



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI

Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

Disseny i fabricació d'un dispositiu mòbil amb receptor GPS

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial esp. Electrònica Industrial

AUTOR: Adrià Marcos Pastor .
DIRECTOR: Jose Manuel Díaz Navarro .
PONENT: Albert Oller Pujol .

DATA: Juny / 2009.

Preàmbul

Aquest projecte final de carrera conté informació confidencial i s'acull a la *NORMATIVA DE PROJECTES FI DE CARRERA (ETI-E, ETI-EI, EAEI)*, aprovada per la Junta del Centre 30/05/03.

L'empresa *m-BOT Solutions* amb domicili a l' Avinguda Països Catalans, número 26 (CP 43007) de Tarragona, disposa de la informació classificada com confidencial que correspon al disseny esquemàtic, el disseny del Layout i els manuals d'operació i funcionament de la placa PCB, així com els esquemàtics i les imatges del Layout

1 ÍNDEX GENERAL

1	ÍNDEX GENERAL.....	4
2	MEMÒRIA DESCRIPTIVA	7
2.1	OBJECTE DEL PROJECTE	8
2.2	ABAST	8
2.3	ANTECEDENTS.....	8
2.4	SISTEMES DE LOCALITZACIÓ	8
2.4.1	Introducció	8
2.4.2	Principis bàsics.....	11
2.4.3	GPS Diferencial	15
2.4.4	Missatges de navegació GPS	18
2.4.5	Protocols.....	19
2.4.6	Sistemes de coordenades.....	22
2.5	TELEFONIA MÒBIL DIGITAL	24
2.5.1	Introducció telefonia mòbil digital.....	24
2.5.2	Cobertura i seguiment	25
2.5.3	Estructura d'una xarxa de telefonia mòbil	26
2.5.4	GSM	28
2.5.5	Les comandes AT.....	30
2.5.6	La targeta SIM.....	32
2.6	GPRS	34
2.6.1	Introducció del GPRS	34
2.6.2	Serveis del GPRS	35
2.6.3	Avantatges.....	35
2.6.4	Classes Multislots i esquemes de codificació GPRS	36
2.7	DESCRIPCIÓ INTRODUCTÒRIA	37
2.7.1	Mode extern	39
2.7.2	Mode intern	39
2.8	DESCRIPCIÓ DEL DISSENY DEL CIRCUIT ESQUEMÀTIC	40
2.8.1	Esquemàtic ALIMENTACIÓ	40
2.8.2	Esquemàtic SIM	44
2.8.3	Esquemàtic GSM	48
2.8.4	Esquemàtic GPS.....	51
2.8.5	Esquemàtic CONNECTOR 80-pins.....	53

2.8.6	Esquemàtic LEDS	55
2.8.7	Esquemàtic ÀUDIO	55
2.9	DESCRIPCIÓ DEL DISSENY DEL LAYOUT	57
2.9.1	Footprints	57
2.9.2	Col·locació dels components.....	59
2.9.3	Capes	62
2.9.4	Característiques connexions.....	63
2.9.5	Recomanació dels fabricants.....	67
2.9.6	Possibles millores.....	73
2.10	MANUAL DE FUNCIONAMENT.....	74
2.10.1	Alimentacions.....	74
2.10.2	Control de funcions	75
2.10.3	SIM.....	76
2.10.4	Control GPS i GSM/GPRS.....	77
2.10.5	Funcions de senyalització d'activitats	80
2.10.6	Àudio	80
2.11	MANUAL DE PROCEDIMENT POSTA EN MARXA	81
2.11.1	Abans de començar	81
2.11.2	Procediment per la connexió GSM	82
2.11.3	Procediment per la connexió GPS.....	83
2.11.4	Exemples de programació mitjançant comandes AT	84
2.12	MANUAL DE TESTEIG I COMPROVACIÓ	87
2.12.1	Comprovacions de l'alimentació.....	87
2.12.2	Problemes amb les funcions GSM	87
2.12.3	Problemes amb les comunicacions d'àudio.....	88
2.12.4	Problemes amb les funcions GPS.....	88
2.13	CONCLUSIONS	90
3	MEMÒRIA DE CÀLCULS	91
3.1	CÀLCUL SOBRE RESISTÈNCIES	92
3.1.1	Càlcul de les resistències en sèrie amb els leds.....	92
3.1.2	Corrent I_{R11}	92
3.1.3	Potència consumida per cada resistència	93
3.2	CÀLCUL SOBRE LA DURACIÓ DE LA PILA DE RTC	94
3.3	CÀLCUL IMPEDÀNCIES CONDENSADORS	94
4	CIRCUITS ESQUEMÀTICS I LAYOUT	96
5	PRESSUPOST	107
5.1	LLISTA DE PREUS UNITARIS	108

5.2	LLISTA DE PREUS DESCOMPOSTOS	109
5.3	RESUM PRESSUPOST	111
5.4	SOL·LICITUD DE PRESSUPOST	112
6	ANNEX.....	113
6.1	BIBLIOGRAFIA	114
6.1.1	Llibres consultats	114
6.1.2	Revistes consultades.....	114
6.1.3	Webs consultades	114
6.2	FULLS DE CARACTERÍSTIQUES DELS COMPONENTS.....	115

2 MEMÒRIA DESCRIPTIVA

2.1 OBJECTE DEL PROJECTE

L'objectiu d'aquest projecte és fer el disseny d'un dispositiu mòbil que utilitzarà el mòdul comercial WISMO Quick Q2501 de la marca WAVECOM, de manera que permeti rebre la posició del dispositiu mitjançant el receptor GPS que té incorporat i poder transmetre les dades de localització via GSM i GPRS utilitzant comandes AT, per controlar les funcions del mòdul.

2.2 ABAST

L'abast del projecte és fer el disseny del hardware, redactar uns manuals d'ús i funcionament per l'usuari, i la seva programació mitjançant comandes AT, necessari per poder dur a terme la recepció de dades GPS i l'enviament per GSM/GPRS.

2.3 ANTECEDENTS

L'empresa m-BOT Solutions SL que basa les seves activitats en robòtica de servei, es troba en la necessitat de buscar una solució per a localitzar i posicionar alguns dels seus productes. Per aquest motiu i donada l'estreta relació amb la Universitat Rovira i Virgili, pren la decisió de proposar aquest treball, com a projecte final de carrera per a un estudiant d'enginyeria.

2.4 SISTEMES DE LOCALITZACIÓ

2.4.1 Introducció

Els sistemes de localització permeten definir la situació d'una persona o objecte sobre un sistema de referència. Les dades transmises per aquests sistemes són tractades per receptors que estan dissenyats de tal manera que són capaços d'analitzar i interpretar aquestes dades.

Els sistemes de posicionament principals al món són:

- Sistema NAVSTAR-GPS (Navigation Signal Timing and Ranging Positioning System) conegut com GPS (Global Positioning System).
- Sistema GLONASS.
- Sistema GALILEO.

Les característiques en tots tres són molt similars tot i que l'últim, el sistema GALILEO, no està en marxa, i segons les previsions s'espera que entri en funcionament entre el 2011 i el 2014.

2.4.1.1 Sistema NAVSTAR-GPS

El NAVSTAR-GPS (Navigation System with Time And Ranging - Global Positioning System) és un sistema format per 27 satèl·lits, 24 operatius i 3 de reserva, situats a 20.200 km d'alçada i va ser creat pel Departament de Defensa dels Estats Units.

Aquest conjunt de satèl·lits estan repartits en 6 plans orbitals i en cada òrbita hi ha com a mínim 4 satèl·lits, tal i com es mostra en la figura 1. Aquestes òrbites tenen una

inclinació de 55° respecte l'equador, de manera que 4 satèl·lits com a mínim estan sempre a la vista des de qualsevol punt de la Terra. El temps que necessita un satèl·lit a donar una volta a la terra és de 11 h i 56 min. Per tant, cada satèl·lit dona 2 voltes a la Terra en un dia.

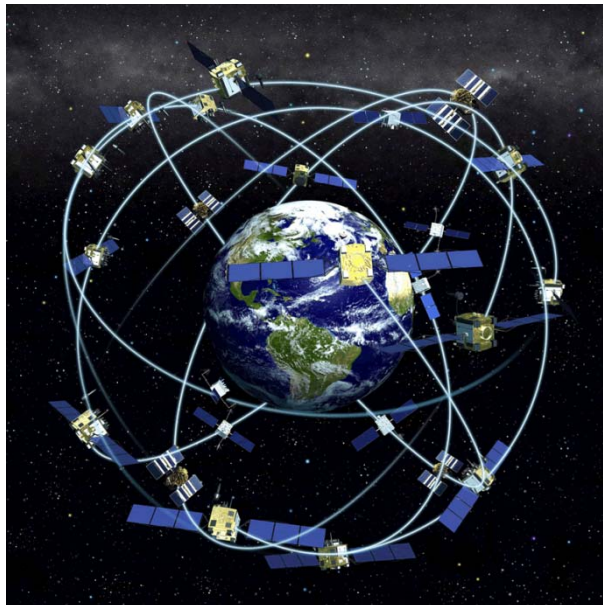


Figura 1. Òrbites del sistema NAVSTAR-GPS

Els satèl·lits estan equipats amb 4 rellotges atòmics cadascun. Són capaços de donar el temps UTC (Universal Time Coordinated) amb una precisió de 60 ns a 5 ns. Aquests rellotges mantenen el temps en base a les vibracions naturals i periòdiques dins dels àtoms. La precisió d'aquests rellotges són un factor crític que fa possible l'ús dels satèl·lits per la navegació i el posicionament. Perden com a màxim un segon cada 30.000 i 1.000.000 d'anys. Cada satèl·lit compta amb 2 rellotges de cesi i 2 de rubidi. Tot i que amb un n'hi hauria suficient, així s'evita córrer riscos de ruptura o pèrdua de la precisió.

Mitjançant una sèrie d'estacions terrestres es poden ajustar els senyals de navegació dels satèl·lits i corregir errors.

2.4.1.2 Sistema GLONASS

El GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) és un sistema format per 24 satèl·lits, 21 operatius i 3 de reserva, situats a 19.100 km d'alçada i està sota la supervisió del Ministeri de Defensa de la Federació Russa.

Aquest conjunt de satèl·lits estan repartits en 8 plans orbitals i en cada òrbita hi ha 3 satèl·lits. Aquestes òrbites tenen una inclinació de 64.8° respecte l'equador. El temps que necessita un satèl·lit a donar una volta a la terra és de 11 h i 15 min.

2.4.1.3 Sistema GALILEO

És el futur global de navegació desenvolupat per la Unió Europea amb l'objectiu de no dependre del sistema dels Estats Units ni del sistema rus. A més permetrà millorar la precisió on els sistema dels Estats Units la perd, com són les zones dels pols. Els governs d'Alemanya, Itàlia, França, Anglaterra, Espanya i Bèlgica assumeixen el 85% dels costos d'aquest sistema. Es preveu que el sistema entri en funcionament entre el 2011 i el 2014.

Les previsions des del 2007 sobre el funcionament d'aquest nou sistema són les que es presenten en la figura 2. S'estructura en les següents fases:

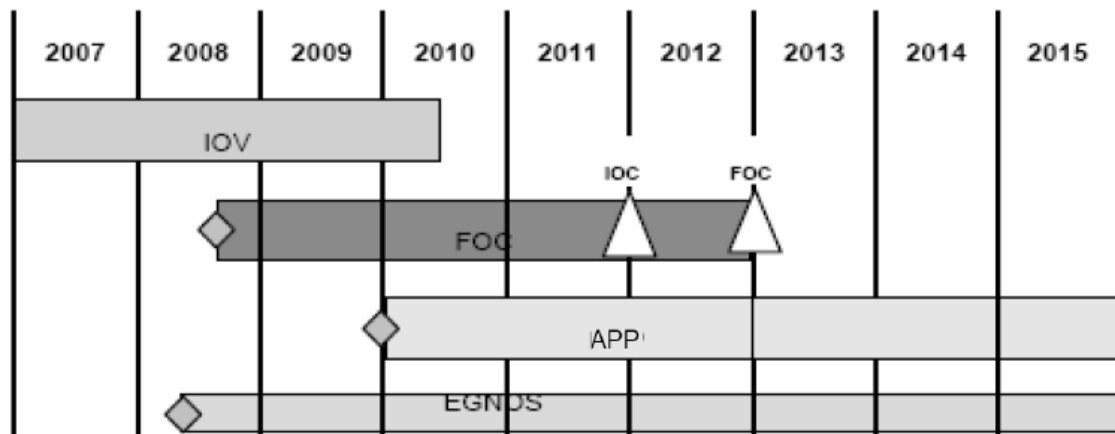


Figura 2. Previsions sobre el funcionament del GALILEO.

- IOV: fase de desenvolupament i validació en òrbita.
- IOC: fase de capacitat operativa inicial.
- FOC: fase de capacitat operativa plena.
- APP: Consorci públic - privat funcionament i explotació.

