

POSICIONAMENT DE VEHICLES EN MAPES MITJANÇANT GPS

Memòria del Projecte Fi de Carrera
d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions
especialitat en Sistemes Electrònics
realitzat per
Xavier Pujol Avellaneda
i dirigit per
Jose Manuel Alvarez Lopez

Bellaterra, Febrer de 2012

El sotasignat, Jose Manuel Alvarez Lopez
Professor/a de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de la UAB,

CERTIFICA:

Que el treball a què correspon aquesta memòria ha estat realitzat sota la seva direcció per en Xavier Pujol Avellaneda

I per tal que consti firma la present.

Signat: Jose Manuel Alvarez Lopez

Bellaterra, Febrer de 2012

Índex de continguts

Capítol 1: Introducció.....	1
1.1.Estat de l'art.....	1
1.2.Objectiu i metodologia.....	2
1.3.Estructura de la memòria.....	2
Capítol 2 : GPS.....	4
2.1.Fonts d'error del sistema GPS.....	5
2.1.1 Errors relatius al satèl·lit:.....	6
Error del rellotge del satèl·lit.....	6
Errors en els paràmetres orbitals.....	6
2.1.2 Errors relatius a la propagació del senyal.....	7
Refracció de la ionosfera i la troposfera.....	7
Disponibilitat selectiva.....	7
Pèrdua de cicles.....	8
Efecte Multipath.....	8
2.1.3 Errors relatius al receptor.....	9
Error del rellotge.....	9
Capítol 3 : Bases de dades digitals geogràfiques.....	11
3.1.Entorn de treball.....	12
3.2.Geometria de la carretera a partir de la informació geogràfica.....	13
3.3.Fonts d'error del sistema.....	16
Capítol 4 : Filtre Kalman.....	17
4.1.Equacions del filtre kalman.....	18
Capítol 5 : Sistema de correcció del posicionament.....	20
5.1.Descripció de les dades.....	20
5.2.Descripció de l'algorisme de posicionament.....	21
Capítol 6 :Experiments i resultats.....	28
6.1.Primer experiment.....	28
6.1.1 Aplicació del filtre Kalman a la trajectòria original.....	30
6.1.2 Aplicació de filtre Kalman dins del bloc de Reajust del posicionament.....	31
6.1.3 Resultat final del primer experiment.....	32
6.2.Segon experiment.....	32
6.2.1 Utilització de l'algorisme sense el filtre Kalman.....	33
6.2.2 Utilització de l'algorisme amb filtre Kalman.....	35
6.2.3 Resultat final del segon experiment.....	35
Capítol 7 : Conclusions.....	36
7.1.Línies futures.....	37
Bibliografia.....	38
Annex 1: Utilització de l'entorn MATLAB.....	39

Índex de figures

Figura 1: Constel·lació de satèl·lits.....	4
Figura 2: Il·lustració on s'observen quatre satèl·lits i les seves distàncies al receptor.....	5
Figura 3: Esquema dels 3 segments i els seus components. Segment d'usuari, segment de control i segment espacial.....	6
Figura 4: Refraccions a la ionosfera i a la troposfera.....	7
Figura 5: Exemple de l'efecte multipath.....	8
Figura 6: Il·lustració on s'observa que l'error del rellotge del receptor, pot generar temps de propagació incorrectes i per tant es poden obtenir punts erronis (B).....	9
Figura 7: Imatge de satèl·lit de l'entorn de treball. Extreta de Google Maps.....	11
Figura 8: Zona del mapa de l'entorn de treball. Extreta d'OpenStreetMap [4].....	12
Figura 9: Imatge de Satèl·lit extreta de Google Maps amb la superposició dels punts de coordenades de color verd, extrets de la base de dades digital.....	13
Figura 10: Imatge de Satèl·lit extreta de Google Maps amb la superposició dels esquelets de les trajectòries generades amb MATLAB.....	14
Figura 11: Diferència entre la interpolació Cubic i la interpolació Linear.....	14
Figura 12: Representació del model de les quatre carreteres.....	15
Figura 13: Model de la carretera. El model consisteix en definir l'amplada de la calçada (Wrl) i l'amplada del voral (Wrs) perpendicular a la direcció de cada segment de la carretera.....	16
Figura 14: Sistema de correcció del posicionament.....	20
Figura 15: Diagrama de blocs del sistema de correcció del posicionament.....	21
Figura 16: Bloc de Reajust del posicionament.....	22
Figura 17: Bloc Reajust del posicionament, cas de recepció GPS vàlida.....	23
Figura 18: Càlcul de la distància del vehicle a la carretera mes pròxima.....	24
Figura 19: Càlcul de la distància mínima per determinar la posició del vehicle.....	24
Figura 20: Posicionament del vehicle sobre la carretera.....	25
Figura 21: Bloc de Reajust del posicionament. Cas recepció GPS no vàlida.....	25
Figura 22: Diagrama de blocs de l'algorisme complet.....	27
Figura 23: Cada línia de color verd és l'esquelet de cada una de les quatre carreteres. Els punts de color vermell són les coordenades obtingudes de l'antena GPS amb el desplaçament del vehicle ...	29
Figura 24: Ampliació de la zona anterior al túnel. La línia de color vermell és la trajectòria realitzada pel vehicle. Les línies de color verd són les quatre carreteres.....	29
Figura 25: Aplicació del filtre Kalman a tota la trajectòria obtinguda de l'antena GPS. Els punts de color negre són el resultat del filtre Kalman.....	30
Figura 26: Aplicació del filtre Kalman a la trajectòria original i a la part generada amb la velocitat.....	31
Figura 27: Representació final de la trajectòria i les carreteres modelades.	32
Figura 28: Trajectòria fictícia que simula pertorbacions del senyal GPS.....	33
Figura 29: Trajectòria fictícia posicionada sense haver utilitzat el filtre Kalman.....	34
Figura 30: Trajectòria fictícia color vermell. Els punts de color blau són l'estimació del filtre Kalman. Els punts de color groc són la posició fictícia del vehicle cada segon.....	34
Figura 31: Resultat d'aplicar tot l'algorisme a la trajectòria del segon experiment.....	35
Figura 32: Logotip de MATLAB.....	40

Índex de taules

Taula 1: Resum dels errors del sistema GPS.....	10
Taula 2: Equivalències d'amplada de la calçada i del voral, utilitzant el model de carretera.....	15

Capítol 1: Introducció

Els nous automòbils cada vegada incorporen més sensors i aparells que faciliten i fan més agradable l'experiència del conductor. Aquests aparells i sensors s'uneixen per formar sistemes que s'utilitzen per diferents finalitats: fer més confortable l'estància de l'usuari, millorar la seguretat, o fer algunes maniobres més senzilles, etc. Dins d'aquests s'hi inclou un sistema desenvolupat pels membres del CVC (Centre de Visió per Computador) que és els que ens interessa a nosaltres.

El sistema en qüestió, és un sistema de detecció de la carretera que utilitza una càmera, un receptor de GPS i bases de dades geogràfiques digitals. Aquest utilitza el sistema de navegació per satèl·lit, GPS (Global Positioning System), per saber on estem dins d'un mapa digital construït en vista d'ocell. Després el mapa es modela per fer-lo més real i es projecta al punt de vista del conductor, d'aquesta manera es visualitza una imatge similar al que es veuria si estiguéssim conduint [7].

Però aquest sistema té diferents inconvenients. El primer inconvenient, és que el senyal del GPS no és prou precís i es perd en certs moments, o deixa d'existir, a més a més, el sistema actual no fa cap històric i es queda penjat. El segon inconvenient, és que els mapes no tenen la precisió desitjada i el sistema no té present que estem dins la carretera d'un mapa i a vegades es posiciona fora de la carretera, això fa que la imatge que es projecta davant la càmera no sigui l'adequada. Tots aquests problemes no són nous, i avui en dia, ja existeixen diferents dispositius que els resolen.

1.1. *Estat de l'art*

Els dispositius de posicionament de vehicles que resolen els nostres problemes són sistemes comercials, Garmin, TomTom, etc. Aquests dispositius són sistemes tancats i no hem pogut accedir als seus algorismes. A més, aquests utilitzen informació extra de sensors, com acceleròmetres i giroscopis formant un sistema de navegació inercial. Aquests sensors proporcionen informació sobre la velocitat i la inclinació que milloren el posicionament en el cas de pèrdua de senyal.

1.2. Objectiu i metodologia

L'objectiu principal del projecte és desenvolupar un sistema que millori la posició del vehicle, per poder resoldre els inconvenients derivats d'aquest mal posicionament. A part del receptor GPS, no disposem de cap tipus de sensors. Per tant, l'objectiu principal d'aquest projecte és el desenvolupament d'un algorisme capaç de millorar el posicionament.

Nosaltres proposem una solució desenvolupada amb software (Annex 1), incorporant la informació de les bases de dades geogràfiques i del GPS. Aquesta solució es basa en dos fonaments:

En primer lloc, afegir la informació temporal alhora de calcular la posició. En particular, hem considerat un filtre Kalman degut a que és un filtre òptim, al tenir en compte totes les mostres generades anteriorment. Amb aquesta part solucionem el problema de les possibles perturbacions del senyal GPS.

En segon lloc, hem decidit restringir el posicionament del vehicle sobre les localitzacions on hi ha carretera. En aquest cas, hem utilitzat la informació de les bases de dades geogràfiques per generar el mapa de carreteres, i per calcular la posició del vehicle. Amb aquesta part el que aconseguim és posicionar el vehicle sobre la carretera.

I finalment combinant la informació temporal guardada anteriorment amb la informació de les bases de dades, aconseguim posicionar el vehicle en el cas de pèrdua total de senyal.

Així doncs s'espera que combinant la informació temporal, la informació del sistema GPS i les bases de dades digitals n'hi hagi prou per millorar l'estimació de la posició del vehicle sobre la carretera.

Tota la informació extreta del receptor GPS s'emmagatzema en una base de dades i després es realitza el processat *offline*. A més a més, totes les proves realitzades en aquest projecte s'han realitzat a velocitat constant.

1.3. Estructura de la memòria

A partir d'aquest punt, la memòria està estructurada de la següent manera:

El segon capítol és una introducció al sistema GPS i les seves fonts d'error. Farem especial èmfasi a aquest últim apartat ja que és important entendre les fonts d'error perquè són les que provoquen els errors de posicionament.

El tercer capítol fem una introducció a les bases de dades geogràfiques digitals, l'explicació de perquè les hem utilitzat, com les hem utilitzat i una descripció de les seves fonts d'error.

En el quart capítol explicarem l'elecció del filtre Kalman i una curta descripció del seu

funcionament.

El cinquè capítol, és una descripció de l'algorisme principal, pas per pas amb els diferents blocs que el componen i el seu funcionament.

Al sisè capítol, farem una descripció de tots els experiments realitzats, amb els resultats obtinguts, tenint en compte els objectius del projecte.

Per últim, en el setè capítol exposarem les conclusions obtingudes de la realització del projecte i les línies futures.

Capítol 2 : GPS

El sistema de posicionament global, GPS, és un Sistema Global de Navegació basat en Satèl·lits que permet calcular la posició d'un objecte a qualsevol lloc de la terra, en qualsevol moment. Aquest sistema va ser desenvolupat pel Departament de defensa dels Estats Units a principis dels anys 70. En principi s'utilitzava per complir les necessitats militars dels Estats Units. Però més tard es va permetre l'us a persones civils i actualment és un sistema d'us dual. Des de que es va generalitzar el seu funcionament, ha sigut utilitzat per un número il·limitat d'usuaris, els quals es poden connectar de manera simultània i ininterrompuda, per rebre la posició i el temps a qualsevol part del món sota qualsevol condició climàtica.



Figura 1: Constel·lació de satèl·lits

El sistema GPS consisteix en una constel·lació de 24 satèl·lits operacionals i 3 satèl·lits de recolzament [1],[3], (fig. 1). L'objectiu del sistema GPS és determinar la posició d'un punt qualsevol

en un sistema de coordenades (x,y,z) , el càlcul d'aquesta posició es basa en el principi de triangulació, partint del càlcul de la distància d'un punt a un mínim de tres satèl·lits dels quals la seva posició és coneguda, es pot veure a la figura 2. A partir d'aquest moment el receptor GPS mesurarà les distàncies, que els separen calculant el temps que triga la senyal en viatjar des de els satèl·lits fins al punt, per realitzar-ho multiplicarà el temps de vol de la senyal per la seva velocitat de propagació. Per poder mesurar el temps de vol de la senyal el satèl·lits i el receptor han d'estar sincronitzats, doncs han de generar simultàniament el mateix codi, en el cas del satèl·lit no suposa cap problema ja que disposa d'un rellotge atòmic, però el rellotge del receptor és un rellotge de quars el que provoca una desviació que afegeix una incògnita més al càlcul, pel que es fa necessari quatre satèl·lits per estimar correctament les posicions.

