (*cell of origin*) Cel·la d'origen

COSPAS/SARSAT (*Cosmitscheskaja Sistema Poiska Awarinitsch Sudow* (*Russian Space System for Search of Vessels in Distress*) / *Search And Rescue Satellite-Aided Tracking*) Organització SAR internacional

CPU (*central processing unit*) Unitat central de procés

CS (*commercial service*) Servei comercial de Galileo

DAB (*digital audio broadcasting*) Difusió d'àudio digital, també anomenada ràdio digital

DASS (*distress alerting satellite system*) Sistema d'alerta de socors per satèl·lit

DSRC (*dedicated short range communication*) Comunicació de curt abast

EC (*European Commission*) Comissió Europea

EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) Servei europeu d'augmentació per a la navegació basat en satèl·lits geostacionaris

E-OTD (*enhanced observed time difference*) Observació de la diferència de temps millorada

ESA (European Space Agency) Agència Espacial Europea

EU (European Union) Unió Europea

EUA Estats Units d'Amèrica

FM (*modulated frequency*) Freqüència modulada

FTP (*file transfer protocol*) Protocol de transferència d'arxius

GAGAN (*GPS and geo augmented navigation*) Navegació GPS amb augmentació basada en satèl·lits geostacionaris

GBAS (*ground based augmentation system*) Sistema d'augmentació basat en terra

GEO (*geosynchronous Earth orbit*) Òrbita terrestre geostacionària

GIOVE (*Galileo in-orbit validation element*) Element de validació en òrbita per a Galileo

GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, Global Navigation Satellite System*) Sistema de navegació global per satèl·lit

GNSS (*global navigation satellite system*) Sistema global de navegació per satèl·lit

GPRS (*general packet radio services*) Serveis generals de ràdio per paquets

GPS (*global positioning system*) Sistema de posicionament global

GSM (*global system for mobile communications*) Sistema global de comunicacions mòbils

GSTB V1 (*Galileo system test bed V1*) Banc de proves per al sistema Galileo, versió 1

GT (*geotelematic terminal*) Terminal geotelemàtic, TG

HSPA (*high speed packet access*) Accés d'alta velocitat de paquets

HTTP (*hypertext transfer protocol*) Protocol de transferència d'hipertext

HTTPS (*hypertext transfer protocol secure*) Protocol "segur" de transferència d'hipertext

I/O (*input/output of data*) Entrada/sortida de dades

ILS (*instrument landing system*) Sistema d'aterratge per instruments

IMU (*inertial measurement unit*) Unitat de mesura inercial, UMI

INS (*inertial navigation systems*) Sistemes de navegació inercial

IP (*ingress protection*) Grau de protecció

ISS (Internacional Space Station) Estació Espacial Internacional

ITS (*intelligent transportation systems*) Sistemes intel·ligents de transport

IVS (*invehicle signing*) Senyalització a l'interior del vehicle

JPALS (*joint precision approach and landing system*) Sistema conjunt de precisió per a l'aproximació i l'aterratge

LBS (*location based services*) Serveis basats en la localització

LAAS (*local area augmentation system*) Sistema local d'augmentació GNSS

LED (*light-emitting diode*) Díode electroluminescent

LEO (*low Earth orbit*) Òrbita terrestre baixa

Loran C (*long range radio aid to navigation C*) Radioajuda de llarg abast per a navegació, versió C

M2M (*machine to machine*) Protocol de comunicacions de màquina a màquina

MCC (*master control center*) Centre de control principal

MEO (*medium Earth orbit*) Òrbita terrestre mitjana

MSAS (*multi-functional satellite augmentation system*) Sistema d'augmentació per satèl·lit multifuncional

NASA (National Aeronautics and Space Administration) Administració Nacional de l'Aeronàutica i de l'Espai

NAVSTAR GPS (*Navigation System with Timing And Ranging Global Positioning System*) Sistema de posicionament global i sistema de navegació amb sincronització i mesura de distància

NLES (*navigation land Earth station*) Estació terrena per a navegació terrestre

OMEGA (*optimized method for estimated guidance accuracy*) Mètode optimitzat per a guiatge aproximat, basat en un sistema de navegació VLF (*VLF navigation system*)

OP (*open service*) Servei obert o lliure de Galileo

PC (*personal computer*) Ordinador personal

PMR (*private or professional mobile radio*) Ràdio mòbil privada o professional

PoI (*point of interest*) Punt d'interès

PPP (*public private partnership*) Societat participada pel sector públic i el privat

PPS (*precise positioning service*) Servei de posicionament precís

PRS (*public regulated service*) Servei públic regulat de Galileo

RAID (*redundant array of inexpensive disks*) Conjunt redundant de discos barats, o també conjunt redundant de discos independents

RFID (*radio frequency identification*) Identificació per radiofreqüència

RIMS (*ranging and integrity monitoring station* o *remote integrity monitoring station*) Estació de mesura de distàncies i de monitoratge de la integritat o estació remota per al monitoratge de la integritat

SA (*selective availability*) Disponibilitat selectiva

SAE Sistemes d'ajuda a l'explotació

SAR (*search and rescue*) Servei de recerca i rescat

SBAS (*satellite based augmentation system*) Sistema d'augmentació basat en satèl·lits

SESAR (*Single European Skyatm Research*) Investigació en ATM i espai aeri únic europeu

GIS (*geographic information system*) Sistema d'informació geogràfic, SIG

SMTP (*simple mail transfer protocol (Internet ·mail)*) Protocol simple per a transferència de correu per Internet

