

Antecedentes

Hoy en día con el rápido incremento de los avances tecnológicos, se han eficientado los servicios de localización. LBS [Location Based Services - Servicios Basados en Localización] es el conjunto de elementos que integran a cualquier producto, servicio o aplicación que permita al usuario final obtener referencias de ubicaciones en tiempo real de objetos o personas.

Dependiendo el servicio de localización que se emplee, se pueden obtener beneficios como para conocer su propia localización o para conocer la localización de otro dispositivo.

Los servicios de localización han ido mejorando de forma rápida gracias a que con el gran número de aplicaciones que manejan las redes inalámbricas, las necesidades de la vida del hombre, y su interés por explorar el espacio, han impulsado que se facilite el diseño, planeación y operación de las plataformas de localización, y el usuario final se ha visto beneficiado con las redes inalámbricas porque el uso de estos servicios resulta práctico para que los usuarios puedan obtener su posición, o que dicha localización sea enviada a alguna otra aplicación que lo requiera.

Además al tener en marcha dichas plataformas, se pueden poner en operación también otras aplicaciones que proporcionen otros tipos de servicios, como el detalle de direcciones, de los puntos de interés, e información de tráfico, entre otros.

Sistemas de vigilancia, o de emergencias (por mencionar algunos) se apoyan en este tipo de servicios para determinar la posición de las personas que se encuentran perdidas o lastimadas (y no se conoce su localización).

De la misma manera, distintas compañías hacen uso de los servicios de localización al obtener la posición de sus empleados, vehículos y otros objetos de interés.

En la actualidad existen varios métodos para determinar la posición del usuario, como Cell ID, GPS, AGPS, AOA, TOA, ODTOA, entre muchos otros, y cada uno de ellos, por requerir distintos tipos de tecnologías presentan varias ventajas y desventajas que los hacen ser mejores según el tipo de aplicación en el que se requieran utilizar, o el tiempo del que se disponga. De manera general se describen brevemente dichos servicios.

Cell ID Identificador de célula, es un método de localización basado en la ubicación de la célula que tiene localizado al usuario. Es por este motivo que la precisión de la ubicación dependerá del radio de la célula.

En áreas urbanas, puede tenerse precisión del orden de cientos de metros, pero en áreas rurales esta puede ser superior incluso a los 30Km.

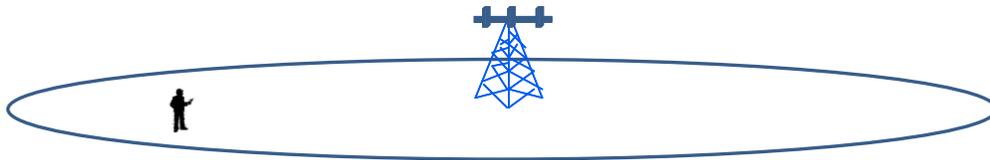


Figura 1. Área de localización proporcionada mediante CellID por una antena omnidireccional

AOA [Angle of Arrival - Ángulo de arribo] requiere como mínimo de dos estaciones base con antenas direccionales. Este método realiza la medida del ángulo de llegada de las señales que se dirigen hacia un usuario particular para determinar su posición.

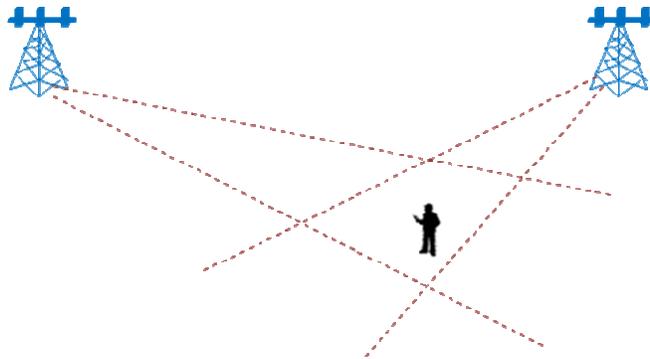


Figura 2. Área de localización proporcionada mediante AOA mediante una antena sectorial

TOA [Time of Arrival - Tiempo de Arribo] es el método que localiza al dispositivo móvil mediante triangulación contemplando como mínimo tres estaciones base. Debido a que se conoce la velocidad de las ondas electromagnéticas es posible calcular la distancia a cada estación base al considerar el tiempo en que tarda en llegar al móvil.