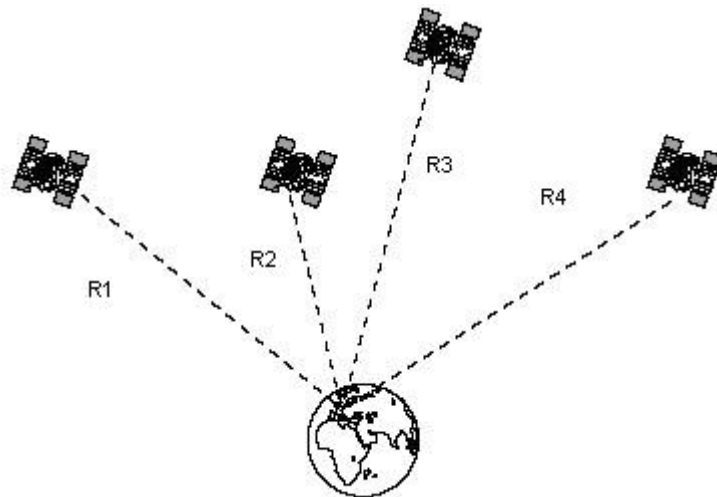


Figura 2: Il·lustració on s'observen quatre satèl·lits i les seves distàncies al receptor

2.1. Fonts d'error del sistema GPS

Els errors que es poden produir al sistema GPS poden ser deguts a diferents factors, en aquest apartat exposarem alguns d'aquests errors i algunes de les seves possibles solucions [3].

2.1.1 Errors relatius al satèl·lit:

Error del rellotge del satèl·lit

Aquest error és el desfasament que té el rellotge del Satèl·lit respecte el temps del sistema GPS. Els errors en els oscil·ladors dels satèl·lits poden eliminar-se mitjançant correccions enviades en el missatge de navegació que rep el receptor, i que són calculades i actualitzades per les estacions de seguiment del segment de control, (fig. 3). Per cada rellotge de satèl·lit es determina el seu desfasament inicial i els coeficients de desviament o derives de l'estat del rellotge. Aquests paràmetres es graben en el corresponent satèl·lit i s'inclouen en el missatge de navegació que envia el satèl·lit. Però encara que el receptor apliqui les correccions per l'error del rellotge del satèl·lit, segueix latent un petit error residual estimat en uns 10 nanosegons, i que és degut a la impossibilitat de conèixer l'estat exacte del rellotge del satèl·lit.

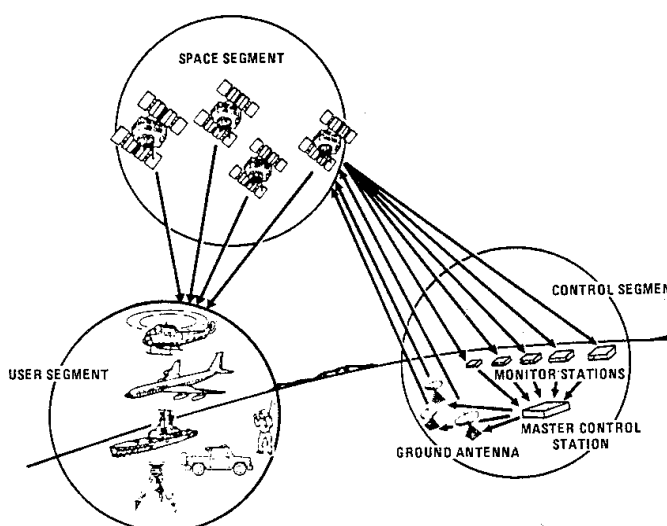


Figura 3: Esquema dels 3 segments i els seus components. Segment d'usuari, segment de control i segment espacial.

Errors en els paràmetres orbitals

Per tal de saber la seva posició, el receptor ha de conèixer les posicions dels satèl·lits. Les estacions de seguiment registren dades de pseudodistàncies i mesures de fase que envien a l'Estació de Control principal, a on amb sofisticat software es prediuen les futures posicions orbitals dels satèl·lits, és a dir les seves efemèrides (fig.3). Aquestes són transmises en el missatge de navegació del satèl·lit però les efemèrides seguiran tenint un error degut a que no és possible determinar la

seva posició exacta. Els errors en els paràmetres orbitals es poden eliminar treballant amb les efemèrides precises dels dies d'observació, a on apareixen les verdaderes posicions dels satèl·lits.

2.1.2 Errors relatius a la propagació del senyal

Refracció de la ionosfera i la troposfera

La velocitat de propagació és crítica per qualsevol sistema de mesura de distàncies. Aquesta velocitat multiplicada per l'interval de temps en que es va propagar la senyal ens dona la mesura de la distància. Si una ona electromagnètica es propaga pel buit, la seva velocitat és la velocitat de la llum, indiferentment de la freqüència que tingui. Però en el cas de les senyals de GPS, han de travessar les capes de l'atmosfera fins arribar al receptor que es localitza sobre la superfície terrestre. Les senyals interactuen amb partícules carregades que provoquen un canvi en la seva velocitat i la seva direcció de propagació, és a dir, les senyals són refractades. Quan una senyal viatja per un medi que no és el buit, aquesta pateix un retard degut a que la seva velocitat és més baixa i també degut a que la trajectòria augmenta la seva longitud per refracció, si el medi no és isòtrop (fig. 4).

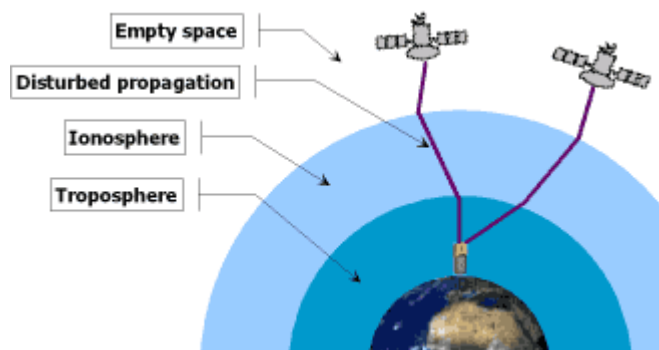


Figura 4: Refraccions a la ionosfera i a la troposfera

Disponibilitat selectiva

La disponibilitat selectiva suposa una alteració o manipulació de la informació que els satèl·lits de la constel·lació GPS envien als usuaris en el seu missatge de navegació, manipulació realitzada pel departament de Defensa dels Estats Units que degrada la posició final. Es modifiquen els estats dels rellotges i paràmetres orbitals. La disponibilitat selectiva està desactivada actualment.

Pèrdua de cicles

Les pèrdues de cicles suposen un salt en el registre de les mesures de fase, produït per alguna interrupció o pèrdua de senyal enviada pel satèl·lit. Aquestes pèrdues de cicles poden ser causades per la obstrucció de la senyal del satèl·lit deguda a la presència d'arbres, edificis, ponts, muntanyes, etc. Aquesta causa és la més freqüent, però també poden ser degudes a una baixa SNR (qualitat senyal soroll) degut a unes males condicions a la ionosfera, efecte multipath, receptors en moviment, o baixa elevació del satèl·lit. Una altra causa podria ser un error en el software del receptor, que condueix a un processament incorrecte de la senyal. Per últim, una última causa de pèrdua de cicle, encara que es doni en rares ocasions, podria ser deguda a un mal funcionament de l'oscil·lador del satèl·lit.

La detecció d'una pèrdua de cicle i la seva reparació requereix de la localització del salt i determinació de la seva mida. La detecció es porta a terme per mitjà d'un anàlisi o test de quantitat, aquests tests poden ser mesura de la fase en brut, combinacions de fase, combinacions de codi i fase, etc. Una vegada determinada la mida de la pèrdua de cicle, la reparació es fa corregint a totes les observacions de fase següents per aquest satèl·lit i la seva portadora, segons una quantitat fixada. El software intern del receptor és capaç al moment de detectar i corregir les pèrdues de cicle.

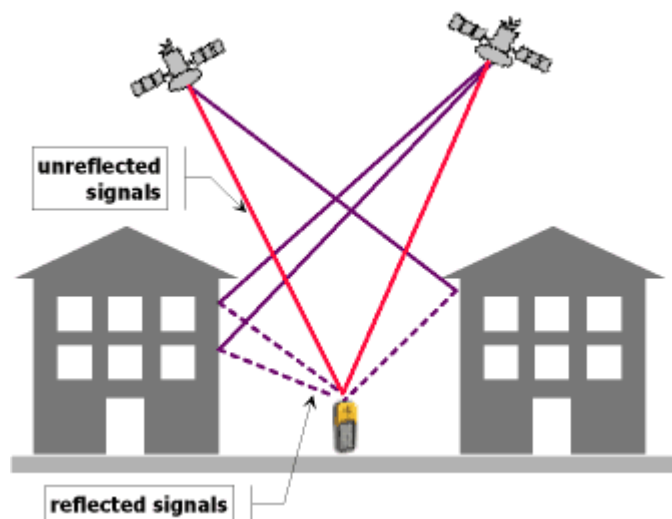


Figura 5: Exemple de l'efecte multipath.

Efecte Multipath

L'efecte multipath o multi-camí està causat principalment per múltiples reflexions del senyal emès pel satèl·lit en superfícies properes al receptor, (fig. 5). Aquestes senyals reflectides que es

superposen a la senyal directa són sempre més llargues, ja que tenen un temps de propagació més llarg i poden distorsionar significativament l'amplitud i forma de l'ona. Aquest efecte pot ser considerablement reduït escollint punts d'estació protegits de reflexions (edificis, vehicles, arbres, etc.), és a dir, evitar les superfícies que poden reflectir a les proximitats al receptor. I també es poden evitar per un apropiat disseny de l'antena, com és la utilització de plans de terra, que redueixen les interferències de senyals amb baixa elevació o inclús amb elevació negativa, que són les que provoquen el multipath, en altres paraules, s'intenta reduir la intensitat de les senyals secundàries i aïllar la senyal directa. L'efecte multipath depèn de la freqüència de la portadora. Per tant, les mesures de fase es veuran menys afectades que les mesures de codi.

2.1.3 Errors relatius al receptor

Error del rellotge

Quan un receptor rep una senyal d'un satèl·lit, en aquest moment el seu rellotge intern tindrà un desfasament o error respecte a l'Escala del Temps. Aquest error afectarà a totes les mesures de pseudodistàncies realitzades cada cop. Com es pot observar a la figura 6 els temps de propagació varien i poden originar coordenades amb un error de posició. L'error es pot resoldre afegint-lo com una altra incògnita en el procés d'estimació. Llavors és necessari l'us de quatre satèl·lits per calcular la posició de l'usuari.

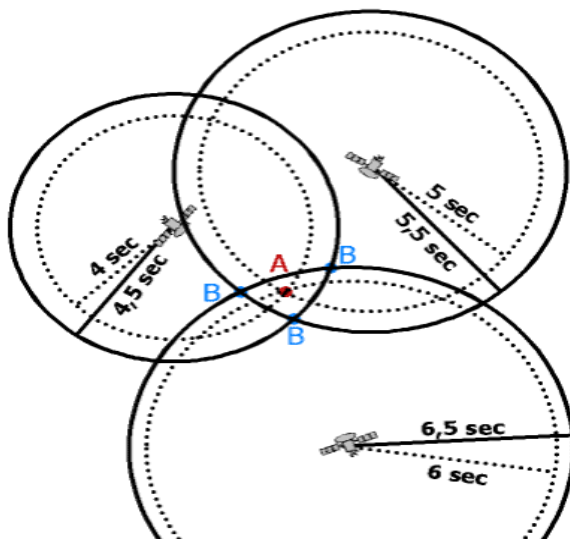


Figura 6: Il·lustració on s'observa que l'error del rellotge del receptor, pot generar temps de propagació incorrectes i per tant es poden obtenir punts erronis (B).

La taula 1 ens mostra els errors més significatius.

Efectes de la ionosfera	± 5 metres
Errors en els paràmetres orbitals	$\pm 2,5$ metres
Errors dels rellotges dels satèl·lits	± 2 metres
Efecte multipath	± 1 metre
Efecte de la troposfera	$\pm 0,5$ metres
Errors de càlcul i d'arrodoniment	± 1 metre

Taula 1: Resum dels errors del sistema GPS.

