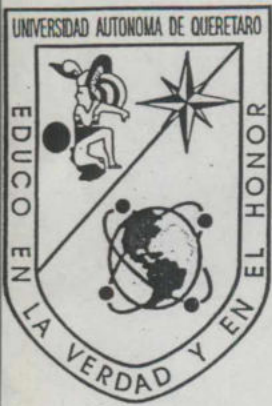


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERETARO



Facultad de Informática

SISTEMA GPS *Tesina*

*Que para obtener el Título de:
Licenciado en Informática*

*Presenta:
Laura Martínez Reyes*

Santiago de Querétaro, Qro. Mayo de 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
BIBLIOTECA
FACULTAD DE INFORMÁTICA

No. Adq. F07065
Clasif. TS 384.5456
Cutter M385s



CARTA DE ACEPTACIÓN

Por este medio, se otorga constancia de aceptación de tesina para obtener el título de Licenciado en Informática, que presenta la pasante **LAURA MARTÍNEZ REYES** con el tema denominado *Sistema GPS*.

Este trabajo fue desarrollado como una investigación derivada del curso de titulación "**SISTEMA OPERATIVO UNIX I**" – Nivel **Introdutorio** –, dando cumplimiento a uno de los requisitos contemplados en el artículo 34 del reglamento de titulación vigente, en lo referente a la opción de titulación por realización y aprobación de cursos de actualización.

Se extiende la presente para los fines legales a que haya lugar y para su inclusión en todos los ejemplares impresos de la tesina, a los veintiún días del mes de mayo del dos mil uno.

ATENTAMENTE

ING. JUAN GABRIEL FRANCO DELGADO
PROFR. CURSO DE TITULACIÓN

Sistema GPS

*Laura Martínez Reyes
Aspirante al Título de:
Licenciado en Informática
Facultad de Informática
Universidad Autónoma de Querétaro*

Revisión:

*Ing. Juan Gabriel Franco Delgado
Catedrático del curso con opción a titulación UNIX
Facultad de Informática
Universidad Autónoma de Querétaro*

*Agradezco a Dios por darme la fe y fuerza
para finalizar una etapa más de mi vida.*

*A mis padres por toda una vida de lucha,
sacrificio y esfuerzo constante.*

*A mi hermana Mary
que me ha apoyado siempre . . .*

*Y a todas aquellas personas que me quieren
porque gracias a su apoyo logré alcanzar esta meta.*

SISTEMA GPS

PREFACIO

Los viajeros necesitan confirmar regularmente que están en el camino correcto. Para viajes largos por tierra se cuenta con las montañas, los ríos y demás accidentes naturales, y con obras hechas por el hombre, como los campanarios de los pueblos o la señalización en las carreteras. En el mar no existen esas referencias, aunque en el litoral podemos orientarnos con algunos accidentes costeros, además de faros y otros elementos artificiales, por lo cual es de gran importancia saber dónde estamos realmente.

La navegación de época de los descubrimientos, alejándose totalmente de las costas, tuvo lugar gracias al desarrollo de métodos para conocer la posición aproximada a partir de la observación y medida de la altitud sobre el horizonte de algunas estrellas, variable según la hora y la estación del año, empleando astrolabios, sextantes, brújulas y otros instrumentos, algunos conocidos desde épocas muy antiguas.

Sin embargo, sólo se alcanzaba una aproximación razonable de la latitud, es decir, la posición en sentido Norte-Sur, pero no así de la longitud, la posición en sentido Este-Oeste, ya que los astros se desplazan por el cielo a lo largo del día y no había métodos bastante exactos para medir la hora. Hubo que esperar casi tres siglos más, con la aparición de cronómetros precisos para poder determinar la posición mediante la medición de dos estrellas, aplicando conocimientos de trigonometría y cálculo. Siempre con una condición imprescindible: que no estuviera nublado.

La localización -determinar una posición- y la navegación -obtener una posición a partir de la anterior- siempre han sido tareas cruciales para las actividades del ser humano a través de la historia, y estos métodos han sido siempre complicados. Si nos remontamos cinco siglos atrás, época en que los navegantes Cristóbal Colón, Marco Polo y otros se destacan por sus grandes travesías alrededor del mundo, se puede observar que la importancia de contar con mecanismos de localización y navegación era

vital. Mas aún, tampoco se contaba con mapas muy exactos y la única forma de navegación (orientación) eran los astros.

El descubrimiento de la electricidad (pararrayos) en 1752 por Benjamin Franklin marcó un acontecimiento muy importante para la humanidad y principalmente para las comunicaciones; posteriormente el descubrimiento de las ondas electromagnéticas por Heinrich Rudolph Hertz en 1888 ayudó en gran medida a la transmisión de información a grandes distancias sin la necesidad de cables. Después surgen los primeros intentos por buscar un mecanismo de localización por medio de ondas electromagnéticas, basándose en el principio básico de calcular distancias en base al tiempo de travesía de la señal y la velocidad de la luz, basándose en antenas transmisoras de corto alcance.

Estos métodos a pesar de ser aproximados tenían una gran desventaja, la cobertura era limitada. Al buscarse otros intervalos de frecuencias en los cuales la propagación de las ondas electromagnéticas fuera aún mejor, se

mejoraron los niveles de aproximación, pero aún la cobertura seguía siendo limitada.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
Introducción	XII
Capítulo 1. Historia GPS	1
Capítulo 2. Características del GPS	4
Capítulo 3. Funcionamiento	8
Capítulo 4. Formación del Sistema	21
4.1. Segmento espacial	21
4.1.1. Constelación	22
4.1.2. Degradación de la precisión	23
4.1.2.1. Selective Availability	23
4.1.2.2. Anti-Spoofing	24

4.2. Segmento de control	25
4.3. Segmento del usuario	28
Capítulo 5. Tipos de Servicio de Navstar	33
5.1. Servicio estándar de localización	33
5.2. Servicio preciso de localización	34
5.2.1. Precisión de las mediciones	34
5.3. Servicio de navegación	38
5.3.1. La navegación mediante GPS	39
5.3.2. Usos en navegación	40
Capítulo 6. Usos en Topografía y Geodesia	42
Capítulo 7. Características de las Constelaciones	44
Capítulo 8. Componentes de la Señal	45

Capítulo 9. Radiolocalización	47
9.1. Aportes desde el punto de vista técnico	47
9.2. Aportes desde el punto de vista financiero	48
Capítulo 10. Software	50
10.1. Althair	51
10.2. Aigle	52
10.3. Mapas electrónicos	55
10.4. Unidad Miras	55
10.4.1. Funcionamiento de Miras	58
Capítulo 11. Hardware	61
11.1. Módem CDPD	61
11.1.1. Cobertura de CDPD	62
11.1.2. Beneficios de CDPD	63
11.2. Garmin GPS-45	63

Capítulo 12. Tipos de Receptores	66
12.1. Clasificación de receptores por tipo de usuario	66
Capítulo 13. Aplicaciones y sus Categorías	67
13.1. Localización	70
13.2. Navegación	70
13.3. Rastreo	71
13.4. Cartografía	71
13.5. Tiempo exacto	72
13.6. Bélicos	72
Capítulo 14. Modalidades de Medición	75
14.1. Absoluto estático	75
14.2. Absoluto cinemático	76
14.3. Relativo estático	76
14.4. Relativo cinemático	76

Capítulo 15. Causas de Error en GPS	78
15.1. Satélites	78
15.2. Atmosférico	79
15.3. Multitrayectoria	79
15.4. Recepción	79
15.5. Disponibilidad selectiva	80
15.6. Humano	81
15.7. Causa GPS	83
15.8. Precisión típica GPS	83
Capítulo 16. Corrección de Errores	86
16.1. DGPS	87
Capítulo 17. Modelos GPS	91
17.1. GPS12	91
17.2. GPS 12XL	92
17.3. GPS III	92

17.4. GPS III - PILOT	93
17.5. GPS MAP-195	94
17.6. GPS 150 XL	95
17.7. GNC-250XL GPS/COM	96
17.8. GTX-320 Transponder	97
17.9. GMA-340 Audio/Marker/Intercom	98
Capítulo 18. Ventajas del Sistema GPS	99
Capítulo 19. Inconvenientes del Sistema GPS	101
Conclusión	102
Glosario de Términos	106
Bibliografía	114
Referencias Electrónicas	115

ÍNDICE DE IMÁGENES

Contenido	Pág.
FIGURA 1: Constelación de satélite del GPS	5
FIGURA 2: Uso de 4 Satélites para mayor exactitud	12
FIGURA 3: Estaciones terrestres del GPS	26
FIGURA 4: Esquema de funcionamiento de Miras	58
FIGURA 5: Diseño GPS12	91
FIGURA 6: Diseño GPS12XL	92
FIGURA 7: Modelo GPSIII	93
FIGURA 8: Modelo GPSIII Pilot	94
FIGURA 9: Modelo GPS 150XL	96
FIGURA 10: Modelo GNC-250XL GPS/COM	97
FIGURA 11: Modelo GTX-320 Transponder	97
FIGURA 12: Modelo GMA-340 Audio/Marker/Intercom	98

INTRODUCCIÓN

El sistema GPS (Global Position System -Sistema de Posicionamiento Global-) se desarrolló como sistema de referencia para obtener informaciones sobre posición, velocidad y tiempo, muy precisas. Por su diseño, esta capacidad referencial cubre todo el planeta independientemente de la posición en la que estemos o las condiciones meteorológicas que se den.

Este sistema de navegación por satélite, además de ofrecernos una posición geográfica nos ofrece una referencia temporal muy precisa. Se piensa que este sistema va a desplazar a todos los sistemas de navegación existentes hasta el momento.

Los métodos de planeación fueron desarrollados en gran medida para manejar la descomposición de problemas, interacción de subproblemas y representación de estados, aumentando flexibilidad y manteniendo la

eficiencia. Idea importante: descomposición de problemas grandes/complicados en subproblemas más simples, a los cuales su solución es fácil de encontrar (eventualmente directamente), y luego combinar esas soluciones parciales para obtener una solución del problema grande (aditividad); aunque no siempre se pueden hacer descomposiciones totalmente independientes.

La rápida evolución que la técnica viene experimentando en todas sus ramas, ha sido realmente sorprendente, y como no podía ser menos, también en lo que se refiere a la topografía.

El desarrollo que la electrónica y la miniaturización han alcanzado en estos últimos años, ha permitido aplicar a la medición de distancias cortas, propias de la Topografía, los mismos principios de los grandes distanciómetros geodésicos, reduciendo su peso y dimensiones hasta hacerlos manejables en trabajos topográficos; de este modo, mediante

ondas, se ha hecho posible medir distancias de 1 a 5000 metros, con precisión milimétrica en mediciones tanto de día como de noche.

Esto, unido a la necesidad de competir en el mercado topográfico de hoy para optimizar la productividad, ha dado como fruto la aparición del GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

1. HISTORIA GPS

G.P.S. son las iniciales de Global Position System (Sistema de Posicionamiento Global). A fines de la década de los setentas, cerca ya del final de la "guerra fría", los EE.UU. desarrollaron un sistema de defensa, al que se denominó "La Guerra de las Galaxias". Este nombre bautizaba a un sistema de satélites que había lanzado al espacio el país en cuestión para poder controlar y destruir cualquier misil enemigo (pacto de Varsovia) lanzado contra un objetivo militar ó civil dentro de su territorio.