Este método asume que todos los transmisores y receptores se encuentran perfectamente sincronizados e ignora todo tipo de reflexiones o interferencias que puedan afectar la precisión.

OTDOA [Observed Time Difference on Arrival - Observación de Diferencia en el Tiempo de Llegada] el dispositivo móvil siempre se encuentra conectado hacia una estación base mientras esté encendido, por lo que mantiene constantemente comunicación entre distintas estaciones base constantemente, incluso cuando el móvil cambia de área.

Al medir la diferencia de tiempo de llegada en el receptor del dispositivo proveniente de tres señales de distintas estaciones base, se calcula relativamente la distancia a cada estación y con esta información se puede obtener la ubicación del dispositivo móvil.

Cada medida de OTDOA, es decir, cada par de señales transmitidas describe una línea constante de esta diferencia como una hipérbola, alrededor de la cual el dispositivo terminal debe estar localizado.

La precisión de este método depende de la precisión con la que se realice la medida de la distancia. No se requiere hardware específico para soportar este método en la red, así como tampoco se requiere añadir hardware ni software en la terminal. Únicamente se requiere que la red tenga activada la funcionalidad para soportar OTDOA.

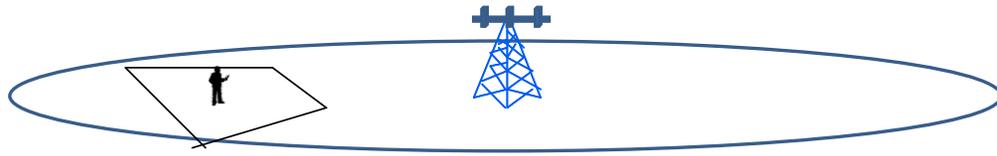


Figura 3. Resultado del posicionamiento mediante OTDOA

GPS [Global Positioning System - Sistema de Posicionamiento Global] es un método de posicionamiento que realiza el promedio del tiempo de las señales recibidas de los satélites al receptor para determinar la distancia a la que se encuentra.

AGPS [Assisted Global Positioning System - Sistema de Posicionamiento Global Asistido] un método complementario de GPS que permite mejorar la precisión de este servicio al considerar información proporcionada por la red celular. De estos servicios se ampliará su descripción posteriormente.

De manera general los servicios de localización buscan mejorar su operación en cuanto a nivel de precisión requerida, área de cobertura (por ejemplo, zona urbana o rural, húmeda, con muchos obstáculos para el paso de la señal, etc.), tiempo requerido para realizar el cálculo de la posición, consumo de batería, que la tecnología y dispositivo sean prácticos y de bajo costo.

Para determinar el método de localización a emplear en alguna aplicación dependerá de si el objeto o persona a localizar se encuentra estático o en constante movimiento, el grado de precisión requerido, la infraestructura con la que se cuenta o el conocimiento del grado al que se puede expandir, el intervalo de tiempo en el que se requiere obtener la información de la localización y también el costo, ya que en conjunto todas estas características ayudaran a determinar al usuario final y a los operadores de la redes el tipo de tecnología que satisface sus necesidades.

Actualmente es bastante conocido el Sistema GPS a nivel mundial y como se ha mencionado, diversas aplicaciones se ven beneficiadas de esta tecnología. Mediante este Sistema de Posicionamiento Global en los últimos años se ha podido realizar el control y seguimiento de unidades móviles en carreteras, determinar posiciones sobre el terreno, para orientaciones, entre muchas otras aplicaciones.

Se han venido desarrollando dispositivos que obedecen a tecnologías con mayor alcance y eficiencia, que requieren menor cantidad de memoria, reducen el tiempo de posicionamiento y ofrecen un mayor grado de precisión a costos cada vez mas accesibles.