La taula 1 és un resum dels errors més importants, com es pot comprovar seria molt complicat modelar individualment cada un dels errors del sistema GPS per millorar el posicionament, ja que provenen de fonts molt diferents. Segons les especificacions del nostre aparell de GPS, model Woxter Slim II, es poden obtenir precisions inferiors als 2,5 metres en un 95% del temps. Nosaltres agafem l'error del sistema GPS com un error d'una variable aleatòria Gaussiana del que podem calcular la seva variància. Aquesta variància la utilitzarem per modelar el filtre de Kalman.

Capítol 3 : Bases de dades digitals geogràfiques

Un sistema d'informació geogràfica o Geographic information system (GIS o SIG) és un sistema dissenyat per capturar, emmagatzemar, manipular, analitzar, gestionar i presentar tot tipus de dades amb referència geogràfica. En un sentit més genèric, el SIG és la fusió de cartografia, anàlisi estadística i la tecnologia de base de dades. Els sistemes d'informació geogràfica sovint s'associen amb un mapa que mostra les característiques i les relacions en funció de la superfície de la Terra. L'accés a aquestes bases de dades ens permeten tenir un ampli coneixement de l'entorn, en imatges i dades. En el nostre cas, utilitzem la informació geogràfica per introduir la geometria de les carreteres al sistema proposat, tant en la representació gràfica de l'entorn, com en l'ajuda del posicionament del vehicle.



Figura 7: Imatge de satèl·lit de l'entorn de treball. Extreta de Google Maps.

3.1. Entorn de treball

En aquest apartat, descriurem l'entorn escollit per realitzar els experiments. Aquesta zona conté una trajectòria que passa a prop de la Universitat Autònoma de Barcelona i creua l'AP-7 amb la C-58 (fig. 7). La zona té dos dels problemes que volem abordar en aquest projecte: Primer disposa de quatre carreteres que estan molt pròximes entre si, dificultant el posicionament del vehicle sobre una d'elles, i segon conté una zona amb un túnel, en el qual hi ha pèrdua total de senyal.

La base de dades de la qual extraurem tota la informació és la base de dades digital d'OpenStreetMap [4]. Aquesta és de codi obert amb informació geogràfica i atributs de carreteres en format XML. Aquests atributs inclouen característiques com ara el tipus (autopistes, ruta, el tronc principal de carreteres, camins secundaris), el nom, la velocitat màxima, una/dues direccions [5]. La figura 8 mostra el mapa de la zona escollida extreta de la base de dades.

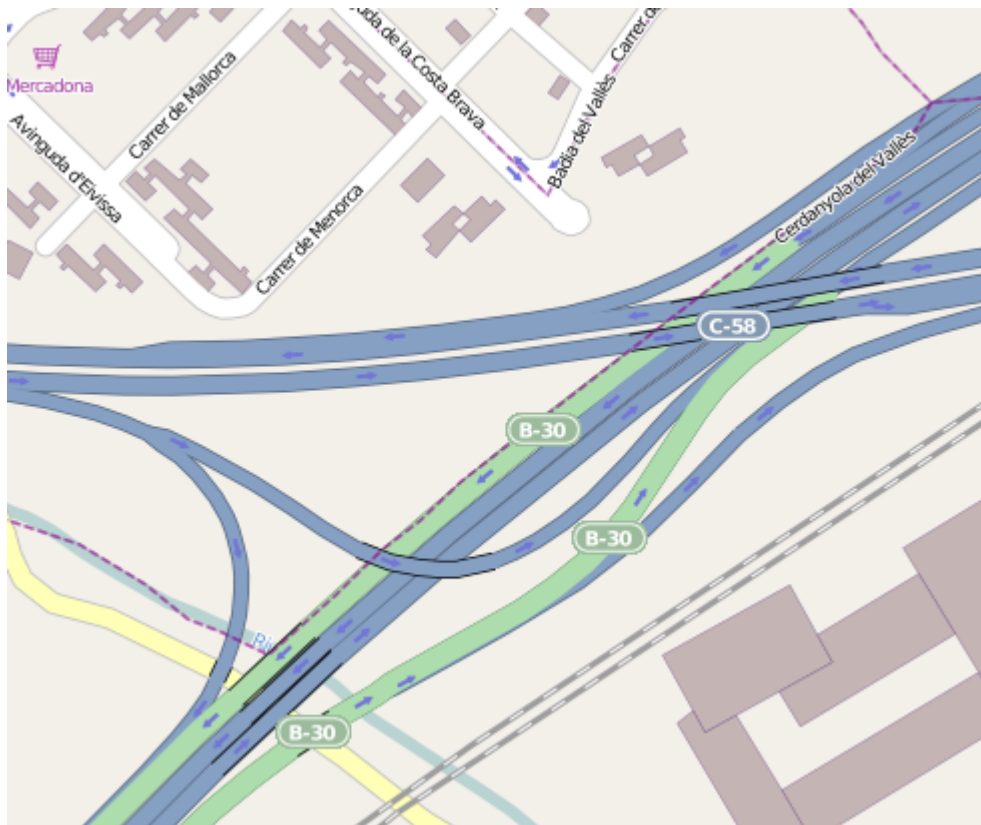


Figura 8: Zona del mapa de l'entorn de treball. Extreta d'OpenStreetMap [4].

3.2. *Geometria de la carretera a partir de la informació geogràfica*

En aquest apartat expliquem com donem forma a les carreteres mitjançant les dades obtingudes de la base de dades [4]. De cada carretera, obtenim punts de coordenades, que estan separats entre si, i segueixen la trajectòria de cada carretera individualment, com es mostra a la figura 9. Però aquests punts no són suficients per representar les carreteres.



Figura 9: Imatge de Satèl·lit extreta de Google Maps amb la superposició dels punts de coordenades de color verd, extrets de la base de dades digital..

El següent pas per donar forma a les carreteres, és generar l'esquelet o espina de les carreteres. Per fer-ho hem d'unir els punts de coordenades consecutivament, amb una interpolació cúbica per millorar la resolució del sistema. L'objectiu de millorar la resolució del sistema és obtenir els punts de coordenades intermedis de cada carretera per tenir un coneixement de tota la seva trajectòria. Com a resultat de la interpolació cúbica, s'obté una trajectòria amb forma suavitzada, figura 10. A la figura 11 es pot observar que hem escollit la interpolació cúbica, ja que té un aspecte més realista que la interpolació lineal.



Figura 10: Imatge de Satèl·lit extreta de Google Maps amb la superposició dels esquelets de les trajectòries generades amb MATLAB.

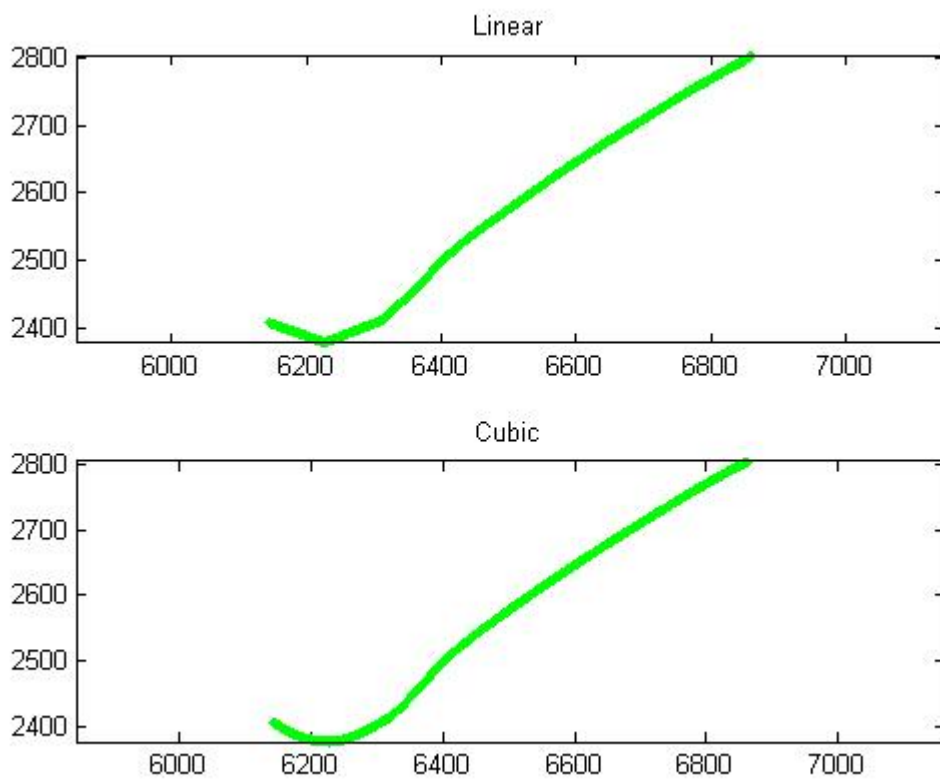


Figura 11: Diferència entre la interpolació Cubic i la interpolació Linear.

Seguidament, es tracta de modelar l'esquelet de la carretera sobre la base d'un model de carretera. El model de carretera consta d'una àrea transitable dins del carril, la calçada, i dues zones externes no transitables, les vores. L'amplada de les dues parts (calçada W_{RL} i zona exterior W_{RS}) es calcula d'acord amb les característiques de la carretera de la base de dades i la addicional legislació nacional de carreteres del país, taula 2. El model de carretera es realitza fent una expansió de l'esquelet, a partir de les dades d'amplada de la calçada i d'amplada del voral, com es pot observar a la figura 13 [7]. A la figura 12, es pot observar l'expansió de les quatre carreteres obtinguda amb MATLAB.

Tipus de carreteres	de Carretera	Primària	Secundaria	Residencial
W_{RL}	3,75 m	3,5 m	3 m	3 m
W_{RS}	2,5 m	1 m	1 m	0,5 m

Taula 2: Equivalències d'amplada de la calçada i del voral, utilitzant el model de carretera.

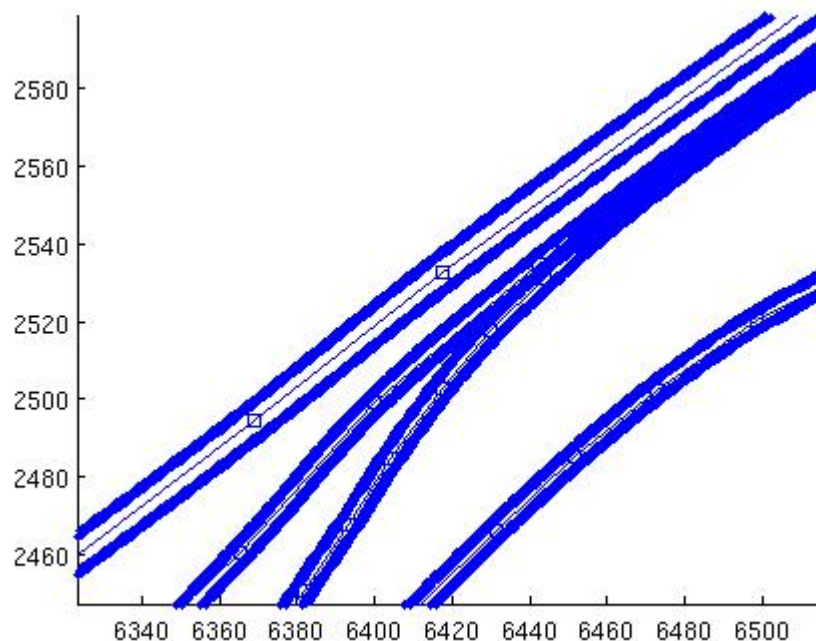


Figura 12: Representació del model de les quatre carreteres.

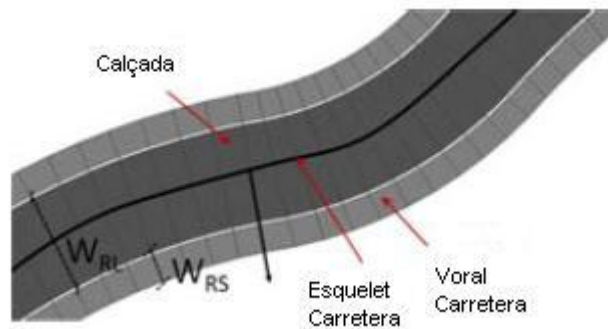


Figura 13: Model de la carretera. El model consisteix en definir l'amplada de la calçada (W_{RL}) i l'amplada del voral (W_{RS}) perpendicular a la direcció de cada segment de la carretera.

3.3. Fonts d'error del sistema

Els sistemes d'informació geogràfica actualitzen les seves dades de manera molt diversa. La cura amb que s'adquireixen aquestes dades, és la que determina el grau de l'error. Nosaltres, utilitzem una base de dades cartogràfica lliure, modificable per qualsevol usuari, per tant l'error incrementa, degut a la imprecisió dels instruments de captura estàndards.