El sistema en sí (dentro de la ficción) no era demasiado complicado de entender. 24 satélites cubrirían toda la superficie de la tierra controlando cualquier misil que despegará y sabrían en cualquier momento, y prácticamente en tiempo real, donde se encontraba y hacia qué lugar se dirigía. En aquel momento incluso se preveía que los satélites estuvieran armados y pudieran destruir, siguiendo la señal dada por los demás satélites, el arma enemiga. Era un simple ejercicio de triangulación; ya que

se recibían siempre más de 3 señales por el cuál podían saber la situación y altura.

Terminó la guerra fría y empezaron los cambios. Cayó el muro de Berlín y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas comenzó a desmembrarse. A tanto gasto y despliegue de satélites habría que darle alguna otra función. A parte de las funciones militares que seguían existiendo, empezó a desarrollarse una función civil. Los aviones podrían saber en cada momento donde se encontraban exactamente y cual era el tiempo real de vuelo. Un barco de pesca podría señalar exactamente donde estaba ese magnífico banco de riqueza. La cartografía experimentó el mayor adelanto del siglo. Era cuestión de tiempo el que esta tecnología acabara llegando a cualquiera a precios razonables.

Actualmente casi todos los barcos de recreo van equipados con GPS y casi todos los vehículos de alta gama utilizan este sistema para poder escudriñar la amplia y complicada red de carreteras.

Los primeros GPS en nuestra afición empezaron a utilizarse en medios muy abiertos. Era el sistema ideal para no perderse en el desierto, ó simplemente para confeccionar esa espectacular ruta de una manera muy exacta. Era posible saber en cada momento dónde estábamos y hacia dónde íbamos. Eso sí, hacían falta unos buenos mapas para poder traducir la señal que nos daba el GPS y saber cerca de que pueblo ó lugar en donde uno se encontrara.

Hoy por hoy ya hay GPS que traen incluida cartografía a grandes rasgos y es posible que los países más industrializados editen toda su cartografía (civil ó militar) en formato digital con el detalle de los mapas de menor escala.

2. CARACTERÍSTICAS DEL GPS

GPS (Sistema de Posicionamiento Global) es un sistema mundial de localización constituido por una constelación de satélites; cada uno de ellos dotado con relojes atómicos, computadoras, emisores y receptores de radio y por estaciones terrenas que monitorean constantemente a cada uno de los satélites. Los receptores GPS utilizan a estos satélites como puntos de referencias para calcular la latitud, longitud, altitud - con aproximaciones en el orden de metros, inclusive centímetros-, velocidad y tiempo exacto.

El sistema GPS es un sistema satelitario basado en señales de radio emitidas por una constelación de 24 satélites activos en órbita alrededor de la tierra a una altura aproximada de 20 000 km.; este sistema permite el cálculo de coordenadas tridimensionales que pueden ser usadas en navegación o, mediante el uso de métodos adecuados, para la

determinación de mediciones de precisión, provisto que de receptores que capten las señales emitida por los satélites.

GPS CONSTELLATION

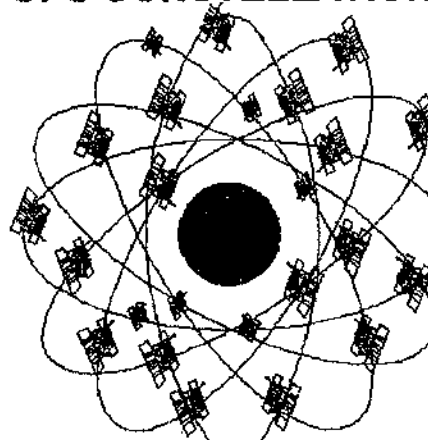


Fig. 1 Constelación de Satélites del GPS

La constelación de satélites es operada y verificada por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, desde una estación central en Colorado, EUA. La estación está equipada con sistemas para monitoreo de satélites, telemetría, envío y recepción de datos etc.; sin embargo, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos es el responsable del correcto funcionamiento del sistema GPS.

El control principal está en la base aérea de Falcon (Colorado), allí se reciben las señales de radio procedentes de los satélites y se corrige su situación. Además de la estación de Colorado, otras estaciones y antenas están instaladas alrededor del mundo, para hacer el seguimiento de los satélites y enviar la información a la estación central. Con esta red de estaciones, se mantiene y actualiza la posición exacta de los satélites y la precisión de los datos, ajustándose las pequeñas discrepancias que puedan observarse cada vez que es preciso.

Si un satélite no envía datos correctos, es inmediatamente marcado como malo por la red de estaciones, de modo que los receptores GPS no lo consideran para los efectos del cálculo.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) permite saber en qué punto de la Tierra nos encontramos, sin necesidad de conocimientos de astronomía, geometría ni cartografía, y está compuesto por tres segmentos:

- Satélites Artificiales
- Bases de Seguimiento
- Aparatos Receptores

Consiste básicamente en la transmisión de información de los 24 satélites, esta información es recogida por receptores GPS y determinan distintos parámetros de navegación como son posición, dirección, velocidad, rumbo, demora, distancia, tiempo y mucho más.

En la actualidad existen en el mercado una gran variedad de receptores GPS, desde el más básico a un precio accesible con un gran número de funciones, hasta los cartográficos o los DGPS, el cual proporcionan datos de posición con una exactitud de hasta 5 metros.

3. FUNCIONAMIENTO GPS

El GPS emplea, a modo de estrellas, la red de 24 satélites que emiten cierta información, mientras orbitan a 20.200 Km de forma que, en cualquier punto de la Tierra, al menos cuatro se encuentran sobre el horizonte. Recibir la señal de cuatro satélites basta para que un receptor determine su posición con relación a ellos, y conociendo el punto en que se encuentran, la situación sobre la Tierra.

El sistema ofrece las siguientes informaciones:

- Posición del receptor.
- Referencia temporal muy precisa.

Las distancias entre el receptor y el satélite se obtienen por medio del retardo temporal entre que el satélite envía la señal hasta que el receptor la recibe.

- Con un solo satélite se determina una superficie esférica de posiciones posibles.
- Con el segundo satélite, se reducen a una circunferencia.
- Con un tercero, a sólo dos puntos, descartándose fácilmente uno de ellos por resultar absurdo, en el interior de la Tierra o más allá de la atmósfera.
- Con el cuarto satélite se debe confirmar el único punto válido, pero el reloj del receptor es de menor precisión, y aparece una discrepancia que justamente sirve para calcular el error en la hora y corregirla, llegando así a un resultado de gran exactitud.

El receptor necesita conocer también la posición de cada satélite respecto a la Tierra en cada momento ; para ello los satélites deben seguir fielmente la órbita prevista, y las desviaciones se detectan y corrigen continuamente desde varias bases en tierra, permitiendo determinar una posición con precisión de hasta 10 metros. Coordinando varios receptores con técnicas especiales se puede alcanzar una precisión inferior a 1 metro.

Los satélites van equipados con relojes atómicos para medir el tiempo con precisión de una fracción de segundo, y esa es la información que transmiten: la hora. El receptor cerca de la superficie terrestre compara la hora de la señal recibida con la de su propio reloj, y la diferencia es el tiempo que ha tardado en llegar, a la velocidad de la luz. Multiplicando se obtiene la distancia al satélite.

Cada satélite transmite su posición y el tiempo exacto cada 1000 veces por segundo a la tierra, donde - cada milisegundo -un receptor computarizado puede calcular a qué distancia se encuentra de un satélite en particular que se encuentra a la vista, multiplicando la velocidad de la luz por el tiempo transcurrido de la señal del satélite al receptor GPS. Al combinar las señales de varios satélites, el receptor puede establecer con "exactitud" su propia posición, altitud e inclusive la velocidad.

Las posiciones recibidas vía la red radio son concentradas en un sistema central, el servidor de radiolocalización, la primer tarea del servidor

consiste en mejorar las posiciones recibidas. Se les compara con una base de datos vectorizados que representan con detalle el conjunto de la región. Las posiciones, que pueden en un primer momento estar ligeramente desfasadas del eje de la red de comunicaciones, se les vuelve a poner en su sitio. La base de datos cartográfica es generada por los equipos RATP a partir de datos procedentes del IGN (Instituto Geográfico Nacional).

Para corregir los errores de medición es necesario utilizar un mayor número de satélites que el teórico. (en la práctica es necesario recibir señales de tres satélites para determinar las coordenadas planas y de cuatro para posición 3D) y de métodos diferenciales (para corregir los errores intencionalmente causados).

El método diferencial, consiste en hacer mediciones con dos receptores GPS. Uno de ellos está ubicado sobre un punto de coordenadas conocidas y el otro sobre un punto a determinar. Luego de hacer mediciones por un cierto período de tiempo (que depende de la distancia entre receptores),

las mediciones tomadas en ambos receptores son procesadas por programas especiales (post-proceso), obteniéndose resultados con errores del orden de 1 a 2 mm/Km. En principio se puede pensar que calculando los retardos temporales entre 3 satélites y el usuario, es posible obtener la posición deseada (X_i, Y_i, Z_i) , puesto que tres esferoides que se cortan definen un punto; pero entonces surge la duda de que ¿Por qué son necesarios entonces 4 satélites si parece que basta con 3 para obtener la posición?

La respuesta a esta pregunta es que, efectivamente, bastaría con sólo 3 satélites para determinar la posición. Pero esto exige una precisión muy buena y una gran estabilidad de los relojes, tanto del satélite como del receptor.

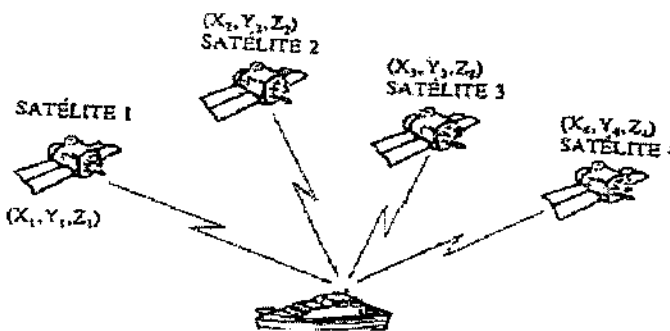


Fig. 2 Uso de 4 satélites para mayor exactitud

Si bien los satélites cumplen estas dos condiciones, pues incorporan un reloj atómico (que son muy precisos y muy estables), este no es el caso de los receptores puesto que su precio sería desorbitado.

La solución a este problema es introducir una nueva incógnita en el sistema (además de las tres coordenadas espaciales del receptor) debido a la deriva que existe entre el reloj del satélite y el reloj del usuario. Y es por esto por lo que necesitamos 4 satélites como mínimo, y no 3 como parecía en un principio.

Se emplean 4 satélites respecto a los cuales el receptor calcula las distancias respectivas. En realidad no se miden distancias, sino pseudodistancias. Lo que significa este concepto es lo siguiente:

Llamamos $R_i = \text{dist}(\text{Sat}_i, \text{Rxor})$

entonces $R_i = \Delta T \cdot c$ distancia real (sin deriva)

$R'_i = \Delta T_{\text{medido}} \cdot c$ pseudodistancia donde el tiempo medido es:

$$\Delta T_{\text{medido}} = \Delta T + \tau$$

$$R'_i = R_i + \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = c \cdot \tau$$

Este es el error producido como consecuencia de la deriva existente entre el reloj del satélite y el reloj del receptor.

De este modo, la distancia real (que es la que realmente nos interesa) será:

$$R_i = R'_i - c \cdot \tau$$

Las coordenadas de cada satélite son conocidas, tenemos 4 ecuaciones de la forma:

$$(x_i - U_x)^2 + (y_i - U_y)^2 + (z_i - U_z)^2 = (R'_i - c \cdot \tau)^2$$

para $i = 1, \dots, 4$ (x_i, y_i, z_i) coordenadas del satélite. 4 ecuaciones, 4 incógnitas, solución única.