Estarà format per una constel·lació de 30 satèl·lits repartits en 8 òrbites, amb 3 satèl·lits com a mínim per òrbita. Els plans tindran una inclinació de 56° respecte l'equador i se situaran a 23.616 km respecte la superfície terrestre. El temps necessari d'un satèl·lit, d'aquest futur sistema, per a fer una volta és de 14 h i 5 min.

Entre els principals serveis que oferirà el sistema GALILEO, el més important és la millora del servei SAR (Search And Rescue). El servei SAR serà utilitzat per equips de salvament per cercar de persones. Els transmissors d'emergència i els satèl·lits permetran la localització d'una persona o persones, per mitjà de l'aviació, emergències terrestres i marítimes.

A finals dels anys 70 els Estats Units, Canadà, Rússia i França van desenvolupar un sistema de satèl·lits de localització. El sistema en qüestió s'anomena SARSAT (Search And Rescue Satellite-Aided Tracking). El sistema fa ús de 6 línies orbitals properes a la Terra i 5 geostacionària. El servei GALILEO es preveu que expandeixi el SAR i en millori la seva funcionalitat. Es rebran quasi en temps real de missatges de socors des de qualsevol punt de la Terra. El temps mig d'espera és actualment d'una hora.

Altres serveis que introduirà el sistema GALILEO són:

- **OS** (Opened Service).

Orientat a aplicacions pel públic en general. Proveirà senyals per proporcionar informació precisa de temps i posicionament de forma gratuïta. S'estima que la majoria dels receptors utilitzaran senyals conjuntes de Galileo i GPS. Oferirà als usuaris una notable millora en les prestacions de serveis en àrees urbanes.

- **CS** (Commercial Service).

Estarà orientat a les aplicacions de mercat que requereixen un nivell superior de prestacions que les que ofereix el servei obert actualment. Tindrà serveis de valor afegit a canvi d'un cànon. El servei comercial està protegit mitjançant un xifrat comercial que serà gestionat per la futura GOC (GALILEO Operating Company). Els serveis típics amb valor

afegit inclouen difusió de dades, garanties de servei, serveis d'informació de precisió de temps, provisió de models ionosfèrics i senyals locals de correcció diferencial per proporcionar gran precisió.

- **SoL** (Safety of Life Service).

Es farà servir per la majoria de les aplicacions de transport on la vida humana es podria posar en perill si la prestació dels serveis del sistema de radionavegació es veïés degradada sense notificació en temps real. Aquest servei proporcionarà la mateixa precisió en posicionament i en informació precisa de temps que el servei obert actualment. La diferència principal és l'alt nivell d'integració de cobertura mundial per les aplicacions on la seguretat és crítica, com per exemple la navegació aèria i les aplicacions ferroviàries on la seva precisió és essencial.

- **PRS**(Public Regulated Service).

Servei robust d'accés controlat per aplicacions governamentals. El servei PRS serà utilitzat per usuaris com la policia. Haurà d'estar operatiu en tot moment i en qualsevol circumstància, especialment en períodes de crisi o quan altres serveis poder estar interferits intencionadament. La gran protecció que ofereix aquest servei a les seves dades de posicionament permet evitar les interferències intencionades i dels intents d'emissió d'un senyal modificat.

Depenent del tipus de servei, GALILEO proveirà diferents nivells de precisió. Utilitzant tant mesures locals com les diferencials, explicades més endavant, la exactitud pot augmentar fins a nivell de cm.

2.4.2 Principis bàsics

2.4.2.1 La Triangulació

Els sistemes de posicionament espacial es basen en la triangulació per poder determinar la posició del receptor. El sistema de referència que s'utilitza són els propis satèl·lits dels quals es coneix la seva localització.

Per realitzar la triangulació es requereixen 4 satèl·lits. El receptor no podrà rebre mai senyal dels 24 satèl·lits perquè la recepció del senyal queda limitada per l'horitzó. De forma normal és possible que un receptor sigui capaç de veure fins a un màxim de 12 satèl·lits a la vegada. Per això molts mòduls comercials no sobrepassen els 16 canals. Tot i que els actuals ja superen els 16 per quan entri en funcionament el GALILEO.

Cada satèl·lit envia a la Terra els paràmetres per determinar la posició exacta, el seu temps dels rellotges atòmics a la freqüència de 1575.42 MHz, freqüència per a ús civil. La comunicació es realitza a través d'ones de ràdio que com se sap la propagació d'aquest tipus de senyal és de 300.000 km/h, la velocitat de la llum.

La distància entre l'usuari o receptor GPS i un satèl·lit es calcula primerament determinant el temps de transmissió del senyal des del satèl·lit fins al receptor. Aquest calcula la distància fins al satèl·lit tenint en compte la velocitat de transmissió i el temps necessari per a realitzar la transmissió. Per calcular aquest temps és molt important que els rellotges dels satèl·lits i dels receptors estigui ben sincronitzats, de manera que coneixent l'hora exacte en què ha sortit el senyal i l'hora d'arribada, es pot calcular. La sincronització dels rellotges del satèl·lit i del receptor és important ja que un error en el sincronisme generarà una distància errònia anomenada, pseudodistància.

Calculant el temps de viatge del senyal es pot calcular la distància a la que es troba un satèl·lit. Per tant se sap que el receptor es troba en un punt d'una esfera tenint com a centre el satèl·lit, el radi de la qual és la distància entre el receptor i el mateix satèl·lit, il·lustrat en la figura 3.

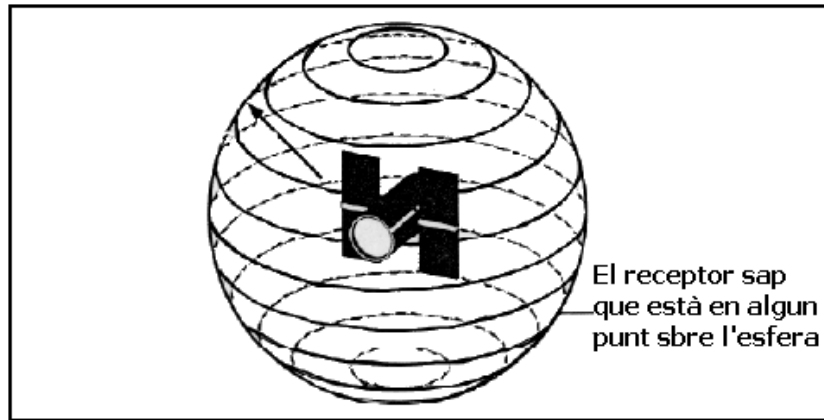


Figura 3. Satèl·lit com el centre de l'esfera.

La figura 4 mostra com utilitzant un segon satèl·lit s'obté la mateixa informació de manera que tots els punts comuns en les dues esferes són una possible situació del receptor. Aquests punts formen un cercle.

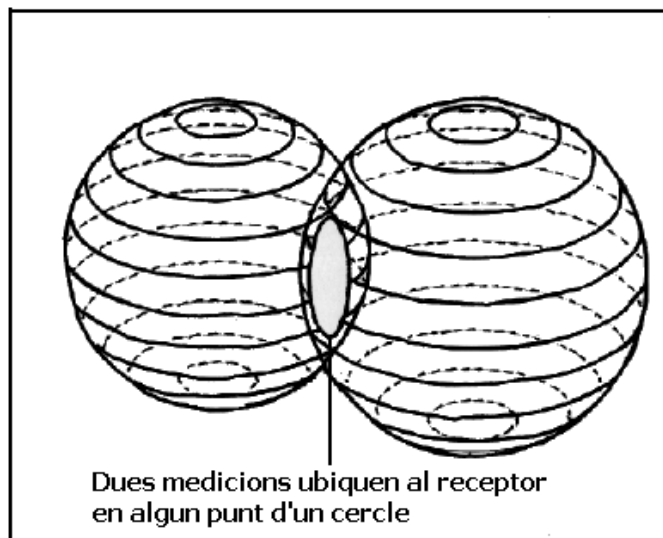


Figura 4. Cercle format per dues esferes en creuar-se.

Amb un tercer satèl·lit es genera una tercera esfera i coincideix amb les altres dues en dos punts, tal i com es pot veure en la figura 5. Un dels dos és la posició del receptor i l'altre sol ser un punt absurd que el receptor descartarà a l'hora de fer els càlculs.

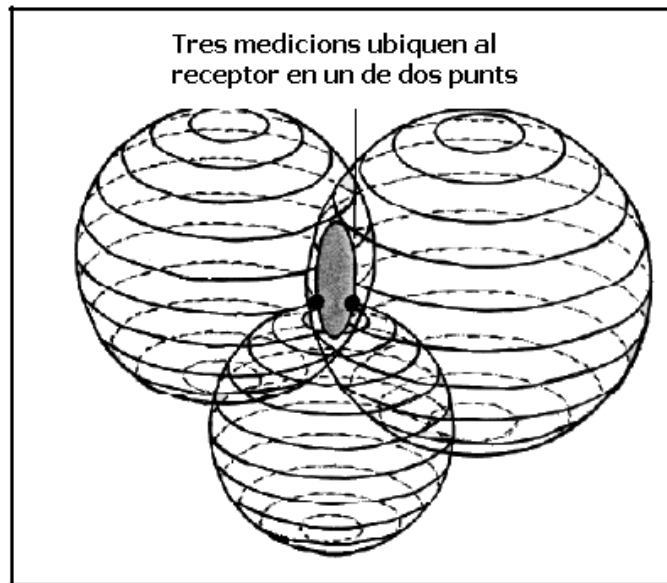


Figura 5. Dos punts coincidents resultat de l'encreuament de 3 esferes

Com que els receptors no porten un rellotge atòmic que els donin precisió, és necessària una quarta mesura. En el cas que les mesures siguin exactes la quarta esfera ha de creuar les altres tres pel punt de la posició del receptor. En canvi si s'ha produït algun error, la 4a mesura no passa per aquest punt. El processador del receptor és capaç de calcular una correcció que fa que les 4 esferes coincideixin per tal d'obtenir una posició més exacta. Els receptors estan programats per reconèixer si els rellotges estan desfasats i per corregir aquest error utilitzen protocols de correcció basats en la resolució d'un sistema de 4 equacions amb 4 incògnites.

2.4.2.2 Fonts d'errors

Seguidament es presenten les principals fonts d'error que afecten a les mesures GPS:

- ***Rellotges dels satèl·lits i dels receptors***

Els rellotges atòmics dels satèl·lits per molt precisos que siguin poden estar sotmesos a desviacions petites però que poden produir errors pel càlcul de la posició. Mitjançant el monitoratge dels satèl·lits es poden reduir aquests errors.

Els rellotges dels receptors són encara molt més imprecisos ja que està prohibit l'ús civil de rellotges atòmics, així doncs també s'han de sotmetre a correccions per no generar errors en les mesures.

- ***Ionosfera***

És una capa de l'atmosfera situada des de els 80 - 90 km fins als 600 - 800 km respecte la superfície de la terra i està formada per partícules carregades elèctricament, ions. Les ones de ràdio es veuen sotmeses a un retard al travessar-la aquesta segons el número de ions/m³ i de l'activitat ionosfèrica en aquell moment.

- ***Fenòmens meteorològics***

Les ones de ràdio també han de travessar la troposfera, capa de l'atmosfera que es troba en contacte amb la superfície terrestre i on es produeixen tots els fenòmens

meteorològics. A més s'hi troben els gasos principals (oxigen, nitrogen, etc) , el més important dels quals és el vapor d'aigua, que té un efecte sobre les ones molt important. El seu efecte sobre les ones ha estat estudiat profundament i els receptors han estat programats per tal de tenir en compte aquests errors i reduir-los al màxim.

- ***Errors d'òrbita***

Els satèl·lits se situen a òrbites on l'atmosfera no afecta el seu moviment, però en canvi els efectes gravitatoris produïts per la lluna o el sol poden afectar sobre la posició, la velocitat i l'altitud dels satèl·lits. Per això, les estacions terrestres hauran de controlar i ajustar la posició dels satèl·lits.

- ***Interferències elèctriques imprevistes***

Les interferències elèctriques poden generar correlacions errònies dels codis pseudoaleatoris o un mal arrodoniment en el càlcul d'una òrbita. Una variació gran es pot detectar fàcilment, en canvi una variació petita no es pot detectar tan fàcilment i pot provocar errors d'entre 1 i 2 metres.

- ***Errors de multicamí***

La figura 6 mostra com l'ona enviada pel satèl·lit pot estar sotmesa a alguna reflexió a causa d'obstacles que es pugui trobar pel seu camí. Quan això succeeix el receptor rep dues senyals, la directa i la senyal rebotada. La diferència entre les dues és que la rebotada tindrà un increment de temps respecte la directa. Els receptors utilitzen tècniques avançades del procés de senyal i antenes especialment dissenyades per tal d'eliminar aquesta font de problemes.