Los cuales se han empleado en aplicaciones de uso doméstico, como también para proyectos y trabajos profesionales, por ejemplo cartográficos, topográficos, etc.

Por lo que cada vez se requiere que la tecnología sea mas precisa y eficiente, ya que se incrementa la necesidad de contar con varios dispositivos o dispositivos independientes que permitan realizar peticiones de localización simultáneas.

Una de las grandes ventajas del sistema GPS es que se ha podido integrar a los teléfonos celulares, y esto ha permitido que las aplicaciones de GPS no solamente sean utilizadas para aplicaciones profesionales, sino también para los usuarios de estos teléfonos facilitándoles el arribo a su destino, la consulta de mapas, de direcciones entre muchos otros. Esto ha hecho posible que en cualquier parte del mundo se pueda hacer uso de los servicios proporcionados por GPS.

2.1 Descripción de GPS

GPS [Global Positioning System - Sistema de Posicionamiento Global] es un sistema que hoy en día permite conocer la ubicación exacta al estar situados en cualquier parte de la Tierra durante las 24 horas del día.

Este sistema consta de una red de satélites que giran alrededor del globo terráqueo de manera que independientemente de la trayectoria que trace el móvil,

siempre se mantiene comunicado con al menos cuatro satélites que le permitirán determinar su posición al transformar este dato en tres coordenadas de ubicación y dicho punto se pueda mostrar en un mapa para facilitar la visualización de ubicación al usuario.

2.1.1 Elementos que lo conforman

GPS consta de tres subsistemas, El *Segmento Espacial* que se encuentra formado de una constelación de satélites artificiales que emiten señales de radio, un *Segmento de Control* que se encarga de controlar la red de señales satélites y sus señales desde la tierra y el *Segmento del Usuario* que consta de los receptores que usan los datos para determinar la ubicación mediante una serie de cálculos.

Segmento Espacial

El GPS surgió debido a la necesidad de las fuerzas armadas de tener un sistema de navegación preciso y que funcionara en aplicaciones diversas. Es por eso que a principios de los 70's el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos desarrolla el sistema NAVSTAR [Navigation System with Timing and Ranging – Sistema de Navegación con Medición de Distancia y Tiempo].

Este sistema está conformado de 24 satélites ubicados a 20,200Km en órbitas circulares inclinadas a 55°. Los satélites se encuentran distribuidos en seis planos orbitales con cuatro satélites en operación por plano. La constelación completa con los 24 satélites fue concluida en 1994.

Cada satélite tarda aproximadamente 12 hrs en dar una vuelta completa en su órbita, por lo que cada uno da dos vueltas en un día. La distribución de los satélites en dicha constelación permitirá que en cualquier punto de la tierra que se tenga un receptor, este pueda recibir la señal de por lo menos cuatro satélites.

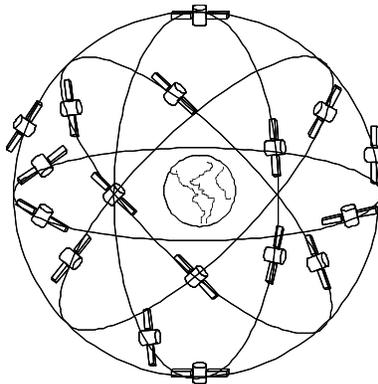


Fig.4 Representación Gráfica del sistema de satélites artificiales Navstar

Segmento de Control

El segmento de control está conformado de Estaciones de Control que procesan en tiempo real los datos recibidos de cada uno de los satélites, obteniendo información sobre las órbitas y los relojes de los satélites, con la cual pueden predecir su comportamiento y con ello mantenerlos bajo control dentro de su órbita correspondiente controlando a la vez su disponibilidad.

Es así que el Segmento de Control se asegura de que las órbitas de los satélites GPS permanezcan entre los límites establecidos y de que los relojes se mantengan dentro de su rango nominal.