Para linealizar y facilitar así su resolución se pide al usuario que introduzca una posición aproximada:

$$(U_{x_0}, U_{y_0}, U_{z_0})$$

Desarrollando en serie de Taylor en torno a este punto

$$R'_i = F(U_x, U_y, U_z) = \sqrt{(x_i - U_x)^2 + (y_i - U_y)^2 + (z_i - U_z)^2} = (R'_i - c \cdot \tau)^2 + c \cdot \tau$$

$$R'_i = F(U_{x_0}, U_{y_0}, U_{z_0}, \tau = 0) + \frac{\partial F}{\partial U_x} \Big|_{U_{x_0}, U_{y_0}, U_{z_0}, \tau = 0} \cdot \Delta U_x + \frac{\partial F}{\partial U_y} \Big|_{U_{x_0}, U_{y_0}, U_{z_0}, \tau = 0} \cdot \Delta U_y + \frac{\partial F}{\partial U_z} \Big|_{U_{x_0}, U_{y_0}, U_{z_0}, \tau = 0} \cdot \Delta U_z + \frac{\partial F}{\partial \tau} \Big|_{U_{x_0}, U_{y_0}, U_{z_0}, \tau = 0} \cdot \tau$$

Que se puede expresar como:

$$R'_i - R_{i0} = a_i \cdot \Delta U_x + b_i \cdot \Delta U_y + c_i \cdot \Delta U_z + c \cdot \tau$$

$$a_i = \frac{x_i - U_{x_0}}{R_{i0}}, b_i = \frac{y_i - U_{y_0}}{R_{i0}}, c_i = \frac{z_i - U_{z_0}}{R_{i0}}$$

$$R_{i0} = \sqrt{(x_i - U_{x_0})^2 + (y_i - U_{y_0})^2 + (z_i - U_{z_0})^2}$$

Y así hemos llegado a un sistema con 4 ecuaciones y 4 incógnitas que se van a calcular conociendo las distancias a 4 satélites. Si hay más de 4 satélites visibles se calculan las pseudodistancias respecto a todos los satélites visibles, obteniendo así un sistema con más ecuaciones que incógnitas, lo que simplifica el cálculo de la posición.

El sistema está diseñado para que sobre cualquier punto de la superficie terrestre haya al menos 4 satélites visibles.

El sistema GPS además de la posición nos ofrece una referencia temporal muy exacta, esto permite:

- Sincronizar los relojes locales (esto tiene muchas aplicaciones, p.ej. sincronización en transmisiones).
- Posibilidad de medir la velocidad a la que se desplaza el usuario a través del desplazamiento Doppler.

$$f_d = \frac{v}{\lambda} \quad \text{relación } f_{\text{Doppler}} \sim \text{desplazamiento Doppler}$$

Algunos detalles del sistema GPS

- Error instrumental del cálculo de pseudodistancias como consecuencia de un error en la medida del retardo temporal de la señal.

$$\Delta R = c \cdot \Delta T \text{ relación fDoppler} \sim \text{desplazamiento Doppler}$$

Los sistemas de medición diferencial en tiempo real, permiten obtener la posición con este orden de precisión, ya que el receptor que está ubicado sobre el punto conocido, envía mediante un enlace de radio las correcciones al que está ubicado sobre el desconocido.

La idea básica de la determinación de la posición se basa en la triangulación de los satélites. Para "triangular" un receptor GPS calcula la distancia en base al tiempo de travesía de la señal a través de las capas de la atmósfera, conociendo de antemano la velocidad de la luz.

Para calcular el tiempo de travesía, los receptores GPS necesitan calcular los tiempos en ambos relojes el del receptor y el del satélite - de una manera muy precisa, lo cual se realiza con algunos trucos. Además de la distancia, se necesita saber donde están los satélites en el espacio. Las altas órbitas y el minucioso monitoreo son el secreto. Finalmente se debe corregir cualquier retardo que experimenta la señal al viajar a través de la atmósfera.

Por lo tanto, el sistema funciona en base a correcciones de pseudodistancia que son calculadas por la estación de referencia, empleando para esto correlaciones de código C/A. Estas correcciones son transmitidas vía radio - módem y los usuarios las reciben por el mismo medio en sus receptores. Al aplicar estas correcciones a las pseudodistancias observadas por los usuarios, se obtienen posiciones con precisiones del orden de 1 a 2 metros.

Los fabricantes de equipo GPS, han desarrollado software para el posicionamiento diferencial preciso en tiempo real, mediante el cual se pueden obtener posiciones en tiempo real con una precisión de 1 a 2 centímetros.

El GPS determina la posición donde se encuentra el receptor, conociendo las distancias de por lo menos tres puntos de coordenadas conocidas (satélites). Esta determinación es similar a la de "Estación Libre" utilizada en la topografía clásica. Sin embargo, en el caso del GPS, los puntos de coordenadas conocidas no están sobre la superficie de la tierra sino en el espacio. Los satélites envían al receptor información sobre la posición en la que se encuentran y datos para que el receptor pueda calcular la distancia.

El cálculo de la distancia se realiza recibiendo "mensajes" del receptor. En cada mensaje se indica el instante en que el mismo salió del satélite. El receptor tiene un reloj de precisión, que está sincronizado con el del

satélite y puede saber el instante en que llegó en mensaje. Con estos datos, el receptor calcula la posición absoluta. Esta determinación de posición tiene errores que pueden estar en unas decenas de metros.

4. FORMACIÓN DEL SISTEMA

La descripción del sistema de posicionamiento Global sigue la división acostumbrada para los sistemas satelitales de navegación en tres segmentos: segmento espacial que se refiere a la constelación de satélites, segmento de control que monitorea y controla todo el sistema , y segmento del usuario que consiste de los distintos tipos de receptores.

4.1 Segmento Espacial

La cobertura global de entre cuatro a ocho satélites simultáneos en cualquier momento con una elevación de 15° ha sido una de las metas fundamentales que se han tratado de establecer por los diseñadores e implementadores de GPS. Esto puede ser logrado mediante la planificación de una constelación adecuada de satélites que hagan cumplir la condición deseada.

4.1.1 Constelación

La constelación final y número total de satélites ha sufrido variaciones con el tiempo. Los primeros satélites GPS tenían una inclinación de 63° con respecto al Ecuador y los planes era colocar 24 satélites en 3 planos orbitales.

Debido a cuestiones presupuestarias la constelación se pensó reducir en 18 satélites. Con esta idea, sin embargo, no se proveía la cobertura deseada.

La constelación de satélites GPS se estableció en 24 satélites principales más tres satélites activos de repuesto orbitando la tierra en órbitas casi circulares a una elevación de aproximadamente 20,200 km sobre la tierra y con un período de 12 horas sidéreas.

Estos satélites tienen una inclinación de 55° con respecto al Ecuador y están colocados en seis planos equidistantemente y con 4 satélites en cada órbita. La separación de los planos de las órbitas es de 60° en ascensión recta.

4.1.2 Degradación de la precisión

Existen dos formas para degradar la señal emitida por los satélites GPS. La primera es llamada Selective Availability (SA), y la otra llamada Anti-Spoofing (A-S). El objetivo de ambas es negar a los usuarios el uso apropiado del sistema.

4.1.2.1 Selective Availability

La limitación en este caso puede ser lograda de dos maneras. La primera es mediante la manipulación de los datos de las efémerides y la segunda

mediante la desestabilización de los relojes del satélite. Ambos métodos afectan la medición de pseudo-distancias.

4.1.2.2 Anti-Spoofing

Este método de degradación de la señal consiste en encriptar el código P mediante el uso del llamado código protegido y solamente usuarios autorizados tienen acceso al código P cuando el A-S es activado.

El posicionado de los satélites en cada instante es tal que, desde cualquier punto de la superficie de la Tierra se pueden observar un mínimo de cuatro satélites por encima del horizonte local. A intervalos de tiempo muy precisos (1 segundo) los satélites emiten información sobre su estado, su navegación, datos para la corrección de la propagación de ondas electromagnéticas a través de la atmósfera y, lo que más nos interesa, datos de tiempo según sus relojes internos.

Los satélites son una parte esencial ya que estos son los que emiten constantemente las señales hacia los receptores GPS, cubriendo todo el globo terrestre.

4.2 Segmento de Control

Este segmento consiste de una red de estaciones que permiten controlar y retroalimentar el sistema de satélites. Esto se logra mediante el constante monitoreo de los satélites desde una serie de estaciones convenientemente ubicadas al rededor de la tierra.

El sistema terrestre también consiste en diez estaciones terrestres: cinco civiles (Quito (EC), Buenos Aires (AR), Hermitage (UK), Bahrain y Smithfield (AU)), cuatro de las fuerzas aéreas norteamericanas (Hawaii, Isla Ascensión, Diego García y Kwajalein), y una Estación Maestra de Control (MCS) localizada en la base aérea de Falcon Colorado, la cual mantiene los satélites en posición orbital y su respectiva regulación de

tiempo de cada satélite. A través de sus antenas, esta "constelación" de estaciones terrestres monitoriza el estado de todos y cada uno de los satélites.



Fig. 3. Estaciones terrestres del GPS

La vigilancia se hace mediante receptores GPS pasivos para acumular datos sobre las señales emitidas por cada satélite. Esta información se procesa en la Estación Central de Seguimiento para determinar con precisión cuales son las órbitas reales de los satélites y proceder a las correcciones de trayectoria que sean necesarias enviándoles mensajes de navegación a cada uno de ellos a través de su antena en tierra.

La primer tarea de la MCS consiste en mejorar las posiciones recibidas. Se les compara con una base de datos vectorizados que representan con detalle el conjunto de la región parisina. Las posiciones, que pueden en un primer momento estar ligeramente desfasadas del eje de la red de comunicaciones, se les vuelve a poner en su sitio. La base de datos cartográfica es generada por los equipos RATP a partir de datos procedentes del IGN (Instituto Geográfico Nacional).

Una vez actualizada esta información es transmitida a cada satélite desde las estaciones terrenas. Estas estaciones están equipadas con relojes de Cesio y receptores del código P que constantemente monitorean todos los satélites sobre el horizonte.

Estas estaciones son usadas para la determinación de las efemérides transmitidas y modelados de reloj. Las correcciones a las órbitas y relojes son retroalimentadas a los satélites mediante las estaciones de control terrestres.

4.3 Segmento del Usuario

Este segmento se refiere a los distintos tipos de receptores que existen en el mercado y de los distintos usuarios del sistema. Con el paso del tiempo nuevas aplicaciones se han encontrado al sistema. Se necesita, por lo tanto, diseñar y desarrollar equipos con ciertas características para adaptarse a las distintas necesidades de los usuarios.

Este componente consiste en los receptores GPS que utilizan los datos recibidos de los satélites que en cada instante se encuentran por encima de su horizonte local, para determinar cuales es su posición geográfica y el tiempo; es decir, el segmento del usuario consiste de receptores GPS que proporcionan casi instantáneamente la posición, altitud, velocidad y tiempo preciso al usuario desde cualquier parte del mundo las 24 horas del día. Estos receptores calculan la posición por medio de señales simultáneas desde tres o más satélites que estén a la vista del receptor GPS.

Los receptores varían en precios, tamaños y precisión, desde los más sencillos como los que se usan para la localización de vehículos o los más sofisticados, como los que encuentran en los tableros de los aviones. Cuando se requiera adquirir algún receptor GPS se recomienda que tenga un número adecuado de canales.