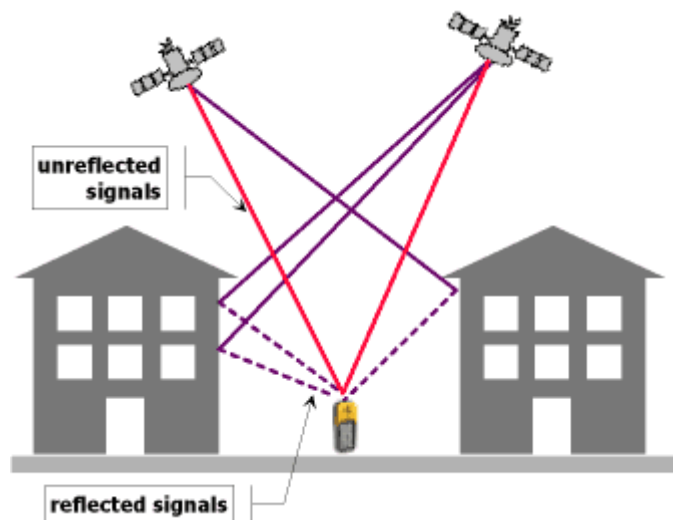


Figura 6. Error per multicamí.

- ***La geometria dels satèl·lits***

Les circumferències marcades pels satèl·lits no són una línia determinada i exacta. És una zona difusa i en lloc de creuar-se resultant un punt concret, generen una àrea. Per tal que aquesta àrea sigui més precisa interessa que els satèl·lits estiguin el més a prop possible. Aquest error es coneix per DOP (Dilution Of Precision).

- **Receptors GPS**

Els receptors GPS també són fonts d'error perquè segons les operacions matemàtiques que realitzin obtindran una posició més exacte o menys. També s'ha de tenir en compte el nombre de canals que tenen els receptors, ja que com més canals tenen poden tenir el senyal de més satèl·lits i calcular així amb una major exactitud la posició del receptor

- **Disponibilitat selectiva o Selective Availability (SA)**

És un sistema creat pel Departament de Defensa dels Estats Units que és capaç de distorsionar el senyal de navegació amb l'objectiu d'empitjorar l'exactitud de posicionament els usuaris civils, capaços de reduir la precisió a 100 m. Això es pot fer si es modifica la freqüència dels rellotges dels satèl·lits o bé es manipulen les dades de l'òrbita dels missatges. Aquest sistema es va desactivar l'any 2000.

Les senyals de navegació estan protegides contra transmissions de dades falses de satèl·lits. Aquest sistema de protecció se'n diu Anti-Spoofing.

2.4.3 GPS Diferencial

El DGPS (Differential GPS) és un sistema que proporciona correccions de les dades GPS que reben els receptors, provinents dels satèl·lits. Aquestes correccions provenen de receptors de referència i permeten una major exactitud en el càlcul de la posició, per tenir una precisió de centímetres.

Aquests receptors de referència estat localitzats en punts que tenen unes coordenades conegudes exactament, podent ser una antena o un satèl·lit geostacionari. Aquests reben el mateix senyal que els receptors normals i com que la seva posició està perfectament definida calcula l'error entre la seva posició real i la calculada, permetent determinar l'error de cada satèl·lit. Aquestes dades s'envien al receptor de l'usuari i permet que molts errors es puguin eliminar. D'aquí prové el nom que se li ha atorgat al sistema, ja que la seva base de funcionament és permetre comprovar la diferència de mesures entre els receptors.

Existeixen diverses formes d'obtenir les correccions DGPS. Les més utilitzades són les rebudes per ràdio a través d'algun canal preparat per la seva aplicació, com el RDS en una emissora FM i les descarregades d'Internet.

Sistemes denominats SBAS¹. La seva funció és calcular la integritat i la correcció de la informació GPS, a partir d'estacions de referència situats a la Terra o en satèl·lits geostacionaris per enviar les dades corregides als usuaris, per la freqüència GPS L1 d'ús civil. Els diferents sistemes d'aquest tipus són:

- WAAS (Wide Area Augmentation System) dels Estats Units.
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) europeu.
- MSAS (Multi-Functional Satellite Augmentation System) del Japó.
- GAGAN (GPS and GEO Augmented Navigation) de la Índia.

¹ Sistema d'Augment Basat en Satèl·lits

2.4.3.1 WAAS

El servei bàsic de GPS proveeix una exactitud aproximadament de 100 metres un 95% del temps, poca precisió per segons quin tipus d'aplicacions.

El WAAS (Wide Area Augmentation System) millora la localització d'un dispositiu de 100 m (que és el que dona el GPS clàssic) a 7 metres.

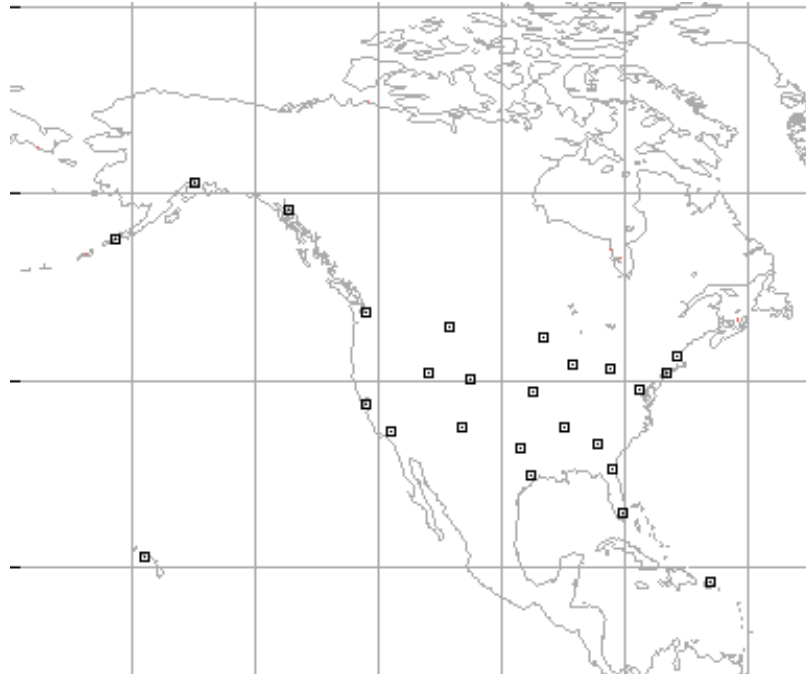


Figura 7. Les 25 estacions de referència del sistema WAAS

WAAS està basat en 25 estacions de referència, que es poden distingir en la figura 7, situats als Estats Units. Aquestes estacions constantment calculen:

- Una llista de tots els satèl·lits que estan visibles en el mateix moment.
- Una correcció exacta del càlcul del rang o distància de cada satèl·lit.
- Una referència de temps de cada correcció.

Aquests càlculs són transmesos a la central de WAAS, que els analitza i els compara uns amb els altres per determinar la seva validesa i integritat. La central WAAS llavors envia a un satèl·lit geostacionari aquesta informació (veure Figura 8) que més tard serà propagada a tots els receptors de l'àrea de servei del satèl·lit geostacionari. Amb aquesta correcció ja predeterminada els receptors de GPS la poden utilitzar per millorar la seva localització.

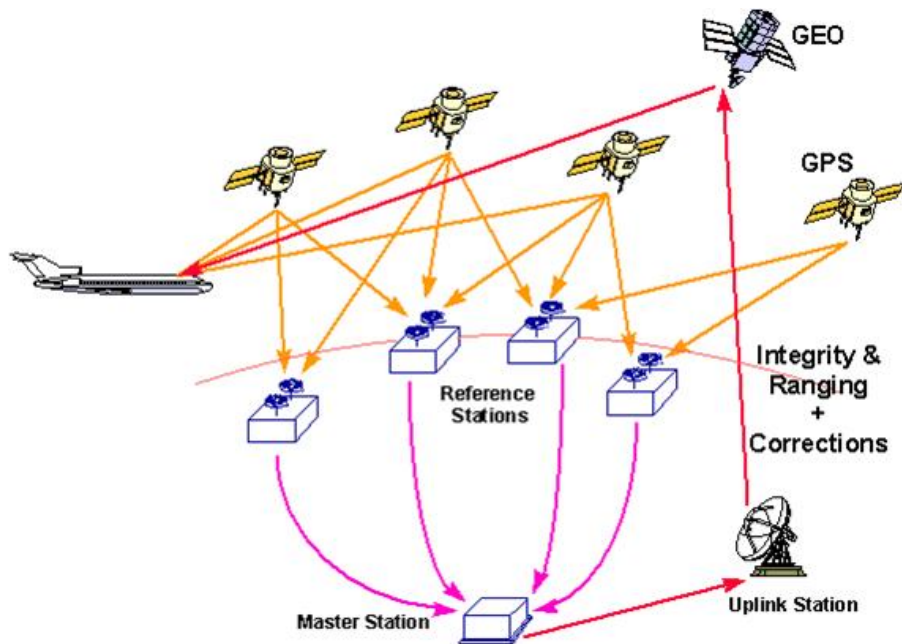


Figura 8. Enviament de les dades de posicionament dels satèl·lits a un satèl·lit geostacionari.

2.4.3.2 EGNOS

És el sistema d'augment dissenyat per Europa. Es va posar en funcionament l'any 2005 proporcionant un senyal de navegació que es pot utilitzar per a qualsevol ús de posicionament que es requereixi, ja sigui l'aeronàutica, nàutica, transport terrestre, muntanyisme, excursionisme, localització de vehicles, etc. És el que diferencia aquest sistema dels altres dos, el WAAS i el MSAS que estan exclusivament dedicats a la navegació aèria. A més EGNOS és compatible amb la resta de sistemes d'augment.



Figura 9. Estacions terrestres el sistema EGNOS.

Està basat en una sèrie d'estacions terrestres (veure Figura 9) anomenades RIMS, de les quals es coneix la seva posició exacta i 3 satèl·lits geostacionaris, els mateixos del INMARSAT utilitzats per les comunicacions. Un dels tres satèl·lits està situat sobre la part est de l'Oceà Atlàntic, un altre sobre l'Oceà Índic i el tercer sobre del continent africà.

Les estacions terrestres són les encarregades d'enviar les dades de correcció que podran rebre els receptors dels usuaris i corregir les dades al moment. Aquestes estacions mesuren l'error dels sistemes GPS i GLONAS augmentant la seva precisió de fins a 2 m. Una vegada calculat l'error transmeten les dades de correcció que rebran els receptors i podran corregir la posició.

2.4.4 Missatges de navegació GPS

Els missatges de navegació GPS és una transmissió contínua d'informació des de satèl·lits a 50 bits per segon. Els satèl·lits transmeten la informació següent:

- Temps del sistema i valors de correcció del temps.
- La posició orbital exacta.
- La posició orbital aproximada de tots els satèl·lits
- Salut del sistema.

Aquest missatge de navegació és imprescindible per calcular la posició actual dels satèl·lits i determinar el temps de transmissió del senyal. Aquesta informació es transmet agrupada en trames i per poder rebre totes les dades anteriors esmentades són necessàries 25 trames diferents.

Totes les trames són igual d'extenses en bits. Una trama està formada per 1500 bits i tarda 30 segons per transmetre's tota sencera. Cada trama la formen 5 subtrames de 300 bits cadascuna i un temps de transmissió lògicament de 6 segons. Cada subtrama està fragmentada en paraules i formen la unitat bàsica de navegació i conté 30 bits.

Així doncs la transmissió d'un missatge de navegació complet tarda 12.5 minuts. La figura 10 presenta l'estructura dels missatges de navegació GPS.

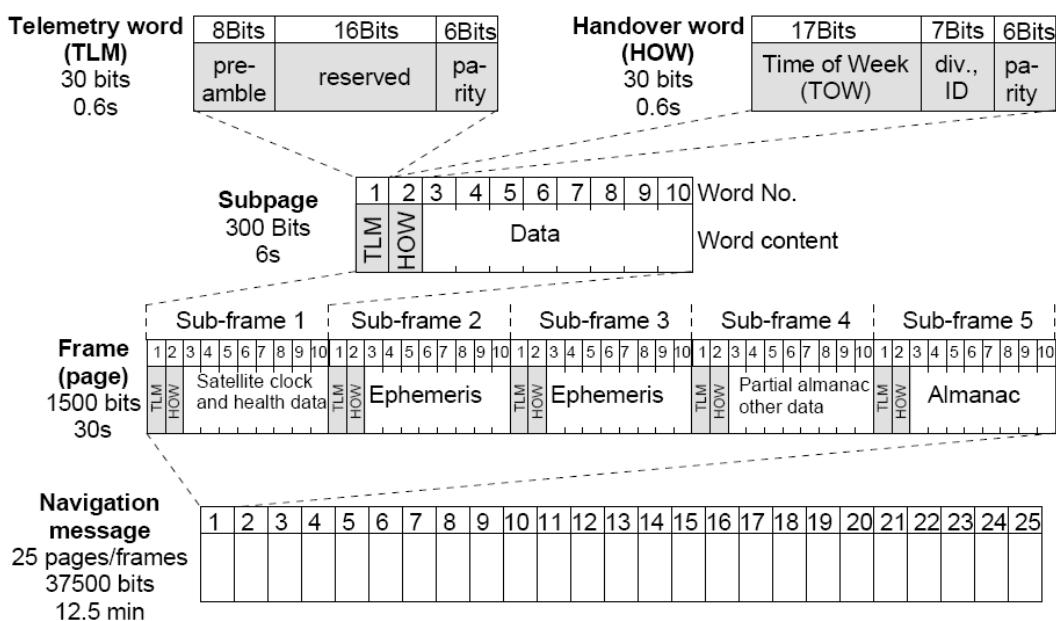


Figura 10. Estructura dels missatges de navegació GPS.