SOL (*safety of life*) Servei d'integritat de Galileo

SPE (*signal preemption*) Avís d'ocupació de la via

SPS (*standard positioning service*) Servei de posicionament estàndard

SS (*space segment*) Segment espacial

SSH (*secure shell*) Conjunt de comandes per a realitzar comunicacions segures en Unix

TCP/IP (*transmission control protocol / Internet protocol*) Protocol de control de transmissió / protocol d'Internet

TDOA (*time difference of arrival*) Diferència en el temps d'arribada

TETRA (*trans European trunked*) Sistema ràdio de comunicacions mitjançant entroncament de ràdio, d'abast transeuropeu

UHF (*ultra high frequency*) Freqüència ultraalta

TIC Tecnologies de la informació i les comunicacions

UMTS (*universal mobile telecommunications system*) Sistema universal de telecomunicacions mòbils

UWB (*ultra wide band*) Banda ultraampla

VHF (*very high frequency*) Freqüència molt alta

VLF (*very low frequency*) Freqüència molt baixa

VOR/DME (*very high frequency, omnidirectional ranging/distance measuring equipment*) Equip de mesura de distàncies d'abast omnidireccional de molt alta freqüència

VPN (*virtual private network*) Xarxa privada virtual

WAAS (*wide area augmentation system*) Sistema d'augmentació de gran abast

WIMAX Access (*worldwide interoperability for microwave*) Grup de treball per a la interoperabilitat per a accés a les comunicacions de microones de banda ampla

WLAN (*wireless local area network*) Xarxa sense fil d'àrea local

Bibliografia

Bibliografia bàsica

El Rabbany, A. (2002). *Introduction to GPS: The Global Positioning System*. Boston: Artech House.

Jacobson, L. (2007). *GNSS Markets and Applications (GNSS Technology and Applications)*. Norwood (Estats Units) / Londres (Regne Unit): Artech House Publishers.

Longley, P. A.; Goodchild, M. F.; Maguire, D. J. i altres (2005). *Geographic Information Systems and Science* (2a. ed.). Chichester (Regne Unit): John Wiley & Sons.

Bibliografia complementària

Kaplan, E. D.; Hegarty, C. J. (2006). *Understanding GPS: Principles and Application*. Boston: Artech House.

Pratap, M.; Enge, P. (2006). *Global Positioning System: Signals, measurements & Performances*. GangaJamuna.

Wellenhof, B. H.; Lichtenegger, H.; Wasle, E. (2007). *GNSS: GPS, Glonass, Galileo and more*. Viena: Springer.

Enllaços d'interès

1) Enllaços a pàgines web relacionades amb GNSS i geotelemàtica

Informació de COMPAS:

http://www.sinodefence.com/space//spacecraft/beidou1.asp

http://www.sinodefence.com/space//spacecraft/beidou2.asp

Informació de Galileo:

http://ec.europa.eu/transport/galileo/

http://www.esa.int/esaNA/index.html

http://www.gsa.europa.eu/

http://www.galileo-masters.eu/

Informació de GLONASS:

http://www.glonassianc.rsa.ru

Informació de GPS:

http://gps.faa.gov

http://www.wowinfo.com/gps

http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html

Informació de QZSS:

http://www.jaxa.jp/projects/sat/qzss/index_e.html

2) Informació de sistemes d'augmentació

EGNOS:

http://www.esa.int/esaNA/egnos.html

http://www.egnospro.esa.int/index.html

http://www.esspsas.eu

http://www.essp.be/

http://ec.europa.eu/transport/egnos

http://www.gsa.europa.eu/go/egnos

MSAS:

http://www.kasc.go.jp/MSAS/index_e.html

OMNISTAR:

http://www.omnistar.com

WAAS

http://www.nstb.tc.faa.gov

3) Associacions professionals

American Geophysical Union (AGU)

German Institute of Navigation (DGON)

Institute of Navigation (ION)

International Association of Geodesy (IAG)

International Association of Institutes of Navigation (IAIN)

International GPS Service (IGS)

National Marine Electronics Association (NMEA)

Radio Technical Commission on Aviation (RTCA)

Radio Technical Commission on Maritime Services (RTCM)

4) Organismes públics

Department of Transportation (U.S. DoT)

Center for Advanced Aviation System Development (CAASD)

NASA's GPS applications Exchange

5) Universitats i centres de recerca

University NAVSTAR Consortium

University of Arkansas. Centre for advanced Spatial Technologies. GPS Program

University of Calgary. Department of Geomatics Engineering

University of New Brunswick. Geodetic Research Laboratory

University of New Brunswick. Department of Geodesy and Geomatics Engineering

6) Fabricants de conjunts de chips (*chipsets*) GPS

SIRF

UBLOX

FASTRAX

EVERMORE

MICRO MODULAR TECHNOLOGIES

7) Fabricants de receptors GNSS

Garmin

Javad

Leica

Magellan

Novatel

Septentrio

Topcon

Trimble

8) Aplicacions

Agricultura de precisió:

http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/cpf

http://www.trimble.com/agriculture/

Relacionades amb els LBS:

http://www.wikitude.com

http://www.layar.com

http://www.mixare.org

http://www.openstreetmap.org

http://www.wikiloc.com

http://www.ibpindex.com

http://www.trekbuddy.net/

http://www.gpsbabel.org

http://www.sports-tracker.com

http://www.runkeeper.com

http://www.endomondo.com

http://www.tomtom.com

http://www.foursquare.com

LBS Wi-Fi:

http://www.ekahau.com

http://www.insiteo.com

9) ITS

ERTICO ITS Europe

Intelligent Transportation Systems Joint Program Office. US Department of Transportation (ITSJPO US DoT)

ITSA - ITS America