Los receptores de un sólo canal buscan su posición por medio de señales emitidas constantemente hacia el espacio buscando las señales de los satélites. Tan pronto como éstos sean localizados, el receptor proporciona cálculos de localización y la precisión es determinada por la rapidez con que el receptor pueda encontrar las señales de los satélites.

Existen algunos receptores que cuentan con 5 canales, de los cuales 4 rastrean satélites para tener una constante localización por aquello de que algún canal sea bloqueado. Existen receptores aún más sofisticados que cuentan con 12 canales. Otro factor importante es la re-adquisición rápida

de la señal del satélite, que es el tiempo en el que el receptor tarda en adquirir la señal y poder hacer un cálculo rápido de localización.

Desarrollado originariamente por los militares americanos, el GPS fue diseñado para localizar y manejar aviones, buques, vehículos e infanterías. Con presupuesto de 12 mil millones de dólares se inicia el proyecto y en 1978 se lanza el primero de un total de 24 satélites de órbita media (MEO) de la constelación llamada NAVSTAR GPS.

La idea era tener a estos satélites como puntos de referencia para calcular posiciones - latitud, longitud y altitud. Aunque al principio este sistema fue sólo para propósitos de estrategia militar, posteriormente esta tecnología se brindó a la población civil en forma gratuita, pero con algunas "limitantes" -la aproximación-. En la actualidad, con la disminución en el tamaño y en el precio de los receptores GPS, se contribuye a que esta tecnología esté al alcance de todos.

Los satélites utilizados por GPS gira alrededor de la tierra en seis planos orbitales y transmiten señales a la tierra que son recibidas por receptores GPS para determinar la localización de objetos. Resolviendo señales de muchos satélites, dichos receptores dan una localización extremadamente precisa, normalmente a menos de 10 metros de la posición actual, esté donde esté en el mundo.

Mientras el costo de la tecnología GPS se reduce por causa de su popularidad en la industria marina, circuitos integrados son disponibles de varios vendedores para facilitar la implementación.

Combinando las tecnologías de la astronáutica, la electrónica y las comunicaciones, el GPS hace posible navegar o determinar la posición, ya sea parado o en movimiento, tanto sobre tierra como en el mar o en el aire, y sin ser afectado por el mal tiempo. Esto empezó a ser realidad hace tan sólo veinte años.

Sus principales características son las siguientes:

- Gran rapidez en obtener la posición
- Muy buena precisión
- Cobertura global y continua

5. TIPOS DE SERVICIOS DE NAVSTAR GPS

El sistema Navstar emplea también la constelación de 24 satélites que orbitan la tierra cumpliendo cada una 12 horas (dos vueltas por día), existiendo uno o más satélites en órbita de repuesto.

Existen en total seis órbitas espaciadas igualmente entre si cada 60 grados, con 4 satélites cada una; están inclinadas 55 grados sobre el Ecuador. Los satélites se hallan aproximadamente 11,000 millas náuticas. Existen dos niveles de servicio:

5.1 SPS (Standard Positioning Service)

El Servicio Estándar de Localización es un servicio de determinación de la posición y tiempo que está disponible a todos los usuarios, las veinticuatro horas del día y sin cargo directo.

5.2 PPS (Precise Positioning Service)

El Servicio Preciso de Localización es un servicio de determinación de la posición y tiempo con alta precisión utilizado para usos militares y para otros usos del Gobierno de los Estados Unidos. Para usos civiles que no son del Gobierno Federal, ya sea domésticos y extranjeros pueden ser considerados solicitando un permiso especial. Este servicio provee una precisión predecible de 22 mts horizontalmente y 27.7 mts verticalmente y 200 nanosegundos en tiempo. Este servicio no esta disponible a los usuarios civiles, ya que los mensajes están encriptados.

5.2.1 Precisión de las Mediciones.

Evidentemente se necesita proveer al sistema de un mecanismo de medida de tiempo. Tanto los satélites como los receptores son provistos de relojes para tal efecto.

El receptor del GPS recibe información proveniente de cada uno de los satélites que está en condiciones de escuchar. Cuando la decodifica obtiene (entre muchos otros) dos datos fundamentales:

1. De cuál satélite provienen los datos.
2. La hora exacta a la que partió el paquete de datos.

Conociendo la hora de partida de los datos y comparándola con la hora de llegada que obtiene de su propio reloj, el sistema determina cuánto tiempo demoró el viaje y sabiendo que las ondas con la información viajan a la velocidad de la luz (en lugar de los 120 Km por hora), puede calcular fácilmente a qué distancia se halla exactamente ese satélite.

Los satélites también proporcionan los almanaques, que contienen información sobre el estado de salud de los diferentes satélites de la constelación y las posiciones que tendrán durante los próximos treinta días. Con los almanaques, el receptor GPS es capaz de saber rápidamente

velocidad de propagación al atravesar capas atmosféricas de distinta densidad, lo que introduce otro error en la posición.

Debe recordarse que la posición de observación es determinada a partir de las coordenadas de los satélites ; la distancia medida por lo tanto, también se encuentra afectada por las distintas perturbaciones orbitales, que sacan a los satélites de las órbitas teóricas. La exactitud en la determinación de coordenadas absolutas con respecto al sistema de referencia es entre 100 y 150 metros en las tres coordenadas.

Desde tierra, los usuarios cuentan con receptores que miden lo que tarda la señal de al menos tres satélites en llegar a él -pueden recibirse hasta once- , y la precisión es suficiente para determinar la posición con un error de 110 metros.

El sistema nunca será completamente exacto, porque influyen variables como las interferencias, la inclinación o los puntos sin cobertura, además

de que los errores (como el efecto S/A), que fueron introducidos deliberadamente por los militares de los Estados Unidos -cuyos receptores pueden incluso dirigir misiles- para dotar a sus receptores de GPS de una mayor ventaja en el campo de batalla en caso de guerra.

5.3 Servicios de Navegación

El sistema GPS proporciona dos niveles de precisión diferentes. El servicio SPS (Standard Position Service), destinado principalmente a los usuarios civiles y cuya precisión espaciotemporal es de unos 100 metros. Esta precisión puede aumentarse en el caso de configurar la constelaciones de satélites en el denominado servicio PPS (Precise Positioning Service) que proporciona una precisión espacial de 16 metros, una precisión en velocidad de 01 m/s, y una resolución temporal de 100 nanosegundos. La señal del servicio PPS esta cifrada por lo que su disponibilidad está limitada a aquellos equipos autorizados para ello.

5.3.1 La Navegación Mediante GPS

Cada satélite emite periódicamente una señal. El receptor, suponiendo un tiempo de propagación para la señal y conociendo el instante en que él la recibe, estima la distancia que le separa de dicho satélite. Dado que las posiciones de los satélites son muy precisas, cada observación de un satélite permite determinar a que distancia nos encontramos de ese punto de la órbita.

El GPS emplea para sus cálculos nociones fáciles de comprender para un navegante que sabe establecer líneas de posición y tiene algunas bases super elementales de física.

Obteniendo este tipo de información a partir de al menos cuatro satélites diferentes, el equipo receptor construye un sistema de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas (posición geográfica y tiempo) obteniendo de su resolución el lugar en el que se encuentra el receptor y cual es la

diferencia horaria entre su reloj local y el de la constelación de satélites GPS.

5.3.2 Usos en Navegación

La idea original del GPS, que aún hoy día se mantiene, era usarlo para navegación. Esto es, conocer la posición del observador en cualquier momento del día dentro de un sistema de referencia creado para tal fin. Esto es conocido como posicionamiento absoluto.

La posición del receptor es conocida a partir de las coordenadas de los satélites y las distancias medidas a por lo menos cuatro satélites, mediante una intersección espacial. La distancia a cada satélite es determinada haciendo uso de la fórmula

$$d = c \cdot \Delta t$$

en donde c corresponde a la velocidad de la luz en el vacío y D t el tiempo de recorrido de la señal desde el satélite hasta el receptor.

6. USOS EN TOPOGRAFIA Y GEODESIA

La posibilidad de usar el sistema para tareas de precisión se ha estudiado desde hace mucho tiempo. En la actualidad se han desarrollado técnicas para lograr exactitud topográfica y geodésica (Estudio matemático de la figura y magnitud del globo terrestre). Estas son conocidas como técnicas diferenciales o métodos de posicionamiento relativo. Esto es, que es posible conocer con gran exactitud la diferencias de coordenadas entre dos o más receptores.

El principio se basa en que en ambos extremos de una línea los errores de las órbitas de los satélites son iguales. En este caso, los mismos satélites tienen que ser usados en los extremos de la línea a medir. Además, mediante el uso de receptores que captan las dos frecuencias de transmisión de las señales, los errores debidos a la ionosfera pueden eliminarse.

En cuanto a la troposfera esta es considerada mediante el uso de modelos atmosféricos adecuados. Mediante el uso de estas técnicas, se pueden lograr precisiones menores a 1 metro, y dependiendo del tipo de procesamiento y equipo se puede llegar a precisiones del centímetro, incluso de milímetro.

7. CARACTERÍSTICAS DE LAS CONSTELACIONES

Número de Satélites	24 en 6 planos orbitales
Tipo de Órbita Media	(20,200 km)
Inclinación	55° a 63°
Período	11 hrs 15 min. ó 12 hrs. y media (19,200 km) en 6 planos orbitales
Frecuencias	Banda L (L1=1.57542, L2=1.2276 GHz) ó Banda L (L1=1.609 GHz, L2=1.251 GHz)
Método de Acceso	CDMA (Espectro Esparcido)
Vida Útil Aproximada	7.5 años

8. COMPONENTES DE LA SEÑAL

Los osciladores a bordo de los satélites GPS generan una frecuencia fundamental f_0 con una estabilidad en el rango de 10^{-13} . Dos señales portadoras en la banda L (llamadas L1 y L2) se generan mediante la multiplicación entera de f_0 de la siguiente manera:

$$f_0 = 10.23 \text{ Mhz}$$

$$\text{Portadora L1} = 154 f_0 = 1575.42 \text{ Mhz @ } 19 \text{ cm.}$$

$$\text{Portadora L2} = 120 f_0 = 1227.60 \text{ Mhz @ } 24.4 \text{ cm}$$

Para lograr obtener las lecturas de los relojes, se hace uso de dos códigos.

Estos códigos se caracterizan por contener en ellos un ruido pseudo aleatorio (PRN).

El primero es el llamado código C/A (Coarse Adquisición) generado con una frecuencia igual a $f_0/10$, el cual se repite cada milisegundo.

El segundo es el llamado código P (o código Preciso) generado mediante una frecuencia igual a f_0 la cual es repetida aproximadamente cada 266.4 días.

Las señales portadoras L1 y L2 son moduladas con el código P mientras que el código C/A es modulado para la L1 solamente:

Código P : $f_0/10 = 10.23$ Mhz en L1 y L2

Código C/A : $f_0 = 1.023$ Mhz en L1

9. RADIOLOCALIZACIÓN

La Radiolocalización de los vehículos por el sistema GPS (Global Positioning System) ha sido mejorado por la RATP, mediante un dispositivo de estimación embarcado, con una precisión de 10 metros en todo entorno urbano (edificios, calles estrechas, túneles,...).

La Radiolocalización puede aplicarse a la gestión de todas las flotas de vehículos para fines de seguridad, regulación, seguimiento y coordinación, con una "mutualización" posible entre diferentes usuarios de una misma aglomeración.

9.1 Aportes de la Radiolocalización desde el Punto de Vista Técnico

Desde esta perspectiva, la originalidad del enfoque de la RATP descansa en realidad en los siguientes puntos esenciales:

ser divididos por tres con respecto a los sistemas clásicos de hilos de generaciones anteriores volviendo así económicamente razonable una generalización al conjunto de la red.