2.4.5 Protocols

Per la correcta transmissió de les correccions són necessaris diferents tipus de normes o protocols. Els protocols en els que se centra més aquest treball és en els protocols RTCM i NMEA creats per organismes internacionals.

2.4.5.1 RTCM SC-104

El protocol RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) és una organització científica, professional i educativa, formada per organitzacions tant governamentals com no governamentals i per membres de tot el món.

El seu servei s'ha enfocat principalment, tal i com el seu nou indica, a les comunicacions marítimes de les quals destaquen:

- Special Committee (SC) 101 on Digital Selective Calling (DSC).
- Special Committee (SC) 104 on Differential Global Navigation Satellite Systems (DGNSS).
- Special Committee (SC) 109 on Electronic Charts.
- Special Committee (SC) 110 on Emergency Beacons.
- Special Committee (SC) 117 on Maritime VHF Interference.
- Special Committee (SC) 119 on Survivor Locator Devices.

El més important és el SC-104 que és un protocol de comunicació de dades diferencials. Gràcies a la seva accessibilitat i els baixos costos s'ha estès de forma notable, però per fer-ne ús és necessari pagar unes taxes estipulades per l'organisme en qüestió.

2.4.5.2 NMEA - 0183

El NMEA (Nacional Marine Electronics Association) és una organització fundada per comerciants d'electrònica, de la qual en sorgí el protocol NMEA-0183. Està dissenyat per la comunicació de dades digitals entre productes electrònics en entorns marítimes. Avui dia, els receptors GPS utilitzen aquest protocol no per rebre dades diferencials sinó per rebre dades generals sobre posicionament, errors, distàncies i velocitats.

La idea del NMEA és enviar una línia de dades anomenada frase que és totalment autònoma i independent d'altres sentències. Totes les frases tenen un prefix de dues lletres que defineixen el dispositiu quina frase tipus utilitza. Pels receptors GPS el prefix és GP i a continuació segueix una seqüència de 3 lletres que defineix el contingut de la frase.

Cada frase comença amb un '\$' i acaba amb un retorn de línia i dos dígit hexadecimals que representen 8 bits. La seqüència no ha de superar els 80 caràcters de text visible. Les dades estan contingudes dins d'aquesta única línia i separada per comes. Les dades són únicament caràcters ASCII. La norma NMEA és de 4800 b/s amb 8 bits de dades, sense paritat i un bit de parada.

A continuació apareixen els tipus de missatges que es poden obtenir amb el mòdul WISMO Q2501 de WAVECOM del qual tracta el projecte. Els missatges i la seva sintaxi són:

- GGA: fixar dades essencials que proporcionen ubicació 3D i dades precisió. El seu format es presenta a la taula 1.

<i>Ex: \$GPGGA,hhmmss.ss,lll.ll,a,yyyyy.yy,a,x,xx,x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx*hh</i>	
<i>hhmmss.ss</i>	<i>UTC of position</i>
<i>lll.ll</i>	<i>= latitude of position</i>
<i>A</i>	<i>N or S</i>
<i>yyyyy.yy</i>	<i>Longitude of position</i>
<i>A</i>	<i>E or W</i>
<i>X</i>	<i>GPS Quality indicator (0=no fix, 1=GPS fix, 2=Dif. GPS fix)</i>
<i>Xx</i>	<i>number of satellites in use</i>
<i>x.x</i>	<i>horizontal dilution of precision</i>
<i>x.x</i>	<i>Antenna altitude above mean-sea-level</i>
<i>M</i>	<i>units of antenna altitude, meters</i>
<i>x.x</i>	<i>Geoidal separation</i>
<i>M</i>	<i>units of geoidal separation, meters</i>
<i>x.x</i>	<i>Age of Differential GPS data (seconds)</i>
<i>Xxxx</i>	<i>Differential reference station ID</i>
<i>*hh</i>	<i>Checksum</i>

Taula 1. Sintaxi del missatge GGA del protocol NMEA.

- RMC: NMEA té la seva pròpia versió GPS essencial PVT (posició, velocitat i temps). Aquest tipus de missatge és el format mínim recomanat de dades GPS. El seu format es presenta a la taula 2.

<i>Ex: \$GPRMC,hhmmss.ss,A,lll.ll,a,yyyyy.yy,a,x.x,x.x,ddmmyy,x.x,a*hh</i>	
<i>hhmmss.ss</i>	<i>UTC of position</i>
<i>lll.ll</i>	<i>= latitude of position</i>
<i>A</i>	<i>Data status (V=navigation receiver warning)</i>
<i>lll.ll</i>	<i>Latitude of fix</i>
<i>A</i>	<i>N or S</i>
<i>yyyyy.yy</i>	<i>Longitude of fix</i>
<i>A</i>	<i>E or W</i>
<i>x.x</i>	<i>Speed over ground in knots</i>
<i>x.x</i>	<i>Track made good in degrees True</i>
<i>ddmmyy</i>	<i>UT date</i>

<i>x.x</i>	<i>Magnetic variation degrees (Easterly var. subtracts from true course)</i>
<i>A</i>	<i>E or W</i>
<i>*hh</i>	<i>Checksum</i>

Taula 2. Sintaxi del missatge GPR del protocol NMEA.

- GSA: GPS. DOP i satèl·lits actius. El seu format es presenta a la taula 3.

<i>Ex: \$GPGSA,A,3,,,,,16,18,,22,24,,,3.6,2.1,2.2*3C</i>	
<i>1</i>	<i>Mode: M=Manual, forced to operate in 2D or 3D A=Automatic, 3D/2D</i>
<i>2</i>	<i>Mode: 1=Fix not available 2=2D 3=3D</i>
<i>3-14</i>	<i>IDs of SVs used in position fix (null for unused fields)</i>
<i>15</i>	<i>PDOP</i>
<i>16</i>	<i>HDOP</i>
<i>17</i>	<i>VDOP</i>
<i>*hh</i>	<i>Checksum</i>

Taula 3. Sintaxi del missatge GSA del protocol NMEA.

- GSV: GPS satèl·lits visibles. El seu format es presenta a la taula 4.

<i>Ex: \$GPGSV,3,1,11,03,03,111,00,04,15,270,00,06,01,010,00,13,06,292,00*74</i>	
<i>1</i>	<i>Total number of messages of this type in this cycle</i>
<i>2</i>	<i>Message number</i>
<i>3</i>	<i>Total number of SVs in view</i>
<i>4</i>	<i>SV PRN number</i>
<i>5</i>	<i>Elevation in degrees, 90 maximum</i>
<i>6</i>	<i>Azimuth, degrees from true north, 000 to 359</i>
<i>7</i>	<i>SNR, 00-99 dB (null when not tracking)</i>
<i>8-11</i>	<i>Information about second SV, same as field 4-7</i>
<i>12-15</i>	<i>Information about third SV, same as field 4-7</i>
<i>16-19</i>	<i>Information about fourth SV, same as field 4-7</i>
<i>*hh</i>	<i>Checksum</i>

Taula 4. Sintaxi del missatge GSV del protocol NMEA.

- VTG: recorregut realitzat i velocitat terrestre. El seu format es presenta a la taula 5.

<i>Ex: \$GPVTG,x.x,T,x.x,M,x.x,N,x.x,K*hh</i>	
<i>x.x,T</i>	<i>Track, degrees True</i>
<i>x.x,M</i>	<i>Track, degrees Magnetic</i>
<i>x.x,N</i>	<i>Speed, knots</i>
<i>x.x,K</i>	<i>Speed, Km/hr</i>
<i>*hh</i>	<i>Checksum</i>

Taula 5. Sintaxi del missatge VTG del protocol NMEA

- GLL: posició geogràfica Latitud/Longitud i temps. El seu format es presenta a la taula 6.

<i>Ex: \$GPGLL,lll.ll,a,yyyyy.yy,a,hmmss.ss,A*hh</i>	
<i>lll.ll</i>	<i>Latitude of position</i>
<i>A</i>	<i>N or S</i>
<i>yyyyy.yy</i>	<i>Longitude of position</i>
<i>A</i>	<i>E or W</i>
<i>hmmss.ss</i>	<i>UTC of position</i>
<i>A</i>	<i>valid data</i>
<i>*hh</i>	<i>Checksum</i>

Taula 6. Sintaxi del missatge GLL del protocol NMEA

2.4.6 Sistemes de coordenades

Per tal de determinar la localització d'un és necessari detallar un dels dos paràmetres següents:

- Coordenades geogràfiques Latitud i Longitud.
- Coordenades (x,y) UTM (Universal Transversa Mercator).

S'explicarà les primeres ja que és el sistema de coordenades que utilitza el mòdul WISMO Q2501. Del sistema de coordenades els aspectes importants són els següents. Permet fer el posicionament sobre un mapa 2D amb una coordenada x i una y. Hi ha programes que transformen les coordenades geogràfiques a coordenades UTM per tal de fer-ne aquesta representació. El meridià de Greenwich i l'Equador situen els eixos de les coordenades, ja que són línies rectes i perpendiculars entre elles en aquesta representació.

2.4.6.1 Coordenades Geogràfiques

Les coordenades geogràfiques determinen la posició de cada punt a la Terra fent ús de dues coordenades, i utilitzant un sistema de coordenades esfèriques. Per tant és un

sistema de posicionament de 3D i té com a referència l'eix de rotació de la Terra que uneix els dos pols, considerant-la una recta ideal. Les coordenades que es fan servir per fer aquest posicionament són la latitud i la longitud, il·lustrades en la figura 11.

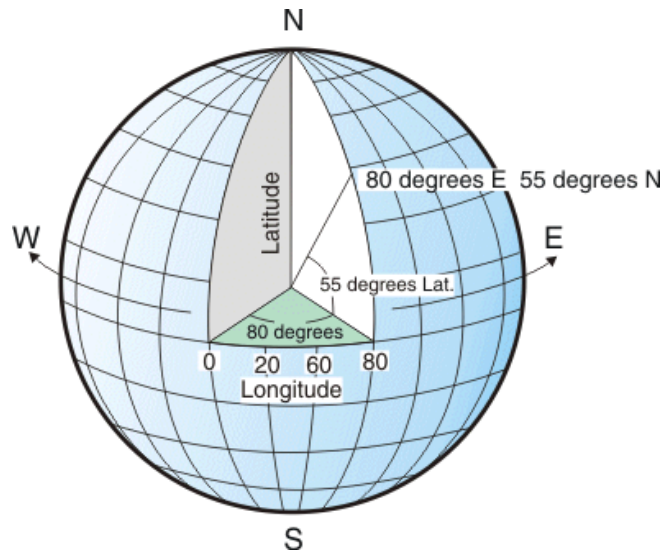


Figura 11. Representació 3D de la longitud i latitud.

Els meridians són línies imaginàries sobre la superfície de la Terra que uneix el Pol Nord amb el Pol Sud. Tots els punts sobre un mateix meridià tenen la mateixa longitud. El meridià de referència considerat el meridià 0 s'anomena meridià de Greenwich.

Els paral·lels són també línies imaginàries però que van d'Est a Oest, per tant són línies perpendiculars als meridians. Tots els punts sobre un mateix paral·lel tindran la mateixa latitud. El paral·lel de referència considerat el paral·lel 0 s'anomena Equador que divideix el globus en hemisferi Nord i hemisferi Sud.

Latitud: és la distància que existeix entre un punt qualsevol i l'Equador, mesurat sobre el meridià que passa per aquell punt. Compleix que:

- S'expressa en graus sexagesimals.
- Tots els punts estan situats sobre el mateix paral·lel tenen la mateixa latitud.
- Aquells que es troben al Nord de l'Equador reben la denominació de Nord (N).
- Aquells que es troben al Sud de l'Equador reben el nom de Sud (S).
- Es mesura de 0° a 90°.
- L'equador li correspon una latitud 0°.
- El pol Nord i Sud tenen les latituds 90° N i 90° S respectivament.