A continuació anomenarem alguns dels mètodes d'adquisició de dades:

- Escanejar els mapes impresos a paper per passar-los a format digital. Amb escàners de poca qualitat s'afegeix soroll a la imatge, posteriorment al llegir el mapa, es podrien provocar errors en la seva interpretació.
- Introduir a la base de dades, les dades obtingudes de les mesures topogràfiques mitjançant instruments de captura digitals.
- Utilitzar el sistema GPS per introduir les coordenades a les bases de dades, aquest mètode pot introduir els errors ja comentats al capítol 2.
- Utilitzar sensors com càmeres, escàners o Lidar, equipats en avions o satèl·lits.
- Agafar imatges de satèl·lits de diferents zones i marcar punts per crear trajectòries de carreteres.

Finalment agafem l'error de les bases dades com un error d'una variable aleatòria Gaussiana del que podem calcular la seva variància, considerem el mateix valor de variància que el del capítol GPS, ja que l'error total no difereix excessivament.

Capítol 4 : Filtre Kalman

El filtre de Kalman és un algorisme, desenvolupat per Rudolf E.Kalman el 1960, de processat de dades òptim i recursiu. Òptim perquè incorpora tota la informació que se li subministra per determinar el filtrat. Recursiu perquè no precisa mantenir les dades prèvies, fet que, facilita la seva implementació en sistemes de processat en temps real.

L'objectiu del filtre consisteix en calcular una estimació dels estats d'un sistema. Per nosaltres cada estat és la informació de la posició, les coordenades de latitud, longitud i alçada, en un instant de temps determinat. Aquesta posició ens la proporciona el receptor de GPS, si hi ha bona senyal, o bé, les bases de dades digitals, en cas contrari. El temps d'actualització és el del GPS que es genera amb una freqüència d'un Hz.

L'elecció d'aquest filtre passa pels següents motius:

L'estimació de cada estat es fa en funció del temps t amb base a la informació disponible en el temps $t-1$, i s'actualitza, amb la informació addicional disponible en t . El filtre Kalman pot actuar de doble manera, per una banda pot estimar els estats d'una manera òptima, ja que cada un es comprova a partir dels estats anteriors, per altra banda, serveix per poder identificar els estats no mesurables, aquests són els que no tenim, nous estats.

El filtre es desenvolupa suposant que el sistema pot ser descrit mitjançant un model dinàmic lineal, on l'error associat tant al sistema com a la informació addicional, té una distribució normal amb mitja zero i variància determinada. En el nostre cas l'error introduït pel sistema GPS i les bases de dades, considerem que és el mateix.

4.1. Equacions del filtre kalman

Primer de tot introduïrem el vector d'estats $X_t \in \mathbb{R}^n$, on n és la dimensió del vector estat, R és el conjunt de nombres reals i t és l'índex temporal. El procés ve donat per una equació lineal de la següent forma:

$$X_t = AX_{t-1} + Bu_{t-1} + w_{t-1} \quad (4.1)$$

L'objectiu principal és obtenir l'estat X_t a partir de les mesures $Z_t \in \mathbb{R}^m$. L'equació del vector de mesures ve donada de la forma:

$$Z_t = HX_t + v_t \quad (4.2)$$

Les dues equacions anteriors tenen dues variables w_t i v_t que representen l'error, s'assumeix que tenen soroll blanc, distribució de probabilitat normal [2]. També s'assumeixen constants les matrius de covariància del procés Q i la de la mesura R .

La matriu A s'assumeix d'una dimensió $n \times n$ i relaciona l'estat amb el període previ $t-1$ amb l'estat actual t . La matriu H , de dimensions $m \times n$ relaciona l'estat amb la mesura Z_t . Aquestes matrius poden canviar amb el temps, però també s'assumeixen constants per simplicitat.

Ja tenim definit el procés a ser estimat. Ara hem d'aplicar l'algorisme del filtre Kalman. La primera etapa, és la de predicció que pronostica les estimacions de l'estat i covariància.

$$\hat{X}_t^* = A\hat{X}_{t-1} + Bu_{t-1} \quad (4.3)$$

$$\hat{P}_t^* = A\hat{P}_{t-1}A^T + Q \quad (4.4)$$

Q representa la covariància de la pertorbació aleatòria del procés que tracta d'estimar l'estat.

A la segona etapa, etapa de correcció, ens trobem el guany de Kalman K_t , seleccionat de tal forma que minimitza la covariància de l'error de la nova estimació de l'estat. Després es mesura realment el procés per obtenir Z_t i llavors generar una nova estimació de l'estat X_t , que incorpora la nova observació. El pas final és obtenir una nova estimació de la covariància de l'error. L'algorisme per la segona etapa és el següent:

$$K_t^* = PH^T (HP_t^* H^T + R)^{-1} \quad (4.5)$$

$$\hat{X}_t = \hat{X}_t^* + K_t (Z_t - H \hat{X}_t^*) \quad (4.6)$$

$$P_t = (1 - K_t H) P_t^* \quad (4.7)$$

Després de cada parell d'actualitzacions, tant del temps com de la mitja, el procés és repetit prenent com a punt de partida les noves estimacions de l'estat i de la covariància de l'error. Aquesta naturalesa recursiva és una de les característiques interessants del filtre Kalman.

Capítol 5 : Sistema de correcció del posicionament

En aquest capítol, realitzarem una descripció del sistema proposat per resoldre els problemes de posicionament. A la figura 14, es pot observar el diagrama de blocs global del sistema. Aquest diagrama només mostra les dades d'entrada i les dades de sortida. En els següents apartats, anirem abordant l'algorisme de forma més concisa.

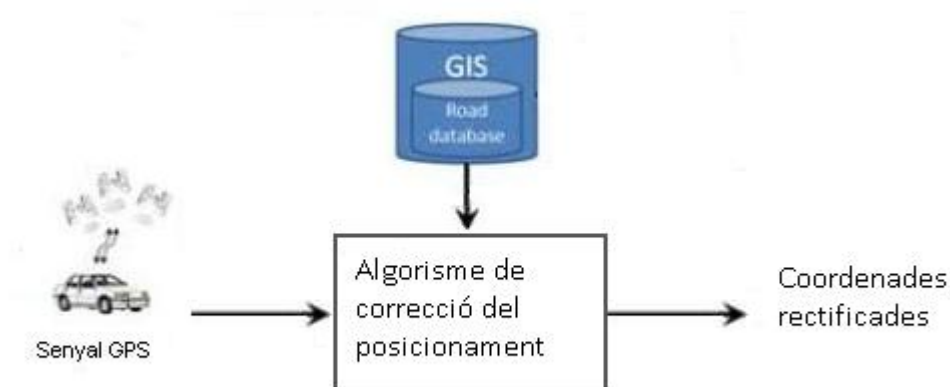


Figura 14: Sistema de correcció del posicionament.

5.1. Descripció de les dades

En primer lloc, realitzarem una introducció de les dades amb les que hem de treballar. El sistema pel qual nosaltres estem realitzant les millores, té integrat una càmera que capta 24 imatges per segon i una antena de GPS estàndard, model Woxter Slim II, que actualitza les seves dades amb una freqüència d'un Hz. Cada una d'aquestes imatges està associada a les dades de GPS que li

corresponen, però nosaltres, per realitzar la millora del posicionament sobre el mapa, només utilitzarem les dades extretes de l'antena de GPS.

El receptor GPS, cada cop que s'actualitza, ens proporciona tres coordenades, latitud, longitud i alçada, a més a més, també n'obtenim un senyal de validesa, que ens indica si és vàlid, i un senyal amb el número de satèl·lits que es troben disponibles en aquell moment. Les coordenades del GPS es basen en el sistema de coordenades cartogràfiques estàndard WGS84 (World Geodetic System 84), i es troben en forma el·líptica.

Finalment, com a últimes dades d'entrada tenim la informació extreta de les bases de dades digitals. I com a dades de sortida, tenim les coordenades estimades que localitzen el vehicle sobre la carretera de la base de dades digital.

5.2. *Descripció de l'algorisme de posicionament*

Com es pot observar a la figura 15, l'algorisme està dissenyat de manera que hi intervenen tres blocs:

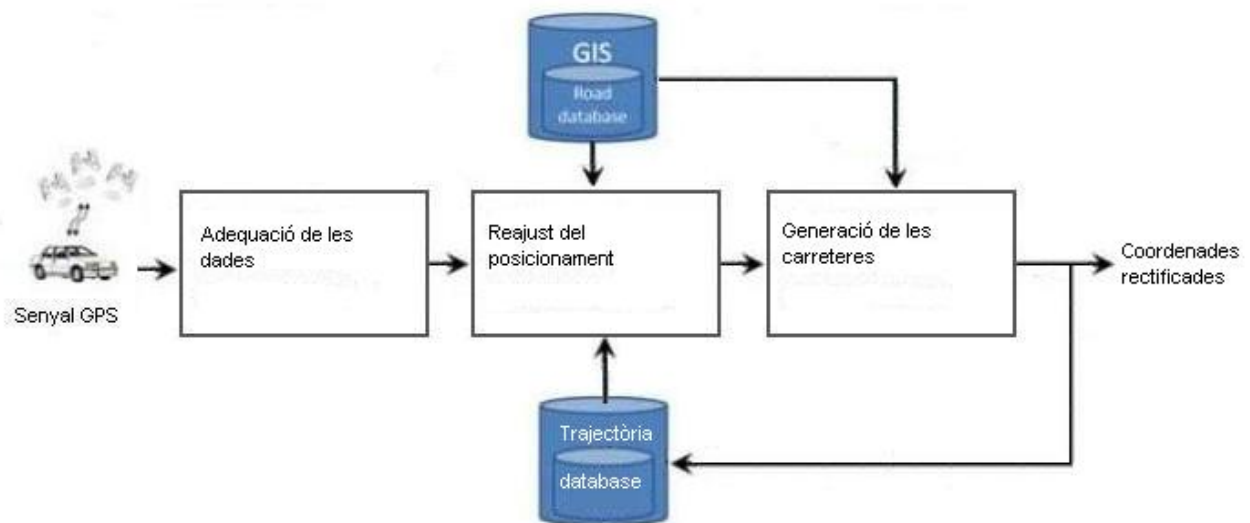


Figura 15: Diagrama de blocs del sistema de correcció del posicionament.

El primer bloc és el d'adequació de dades, dins d'aquest es porten a terme les primeres transformacions a les dades i també s'hi realitzen alguns processos que seran necessaris en etapes posteriors. Tenim les dades de l'antena de GPS dins del sistema i el primer que fem és realitzar el canvi de coordenades el·líptiques a cartesianes per tenir-les totes en el mateix sistema de coordenades. Un cop s'ha acabat la transformació, tenim les coordenades cartesianes i les senyals de

validesa. El següent pas dins d'aquest bloc, és realitzar un sistema de referència, aquest està creat a partir de les dades d'una zona determinada d'un mapa, i fa que totes les dades estiguin referides al mateix punt.

El segon bloc és el de Reajust del posicionament. Com es pot observar a la figura 16, aquest bloc s'encarrega de modificar la trajectòria original per posicionar-la sobre la carretera. El bloc té dues opcions de funcionament:

- Senyal vàlid.
- Senyal no vàlid.

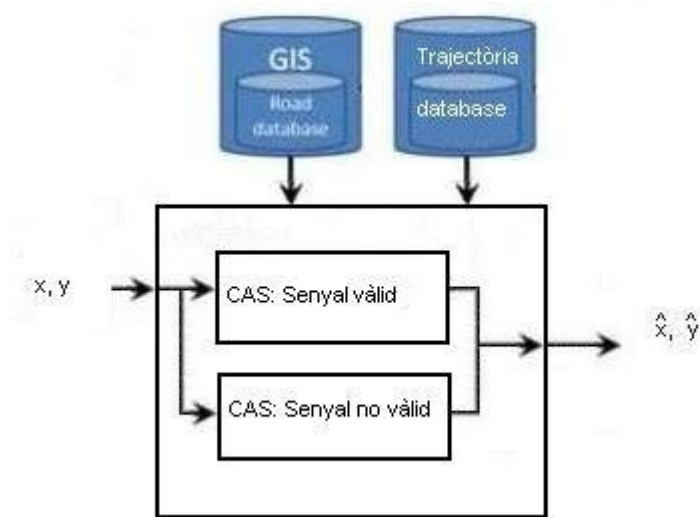


Figura 16: Bloc de Reajust del posicionament.