El lanzamiento de series de fabricación importantes va a acentuar más esta tendencia, como la "mutualización" más grande del servidor de radiolocalización que comienza a recibir a otras flotas de vehículos (vehículos de mantenimiento o de la ciudad en particular). La principal revolución es entonces económica, lo cual es fundamental para las redes de transportes colectivos que experimentan con frecuencia situaciones financieras difíciles.

10. SOFTWARE

En 1993, tras una fase prototipo concluyente que comenzó en 1991 sobre la radiolocalización por GPS de vehículos de superficie, la RATP decidió lanzar la fase experimental ALTAÏR.

Esta fase tenía por objetivo demostrar en tamaño real un sistema innovador de localización por satélites de los autobuses en zona urbana, para fines de información a los pasajeros, de regulación y de seguridad.

En Octubre de 1994, terminó la primera fase relativa a la localización de los vehículos para la seguridad (Sistema AIGLE). En Abril de 1995, el sistema completo era totalmente operacional.

Tras una fase de prototipo concluyente que comenzó en 1991, la RATP decidió lanzar en 1993 una fase experimental que tenía por objeto validar en tamaño real un sistema innovador de localización vía satélite de los

autobuses y vehículos de intervención, para fines de seguridad, de regulación y de información de los pasajeros.

En octubre de 1994, la aplicación seguridad (sistema AIGLE) terminó y en abril de 1995, se comenzó a operar las funciones de regulación e información de pasajeros (sistema ALTAÏR).

10.1 Sistema Altaïr

Dentro de la mejora de la calidad de servicio, la preparación del trayecto cobra cada vez mayor importancia dentro de la oferta del transportista. A las informaciones estáticas habitualmente disponibles (trayecto y horarios teóricos) que se hacen caer en falta en caso de perturbación, ALTAÏR añade una información dinámica, actualizada en tiempo real en cada parada. De ese modo, el usuario (o pasajero) puede enterarse con precisión del tiempo de espera de los autobuses que van a llegar. Además,

puede asimismo obtener estas mismas informaciones por teléfono, precisando el punto de parada que le interesa.

Por el concepto mismo del sistema, en caso de perturbación que requiera una acción correctiva, las paradas concernidas se encuentran directa y automáticamente informadas.

El sistema ALTAIR permite una regulación en tiempo real. Estos datos, combinados con el conocimiento en tiempo real de las modificaciones efectuadas por el regulador permiten generar una información al usuario con una gran fiabilidad.

10.2 Sistema Aigle (una mejor seguridad)

La segunda utilización de la radiolocalización consiste en usar la información de posición para incrementar la seguridad. Al ocurrir un incidente, el conductor envía una señal de alarma. Dicha señal de alarma

debe permitir el envío de socorro dentro del más breve plazo posible al lugar del incidente. Ahora bien, en caso de agresión, el conductor no tiene siempre tiempo ni tampoco la posibilidad de dar su posición precisa vía el radioteléfono. Hay que ponerse entonces en contacto con el puesto de comando local de la línea que dará una estima de la posición de vehículo, y luego hallar el automóvil de intervención más cercano; aunque tal vez el automóvil tendrá que buscar el vehículo alrededor de la posición estimada a la llegada al lugar.

Gracias al sistema AIGLE se puede reducir al mínimo estos plazos de intervención. Con la señal de alarma, la posición del vehículo se transmite a la PC. Esta primera función es una garantía de mejor seguridad para los pasajeros y los conductores.

La etapa siguiente que se ha de mejorar en el proceso de seguridad es el diagnóstico de la situación. La solución que aporta ALTAIR consiste en

transmitir imágenes vídeo tomadas dentro del vehículo como complemento del sonido de ambiente.

Cuando el conductor da la señal de alarma, la cámara transmite imágenes tomadas antes y después del envío de la alarma, a un ritmo de una imagen tomada cada dos segundos. Para poder transmitir las rápidamente, las imágenes son comprimidas a bordo en la toma de vista, y descomprimidas en la PC.

La primer serie de imágenes está muy comprimida para que los operadores tengan de inmediato una visión de conjunto de la situación (gravedad, número de agresores,...). Luego se puede pedir disponer de imágenes más precisas para observar los detalles.

El sistema AIGLE está instalado en la sede de la RATP (PC 2000). En caso de envío de alarma por un conductor, su posición se ve representada en un mapa y se le reactualiza cada 10 segundos.

10.3 Mapas Electrónicos

Los receptores de GPS convierten las señales de los satélites en altitud, longitud y altura, y las traslada a un 'software' con el mapa de la zona en la que uno se encuentre. Sus posibilidades son amplias: se pueden introducir varios puntos y la máquina indica mediante un sistema de voz el recorrido más corto, o si se debe pagar en los peajes.

10.4 Unidad Miras

La unidad remota Miras provee el rastreo GPS en tiempo real y también el monitoreo y el control remoto de varias funciones vehiculares.

Este aparato compacto que es más pequeño que una radio de auto (15,5 x 4 x 10,5 cm) se instala en cada vehículo que desea rastrear. Dado que no tiene conmutadores, se puede colocar discretamente dónde sea más práctico.

El sistema Miras incluye lo siguiente: una antena GPS, un módem celular o GSM y un cable de alimentación. Miras viene con 4 entradas digitales, 4 salidas digitales, 2 entradas analógicas, 1 entrada de alarma, 1 puerto serial principal y 1 puerto serial auxiliar.

1. Con el panel de control, se puede monitorizar y controlar las funciones
2. Las medidas latitudinales y longitudinales muestran la posición del vehículo
3. Es posible aumentar el mapa para ver las calles
4. Utilizar las herramientas para marcar los lugares

En cuanto a la sencillez y la función, las capacidades de rastreo vehicular que ofrece Miras no tienen igual; ya que con los mapas detallados, este software puede mostrar la posición del vehículo en cualquier lugar del mundo, de modo que se puede rastrear un vehículo con solamente unos clics.

Se puede ver la posición, la velocidad y la dirección del vehículo en tiempo real. Además, se pueden bajar los datos GPS a su computadora para construir varios reportes sobre los movimientos del vehículo durante un cierto periodo de tiempo.

Con el software Miras es posible hacer lo siguiente:

- Monitorizar la posición y el movimiento vehicular en tiempo real.
- Ver la velocidad y la dirección del vehículo en tiempo real.
- Centrar el vehículo por medio de desplazamiento automático del mapa.
- Mostrar hasta 4 áreas del mapa al mismo tiempo.
- Aumentar y reducir el mapa.
- Localizar la ciudad y el estado.
- Presionar el indicador en cualquier calle para ver el nombre.
- Ilustrar las vías fluviales y férreas.
- Bajar datos GPS de la tarjeta de memoria para recrear la ruta vehicular por animación.

- Recibir impresiones exactas de la ruta del vehículo.
- Entrar iconos del cliente en el mapa y también entrar o añadir información del cliente.
- Imprimir los iconos del cliente en el mapa para verificar fácilmente la ruta.
- Verificar cuanto tiempo el conductor expende durante cada parada

10.4.1 Funcionamiento de Miras

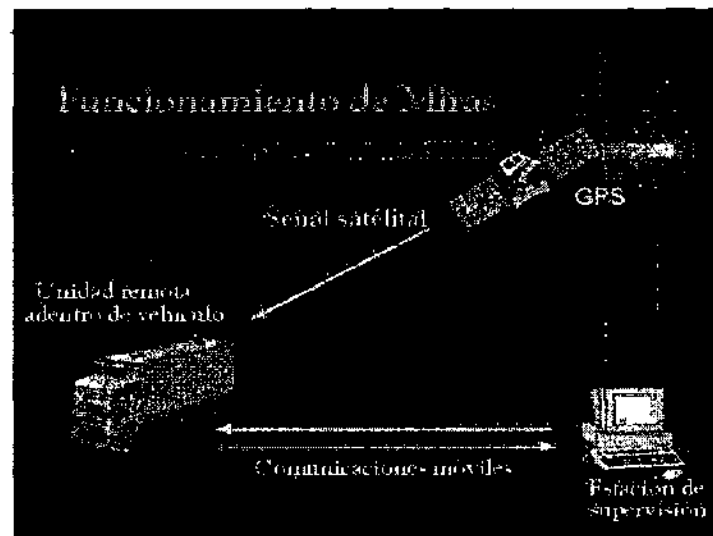


fig. 4 Esquema del funcionamiento de Miras

1. Miras, una unidad remota y compacta que se instala en el vehículo, recibe señales GPS de los satélites en órbita y rastrea la localización del vehículo a menos de 10 metros de su posición.
2. La unidad Miras retransmite su localización a la computadora de la oficina por medio de teléfono celular, CDPD o señal radio digital (según la aplicación).
3. El gerente de flota puede rastrear la localización de cualquier vehículo en un mapa que él puede ver y aumentar en la pantalla de su computadora.
4. Con la visualización Miras que es posible ver en la pantalla de la computadora, controlar y supervisar vehículos a distancia. Puede cerrar y abrir puertas de carga, prender y apagar alarmas y supervisar sensores como la temperatura.
5. El terminal de visualización de mensajes optativo se instala en la cabina para darle acceso al sistema de mensajería interactiva.
6. Miras ofrece reportes extensos , incluyendo el tiempo de paro, el reparto/pausa, el exceso de velocidad, la historia de eventos, la

animación de ruta y más. Con estos reportes, puede aumentar la productividad y la eficacia y también identificar los conductores irresponsables.

11. HARDWARE

Los dispositivos denominados GPS son simplemente receptores que reciben las transmisiones provenientes del espacio vía satélite. Dichos transmisores satelitales operan en 2 frecuencias transmitiendo dos señales : L1 en 1.575.42 Mhz y L2 en 1.227.60 Mhz.

Estos dispositivos son perfectamente adaptables a una PC tipo "lap top" o "Notebook" capaz de operar a baterías. Puede ser interconectada con receptores GPS formando así un equipo capaz de dibujar posiciones y trayectorias con ayuda de programas shareware.

11.1 Modem CPDM

SPS Technologies cuenta con su propio módem CDPD. Este módem se conecta al principal puerto serial de la unidad remota para proveer el rastreo vehicular de manera económica.

Se puede configurar la unidad Miras para enviar los datos GPS automáticamente a través del módem CDPD. De este modo, se actualiza el software de mapa con la posición del vehículo a los intervalos predeterminados.

11.1.1 Cobertura de CDPD

Puede acceder fácilmente varios sitios Internet que proveen mapas de cobertura:

- **AT&T Wireless Data: ATT comunicación inalámbrica**
- **GTE: GTE comunicación inalámbrica**
- **Bell Atlantic: Bell Atlantic comunicación inalámbrica**
- **Ameritech: Ameritech comunicación inalámbrica**

11.1.2 Beneficios de CDPD

Transmite muchos datos más rápido y a un precio mensual económico Le permite rastrear múltiples vehículos vía una conexión Internet .

11.2 Garmin GPS-45

El Garmin GPS-45 es básicamente un receptor, éste recibe las señales de un sistema de satélites geostacionarios situados en el espacio por la NASA, este complejo sistema es controlado de manera permanente por un sistema de seguimiento desde tierra.

Gracias a las diferencias en los tiempos de recepción de cada satélite en el GPS, y con la ayuda de un microprocesador incorporado se calcula su posición sobre la superficie de la tierra con gran precisión.

El Garmin GPS-45 recibe las transmisiones provenientes del espacio. Los transmisores satelitales operan en dos frecuencias transmitiendo 2 señales: L1 en 1.575.42 MHz y L2 en 1.227,60 MHz.