Longitud: és la distància que existeix entre un punt qualsevol i el Meridià de Greenwich mesurada sobre el paral·lel que passa pel punt. Compleix que:

- S'expressa en graus sexagesimals.
- Tots els punts ubicats sobre el mateix meridià tenen la mateixa longitud.
- Aquells que es troben a l'orient del meridià de Greenwich reben el nom d'Est (E).
- Aquells que es troben a l'occident del meridià de Greenwich reben el nom d'Oest (O).
- Es mesura de 0° fins a 180°.
- Al meridià de Greenwich li correspon la longitud 0

- L'antimeridià corresponent està ubicat a 180° .
- Els pols Nord i Sud no tenen longitud.

Però a tot això s'ha de tenir en compte que la Terra no és regular, sinó que té una forma irregular que s'aproxima a un el·lipsoide. L'extensió d'un grau de longitud o de latitud és diferent en diferents punts geogràfics, per tant és necessari fer correccions sobre el sistema de coordenades.

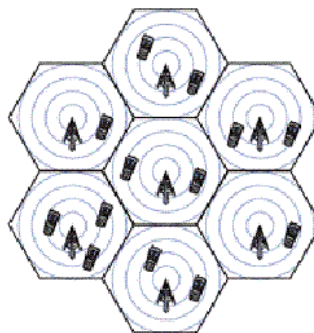
2.5 TELEFONIA MÒBIL DIGITAL

2.5.1 Introducció telefonia mòbil digital

Les comunicacions per les xarxes mòbils es va iniciar ja fa diverses dècades, però el seu ús es limitava a certs serveis de caràcter públic, com els de la policia, bombers, ambulàncies, etc. Aquestes xarxes, d'ús privat, no tenien la connexió a la xarxa telefònica bàsica i, per tant, cada entitat havia de crear la seva pròpia infraestructura. Posteriorment el seu ús es va anar estenent a altres serveis i va començar a resultar interessant i rendible disposar d'una xarxa àmplia, amb una infraestructura comuna que pogués donar servei, a tothom que ho demanés, i de conformitat amb un estàndard. Una xarxa o servei d'aquest tipus, amb usuaris individuals, és el que s'anomena Telefonia Mòbil Automàtica, o TMA.

En els sistemes avançats de TMA cal manejar un gran nombre d'abonats mòbils dispersos en una àmplia zona. Això suposa fer front a tota una sèrie de problemes tècnics i administratius, com el control, la localització, la transmissió i la facturació, mantenint una alta eficiència en la utilització de l'espectre radioelèctric al mateix temps.

Les franges utilitzades són diverses: 450, 900 i 1800 MHz, i la modulació és en freqüència o en fase amb un conjunt de freqüències en funció de l'amplada de la franja, que a la vegada depèn de la separació entre canals. Per aquestes franges la distància de cobertura, en terrenys no gaire accidentats, coincideix moltíssim amb la capacitat òptica de l'antena transmissora, per la qual cosa convé, si es desitja una gran cobertura, que les antenes s'instal·lin en punts elevats. Un cop se sobrepassa el límit de la visió òptica encara és possible establir la comunicació per difracció, si la potència és elevada. Superada la zona de capacitat de cobertura ja no es pot establir una comunicació útil, però l'avantatge és que no es poden produir interferències amb altres cel·les que fan servir la mateixa freqüència. Per aquesta raó un conjunt de freqüències es podrà reutilitzar (Figura 12) en cel·les que es trobin fora d'aquestes zones d'interferències no admissibles.



Reutilització de freqüències

Figura 12. Cel·les de cobertura i reutilització de freqüència.

2.5.2 Cobertura i seguiment

Els telèfons portàtils o mòbils s'enllacen a través de la ràdio amb les estacions base situades en llocs dominants i espaiades en tot el territori on es vol oferir el servei. Els telèfons se sintonitzen automàticament en cada moment a l'estació base que tenen més a prop, de manera que, quan es desplacin, s'aniran enllaçant d'una estació a una altra. Aquestes estacions base estan connectades a la vegada, a la xarxa telefònica bàsica, i així fan possible la comunicació entre els portàtils i al resta de terminals fixos de la xarxa.

Per oferir el servei en una determinada regió s'hi ha d'instal·lar un cert nombre d'estacions base que es repartiran de forma estratègica, de manera que el territori en qüestió quedi cobert. Ja que, quan un mòbil es desplaça entre dues estacions, s'enllaça amb aquella de la qual rep un millor senyal. Però cada estació estableix la seva àrea d'influència. De manera que el territori queda fragmentat en un conjunt de zones de cobertura o cel·les i per això es parla de xarxes cel·lulars.



Figura 13. Estació base.

El nombre d'estacions necessari per cobrir un territori està determinat no només per l'extensió i l'orografia², sinó també pel nombre de portàtils que s'ha d'atendre. El nombre de comunicacions que una estació suporta simultàniament no és il·limitat, i per això si en una part del territori es preveu una densitat de portàtils més alta com per exemple àrees urbanes, caldrà establir-hi més estacions que es repeteixin entre elles. Per un sistema GSM el rang de cobertura arriba a 35 km de radi. Per a més radi de cobertura existeixen altres procediments especials, que permeten un radi d'acció de 120 km.

La capacitat de seguiment de la posició dels portàtils es coneix com a itinerància (roaming) i suposa que el sistema ha de conèixer en tot moment en quina cel·la es troba el mòbil. Això possibilita que l'usuari es pugui moure com vulgui per la xarxa o xarxes de diversos operadors i facilita la facturació.

Posem el cas d'un vehicle en comunicació està viatjant. Es podria donar el cas que durant el transcurs d'aquesta comunicació passi de la zona d'influència d'una estació ràdio a la d'una altra, ja que ha canviat de cel·la. En principi la trucada es podria perdre o, en qualsevol cas la qualitat del senyal es podria degradar. Els sistemes cel·lulars de TMA ho

² Part de la geografia física que tracta el relleu.

prevenen amb un mecanisme automàtic de traspàs de la comunicació d'una estació a una altra. Aquest mecanisme s'anomena *handover*.

El *handover* és el procés pel qual es transfereix una comunicació d'un canal de veu d'una cèl·lula a un nou canal de veu, en la mateixa cèl·lula o en una altra, quan el canal es degrada. Així el servei es pot suportar de manera contínua i sense que sigui perceptible per l'usuari en el canvi de cèl·lula. El traspàs de canal pot ser decidit pel sistema, pel mòbil o per una combinació dels dos.

Segons es realitzi el traspàs de la trucada en canviar el mòbil d'una cèl·lula a una altra, el *handover* pot ser tou o dur:

- *Handover* tou: es dona quan el mòbil es manté connectat al canal vell i al nou, simultàniament, fins que el sistema determina que ha avançat tant dins de la nova cèl·lula que el senyal ja té prou intensitat per desconnectar-se del canal anterior.

- *Handover* dur: es dona quan el salt d'un canal a l'altre es fa en un moment determinat sense que hi hagi un període de transició en què s'estigui connectat a tots dos. Això pot presentar algun inconvenient si el sistema no ha verificat, abans d'ordenar el canvi, que tots els nous paràmetres de transmissió són correctes.

2.5.3 Estructura d'una xarxa de telefonia mòbil

La Unió Internacional de Telecomunicacions (UIT) defineix en el Reglament de Radiocomunicacions el servei mòbil com el servei de radiocomunicacions que es presta entre estacions mòbils i terrestres o entre estacions mòbils. Es diferencia per tant, del servei fix en l'existència, almenys d'un terminal que té una ubicació que varia amb el temps, i es necessita el manteniment de la conversa telefònica en tot moment, inclosos els desplaçaments.

En general una xarxa de comunicacions mòbils presenta una estructura composta pels següents elements:

- **Sistemes mòbils (MS)**

Són els equips que subministren el servei concret als usuaris en el lloc, l'instant i el format (veu, dades, imatges) adequats. Cada sistema mòbil pot actuar en mode emissor, receptor o en els dos modes. Es pot veure un exemple en la figura 14.



Figura 14. Exemple de sistema mòbil.

- **Estacions base (BTS)**

S'encarreguen de mantenir l'enllaç radioelèctric entre el sistema mòbil i l'estació de control de servei durant la comunicació. Una estació base pot atendre a un o diversos sistemes mòbils i, segons el nombre d'aquests i el tipus de servei, se'n calcula el nombre adequat per proporcionar una cobertura total de servei en l'àrea geogràfica que es vol cobrir.

La reducció de la potència dels sistemes mòbils permet disminuir la interferència entre els MS assignats a canals idèntics, així com les dimensions i el pes dels circuits subministradors d'energia (bateries), fet que suposa una millor qualitat del servei i més comoditat en l'ús del sistema mòbil.

- **Estacions de control (BSC)**

Realitzen les funcions de gestió i manteniment del servei. Una altra de les tasques consisteix en el l'assignació d'estacions base en un sector dins d'una àrea de cobertura, als equips mòbils que s'hi desplacen.

La funció de commutació de la comunicació entre estacions base permet canviar el canal ocupat pel sistema mòbil en l'estació base anterior per un altre canal lliure de l'estació base més pròxima .

La funció de localització d'un sistema mòbil fora del seu sector habitual implica que en cada estació base s'hagin de reconèixer els sistemes mòbils residents i les visitants, perquè les estacions de control puguin determinar la seva posició en qualsevol instant.

- **Servei Mòbil Commutat (MSC)**

Permeten la connexió de les xarxes públiques i les privades amb la xarxa de comunicacions mòbils, així com la interconnexió entre estacions mòbils localitzades en diferents àrees geogràfiques de la xarxa mòbil.

HANDOVER

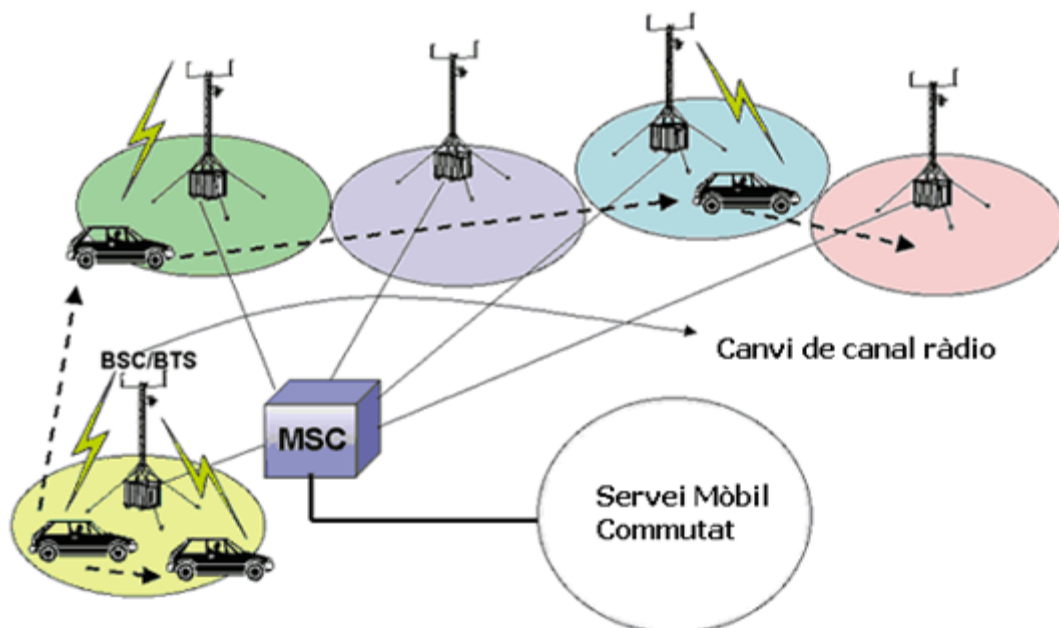


Figura 15. Servei Mòbil Commutat en el control del handover.

2.5.4 GSM

El GSM (Global System for Mobile Communications). Podem situar el seu origen en història quan l'any 1982 la Conferència d'Administradors de Correus i Telecomunicacions (CEPT) va establir un equip amb el nom de "Group Special Mobile" de l'Institut d'Enginyeria de Telecomunicacions Europeu (ETSI) el qual va desenvolupar posteriorment el GSM, també anomenat E-GSM. La principal diferència amb els sistemes de comunicació mòbil desenvolupats fins al seu descobriment radica en la digitalització dels senyals tant de veu com de dades, en la millora en seguretat i en la reducció d'interferències aconseguides gràcies a la tècnica del salt de freqüència. Es considera doncs, l'intent europeu d'unificar els diferents sistemes mòbils digitals i substituir els més de deu analògics en ús.

L'avantatge principal del sistema digital GSM és que permet realitzar o rebre trucades a qualsevol país que hagi adoptat l'estàndard, encara que s'hi estigui en trànsit, facilitat que es coneix com itinerància o "roaming". El portàtil es registra automàticament en la següent xarxa GSM en canviar d'un país a l'altre, i queda immediatament disponible per al seu ús, però perquè això sigui possible cal que l'operador amb qui s'hagi contractat tingui acord d'itinerància amb la resta.

El GSM predomina a Europa i té gran importància a la resta del món, tot i que a partir del 2004 les operadores de telecomunicacions dels Estats Units l'estan substituint progressivament per UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) tecnologia per mòbils de tercera generació o 3G.