Primer analitzarem el cas en que hi ha senyal bo del GPS (fig. 17). En aquest cas s'agafen les coordenades cartesianes obtingudes anteriorment i s'introdueixen al filtre Kalman, que mitjançant aquestes i la informació que té disponible de coordenades anteriors, realitza un pronòstic, estimació, minimitzant l'error estadístic. El filtre pot funcionar de dues maneres, si el senyal del GPS prové d'una recepció de 3 a 6 satèl·lits, es dona més pes a l'estimació del filtre Kalman que a l'observació de les dades GPS, però si el senyal prové d'una recepció superior a 6 satèl·lits, donem més pes a l'observació que a l'estimació. Un cop tenim les coordenades estimades passem al següent bloc d'aquest apartat.



Figura 17: Bloc Reajust del posicionament, cas de recepció GPS vàlida.

El següent bloc d'aquest apartat és la part de l'algorisme, s'anomena Detecció de la carretera més pròxima. En aquest bloc hi intervé, la base de dades cartogràfica digital amb les dades de les carreteres. El primer que es realitza, és el càlcul de la distància mínima entre cada una de les carreteres i el vehicle com es mostra a la figura 18. Aquesta distància es calcula mitjançant la distància Euclidiana de les coordenades del filtre Kalman i les coordenades del mapa de la zona escollida.

Distància Euclidiana:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (5.1)$$

On d és la distància entre punts, x_2 i x_1 són la posició final i la posició inicial respectivament de la coordenada x , y_2 i y_1 són la posició final i la posició inicial de la coordenada y .

En el moment en que obtenim la distància mínima, sabem per quina carretera estem circulant, ja que sabem la carretera més pròxima a la nostra posició.

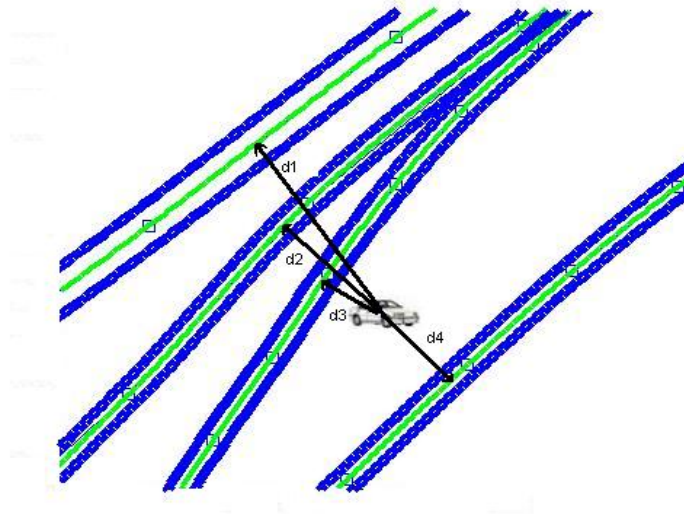


Figura 18: Càlcul de la distància del vehicle a la carretera mes pròxima.

Ara descriurem l'últim bloc d'aquesta part de l'algorisme, que s'anomena, Rectificació de les coordenades i realitza el posicionament del vehicle sobre la carretera. Com que ara ja sabem per quina carretera estem circulant, només necessitem utilitzar les dades d'aquesta carretera. Ara el que farem és realitzar el càlcul de la distància mínima, de cada punt de la carretera al nostre punt de coordenades o vehicle. Amb això obtindrem la posició de la carretera a la que hauria d'estar el nostre vehicle. Quan sabem aquest punt (fig. 19) realitzem el canvi i la dada estimada passa a ser el punt de la carretera. Ara ja tenim el vehicle posicionat com es mostra a la figura 20.

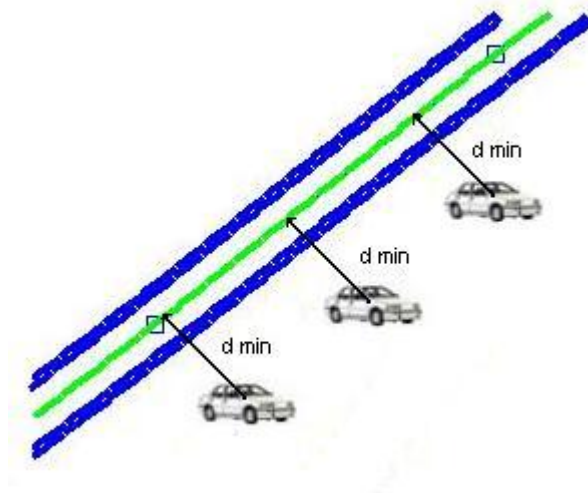


Figura 19: Càlcul de la distància mínima per determinar la posició del vehicle.

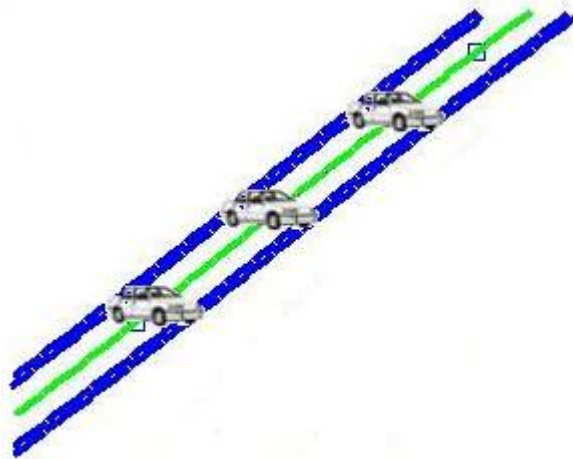


Figura 20: Posicionament del vehicle sobre la carretera.

Segon, analitzarem el cas en que el senyal vàlid no és bo, això vol dir que no tenim senyal de GPS. En aquest cas, per realitzar el posicionament del vehicle sobre la carretera, hem utilitzat la base de dades digital, els estats anteriors de la trajectòria i la velocitat del vehicle. A la figura 21 es pot veure l'esquema.

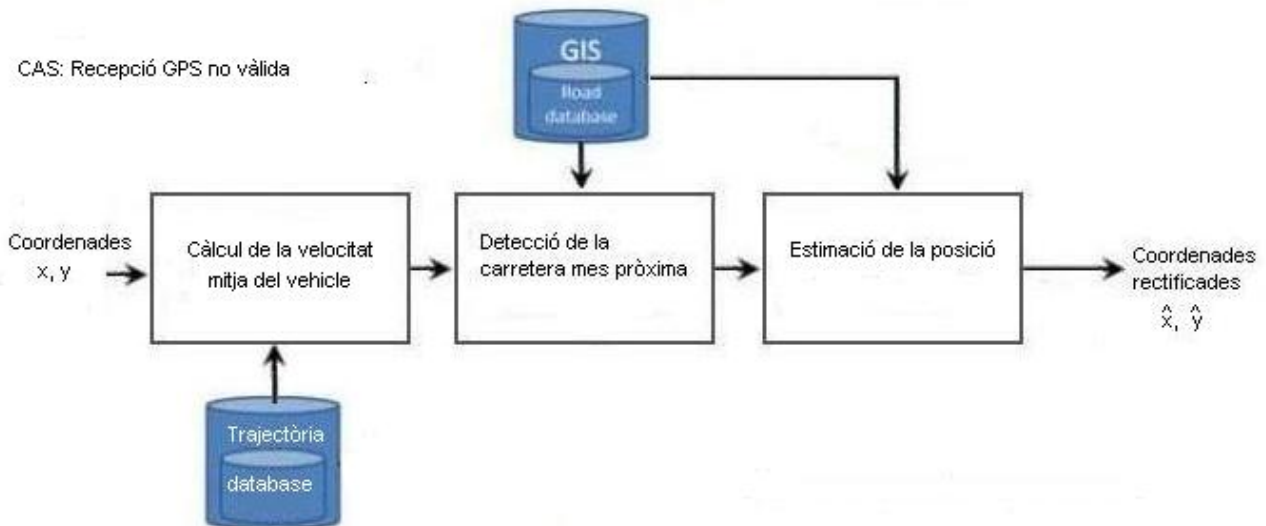


Figura 21: Bloc de Reajust del posicionament. Cas recepció GPS no vàlida.

Al entrar al primer bloc hem de conèixer la última coordenada posicionada juntament amb els estats anteriors de la trajectòria, que ho treurem de la base de dades que generem al final de l'algorisme. El següent pas és realitzar una mitja de la distància entre els punts de la trajectòria. Primer calculem

la distància entre punts de l'històric successivament, amb la distància Euclidiana (5.1) i seguidament fem el càlcul de la distància mitja:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.2)$$

A l'equació (5.2), \bar{x} és el resultat de la distància mitja, n és el nombre distàncies que tenim i finalment x_i són les distàncies que tenim.

Amb la distància obtinguda amb (5.2) i la freqüència d'actualització del GPS que és d'un Hz, podem saber la velocitat mitja.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (5.3)$$

El següent bloc anomenat Detecció de la carretera més pròxima, es realitza el càlcul de distància mínima amb l'equació (5.1) entre el punt de coordenades i les carreteres. Aquest bloc és el mateix que en el cas de senyal vàlid i determina la carretera per la qual estem circulant.

Un cop sabem la carretera, passem les dades al tercer bloc, realitzem una interpolació a la carretera i seguidament utilitzem la distància mitja (5.2) del primer bloc, per calcular el punt de la carretera on es localitza el vehicle. Per posicionar el vehicle realitzem un increment amb aquest valor de distància mitja recorreguda (5.2), des de la última posició detectada del vehicle, així obtenim la nova posició. Per acabar, en aquest apartat, també s'aplica el filtre de Kalman per fer una comprovació de l'estimació de la nova posició. En aquest cas el filtre utilitza el mode de funcionament de 6 satèl·lits, ja que considerem que les coordenades de la base de dades provenen d'un senyal bo.

Finalment, si tornem a observar la figura 15, introduïm el bloc de generació de les carreteres mitjançant la base de dades geogràfica digital. Per generar les carreteres, primer de tot extraurem la informació que necessitem de la base de dades. En el nostre cas, la base de dades conté punts de coordenades de les carreteres que necessitem, aquests punts si els unim realitzant una interpolació cúbica, obtenim la forma de la carretera, l'esquelet. Seguidament realitzem una expansió de la carretera, utilitzant la informació de la base de dades de l'amplada de la carretera i de l'amplada del voral. Un cop tenim les carreteres creades ja podem realitzar una representació del posicionament. Al final de tots els blocs obtenim l'estimació final de les coordenades sobre la carretera de la base de dades digital. A la figura 22 es pot veure el diagrama de blocs de tot l'algorisme.

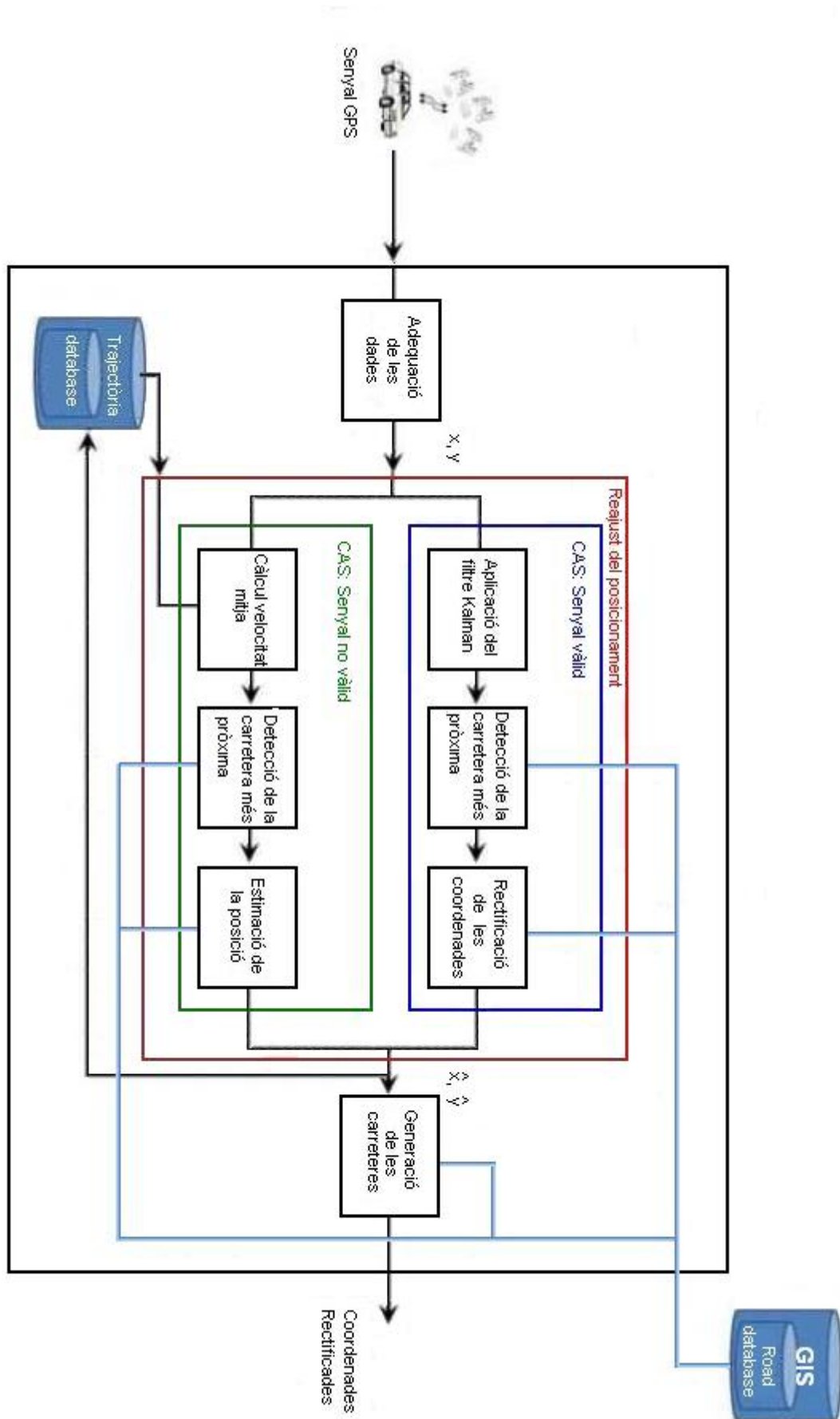


Figura 22: Diagrama de blocs de l'algorisme complet.