Hay cinco estaciones alrededor del mundo, una de control principal y el resto son estaciones de observación. La estación de control principal se encuentra en la base de la Fuerza Aérea Falcon en Colorado Springs, Estados Unidos y las estaciones de observación en Hawaii, en la Isla de Ascensión en el Atlántico, en Diego García en el Océano Indico y en la Isla Kwajalein en Pacífico Sur.

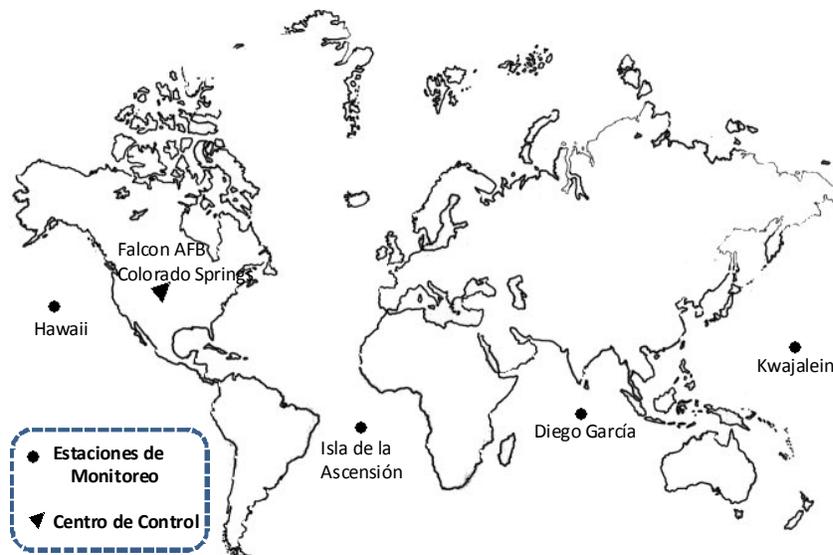


Fig.5 Red de Estaciones de Monitoreo y Control del Sistema NAVSAT

Las estaciones de observación reciben la información proveniente de los satélites y luego la transmiten a la estación principal para que esta, en caso de requerirlo realice las actualizaciones correspondientes de correcciones de órbita o de los relojes de los satélites. Gracias a esto, se conoce a la perfección la ubicación de las órbitas correspondientes a los satélites.

Segmento de los usuarios

Este grupo está conformado de los Sistemas Receptores que manejan los usuarios, estos receptores son los que reciben las señales de radio que emiten los satélites en órbita y las procesan para posteriormente convertirlas en coordenadas y traducir dicha información en un punto de ubicación en un mapa de modo que sea entendible y útil para el usuario.

Este segmento contiene la visualización de la ubicación para el usuario con distintos propósitos como puede ser de navegación, localización, orientación y mapeo de puntos de interés entre otros.

2.1.2 Funcionamiento

Partiendo de la idea anterior en la que se conoce con precisión la órbita y ubicación de los satélites, el sistema GPS se basa en la medición de señales de radio transmitidas por un grupo de satélites hacia los receptores de radio ubicados en los puntos cuya posición se desea determinar.

Se requiere la medición de distancia de la señal de tres satélites hacia el receptor GPS para poder determinar la posición del receptor en algún punto de la tierra. El cálculo de esta posición se realiza mediante el método de Triangulación.

Método de Triangulación aplicado a GPS

Cuando el receptor detecta la señal del primer satélite, se genera una esfera virtual de radio D_1 , distancia del satélite a la tierra, como se observa en la Figura 6. Posteriormente para el segundo satélite, de la misma forma que con el primero, cuando

el receptor detecta la señal, se crea otra esfera virtual con distancia D_2 del Satélite al punto de ubicación del receptor.