2.5.4.1 Característiques Tècniques

El GSM és a diferència dels anteriors, un sistema multiplexat en el temps (TDM) de franja estreta dins de la franja de 900. L'estàndard GSM especifica les franges de freqüència de 890 a 915 MHz per les franges d'enllaç de sortida i de 935 a 960 MHz per les franges d'enllaç entrant.

Dins de cada una de les freqüències que resulten de la partició de l'amplada de franja disponible, es procedeix a una segmentació en intervals de temps amb una trama de semicanals temporals. Cada conversa s'assigna a una de les trames i es transmet digitalitzada, com un tren d'impulsos de dades que s'entrellaça amb els procedents d'altres, i per tant cada canal pot admetre diverses converses, en lloc d'una sola com passa amb els sistemes analògics. Aquest canvi continu de freqüència evita les interferències a què es pot sotmetre una única freqüència en un moment determinat, fet que millora la qualitat de la xarxa. A més regula la potència d'emissió del mòbil en funció de la distància a l'estació base a què està lligat en cada moment. La transmissió i la recepció discontinua (veure figura 16) genera un estalvi de potència de la estació mòbil durant els períodes d'inactivitat i serveix al doble propòsit de reduir la interferència entre canals i augmentar el temps de vida de la bateria de la unitat mòbil.

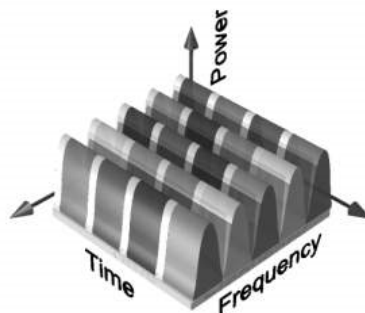


Figura 16. Potència consumida a causa de les transmissions i recepcions discontinues.

Les xarxes de GSM i de GPRS utilitzen la tecnologia híbrida per accedir al mitjà físic, que no és més que una combinació d'accés múltiple per divisió de freqüència (FDMA), i accés múltiple per divisió de temps (TDMA). L'ample de banda que té assignat el divideixen en canals de 200 kHz i a la vegada, aquests canals són dividits en 8 porcions de temps, anomenats *slots*, on s'emmagatzemen porcions tant de comunicació de veu com de dades GSM o GPRS segons convingui.

Com ja s'ha dit, els canals de 200 kHz de cada banda se subdivideixen en franges de temps de 577 µs. Ajuntant 8 franges de temps es forma una trama TDMA (Time division multiple access) de 4.616 ms. Ajuntant 26 o 51 trames TDMA es forma una "multitrama" (120 o 235 ms) depenent de si el canal es per tràfic de dades o de control. Ajuntant 51 o 26 trames altra vegada (depenent un altre cop del tipus de canal) es forma una "supertrama" de 6.12 s. Una "hipertrama" es compon de 2048 supertrames totalitzant una duració de 3 hores 28 minuts 53 minuts i 760 milisegons. La estructura de trama TDMA té associat un número de seqüència de 22 bits que identifica de forma única una trama TDMA dins d'una hipertrama donada. La figura 17 presenta aquesta estructura.

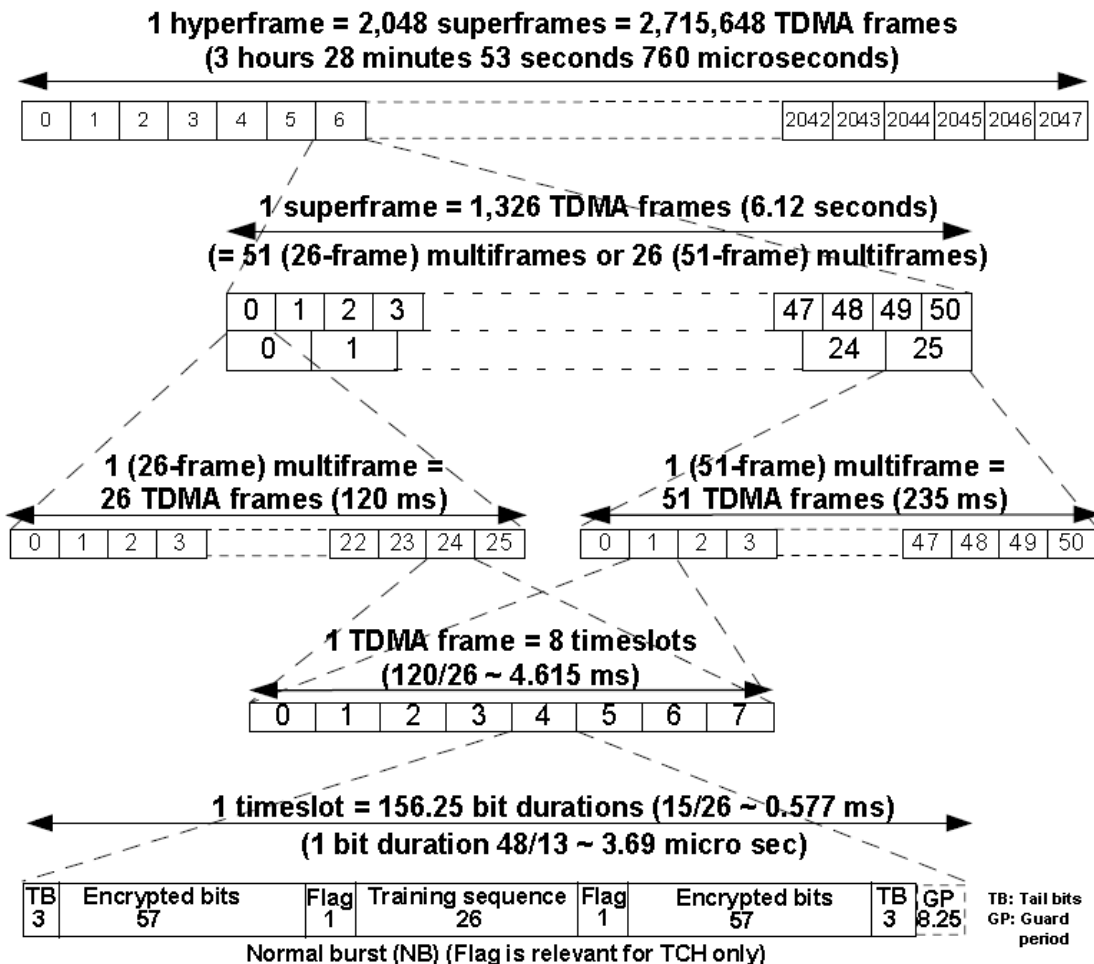


Figura 17. Estructura de les hipertrames amb les seves subdivisions.

Està prevista per un futur una codificació de veu a velocitat meitat, que permetrà la utilització de 16 canals per portadora.

Un sistema mòbil pot a més classificar-se en diferents tipus segons les següents característiques:

- Per la seva utilització
 - Equip mòbil
 - Equip portàtil
 - Equip transportable
- Per la potència de sortida
 - Classe 1: 20 w , mòbil i transportable
 - Classe 2: 8 w, vehicle i transportable
 - Classe 3: 5 w, portàtil
 - Classe 4: 2 w, portàtil
 - Classe 5: 0.8 w, portàtil

2.5.4.2 Els serveis de GSM

El GSM facilita l'existència d'una sèrie de serveis afegits als de la telefonia fixa, com l'enviament de dades fins a 9,6 kbit/s sense necessitar un mòdem extern. Possibilita la creació de xarxes privades virtuals, és compatible amb la RDSI (Red Digital Servicios Integrados), permet la identificació d'un abonat, ofereix un servei de missatges curts (SMS) de fins a 160 caràcters alfanumèrics i tota una completa gamma de serveis suplementaris (desviament cap a qualsevol altre número de la xarxa fixa, restricció i retenció de trucades, indicació de trucada en espera, multi conferència, identificació de la línia que truca, ocultació de la pròpia identitat, números de marcada fixa, restricció d'itinerància, consulta d'una bústia de veu, indicació del cost de la trucada, fixació del consum màxim, etc.) i utilitza l'espectre de forma molt més eficient, amb cèl·lules més petites, i presenta un menor consum d'energia, fet que permet terminals mòbils més petits. La seguretat en tenir accés per targetes intel·ligents i xifrar totes les converses per evitar possibles escoltes en la xarxa, són altres dels seus avantatges.

El DCS1800 (Digital Communications System 1800) és una variant de la norma GSM també conegut com a GSM 1800 que utilitza la franja de 1800 MHz i constitueix la base de les xarxes PCN (Personal Communications Networks) utilitzades en els Estats Units.

Per tenir una freqüència doble que la norma GSM, té dues característiques:

- Té més canals disponibles i per tant més ample de banda.
- En augmentar la freqüència augmenta l'absorció, per la qual poder assegurar si el servei és necessari a vegades.
- Utilitzar terminals de 2 W com a França.
- Reduir l'àrea de cobertura per una cel·la, el qual produeix un augment en la quantitat d'estacions base.

2.5.5 Les comandes AT

Les comandes AT són instruccions codificades que formen un llenguatge de comunicació entre l'home i un terminal MÒDEM.

Dennis Hayes va desenvolupar aquest tipus de comandes l'any 1977 com a interfície de comunicació amb un mòdem per així configurar-lo i proporcionar instruccions, com per exemple, marcar un número de telèfon. Més endavant, amb l'avanç de la velocitat de comunicació de bits en un segon, les companyies Microcomm i US

Robotics van seguir desenvolupant i expandint el joc de comandes fins a convertir-lo en una referència mundial.

Les comandes desenvolupades per Hayes es poden dividir en 3 grups:

- Joc de Comandes Bàsiques: una majúscula seguida d'un número. Ex: M1.
- Joc de Comandes Extenses: el caràcter “&” seguit d'una majúscula i un número. Ex: &M1
- Comandes de registres. Sr=n on “r” és el número del registre que es vol canviar i “n” és el nou valor que se li assigna al registre.

Un registre és un lloc físic i específic en memòria. Els mòdems tenen incorporada petits bancs de memòria, formats per registres. Aquest tercer tipus d'ordre s'utilitza per introduir un valor particular en un registre.

A continuació apareixen els caràcters més importants que poden aparèixer. Aquests caràcters normalment no s'haurien de canviar.

- AT: indica al mòdem que a continuació segueix una ordre pel mòdem. Les ordres pels mòdems han de començar sempre amb aquestes dues lletres.
- Z: resetja el mòdem a l'estat per defecte.
- ~: atura el programa de l'usuari durant mig segon. Es pot fer servir varies vegades seguides, una darrera l'altre. Per exemple: ‘ ~~~~ ’ atura durant 2 segons el programa.
- ^M: envia el caràcter de Retorn de Carry al mòdem.

2.5.5.1 Les comandes AT en la comunicació GSM

Les comandes AT s'anomenen així per la seva abreviació d' “ATENCIÓ” (o originalment ATTENTION). Tot i que la finalitat principal de les comandes AT és la comunicació amb mòdems, la telefonia mòbil GSM també l'ha adoptat com estàndard per poder comunicar-se amb els seus terminals. Per tant, tots els telèfons mòbils GSM posseeixen un joc de comandes AT específic que serveix d'interfície per configurar i proporcionar instruccions als terminals. Aquestes comandes permeten operacions com per exemple realitzar trucades de dades o de veu, llegir i escriure a l'agenda de contactes i enviar missatges SMS, entre d'altres.

És clara doncs que la implementació de les comandes AT s'ha traslladat als dispositius GSM i no depèn del canal de comunicació a través del qual aquestes comandes s'enviïn, sigui una comunicació sèrie, canal d'infrarojos, Bluetooth, etc.

El mòdul centre de tot el projecte, WISMO Q2501 de WAVECOM, per la part de GSM fa ús de comandes AT estàndards dins del sistema GSM però en canvi per la part de GPS té unes comandes específiques de WAVECOM.

Les comandes AT de GSM són moltes però es poden agrupar en els següents tipus:

- Comandes de trucada.
- Comandes per SMS.
- Comandes de control de la targeta SIM.
- Comandes de control del telèfon.
- Comandes d'interfície amb un ordinador.
- Comandes per paràmetres de la xarxa de comunicació.
- Comandes variades.

2.5.6 La targeta SIM

SIM és l'acrònim de *Subscriber Identify Module*, Mòdul d'Identificació del Subscriptor, i el seu ús en les xarxes GSM és obligat. És desmuntable i emmagatzema de forma segura el codi del servei del subscriptor que utilitza per identificar-se davant la xarxa, de forma que és possible canviar la connexió d'un terminal a un altre simplement canviant la targeta.

Quan un usuari introdueix aquesta targeta en un telèfon mòbil, es connecta al sistema i aquest terminal passa a ser el seu telèfon mòbil, amb facilitats que li permet la seva targeta. D'aquesta manera es pot utilitzar qualsevol terminal com a propi i les factures de les trucades cursades s'emetran al compte assignat a la targeta.