Capítol 6 :Experiments i resultats

En aquest capítol fem una descripció detallada de tots els experiments realitzats amb l'algorisme i els resultats obtinguts. Hem realitzat dos experiments, en els que hem utilitzat l'entorn de treball de la base de dades de carreteres, però hem fet servir trajectòries del vehicle diferents. A cada experiment hem fet proves sobre el funcionament d'alguns dels blocs de l'algorisme, i amb el funcionament total de l'algorisme.

6.1. *Primer experiment*

En aquest experiment totes les dades que s'utilitzen, les hem obtingut de l'entorn de treball real comentat al capítol 4 i té les següents característiques:

- Trajectòria real obtinguda de l'antena GPS.
- Qualitat de la Senyal GPS bona, superior a 9 satèl·lits.
- Entorn de treball real, extret de la base de dades de carreteres.

A la figura 23 es poden observar els esquelets de les quatre carreteres de color verd i els punts de color vermell que són les coordenades obtingudes de l'antena de GPS. Aquests punts s'han obtingut a una velocitat constant i a la freqüència d'actualització del GPS, que és d'un Hz, per això la distància que s'observa entre punts és aproximadament igual. La separació més gran entre punts vermells és l'interval del túnel, en que no hi ha senyal de GPS. En sortir del túnel, passat un període de temps l'antena GPS torna a rebre senyal.

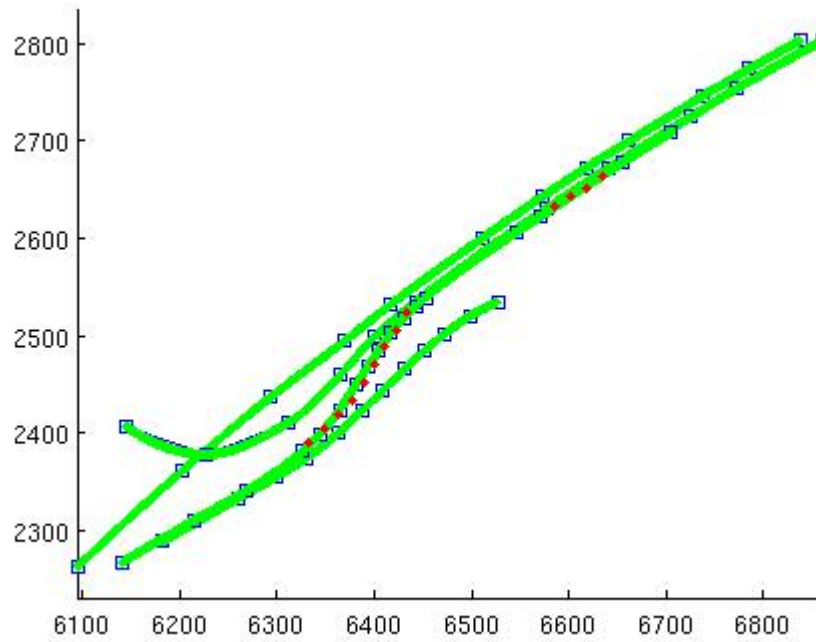


Figura 23: Cada línia de color verd és l'esquelet de cada una de les quatre carreteres. Els punts de color vermell són les coordenades obtingudes de l'antena GPS amb el desplaçament del vehicle .

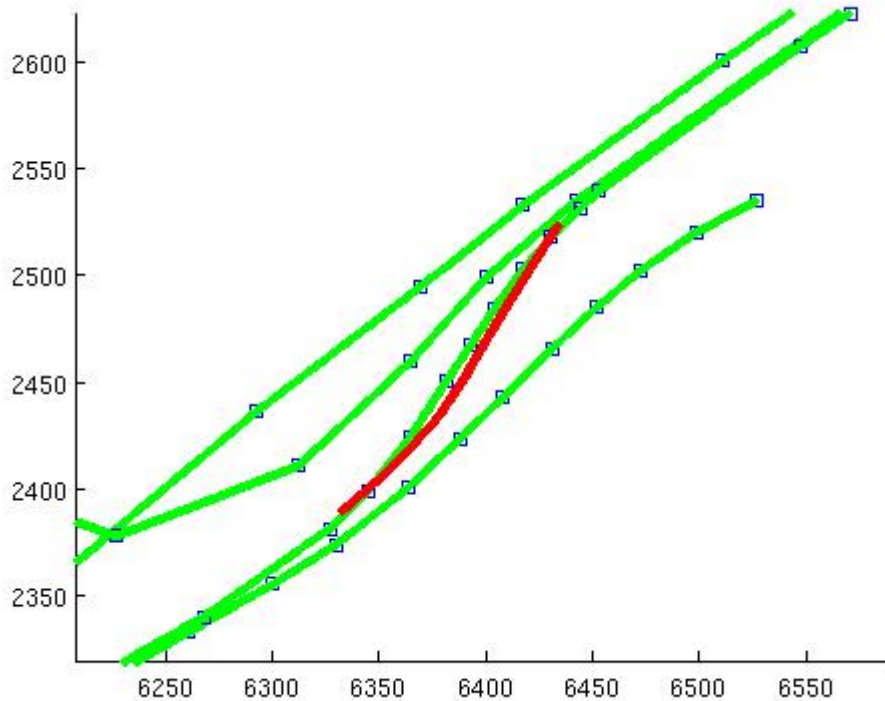


Figura 24: Ampliació de la zona anterior al túnel. La línia de color vermell és la trajectòria realitzada pel vehicle. Les línies de color verd són les quatre carreteres.

Si observem la figura 24, podem veure una ampliació de la trajectòria de la zona del davant del túnel, però en aquesta figura no tenim els punts de les coordenades del GPS, sinó que tenim una línia continua de color vermell, que és la seva interpolació. Aquesta ampliació l'hem realitzat per poder observar que la trajectòria del vehicle no es correspon amb la informació de la base de dades de carreteres. Segons aquestes dades, el vehicle circula per fora de la carretera, però nosaltres sabem que el vehicle realment circula per sobre, ja que les dades del GPS les hem obtingut de sobre la carretera. El fet de que la trajectòria i la carretera no es corresponguin, és degut a que tant les bases de dades, com la informació captada de l'antena GPS contenen error.

6.1.1 Aplicació del filtre Kalman a la trajectòria original

En aquest apartat no utilitzem el funcionament de cap bloc de l'algorisme, només apliquem el filtre Kalman a la trajectòria obtinguda. Aquest experiment ens serveix per observar el funcionament del filtre Kalman individualment. Al aplicar el filtre obtenim una estimació de cada una de les coordenades obtingudes del GPS. A la figura 25, podem observar una sèrie de punts de color negre, estimació del filtre Kalman, i uns altres de color vermell, trajectòria del vehicle. A cada punt vermell li correspon un de negre.

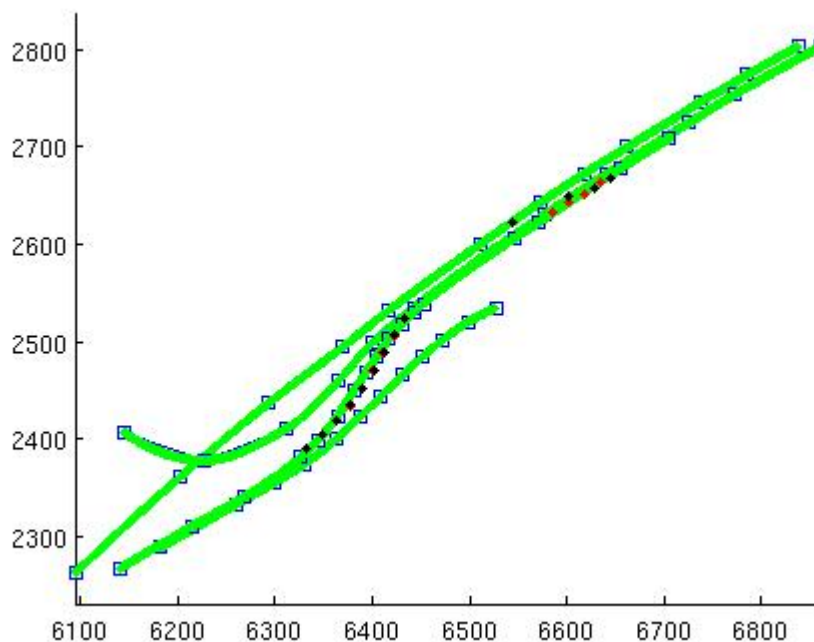


Figura 25: Aplicació del filtre Kalman a tota la trajectòria obtinguda de l'antena GPS. Els punts de color negre són el resultat del filtre Kalman.

La trajectòria sabem que té dues parts, la part anterior al túnel, i la part posterior al túnel. A la part anterior, l'estimació del filtre Kalman no modifica la posició dels estats. Això passa per dos motius: El primer, és que el filtre en aquest cas, està configurat per donar més pes a la informació proporcionada per l'antena GPS, que a la pròpia estimació del filtre, ja que el GPS ens indica que el senyal és bo perquè prové de nou satèl·lits.

El segon motiu és que cada punt li arriba amb una cadència determinada, per tant el filtre es reajusta cada cop. Si mirem la part posterior al túnel, es veu que hi ha un estat, punt de color negre, que s'ha posicionat sobre una carretera paral·lela, això és degut a que quan el filtre rep la dada del GPS, fa servir l'històric dels estats anteriors al túnel i com que ha rebut el punt amb molt retard, el col·loca desplaçat de la trajectòria del GPS.

6.1.2 Aplicació de filtre Kalman dins del bloc de Reajust del posicionament

En aquest apartat, es comprova el funcionament del filtre Kalman en el bloc de Reajust del posicionament. La trajectòria del primer experiment fa que aquest bloc utilitzi les dues opcions de funcionament, amb senyal bona, part d'abans del túnel i amb pèrdua total del senyal, dins del túnel. A la figura 26 s'hi pot observar l'acció del filtre Kalman, punts de color negre.

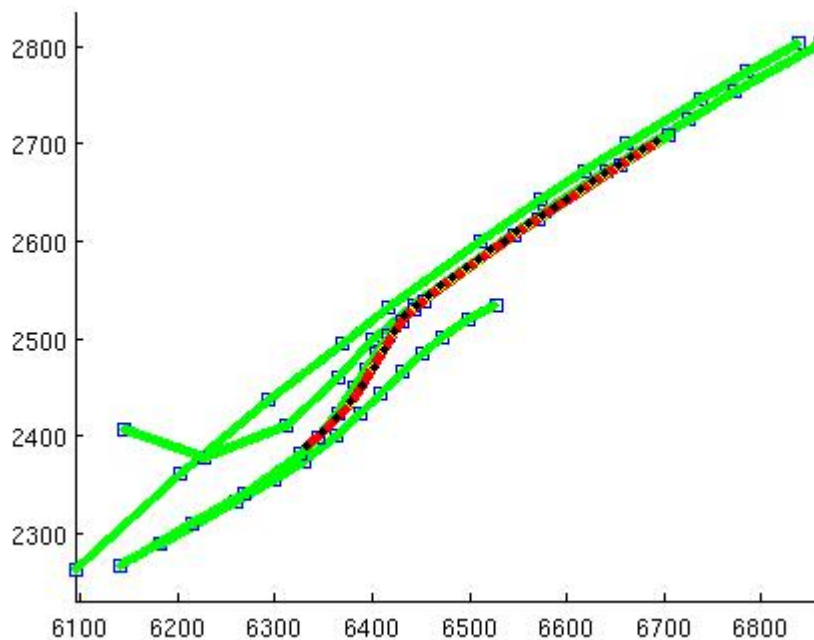


Figura 26: Aplicació del filtre Kalman a la trajectòria original i a la part generada amb la velocitat.