Esta técnica es aparentemente similar en el equipamiento, pues también se necesita una estación fija, instalada en un punto de posición conocida, un enlace de radio (radio - módem), para transmisión de datos y los usuarios con sus receptores GPS equipados con enlaces de radio; sin embargo, la diferencias con el método anterior son las siguientes: Son necesarios receptores de doble frecuencia, capaces de recibir y procesar código C/A, código P y fase de portadora en L1 y código P y fase portadora en L2. En caso de que el código P se encuentre cifrado, deberán tener alguna técnica para reconstruir la portadora en L2, con bajo ruido de la señal.

Las coordenadas de la estación de referencia deben ser conocidas con mucha exactitud y es necesario que ésta utilice alguna técnica para transmitir su posición y observaciones en tiempo real a través de un radio

-módem a los usuarios, quienes a su vez recibirán estas observaciones. Los usuarios, en sus receptores, deberán contar con algún software que permita postprocesar el vector entre la estación fija y la propia, en tiempo real. Esto implica la resolución rápida de ambigüedades en una estación inicial o la inicialización sobre un punto de posición conocida. Luego de la inicialización sólo toma 1 o 2 segundos determinar la posición de los puntos con la precisión ya mencionada.

12. TIPOS DE RECEPTORES

El tipo de receptor a usar dependerá del tipo de observaciones y de la disponibilidad de códigos. Los receptores GPS pueden ser clasificados de acuerdo a sus características de la siguiente manera:

- Código C/A
- Código C/A + fase portadora L1
- Código C/A + fase portadora L1 + fase portadora L2
- Código C/A + código P + fases portadoras L1, L2

12.1 Clasificación de Receptores (por el tipo de usuarios)

- Receptores militares
- Receptores civiles
- Receptores para navegación
- Receptores geodésicos.

13. APLICACIONES Y SUS CATEGORÍAS

Las principales aplicaciones actuales son la navegación y el seguimiento, y se está empleando en nuevas áreas, cada vez más dispares.

El objetivo fundamental de navegación es conocer la posición de un barco, un avión, un coche o un misil. Aunque buques y aviones lo usan desde hace tiempo, la progresiva reducción del tamaño permite equipar con un receptor a cualquier vehículo, de hecho ya lo incorporan ciertos automóviles de lujo y todo-terreno, y están apareciendo receptores de dimensiones reducidas que una persona puede llevar encima.

Se suele asociar un ordenador, que almacena los mapas para presentar visualmente la posición y el recorrido realizado, y procesa la información de posiciones sucesivas para realizar otros cálculos como la velocidad, el rumbo, y la distancia a referencias determinadas.

Para el seguimiento, los receptores transmiten la información sobre su propia posición a una central, que así puede conocer y coordinar la localización de todo un grupo: saber dónde están realmente los camiones de una flota, para estimar la hora de llegada; situar en el plano de operaciones las unidades de una brigada militar; determinar la ambulancia más cercana para atender un accidente; o estudiar los desplazamientos de animales en libertad a los que ha colocado un collar con un receptor GPS incorporado.

Otras aplicaciones: con sólo circular por una carretera, un vehículo equipado con un receptor puede recoger información para hacer el plano de la misma, lo que antes habría requerido muchas horas de especialistas.

En Tokio ya se emplea para localizar el aparcamiento libre más próximo. Alguna flota pesquera lo emplea para registrar la posición de los bancos de peces encontrados y volver a ellos sin error.

La miniaturización en la electrónica, junto con la imparable reducción de costes, hará que en poco tiempo su uso personal sea tan habitual como son actualmente los teléfonos móviles.

Las aplicaciones del sistema GPS son muy variadas. Dado que la constelación de satélites constituye una maya de referencia planetaria, refiriéndose a ella se pueden cubrir todos los espacios independientemente de si estamos en el aire, en el mar o en tierra. Por ello, las señales GPS se utilizan en la navegación aérea, en el control de rutas, en operaciones militares de todo tipo, en operaciones de desembarco de mercancías, en operaciones de rescate marítimo y terrestre.

Una aplicación civil que gana cada día más relevancia y extensión es el Posicionamiento Diferencial a partir de las señales GPS. Esta técnica consiste en comparar (correlacionar) entre sí las señales recibidas por dos o más receptores, intercambiando esa información a través de enlaces de radio locales, para determinar las posiciones relativas de todos ellos con

precisiones por debajo del metro y, en muchos casos, de algunos centímetros.

13.1 Localización

En aplicaciones de localización -determinar una posición- las más empleadas son para la localización de vehículos. Dado el alto índice de robos de vehículos, algunas compañías fabricantes de automóviles y compañías aseguradoras han empezado a instalar este tipo de aparatos en lugares ocultos dentro de los automóviles. También muchos de los taxis y camiones de carga utilizan GPS en sus vehículos para que estos sean localizados desde sus oficinas.

13.2 Navegación

La navegación -obtener una posición a partir de la anterior- es una aplicación que requiere de mucha precisión, razón por la cual las

compañías de aviación utilizan GPS para guiar a las aeronaves en climas inhóspitos así como para despegar y aterrizar este tipo de vehículos.

13.3 Rastreo

El rastreo también es otra aplicación muy importante, por ejemplo algunas compañías de flotillas de vehículos utilizan un programa de computadora provisto con un mapa de una ciudad o de una región, para rastrear todos sus vehículos. Algunas universidades y centros de investigación les ponen unos diminutos receptores GPS a animales en peligro de extinción o aves para conocer y estudiar sus trayectorias.

13.4 Cartografía

La cartografía es otra aplicación de mucha importancia dentro de las aplicaciones de GPS, al determinar con precisión la posición de ríos, bosques, montañas, carreteras y otros puntos es posible la elaboración de

mapas muy precisos; con la ayuda de otras técnicas como la fotogrametría, topografía y planimetría es posible la elaboración de sistemas de información geográfica.

13.5 Tiempo Exacto

El tiempo exacto que nos brinda el sistema GPS, es utilizado por las cadenas nacionales de televisión para sincronizar las transmisiones a nivel nacional y para sincronizar los comerciales y programas. La puesta en órbita de satélites es otra aplicación que requiere de una finísima precisión debido a que se necesita poner un satélite en una posición exacta en un tiempo exacto, y evitar así posibles colisiones.

13.6 Bélicas

Las aplicaciones de tipo militar también son muy bastas, fue el principal motivo por lo que GPS se concibió. En la pasada guerra del Golfo Pérsico

conocida como la tormenta del desierto, fue una prueba de fuego para el Departamento de Defensa de Estados Unidos para probar sus sistemas de localización.

El sistema GPS se utiliza en la milicia para determinar la distribución adecuada de tropas en tierra, aviones, barcos, submarinos, tanques, etc., también para guiar misiles para la destrucción de objetivos. Los misiles Patriot que usaron las tropas estadounidenses para la destrucción de los misiles de Irak, es un claro ejemplo de la utilización al máximo de GPS.

Existen muchas aplicaciones más benéficas de la utilización de este sistema de localización; con GPS es posible guiar ambulancias, bomberos, policía o grupos de rescate para que estos lleguen en cuestión de minutos al sitio donde está la emergencia.

Con GPS es posible que personas invidentes puedan guiarse dentro de una ciudad, apoyándose en una detallada base de datos dentro del receptor.

Otra aplicación es la seguridad: Como rastrear vehículos, reducir robo, la optimización de rutas: Mejorar la eficacia de ruta, el control remoto de las funciones vehiculares, la supervisión de la temperatura y de otros sensores, la eficacia: Seguir los conductores negligentes.

La combinación de una Red Radioeléctrica Reservada a los Datos (3RD) y de un servidor de radiolocalización permite contemplar muchas otras aplicaciones de toda índole, como la transmisión de relaciones detalladas como son: cartografía de velocidades, registros de contaminación, etc.

Otras áreas de aplicación de la tecnología GPS es la agricultura, minería, arqueología, construcción, exploración, cinematografía, pesca y deportiva.

14. MODALIDADES DE MEDICIÓN

Ya sea que el tipo de medición sea absoluto o relativo, se consideran dos tipos de modalidad en la manera de toma y procesamiento de las mediciones.

Estas modalidades son denominadas Estática y Cinématica. Como su nombre lo indica, estática denomina a observaciones estacionarias, mientras que la modalidad cinemática implica movimiento.

14.1 Absoluto Estático

Esta modalidad es usada cuando se desea posicionamiento de puntos de exactitud moderada, en el orden de 5 a 10 metros. En este caso el modo de calculo es realizado posteriormente.

14.2 Absoluto Cinemático

Es generalmente usado para la determinación de la trayectoria de vehículos en espacio y tiempo con una exactitud de 10m a 100m.

14.3 Relativo Estático

Cuando es usado por fases portadoras es el método más aplicado en tareas de Geodesia. En esta modalidad lo que se hace es determinar vectores o "líneas-bases" entre dos puntos en los cuales se dejan receptores estacionarios. Las precisiones logrables van desde 1 ppm hasta 0.1 ppm para puntos separados pocos kilómetros.

14.4 Relativo Cinemático

Como en el método anterior, éste involucra un mínimo de dos receptores, pero uno de ellos estacionario y otro móvil realizando observaciones

simultáneas. Las precisiones logrables varían, de acuerdo al tipo de receptor y postprocesamiento, desde el orden de pocos metros hasta centímetros.

15. CAUSAS DE ERROR EN GPS

Las condiciones de captura de datos GPS están sujetas a distintas fuentes de error que afectan notablemente a la posición adquirida por el usuario.

15.1 Errores en los Satélites

Se da por los errores existentes e inevitables en los relojes atómicos de cada satélite y errores en la posición radiodifundida del satélite; así como errores orbitales.

El receptor de GPS se basa en la localización del satélite en el espacio, midiendo su distancia respecto al centro de la Tierra. El error se produce cuando el satélite no está colocado en su sitio; es decir, 35 metros de error en el satélite serán 35 metros de error en tierra.

15.2 Errores Atmosféricos

La propagación de la señal radio a través de la troposfera e ionosfera provoca retardos en la señal.

15.3 Error Multitrayectoria (Multipath)

Se produce cuando la señal que llega a nuestra antena no es directa, sino reflejada de alguna obstrucción local; es decir, edificios y árboles pueden entorpecer la recepción de la señal, provocando lecturas erróneas.

15.4 Errores del Receptor

Error provocado por el propio ruido electrónico del receptor o por el reloj del mismo. Es la interferencias que afectan a las ondas de radio que emiten los satélites; ya que se pueden ver afectadas al entrar en contacto

con la atmósfera, con lo que se retrasaría la recepción de la señal e induciría a errores.

15.5 Disponibilidad Selectiva (S/A)

Error intencionado aportado por el DoD (Department of Defense) de los EE.UU introduciendo errores intencionados en las órbitas radiodifundidas y el reloj de los satélites. Intencionalmente la defensa americana introduce un error para que la exactitud de este servicio no sea muy bueno.

El efecto S/A (Selective Availability), degrada la información de tiempo transmitida por el satélite y la información de las efemérides, esto significa que la información de tiempo (que permite deducir la distancia) y de trayectoria de los satélites (que permite deducir la posición de los satélites) es alterada aleatoriamente. Como alternativa a la navegación precisa, la Comisión Radiotécnica para Servicios Marítimos (RTCM),

definió un enlace de datos diferencial para transmitir mensajes de corrección desde una estación fija a otros usuarios.