El mecanisme de funcionament és el següent. L'usuari s'identifica amb el SIM teclejant el seu PIN, a la vegada que la xarxa comprova el SIM a través d'un protocol d'identificació automàtic. En cada nova operació el sistema consulta el registre de posicions en la central de commutació i comprova que l'usuari té dret a l'accés a la xarxa mitjançant un breu diàleg amb la targeta SIM. La protecció de la identitat del terminal i per tant del usuari, per evitar el seguiment de la seva localització s'estableix quan la xarxa li assigna un "àlies" temporal (TMSI), almenys en cada actualització de posició.

2.5.6.1 Format

Existeixen dos tamanys de targeta SIM. El seu format i layout estan d'acord amb la ISO 7816-1,2 [24,25]. La targeta ha de tenir una senyal de polarització que indica com l'usuari ha d'introduir la targeta.

- ID-1 SIM. Els contactes de la SIM ID-1 han d'estar localitzats en la part frontal de la targeta. Tamany: 85.60x53.98x0.76 mm
- PLUG-IN SIM. Versió més popular i més petita que es pot veure a la figura 18. Tamany: 25x15x0.76 mm



Figura 18. Aspecte físic targeta PLUG-IN SIM.

2.5.6.2 Contactes

La taula 7 conté la definició dels contactes segons la ISO 7816-2

Contacte	Nom	Ús
C1	Vcc	Contacte d'alimentació del microprocessador de la targeta. Les SIM s'alimenten a 5 V, 3 V o 1'8 V.
C2	RST	Línia de Reset a través del qual el xip microprocessador de la targeta pot iniciar la seva seqüència de reset.

C3	CLK	Línia de senyal de rellotge a través de la qual es proporciona un senyal de rellotge al microprocessador. Aquesta línia controla la velocitat d'operació i proporciona una estructura comuna per la comunicació de dades entre la targeta SIM i el lector de la mateixa.
C4	RFU	Reservat per ús futur.
C5	GND	La línia de massa proporciona una referència elèctrica comuna entre el lector i la targeta SIM.
C6	V _{pp}	Contacte de tensió de programació utilitzat per programar la EEPROM de la primera generació de targetes SIM.
C7	I/O	Línia d'entrada/sortida que proporciona el canal de comunicació bidireccional entre el lector i la targeta SIM.
C8	RFU	Reservat per ús futur.

Taula 7. Contactes de la targeta PULG-IN SIM segons la ISO 7816-2

Els contactes C4 i C8 són opcionals i no són utilitzats en l'aplicació GSM. Han de presentar alta impedància en al targeta SIM en l'aplicació GSM. Els contactes C4 i C8 no és necessari ser proporcionats per la SIM, però si els té, no s'han de connectar internament en la SIM.

La posició dels contactes segons la norma ISO 7816-3 és la següent:

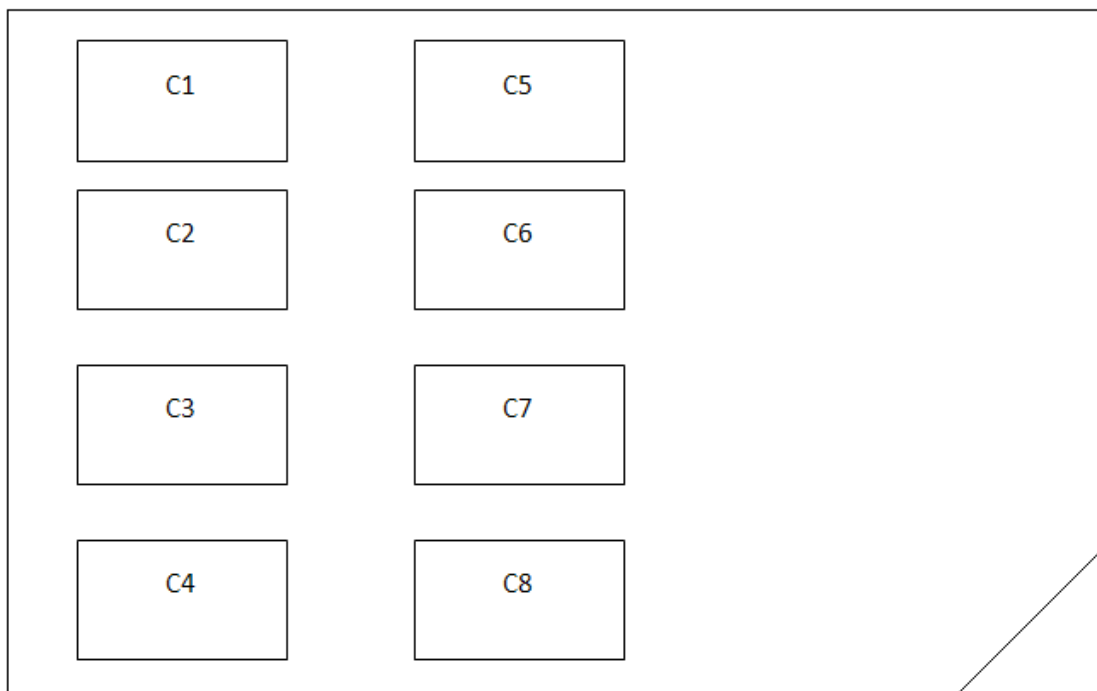


Figura 19. Posició dels contactes en una targeta PLUG-IN SIM.

Les dimensions mínimes estàndards són 2x1.7 mm

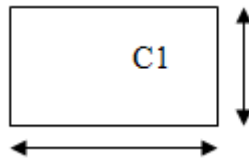


Figura 20. Dimensions mínimes dels contactes d'una targeta PLUG-IN SIM.

Les SIMs emmagatzemen la informació específica de la xarxa utilitzada per autenticar els abonats a ella. La més important és la ICC-ID (International Circuit Card ID) que s'emmagatzemen en les targetes SIM i també graben o imprimeixen sobre el cos de plàstic de les mateixes un procés de personalització. També existeix el IMMSI (International Mobile Subscriber Identify) s'empra per connectar les operadores de telefonia mòbil amb les trucades a telèfons mòbils .

La Ki (Authentication key) és la clau d'identificació, valor de 16 bits emprats per autenticar les targetes SIM en la xarxa mòbil. Cada targeta SIM té una Ki única assignada per l'operador durant el procés de personalització. Al connectar el Terminal la targeta SIM mitjançant la comanda corresponent es fa una petició a la xarxa i aquesta envia un número aleatori que és utilitzat per la targeta per generar claus de xifrat. La clau d'usuari és retornada per ser comparada amb la que la xarxa ha calculat. Aquest procediment garanteix l'accés correcte per part de l'abonat a una sessió GSM corresponent. Si aquest codi s'introdueix de manera errònia generalment tres vegades, s'entra en un estat de bloqueig en el que el codi correcte abans d'aquest fet deixa de tenir validesa.

2.5.6.3 Altres característiques

La superfície amb els pins no s'ha de danyar a causa d'una pressió per una bola d'acer de 1.5 mm de radi que aplica una força de 1.5 N.

Si considerem que la SIM és un dispositiu Cmos, el fabricant del equip mòbil ha de tenir les precaucions adequades, pel que fa els díodes de protecció interns de la SIM. Per protegir la interfície del equip mòbil, de la SIM o dels dos de descàrregues electrostàtiques particularment durant la inserció de la SIM en l'equip mòbil s'han de tenir en compte.

El rang de temperatures per una completa operació és entre -25°C i 70°C amb pics ocasionals de 85°C. Ocasionalment significa no més de 4 h i no més de 100 vegades durant la vida de la targeta.

2.6 GPRS

2.6.1 Introducció del GPRS

GPRS és l'acrònim de Servei General de Paquets per Ràdio o en anglès General Packet Radio Service. Aquesta nova tecnologia està basada en la commutació de paquets realitzant la transmissió en una xarxa GSM i permet un flux continu dels mateixos a través d'ella, en aplicacions que permeten navegació web i transferència d'arxius.

El sistema GPRS també se'l coneix per GSM-IP ja que utilitza la tecnologia IP (Internet Protocol) per accedir directament als proveïdors de continguts d'Internet.

Sorgeix de la necessitat de millorar la rapidesa de transmissió de dades i navegació per Internet, ja que a una velocitat de 9600 bps del sistema GSM no es pot navegar per Internet de manera satisfactòria. Una millor rapidesa de connexió respecte el sistema GSM,

el fa més avantatjós de la mateixa manera que la forma de pagament pel seu ús, que en el cas de GSM és per temps de connexió. Respecte a la velocitat de connexió en el cas de GSM la connexió pot tardar entre 15 a 30 segons en canvi en el GPRS el temps de connexió és inferior al segon. El seu principal avantatge radica en la possibilitat de disposar d'un terminal permanentment connectat, facturant únicament pel volum de dades transferides (enviats i rebuts) i no pel temps de connexió. Així doncs el sistema GPRS unifica el món IP amb el món de la telefonia mòbil, creant així una xarxa paral·lela a la xarxa GSM orientada exclusivament a la transmissió de dades.

En el sistema GPRS els diferents usuaris comparteixen els canals de comunicació de forma dinàmica, de manera que un usuari només té assignat un canal quan s'està realment transmetent dades. Per a utilitzar GPRS es precisa un telèfon que suporti aquesta tecnologia. La majoria d'aquests terminals són capaços de suportar també GSM, pel que podrà realitzar les seves trucades de veu utilitzant la xarxa GSM de manera habitual i les seves transmissions de dades (connexió a internet, WAP,...) amb GPRS.

La velocitat de transmissió de dades s'ha augmentat des d'un mínim de 40 kbps fins a un màxim de 115kbps. A més presenta una millora per les operadores. El seu ús eficient dels recursos de la xarxa només ocupen els recursos de la xarxa en el moment en què estan transmetent o rebent dades, i a més es poden compartir els canals de comunicació entre diferents usuaris, no com en el model GSM

2.6.2 Serveis del GPRS

Els serveis que té un usuari d'aquest sistema són els equivalents a tenir un ordinador connectat a Internet. Mitjançant el sistema GPRS es pot accedir amb totes les facilitats a Internet utilitzant el terminal GPRS com a mòdem com per exemple, accés a comptes de correu electrònic, avís de recepció de correu en el mòbil, navegació per Internet, descàrrega de fitxers, des de qualsevol PC, PDA o des del terminal GPRS si les seves característiques ho permeten. També podrà accedir en mobilitat a la Intranet Corporativa, accedir a comptes de correu corporatives, accedir a bases de dades i aplicacions corporatives des d'un dispositiu mòbil, accedir a aplicacions WAP per ús empresarial a través del servei WAP, accedir a serveis d'informació a través del servei WAP, etc.

2.6.3 Avantatges

Els avantatges que presenta aquest tipus de comunicació respecte el GSM són els següents

- "Always connected": un usuari GPRS pot estar connectat tot el temps que desitgi, ja que no fa ús de recursos de xarxa mentre no estigui rebent ni transmetent dades, en conseqüència no paga.
- Cost nul d'establiment de connexió GPRS.
- Major velocitat de transmissió, ja que en GSM només es pot tenir un canal assignat (un "timeslot"), mentre que en GPRS, es poden tenir diversos canals assignats, tant en el sentit de transmissió del mòbil a l'estació base com de l'estació base al mòbil. La velocitat de transmissió augmentarà amb el nombre de canals assignats. A més, GPRS permet l'ús d'esquemes de codificació de dades que permeten una velocitat de transferència de dades major que en GSM.

- Possibilitat de realitzar/rebre trucades de veu mentre s'està connectat o utilitzant qualsevol dels serveis disponibles amb aquesta tecnologia.

2.6.4 Classes Multislots i esquemes de codificació GPRS

La classe Multislot fa referència a la quantitat d'*Slots* que pot utilitzar el mòdul per pujar i baixar dades, motiu pel qual va íntimament relacionat amb l'esquema de codificació i la velocitat de transmissió de dades del mòdul. La següent taula detalla les possibles classes de Multislot i la quantitat d'Slot que té associats cadascun.

Classe Multislot	Time Slot	
	Rx	Tx
1	1	1
2	2	1
3	2	2
4	3	1
5	2	2
6	3	2
7	3	3
8	4	1
9	3	2
10	4	2
11	4	3
12	4	4
13	3	3
14	4	4
15	5	5
16	6	6
17	7	7
18	8	8

Taula 8. Quantitat d'Slots depenent de la Classe Multislot

Els esquemes de codificació dels paquets de dades fa possible la recuperació dels mateixos en els receptors. En funció de la codificació utilitzada hi haurà major o menor probabilitat de recuperar dades, és a dir, proporcionen diferents graus de seguretat, davant la pèrdua de bits. Per altra banda, s'ha de considerar que existeix una relació inversa entre la velocitat i la seguretat de la integritat de les dades motiu pel qual, per poder garantir una seguretat elevada, serà necessari afegir una major quantitat d'informació de protecció i com a conseqüència la velocitat de transferència serà menor. En la taula que segueix es pot

veure els diferents esquemes de codificació i la velocitat que poden transmetre i/o rebre dades cadascun d'ells.