En aquest bloc el filtre Kalman també dona més pes a la observació que a la predicció, en els dos casos i no modifica la posició. Abans del túnel perquè el senyal de GPS és bo i dins del túnel perquè les posicions generades són extreptes de la base de dades digital, i considerem que és un senyal bo.

6.1.3 Resultat final del primer experiment

A la figura 27, es pot observar la representació gràfica del resultat final del procés de tot el sistema. Aquest ha resolt dos dels problemes plantejats al principi del projecte, el reajust del posicionament sobre la carretera i la obtenció del senyal en el cas de pèrdua total. La línia de color vermell és la trajectòria total realitzada pel vehicle i els punts de color groc són les coordenades de sortida del sistema. Si ens fixem amb els punts de color groc, a la part posterior del túnel, s'observa un interval en el que dos punts estan més propers, això s'interpreta com una disminució de la velocitat del vehicle. Aquest espai on estan més pròxims és el punt on el sistema torna a captar senyal de l'antena GPS, per això es produeix aquest apropament degut a la prioritat de l'estat del senyal GPS.

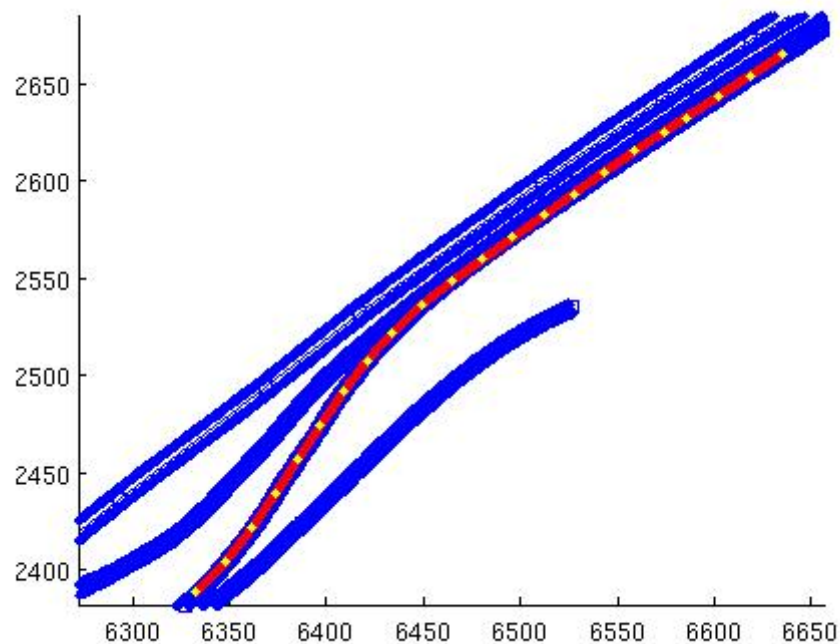


Figura 27: Representació final de la trajectòria i les carreteres modelades.

6.2. Segon experiment

Aquest experiment està pensat per mostrar la utilitat del filtre Kalman en el nostre algorisme i té les següents característiques:

- Trajectòria fictícia obtinguda pel mètode de marcar punts sobre una imatge de satèl·lit.
- Considerem qualitat de senyal GPS baixa, de 4 a 6 satèl·lits.
- Entorn de treball no real, només s'utilitzen les trajectòries de les carreteres, no hi ha túnel.

A la figura 28 podem observar la trajectòria generada. Aquesta trajectòria està a prop d'una de les carreteres de l'entorn de treball, però té un punt molt desplaçat que representa alguna de les fonts d'error del GPS.

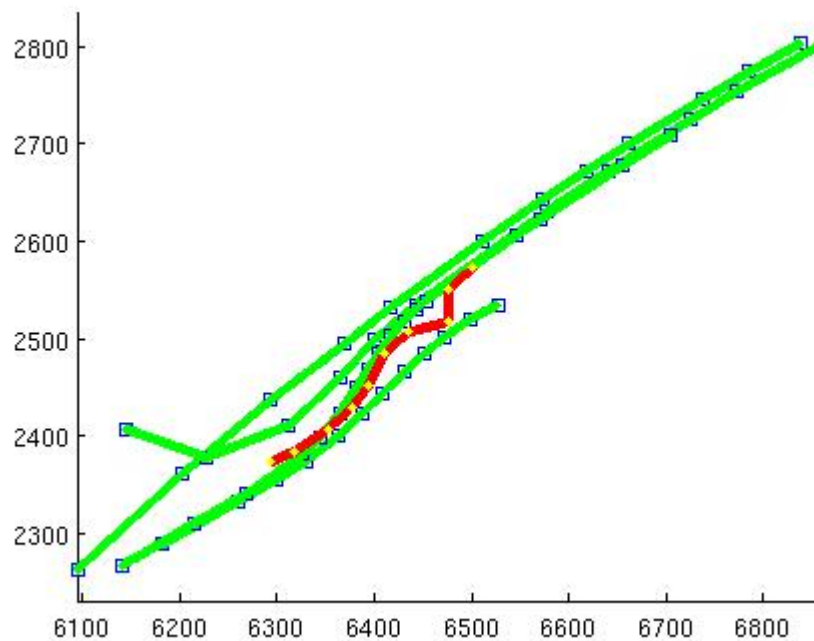


Figura 28: Trajectòria fictícia que simula perturbacions del senyal GPS.

6.2.1 Utilització de l'algorisme sense el filtre Kalman

En aquesta part de l'experiment utilitzarem tot el sistema però desactivarem el filtre kalman. Aquest experiment és important, per demostrar que sense el filtre Kalman el sistema no funciona correctament. Si observem la figura 29 podem veure que al principi, el sistema posiciona el vehicle adequadament, ja que les coordenades de la trajectòria estan properes a una de les carreteres, fins que s'arriba al punt amb perturbació, en aquest punt el sistema posiciona el vehicle a la carretera veïna perquè interpreta que és on hi ha la coordenada més pròxima. Aquesta situació és impossible a la vida real.

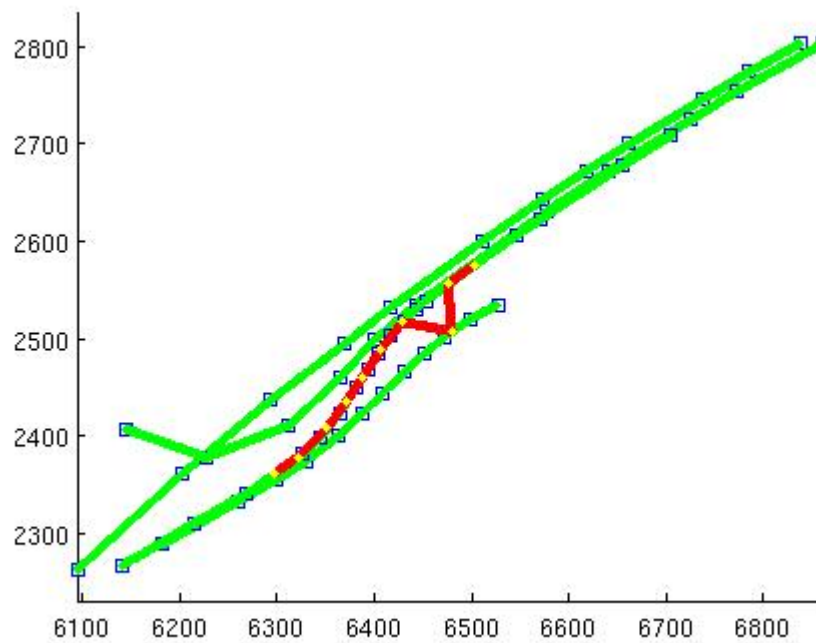


Figura 29: Trajectòria fictícia posicionada sense haver utilitzat el filtre Kalman.

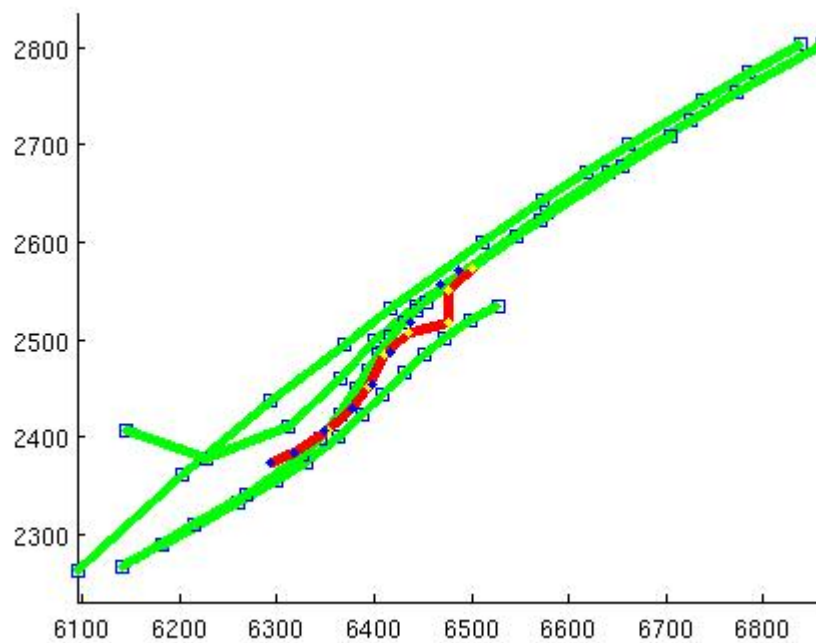


Figura 30: Trajectòria fictícia color vermell. Els punts de color blau són l'estimació del filtre Kalman. Els punts de color groc són la posició fictícia del vehicle cada segon.

Aquest error que es visualitza a la figura 29, no només es dona en el cas de no utilitzar el filtre Kalman, també apareix si no realitzem les interpolacions a les trajectòries en el moment de realitzar el càlcul de les distàncies mínimes, ja que al utilitzar menys punts per fer el càlcul, la distància mínima no és real.

6.2.2 Utilització de l'algorisme amb filtre Kalman

A la figura 30 es pot observar l'estimació que realitza el filtre Kalman sobre les coordenades de la trajectòria fictícia. En aquest cas, l'algorisme considera que la senyal s'obté de menys de 6 satèl·lits, per tant es dona més pes a l'estimació del filtre que a les coordenades GPS fictícies. Aquesta estimació del filtre fa que el resultat final del l'algorisme al aplicar el reajust del posicionament sigui el correcte.

6.2.3 Resultat final del segon experiment

En aquest resultat també s'han resolt dos dels problemes proposats al principi, el primer és el posicionament del vehicle sobre la carretera que és l'objectiu principal de l'algorisme, i el segon és l'estimació correcta de les coordenades quan aquestes contenen perturbacions, ho podem veure a la figura 31.

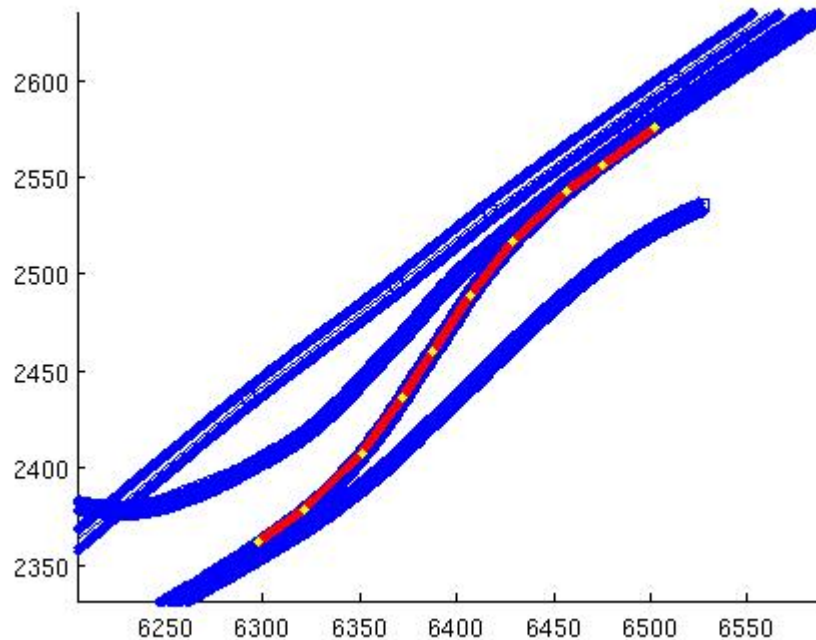


Figura 31: Resultat d'aplicar tot l'algorisme a la trajectòria del segon experiment.