En 1996 la Casa Blanca informó que en cuatro a diez años se quitaría la restricción denominada "Disponibilidad Selectiva" que es la seguridad obtenida en la posición degrada intencionalmente por el Departamento de Defensa de los EU por motivos bélicos. con lo que la precisión para un receptor de GPS doméstico alcanzaría a errores menores a 20 m el 95% del tiempo, en algún momento situado entre el 2.000 y el 2.006.

15.6 Error Humano

Uno de los inconvenientes de algunos aparatos es que todavía son difíciles de utilizar.

Como vemos, muchos son los factores que afectan la precisión de las mediciones, algunos son debidos a la naturaleza y principio del sistema

(interferencia de la ionósfera, errores en los relojes que se utilizan para determinar las distancias, etc.) y otros son causados a propósito, con objeto de evitar que se tenga una posición exacta cuando el sistema es utilizado para uso civil. Recientemente la tecnología GPS y el software relacionado con la misma, han evolucionado permitiendo el posicionamiento preciso en tiempo real, que hasta hace cerca de dos años estuvo limitado a aplicaciones de navegación u otras de baja precisión.

En efecto, el DoD (Departamento de Defensa de los Estados Unidos), especifica para posicionamiento absoluto, es decir con un sólo receptor, una probabilidad de 95% de que la posición determinada tenga un error inferior a los 100m., esto debido a que en posicionamiento absoluto, los receptores GPS determinan su posición en base a mediciones de pseudodistancias utilizando la correlación del código C/A; sin embargo, esta determinación se ve afectada por varios factores que degradan la precisión, como el efecto S/A, la imprecisión en los relojes de satélite y receptor, los efectos multipath, etc.

15.7 Causa GPS Autónomo Diferencial

- Reloj del Satélite 1.5 0
- Error orbital 2.50
- Ionosfera 50.4
- Troposfera 0.50.2
- Ruido del receptor 0.30.3
- Multipath 0.60.6
- SA 300

15.8 Precisión Típica GPS Autónomo Diferencial

- Horizontal 501.5
- Vertical 782.0
- 3-D 932.8

Se suele afirmar que la validez de la corrección diferencial de código es de unas 300 millas (500 Km). Los dos puntos anteriores son un ejemplo de la magnitud típica de los errores en metros atribuibles directamente a un GPS Autónomo.

El reloj del GPS suele ser tan ordinario que si lo dejamos unos cuantos días sin usar, es posible percibir su error, si al encenderlo se anota la diferencia de hora entre la del GPS y la de un propio reloj ordinario, se podrá ver que al rato esa diferencia varía; eso sucede porque una vez que el GPS obtiene toda la información necesaria de los satélites y alcanza a computar una posición, ya está en condiciones de sincronizarlo para que coincida con los precisos patrones que llevan los satélites.

Comparado con el reloj que posee el satélite, el reloj ordinario pasa a ser un reloj de arena. Por ejemplo, el reloj que transporta la constelación Navsat está controlado con patrones atómicos de elevadísima precisión. El receptor del GPS, en cambio, posee uno cuya precisión está dada por la

estabilidad inherente a las vibraciones de un cristal de cuarzo que lleva en su interior (similar a la de un reloj común), por lo que habitualmente adelantará o atrasará respecto del que llevan abordo los satélites.

Ahora bien, siendo que las ondas de radio se mueven tan rápido, un error de tan solo una milésima de segundo entre la hora del satélite y la del GPS originaría errores del orden de 200 millas en la posición. Con este dilema tuvieron que vérselas los ingenieros electrónicos que desarrollaron el sistema.

16. CORRECCIÓN DEL ERROR

Aunque las ciudades se movieran sería posible calcular alguna posición si contamos con la ubicación precisa de determinado lugar en el momento en que se partió. Del mismo modo un GPS siempre podría computar una posición calculando donde estarán los satélites en un determinado momento porque su situación orbital es predecible.

Desafortunadamente los satélites sufren variaciones en su órbita debido a la atracción del Sol, la Luna, el viento solar, la marejada que hacen los cruceros y demás. Pues bien, los satélites nos proveen una "carta" actualizada, es decir: nos dan cada tanto su posición exacta y, como conocemos las leyes que gobiernan su movimiento siempre podemos reconstruir la carta para mantenerla actualizada sin equivocarnos mucho.

Esta información que suministran los satélites son las "Efemérides", por ello la computadora del GPS no nos da posiciones hasta no asegurarse de

conocer con exactitud la posición precisa de los satélites que ellos mismos proveen, a partir de allí pueden calcular su localización rápidamente (reconstruir la carta) de manera de calcular nuestras coordenadas con la frecuencia necesaria. Todo ello en pos de nuestra seguridad.

16.1 DGPS

Con el fin de optimizar la precisión de GPS, se desarrolló una técnica conocida como GPS Diferencial (DGPS). La precisión en GPS depende de varios factores:

El primer factor son las señales que emiten los satélites dirigidas al usuario civil, éstas vienen con un error implícito conocido como disponibilidad selectiva.

Otro factor es la desviación de los relojes; los relojes que traen internamente los receptores GPS por supuesto no son atómicos como los

que traen los satélites, el costo de estos relojes es demasiado alto, por lo que es imposible e incosteable tener un receptor GPS dotado con un reloj atómico.

La desviación de ambos relojes provoca que el tiempo de travesía de la señal no sea calculado de manera precisa, sumándole a ésto la velocidad de la luz , la cual se usa para efectuar los cálculos, es sólo una constante (aproximadamente 2.9979×10^8 m/s) pero en el vacío.

Otro factor importante son las condiciones de radio-propagación de la ionosfera.

Otro factor de error son las multitrayectorias de la señal, lo que hace que ésta al ser reflejada por un objeto sólido el tiempo de travesía sea inexacto. Estos y otros factores de error provocan que los cálculos que realiza el receptor GPS sean de poca aproximación.

DGPS es un método para eliminar errores en un receptor GPS, para hacer la salida más precisa. La idea principal de DGPS se basa en el hecho de que los satélites están a una altura considerable, por lo que si tomamos dos objetos separados uno del otro 200 kms, el tiempo de travesía de un satélite en particular a cada objeto tienen virtualmente los mismos errores; mas sin embargo la posición de los objetos son totalmente diferentes.

DGPS trabaja ayudándose con estaciones terrenas de referencia, éstas pertenecen a la Guardia Costera de los Estados Unidos y a agencias internacionales que establecen sus estaciones en cualquier lugar, especialmente alrededor de puertos y ríos navegables.

La Estación de Referencia (con sus coordenadas geográficas exactas, ya conocidas), en vez de calcular otra vez su posición, calcula el tiempo de travesía (T_c) para c/u de los satélites que tiene a la vista y los compara con los tiempos de travesía para cada satélite (T_s). La diferencia entre T_c y T_s se le conoce como Error de Corrección (EC). Entonces, la Estación

de Referencia transmite a c/u de los receptores GPS en tierra esos Errores de Corrección para que los utilicen para corregir sus respectivas medidas.

Con DGPS se pueden determinar posiciones con un alto grado de aproximación en el orden de metros, inclusive centímetros; es importante aclarar que estos receptores deben de estar equipados con DGPS; muchos de los nuevos receptores GPS están siendo diseñados para aceptar correcciones, y algunos están equipados con radio receptores en su interior.

17. MODELOS GPS

17.1 GPS 12

GPS diseñado para uso terrestre pero sin limitación de velocidad de operación lo que le permite ser usado con excelentes resultados donde no es imprescindible la información de la base de datos aeronáutica jeppesen.

Su nueva tecnología con receptor de 12 canales brindan mayor precisión y rapidez de actualización. Posee un display gráfico y funciones especiales de orientación trackback. Recomendado para un bajo presupuesto y para aplicaciones en ultralivianos, alas delta, parapente, planeadores o su 4x4.



fig. 5 Diseño GPS12

17.2 GPS 12XL

Modelo idéntico al 12 pero con cualidades adicionales: posibilidad de adicionarle una antena externa, tiene fuente de alimentación automática entre 10 y 40 v.



Fig. 6 Diseño GPS12XL

17.3 GPS III

La evolución tecnológica ha permitido reunir la posibilidad de un receptor GPS portátil y un mapa móvil electrónico, esto permite al usuario tener un mapa del área y además ver y saber donde se encuentra. Su impresionante capacidad gráfica representada en un claro display LCD ofrece funciones

de velocidad, altura, distancias, orientaciones, tiempos, promedios, odómetros, coordenadas y muchas otras cosas más.

Puede visualisarse en posición vertical u horizontal con sólo tocar una tecla. Tiene posibilidad de almacenar 500 puntos y 20 rutas reversibles con 30 puntos cada una.



Fig. 7. Modelo GPS III

17.4 GPS III - Pilot

Uno de los modelos más populares de GPS con gran cantidad de prestaciones, posee esencialmente las mismas características que su hermano mayor el GPS 195 excepto por las funciones de aproximación. El mapa móvil que define rutas, ríos, lagos y ciudades permite al usuario

visualizar el área y el lugar en donde se encuentra. La base de datos jeppesen le informa sobre aeropuertos, Áreas Restringidas, Orientación de Pistas, Frecuencias, etc. La función HSI; además de la posibilidad de usar la pantalla en forma vertical u horizontal con una definición de 4 niveles de gris en su display LCD. Accesorio pensado en personas que les agrada navegar.

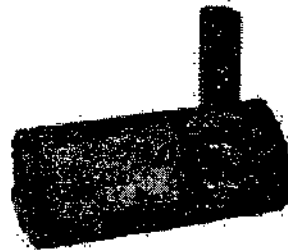


Fig. 8 Modelo GPS III Pilot

17.5 GPS MAP-195

Es sin lugar a dudas la mayor innovación aeronáutica en tecnología de mapa móvil portátil. Su display de alta resolución con 38.400 puntos con cuatro niveles de grises y 10.5 cm en diagonal, le ofrece una excepcional definición de mapa con rutas, vías, ríos, ciudades, lagos y por su puesto

aeródromos, áreas terminales y restringidas, intersecciones, orientación de pistas y frecuencias, secuencias de aproximación, etc. Viene provisto con soporte para montar en el comando, antena adicional para montar en el parabrisas, funda de transporte, adaptador par encendedor 12-28 v., Pilas alcalinas, guía de referencia rápida y manual en español.

17.6 GPS 150 XL

Garmin proporciona su sobresaliente tecnología en mapa móvil y la aplica a un equipo de instalación fija en el panel de instrumentos. Provisto con un receptor de 12 canales paralelos y usa hasta 12 satélites simultáneos. Su nuevo display tiene 6 veces más contraste que el estándar lcd y cambia automáticamente a la inversa en casos de reflejo de sol o uso nocturno. Su claro mapa móvil muestra espacios aéreos restringidos, terminales, vor's, ndb's e intersecciones.

La base de datos jeppesen informa de frecuencias, tipo de pistas y largo, combustible disponible, elevación, etc. Pueden almacenarse hasta 1000 puntos propios y hasta 20 planes de vuelo con 31 puntos cada uno y lista de cheques de 9 ítems. Incluye un completo kit de instalaciones con antena externa incluida.

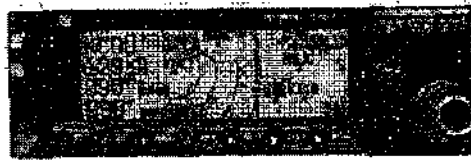


Fig. 9 GPS 150 XL

17.7 GNC-250XL GPS/COM

Con el mismo gran display que el gps-150 XL, el nuevo gnc-250 xl agrega un potente VHF con sintonía digital de 760 canales que brinda acceso inmediato a las frecuencias de la base de datos jeppesen, lo que le permite tener un fácil acceso a las frecuencias de su plan de vuelo.