- CS-1: protecció normal
- CS-2: protecció lleugerament menor
- CS-3: protecció reduïda.
- CS-4:sense error de connexió.

Tipus	Rendiment (kbps)
CS=1	9.05
CS=2	13.4
CS=3	15.6
CS=4	21.4

Taula 9. Velocitat de transmissió de les dades segons la classe Multislot.

2.7 DESCRIPCIÓ INTRODUCTÒRIA

Aquest projecte parteix d'un mòdul comercial que en general s'aplica en el món l'automoció, i que s'anomena WISMO Quick Q2501 de la marca WAVECOM. Les seves reduïdes dimensions faciliten notablement la seva integració en equips mòbils.

El primer pas és donar una visió global del disseny sense entrar gaire en detall i de manera esquemàtica determinar els diferents blocs dels quals disposarà la placa. Per una banda tindrem l'alimentació del conjunt, un bloc que permetrà la comunicació sèrie RS232 per la part de GPS i una altra per la de GSM. Una altra part del circuit serà destinat a la targeta SIM per poder realitzar les funcions de comunicació mòbil de forma correcta. Un bloc menys important és la part d'àudio però que per requeriments per part de m-BOT s'ha afegit per possibles usos futurs. L'alimentació del Real Time Clock també forma un altre bloc i finalment el propi mòdul Q2501 considerat el bloc més important, el qual disposa de l'antena GPS i l'antena GSM. Per una rep les dades de posicionament i amb l'altre pot establir la comunicació de telefonia mòbil. Així doncs si haguéssim de mostrar l'explicació feta en un diagrama de blocs, el resultat seria el de la figura 21.

A continuació es fa una breu descripció de les característiques més importants d'aquest mòdul.

El mòdul Q2501 de WAVECOM permet tan la comunicació GSM per la freqüència de E-GSM que és 900 MHz com per la de DCS-GPRS a 1800 MHz i a més disposa d'un receptor GPS de 16 canals diferents.

Pel que respecta al GSM/DCS les freqüències de recepció i transmissió són les següents:

- Recepció (E-GSM): des de 925 a 960 MHz.
- Recepció (DCS 1800): des de 1805 a 1880 MHz.
- Transmissió (E-GSM 900): des de 880 a 915 MHz.

- Transmissió (DCS 1800): des de 1710 a 1785 MHz.

Les seves característiques sobre GPRS són que utilitza els esquemes de codificació de l'1 al 4 i que és de la classe 10 de multislots que si observem a la taula número 8, indica que té 4 slots per baixar dades i 2 per pujar-les.

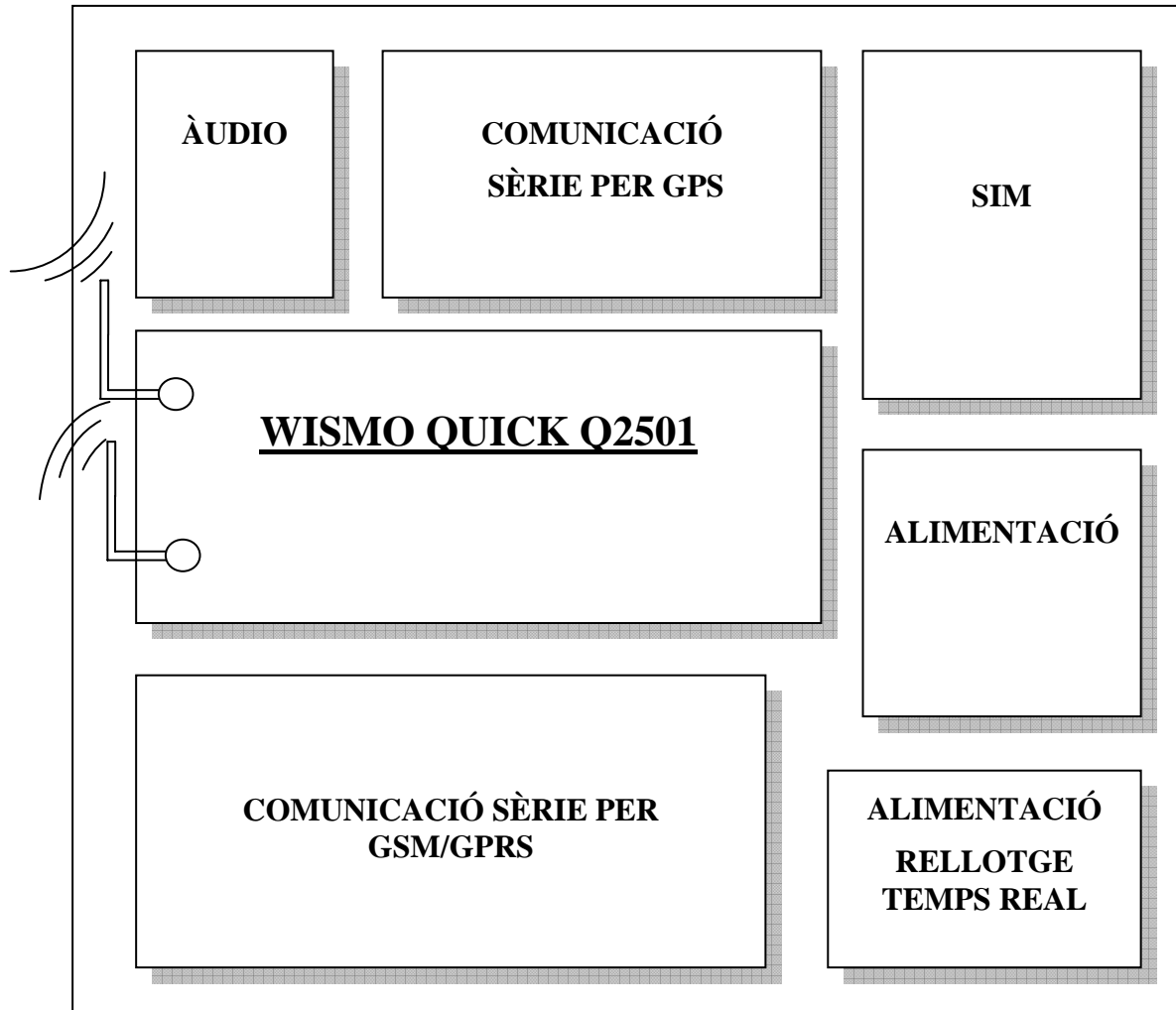


Figura 21. Diagrama de blocs del disseny.

Pel que fa a les característiques del receptor GPS, com ja s'ha dit abans disposa de 16 canals diferents per obtenir dades de fins a 16 satèl·lits. Té una precisió de 2 metres i mig de CEP.³ Els temps de inicialització són de:

- En “calent”: menor a 3.5 s. La inicialització en calent es produeix quan la posició del moment, l'offset de temps, l'hora aproximada GPS i el *Ephemeris*⁴, permeten al receptor GPS inicialitzar-se de forma molt ràpida.
- “Templat”: 33 s. És el mateix que abans però sense conèixer el *Ephemeris*, però gràcies a un *back-up* de les dades abans d'apagar-se coneix la seva última posició. D'aquesta manera pot calcular la seva posició de forma més ràpida que en fred

³ Radi del cercle on està centrada la posició vertadera.

⁴ Taula de valors dels objectes astronòmics en el cel en un moment determinat.

- En “fred”: 34 s. Inicialització des de 0 ja que no té cap dada de l’última vegada que havia estat en funcionament.

El protocol que utilitzarà en el nostre cas és el NMEA-0183.

El control del mòdul es fa a través de comandes AT. El control de les funcions GSM es fa mitjançant les comandes AT estàndard, en canvi el control de les funcions GPS es fan amb comandes AT específiques de WAVECOM. El disseny realitzat permet dos modes de control extern i intern. S’ha decidit fer-ho així per dos motius que són, perquè ha estat acordat amb l’empresa m-BOT que seria així i perquè permet més flexibilitat després a la decisió de l’usuari quin tipus de control vol realitzar.

2.7.1 Mode extern

A través del port de comunicació sèrie del GPS només es pot fer el control del GPS mitjançant l’aplicació en ús de l’usuari i les trames NMEA s’enviaran pel mateix port.

A través del port de comunicació sèrie del GSM/GPRS es farà el control de les funcions GSM/GPRS utilitzant comandes AT i enviant-les per aquest port.

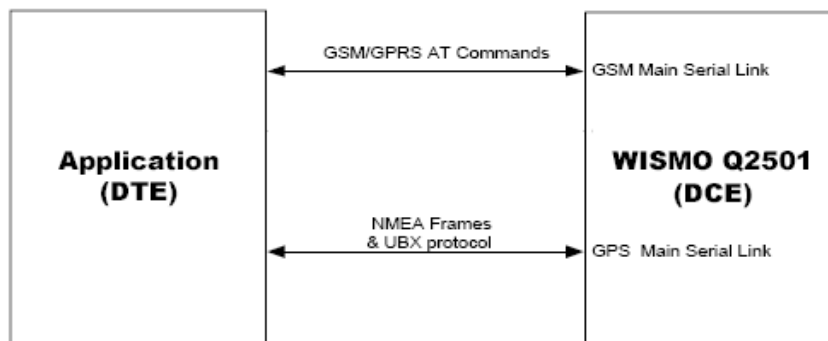


Figura 22. Control mode extern.

2.7.2 Mode intern

A través del port de comunicació sèrie del GSM es pot fer el control del GPS mitjançant les comandes AT específiques i les trames NMEA es poden rebre pel port del GPS o pel port de GSM.

Mitjançant comandes AT pel port GSM es fa el control de les funcions GSM i GPRS

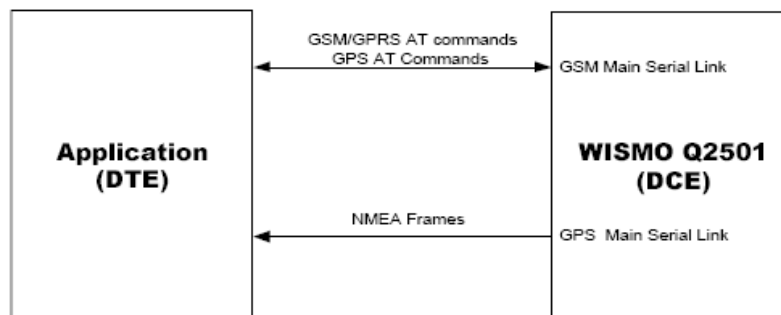


Figura 23. Control mode intern.

2.8 DESCRIPCIÓ DEL DISSENY DEL CIRCUIT ESQUEMÀTIC



Disseny i fabricació d'un dispositiu mòbil amb receptor
GPS

Aquesta part del projecte està considerada confidencial i s'ha retirat del document original.

Per a més informació:
José Manuel Díaz Navarro
Telèfon: 646 255 027
Correu: jmdiaz@mbotsolutions.com

Albert Oller Pujol
Telèfon: 977 559 704
Correu: albert.oller@urv.cat

6 ANNEX

6.1 BIBLIOGRAFIA

6.1.1 Llibres consultats

- LA RED GSM. Joachim Tisal. International Thomson Editores Spain Paraninfo. 1999.
- Sistemas de Telefonía. Jose Manuel Huidobro Moya; Rafael Conesa Pastor. Rústica. Paraninfo. 2006

6.1.2 Revistes consultades

- Resistor: electrònica pràctica 2007; (220)

6.1.3 Webs consultades

- www.elgps.com
- <http://es.kioskea.net/contents/telephonie-mobile/gsm.php3>
- http://www.pdaexpertos.com/Tutoriales/Internet_movil/Guia_completa_de_GPRS.shtml
- http://www.aena.es/csee/Satellite?cid=1047658426384&pagename=subHome&Language=ES_ES&SMO=3&SiteName=NavegacionAerea&Section=5&c=Page&MO=2
- <http://es.wikipedia.org/>
- <http://www.wavecom.com/>
- <http://www.computerhope.com/atcom.htm>
- http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/Geodesia/Seccion_Temas_de_Cartografia/Sistemas_de_coordenadas.html
- http://agamenon.uniandes.edu.co/~revista/articulos/redes_moviles/rm.html
- <http://www.wisegeek.com/what-is-a-sim-card.htm>
- <http://www.alegsa.com.ar/Dic/2.5G.php>
- <http://www.todoexpertos.com/categorias/tecnologia-e-internet/telefoniamovil/respuestas/2206/ampliacion-cobertura-red-celular>
- <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>
- <http://www.nmea.org/>
- http://www.spaceandtech.com/spacedata/constellations/navstar-gps_consum.shtml
- <http://www.isdefe.es/maritima/que/earte3.htm>
- <http://blackinside.wordpress.com/2007/03/28/comandos-at-gsm/>
- <http://es.farnell.com/>
- <http://es.rs-online.com/web/>