Capítol 7 : Conclusions

En aquest projecte hem realitzat un algorisme per corregir les trajectòries d'un vehicle basades en la senyal GPS d'una antena estàndard. Podem concloure que es resolen tots els inconvenients, derivats de les pertorbacions del senyal o pèrdua total del senyal, que ocasionen en un mal posicionament.

L'algorisme millora el posicionament, sempre que hi hagi actiu el senyal de GPS. En aquests casos corregeix la posició i rectifica les coordenades col·locant-les sobre la carretera utilitzant l'ajuda dels mapes digitals. Si el senyal de GPS està actiu però conté pertorbacions, es produeix una millora donada pel filtre Kalman. En els casos que hi ha pèrdua del senyal, també es pot esperar un bon funcionament degut a l'ajut dels mapes digitals i a la informació dels estats anteriors, però només si es perd per períodes de temps reduïts, com és el cas del túnel. Si la senyal es perd per un període prolongat, tot el posicionament prové de suposicions i no és fiable. També s'ha de tenir en compte que l'algorisme funciona a velocitat constant en tots els casos en que el senyal de GPS no és bo, o és inexistent, ja que si hi haguessin variacions de velocitat, l'algorisme no podria garantir un bon funcionament.

En aquest projecte s'ha optat per introduir el filtre de Kalman dins l'algorisme. I podem concloure que millora el posicionament mitjançant la informació que actualitza periòdicament dels estats anteriors i l'estimació que realitza de cada estat, especialment en els casos en que hi ha pertorbacions del senyal. Per altra banda, en els casos en que la senyal de GPS és bona, prové de més de 9 satèl·lits, no s'observa que el filtre realitzi cap millora significativa a la posició. I finalment en el cas en que hi ha pèrdua total del senyal, tampoc es produeix cap millora en el posicionament. Això és degut a que s'agafen com a estats, les dades obtingudes de les bases de dades i aquestes es consideren bones, igual que en el cas del sistema GPS amb molts satèl·lits.

Introduir les bases de dades en aquest projecte i utilitzar-les per millorar el posicionament, és un dels aspectes importants a destacar. Les bases de dades intervenen en tots els casos posicionant el

vehicle sobre la carretera, ja que es parteix de la base que el vehicle circula per sobre. Això ens acota molt el resultat final, reduint el posicionament a aquestes zones i millorant la precisió. Però especialment ajuden en el cas en que no hi ha senyal GPS, ja que en aquest cas són la única referència que tenim de la posició.

7.1. *Línies futures*

Per poder millorar el sistema es podrien introduir una sèrie de canvis, però tots aquests passen per la incorporació de més sensors. Els sensors s'utilitzarien per augmentar la precisió del posicionament en el cas de pèrdua total del senyal GPS o en el cas de senyal amb pertorbacions. Aquests poden ser giroscopis i acceleròmetres que utilitzen els sistemes comentats a l'apartat de l'estat de l'art (Capítol 1).

La millora proposada seria combinar el sistema GPS i les bases de dades, que ja tenim, amb el sistema de navegació inercial, i aplicar el filtre Kalman per corregir les possibles desviacions produïdes per tots els sistemes. Al tenir informació en tots els espais temporals el sistema podria garantir una posició més real.

Bibliografia

- [1] A. El-Rabbany, Introduction to GPS, the Global Positioning System. Artech House, Inc, 2006.
- [2] B. Ristic, S. Arumpalam, N. Gordon, Beyond the Kalman Filter: particle filters for tracking applications. Artech House, 2004.
- [3] Official U.S Government information about de Global Positioning System (GPS) ans related topics. [En línia] Disponible a: <http://www.gps.gov/> (2011, Juny)
- [4] Openstreetmap. Base de dades geogràfica digital [En línia]. Disponible a: <http://www.openstreetmap.org/> (2011, Juny)
- [5] Openstreetmap: Map Features [En línia]. Disponible a: <http://wiki.openstreetmap.org> (2011, juny)
- [6] Mathworks. Matlab. [En línia]. <http://www.mathworks.com>
- [7] J. M. Alvarez, F. Lumberras, T. Gevers and A. M. López. Geographic Information for Vision-Based Road Detection. IEEE Intelligent Vehicle Symposium (IV'10), San Diego, CA. 2010.

Annex 1: Utilització de l'entorn MATLAB.

MATLAB[®] (Abreviatura de MATrix LABoratory, “laboratori de matrius”) és un software matemàtic que ofereix un entorn de desenvolupament integrat amb un llenguatge de programació propi (llenguatge M) [6]. Està disponible per les plataformes Unix, Windows i Apple Mac OS X.

Dins de les seves prestacions bàsiques es troben: la manipulació de matrius, la representació de dades i funcions, la implementació d'algoritmes, la creació d'interfícies d'usuari i la comunicació amb programes amb altres llenguatges i amb dispositius de hardware. El paquet MATLAB disposa de dos eines addicionals que expandeixen les seves prestacions, Simulink (plataforma de simulació multi domini) i GUIDE (editor d'interfícies d'usuari -GUI). A més, es poden ampliar les capacitats de MATLAB amb les caixes d'eines (toolboxes), i les de Simulink amb els paquets de blocs (blocksets).

MATLAB va ser creat per Cleve Moler en 1984, sorgint la primera versió amb la idea d'utilitzar paquets de subrutines escrites en Fortran en els cursos d'àlgebra lineal i anàlisi numèric, sense la necessitat d'escriure programes en el llenguatge anomenat. El llenguatge de programació M va ser creat el 1970 per proporcionar un senzill accés al software de matriu LINPACK i EISPACK sense haver d'utilitzar Fortran.

MATLAB[®] és un llenguatge d'alt nivell tècnic de computació i un entorn interactiu per a desenvolupament d'algorismes, visualització de dades, anàlisi de dades i càlcul numèric. L'ús del producte MATLAB, pot resoldre els problemes de computació tècnica més ràpida que amb els llenguatges de programació tradicionals, com C, C++ i Fortran.

Es pot utilitzar MATLAB en una ampla gamma d'aplicacions, incloent processament de senyals i imatges, comunicacions, disseny de control, prova i mesura, modelatge i anàlisi financera i biologia computacional. MATLAB és un programa de càlcul numèric orientat a matrius. Per tant, serà més eficient si es dissenyen els algoritmes en termes de matrius i vectors.



Figura 32: Logotip de MATLAB.

Funcions utilitzades:

En aquesta part es fa una breu introducció de totes les funcions utilitzades.

- 'test.m'

Descripció: Aquesta funció és la funció que realitza de programa principal. Aquesta funció serà l'encarregada de cridar totes les altres funcions i realitzar tots els càlculs necessaris, entre ells l'algorisme del filtre Kalman.

- 'gpsRead.m'

Crida de la funció: `[coords,otherStuff] = gpsRead(DIR,name)`

Descripció: És la funció encarregada de llegir una sèrie d'arxius, que es troben a un directori determinat. D'aquests arxius, en guarda les tres coordenades per una banda i per l'altra en guarda les altres dades.

Paràmetres d'entrada: DIR - és el directori en el que es troben els arxius del GPS,

name - són cadascun dels arxius que contenen les coordenades.

Paràmetres de sortida: coords - és un array amb les tres coordenades de latitud, longitud i altura ,

otherSutuff - array amb les altres dades que contenen els arxius, senyal vàlida i nombre de satèl·lits.

- 'refell.m'

Crida de la funció: [a,b,e2,finv]=refell(type)

Descripció: Aquesta funció calcula els paràmetres de referència de l'el·lipse. S'introdueix el sistema de referència geodèsica utilitzat i retorna els paràmetres de l'el·lipse [6].

Paràmetres d'entrada: type - és una variable de tipus cadena de caràcters amb el nom del sistema de referència.

Paràmetres de sortida: a - El semieix major, b - semieix menor, e2 – excentricitat al quadrat, finv – inversa de l'aplanament.

- 'ell2xyz.m'

Crida de la funció: [x,y,z]=ell2xyz_2(lat,lon,h,a,e2)

Descripció: Aquesta funció converteix les coordenades el·líptiques a coordenades cartesianes [6].

Paràmetres d'entrada: lat - vector de latitud el·lipsoïdal (radiants), lon - vector de longitud el·lipsoïdal (radiants), h - vector d'altura el·lipsoïdal (m), a - semieix major de l'el·lipse de referència (m), e2 – excentricitat al quadrat de l'el·lipse de referència.

Paràmetres de sortida: x- vector x de coordenades cartesianes, y – vector y de coordenades cartesianes, z – vector z de coordenades cartesianes.

- 'interp1.m'

Crida de la funció: [yi]=interp1(x,Y,xi,method)

Descripció: Funció que interpola la funció escollida.

Paràmetres d'entrada: x – és la longitud de Y, Y – és la funció que es vol interpolar, xi -és un vector amb la longitud de x , method – és el mètode que s'utilitza per realitzar la interpolació.

Paràmetres de sortida: yi- funció interpolada.

- 'numcar.m'

Crida de la funció: [a]=numcar3(Trayectoria,roads,e)

Descripció: Aquesta funció calcula la distància entre el vehicle i les carreteres més pròximes, i escolleix per quina d'elles circula.

Paràmetres d'entrada: Trayectoria – és un array que conté les coordenades de latitud, longitud i altura, roads – és un vector d'estructures que conté tota la informació sobre les carreteres, e – és un valor que ens indica quina posició de l'array trajectòria estem llegint.

Paràmetres de sortida: a- variable que retorna el nombre de la carretera per la que circula el vehicle.

- 'dist.m'

Crida de la funció: [Lat,Lon,I]=dist3(Trayectoria,j,roads,ro)

Descripció: Aquesta funció compara les coordenades de la carretera per la que circula el vehicle amb les coordenades de la trajectòria. La funció retorna les coordenades rectificades de la trajectòria.

Paràmetres d'entrada: Trayectoria – és un array que conté les coordenades de latitud, longitud i altura, j - és un valor que ens indica quina posició de l'array trajectòria estem llegint, roads – és un vector d'estructures que conté tota la informació sobre les carreteres, ro – és el valor de la carretera per la qual circula el vehicle.

Paràmetres de sortida: Lat – La latitud rectificada, Lon – La longitud rectificada, I – valor que indica la posició correcta de la carretera.

Resum:

El projecte consisteix en el desenvolupament d'un algorisme que millori el posicionament final d'un sistema que adquireix les dades d'una antena de GPS estàndard. Aquest sistema en certs moments té pèrdua total de senyal GPS o rep senyal amb pertorbacions, derivant en un mal posicionament.

Nosaltres hem proposat una solució que utilitza les coordenades del GPS, el filtre Kalman per resoldre els problemes de pertorbacions de senyal, bases de dades digitals geogràfiques per garantir la circulació del vehicle per sobre la carretera, i finalment combina la informació temporal de posicions anteriors i la de les bases de dades per posicionar el vehicle quan hi ha pèrdua total de senyal. Els experiments realitzats ens indiquen que s'obté una millora del posicionement.

Resumen:

El proyecto consiste en el desarrollo de un algoritmo que mejore el posicionamiento final de un sistema que adquiere los datos de una antena de GPS estándar. Este sistema en ciertos momentos tiene perdida total de señal o recibe señal con perturbaciones, derivando en un mal posicionamiento.

Nosotros hemos propuesto una solución que utiliza las coordenadas del GPS, el filtro Kalman para resolver los problemas de perturbaciones de señal, las bases de datos digitales geográficas para garantizar la circulación del vehículo por encima de la carretera, y finalmente convina la información temporal de posiciones anteriores y la de las bases de datos para posicionar el vehículo quando hay pérdida total de señal. Los experimentos realizados nos indican que hemos obtenido una mejora en el posicionamiento.

Summary:

The project involves the development of an algorism to improve the final positioning of a system that acquires data from a standard GPS antena. This system sometimes lose all signal or it receive interference signal, resulting in a bad position.

We have proposed a solution that uses GPS coordinates, the Kalman filter to solve the problems of signal interference, the digital geographic database to ensure the vehicle above the road and finally agreed the temporal infomation of previous positions and the databases to position the vehicle if there are total loss signal. The experiments indicate that an improvement is obtained in the position.

Firmat: Xavier Pujol Avellaneda
Bellatera, Febrer del 2011