17.9 GMA-340 Audio/Marker/Intercom

Este novedoso panel de audio incluye Marker Beacon e Intercom estéreo de hasta 6 plazas con control de volumen y squelch independientes para piloto y copiloto como también de volumen independiente para pasajeros. Soporta 3 equipos de comunicación y 4 accesorios adicionales receptores de audio.



Fig. 12 GMA-340 Audio/Marker/Intercom

18. VENTAJAS DEL GPS

En todas aquellas actividades al aire libre (excursionismo, alpinismo, senderismo, raid, náutica, motociclismo campo a través etc.) puede ser muy útil en todo momento al darnos nuestra posición exacta, tanto de día como de noche al contrario de sistemas tradicionales de posicionamiento que hacia necesaria la visión del sol o las estrellas para situar nuestra posición, por lo que si las condiciones metereológicas eran malas se hacia imposible.

Para que el GPS reciba las señales es importante la no existencia de objetos sólidos que interfieran la señal con al menos 3 satélites, el cristal no interfiere la señal, por lo que se puede utilizar en el interior de un automóvil, si se hiciera necesario se puede conectar a una antena exterior.

GPS también es un sistema confiable en el trayecto de cualquier tipo de transporte para efectuar un diagnóstico de una situación especial o peligrosa.

Otra ventaja que se puede observar con respecto al uso de este sistema en los transportes es la seguridad de una empresa en cuanto al buen trayecto de sus unidades ; es decir, a cada vehículo se les asigna una ruta a seguir la cuál debe ser respetada en todo momento (salvo sus excepciones por problemas ambientales, accidentes u otro tipo de imprevistos).

El uso en personas con alguna discapacidad muy importante ; ya que permite ubicar casi exactamente el paradero de ésta en caso de algún extravío o accidente.

19. INCONVENIENTES DEL GPS

Aunque al principio el G.P.S. tuvo un gran éxito y redujo la proliferación de otros sistemas de navegación debido a su menor error de posicionamiento, tiene capacidades limitadas en cuanto a la obtención de la velocidad y de la orientación, además de ser susceptible a la guerra electrónica. Por otra parte el sistema de posicionamiento global se ve afectado por el entorno y obstrucciones de la señal como por ejemplo edificios, vegetación, zonas de sombra, etc.

CONCLUSIÓN

Nuestra galaxia, es simplemente una más en la inmensidad del Universo. Nuestra estrella más cercana, el Sol, es sólo una más entre los miles de millones de estrellas de la Vía Láctea.

El planeta Tierra es uno de los 9 satélites que dan vueltas alrededor del Sol siguiendo una órbita elíptica. Estos planetas, del más próximo al más lejano al Sol, son: Mercurio, Venus, La Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. Las reglas que gobiernan el movimiento de estos satélites solares (los planetas) se estudian en la disciplina de Mecánica Celeste, y fueron descubiertas por científicos excepcionales como Johannes Kepler e Isaac Newton hace ya cientos de años.

El movimiento de los 9 planetas solares es como una fascinante maquinaria de relojería. La fuerza que los mantiene juntos y determina sus movimientos relativos es "la gravedad".

Cuanto más cercano al Sol se encuentra un planeta, la fuerza de atracción de gravedad que siente es mayor y debe moverse más rápido en su órbita para no caer al Sol. Por ejemplo, La Tierra, situada a unos 150.000.000 Km del Sol, viaja en su órbita a una velocidad media de unos 30 kilómetros por segundo y completa una revolución alrededor del Sol en un año.

Varios planetas, a su vez, tienen uno o más satélites orbitando a su alrededor. Por ejemplo, el único satélite natural de la Tierra, la Luna, se encuentra a una distancia media de unos 385,000 kilómetros de la Tierra y da una vuelta completa alrededor de ella en unos 29 días. Las diferentes posiciones de la Luna con respecto a la Tierra determinan sus cuatro fases: luna llena, luna nueva, cuarto creciente y cuarto menguante.

La definición de satélite es, por tanto bastante sencilla de intuir. Es simplemente un cuerpo que orbita alrededor de otro. La gravedad es la

fuerza de atracción que hace posible el movimiento relativo de las órbitas descritas por los satélites.

En la actualidad existen otros sistemas satelitales que ofrecen el servicio de localización, como Inmarsat, AMSC (American Mobile Satellite Corp.), y OmniTRACS de Qualcomm, basándose en GPS y apoyándose en satélites geoestacionarios (GEOs) y sus respectivas estaciones terrenas de monitoreo; los usos principales son el rastreo de flotillas de vehículos.

Con el lanzamiento de los satélites de órbita baja (LEO) y su puesta en operación, como por ejemplo Iridium, GlobalStar, Orbcomm, ODYSSEY, entre otros, habrá más opciones para aplicaciones en el área de la determinación de la posición.

El futuro de esta tecnología es muy prometedor, todos de alguna manera nos vamos a ver beneficiados por las bondades del sistema mundial de localización.

Como se ha podido ver en este trabajo, GPS es el primer programa en separar procedimientos generales de solución de conocimiento específico del dominio.

Utiliza un método primitivo para lograr la codificación en en metas, objetos y operadores del espacio; y para resolver problemas de manera jerárquica.

El GPS establece diferencias; es decir, encuentra operadores capaces de reducir la diferencia ; y todo con el fin de darnos una seguridad. Y sobre todo en esta época en donde podría decir que la seguridad ya no es más que una palabra más en nuestro vocabulario.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

2D	Navegación en 2 dimensiones (latitud y longitud)
3D	Navegación en 3 dimensiones (latitud, longitud y altura)
3RD	Red Radioeléctrica Reservada a los Datos
A	
Aditividad	Propiedades de un sistema para combinar soluciones parciales y obtener una solución del problema grande.
Aigle	Sistema utilizado para la localización de los vehículos.
Almanaques	Registro o catálogo que comprende todos los días del año, distribuido por meses.
Altair	Sistema que maneja información en tiempo real de transportes y rastreo de vehículos.
Array	Un array es un conjunto de elementos.

A-S **Anti-Spoofing.** Método que degrada la señal emitida por los satélites GPS negando a los usuarios el uso apropiado del sistema.

Astrolabios Instrumento para medir la altura de los astros.

Aviónica Estudio de las aplicaciones de la eléctrica a la aeronáutica y la astronáutica.

B

Banda S Es un rango de frecuencias que se asigna para unos determinados sistemas.

BPSK (Binary Phase Shift Keying). Es un esquema de modulación en fase.

C

C/A (Coarse Adquisición) Correlaciones de Código.

Cartográfica Levantar y trazar la carta geográfica de una posición de superficie terrestre.

CDMA Espectro Esparcido.

CDPD Programa que transmite muchos datos más rápido lo que permite rastrear múltiples vehículos vía internet.

Constelación Es la flota de satélites que se encuentra en el espacio.

D

Decodificar Descifrar un código.

Degradación Disminuir progresivamente las características de una cosa.

Demodulación Es la técnica inversa de la modulación. A partir de la señal recibida por el receptor la demodulación obtiene la información contenida en la señal.

DGPS GPS Diferencial

DoD (Department of Defense) Departamento de Defensa de los E. U.

E

EC Error de corrección entre T_c y T_s

Efecto Doppler Se da cuando un foco emisor de ondas se mueve

respecto al observador (satélite), para éste la longitud de onda se contrae.

- Efemérides** Información actualizada suministrada por los satélites
- Encriptar** Codificar información para seguridad de la misma.
- Equidistar** Hallarse una o más cosas a igual distancia de otra determinada, o entre sí.

F

- Fotogrametría** Conjunto de técnicas que permiten hallar las dimensiones reales de un objeto utilizando fotografías del mismo.

G

- Garmin** Es un receptor, que recibe las señales de un sistema de satélites geostacionarios situados en el espacio por la NASA.
- Geodésica** Satélites artificiales que mediante el uso de un haz de rayo láser buscan la trayectoria de mínima longitud.

I

IGN Instituto Geográfico Nacional.

L

LNA (Low Noise Amplifier). Es un amplificador de bajo nivel de ruido para no degradar la calidad de la señal.

M

MCS Estación Maestra de Control

MEO Satélites de Órbita Media

N

NAVSTAR-GPS (NAVigation System and Ranging - Global Position System) Es el sistema de posicionamiento global que estamos estudiando a lo largo de estas páginas.

P

Periodo Es el tiempo que tarda el satélite en dar una vuelta

	completa a la tierra.
Planimetría	Parte de la topografía que enseña a representar una posición de la superficie terrestre en un plano.
Polarización	Es una característica de la señal que se transmite.
Portadora	Es una señal cuyas características (frecuencia, fase...) varían según la información que se quiere transmitir (señal moduladora). Según cual de las características de la portadora cambie la modulación recibe un nombre u otro (frecuencia - FM, amplitud - AM).
PPS	(Precise Positioning Service). Servicio Preciso de Localización. Es un servicio de determinación de la posición y tiempo con alta precisión utilizado para usos militares y para otros usos del Gobierno de los Estados Unidos y/o civiles.
PRN	Ruido pseudoaleatorio
Pseudodistancias	Cuando medimos la distancia entre un satélite y el receptor realmente lo que medimos es esa distancia

más algo que se debe a la deriva existente entre el reloj del satélite y el del receptor.

R

RATP Equipo especial utilizado para generar la base de datos cartográfica.

RTCM Comisión Radiotécnica para Servicios Marítimos

S

SA S/A S-A (Selective Availability). Disponibilidad Selectiva. Método que introdujo deliberadamente militares de Estados Unidos para degradar la señal emitida por los satélites GPS negando a los usuarios el uso apropiado del sistema.

Secuencialmente En esta técnica primero recibimos la señal procedente de un satélite y luego la del resto (uno detrás de otro)

Sextante Instrumento para medir la distancia angular entre dos astros.

SNR	Es la relación señal a ruido. Es una medida de la calidad con la que llega la señal al receptor
SPS	(Standard Position Service) Servicio Estándar de Localización
T	
Tc	Tiempo de Travesía.
Transit	Es el primer sistema de navegación por satélite. Fue desarrollado por la marina de los EE.UU. y puede considerarse como el antecesor del NAVSTAR-GPS.
Troposfera	Capa inferior de la atmósfera terrestre, de unos 8-13 km. De espesor, en la que se producen la mayor parte de los fenómenos meteorológicos que determinan el clima.
Ts	Tiempo de travesía para cada satélite que tiene a la vista.

BIBLIOGRAFÍA

Halsall M. (1993) GPS Control de Interface. 1a. edición Prentice Hall.

Stuart L. (1995). Sistemas de Posición Global. 2a. edición. Mc Graw Hill.
México.

Hoffmann B. (1994). GPS Teoría y Práctica. 2a. edición Mc Graw Hill
México.

Kaplan E. (1996). GPS, Principios y Aplicaciones 3a. edición RA-MA.
Madrid

Instituto Americano de Aeronáutica y Astronáutica. Volumes I y II.

Wells D. (1989). Introducción al GPS 4a. edición Prentice Hall. México

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

<http://www.CapeCanaveral/Launchpad/1977/gpsante.htm>

[http:// Documentos/desgps.html](http://Documentos/desgps.html)

<http://www.solred.com.ar/funcgps.htm>

<http://www.geocities.com/Academy/>

<http://item-innovacion.es/item/gps.htm>

<http://w3.mor.itesm.mx/~emorales/Cursos/Robotica/node21.html>

<http://personal2.redestb.es/desertgps-.htm>

<http://www.ultralight/gps.htm>