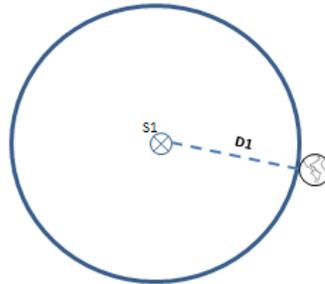


Fig.6 Distancia D_1 , del Satélite 1 a la Tierra

Esta intersección la visualizaremos como un anillo como se observa en la Figura 7, por lo que el campo de posible ubicación del receptor se reduce en comparación con la información obtenida del primer satélite.

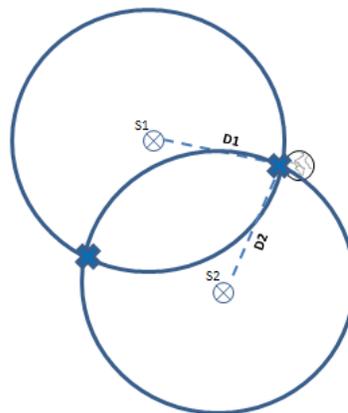


Fig.7 Distancia D_2 , del Satélite 2 a la Tierra

Sin embargo, aún se tienen dos posibles cortes para determinar la ubicación, por lo que al realizar el mismo procedimiento con un tercer satélite, se obtiene un punto de intersección de las tres distancias D_1 , D_2 y D_3 de cada satélite respectivo hacia el receptor y dicho punto corresponde a la ubicación real del receptor como se observa en la figura siguiente.

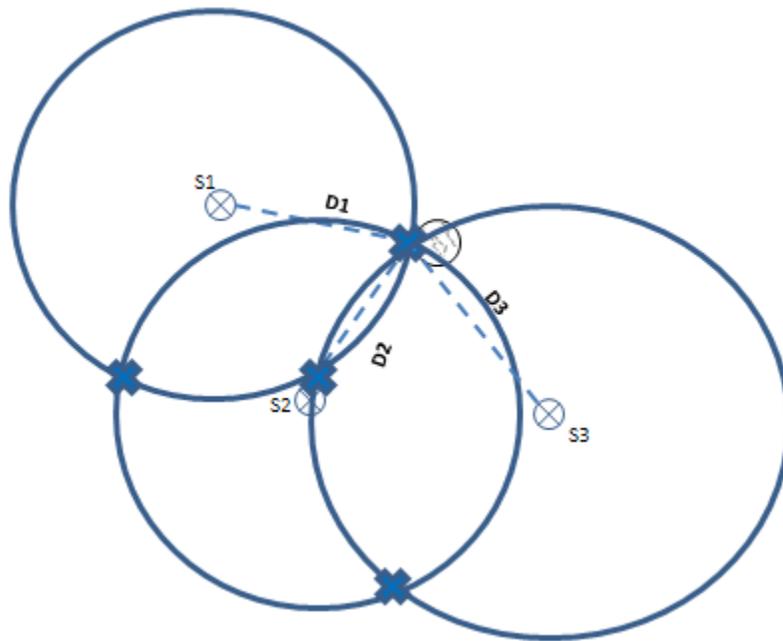


Fig.8 Distancia D_3 , del Satélite 1 a la Tierra

Hasta el momento con los cálculos realizados, se puede obtener la latitud y longitud del receptor en la tierra. Sin embargo para aproximar la precisión de ubicación, al realizar el mismo proceso de triangulación pero con un cuarto satélite, se puede obtener la altura a la que se encuentra el receptor sobre el nivel del mar y con este tercer dato queda determinada la posición del receptor sobre la tierra (latitud, longitud y altura).

Posicionamiento

Para que un receptor pueda determinar su ubicación en la tierra, se basa en las tres coordenadas que determinan su posición para ello se auxilia de la triangulación de señales como se describió anteriormente. Si la estación terrestre receptora conoce la ubicación del satélite, por ende, el satélite también conoce la ubicación del receptor debido al envío y recepción de la señal transmitida por el satélite.

Para determinar las coordenadas de su ubicación, si el receptor conoce la ubicación de un satélite y la distancia que se tiene hasta el, entonces determina que se encuentra en algún punto de la esfera de radio D_1 con centro en el satélite. Al realizar lo

mismo con los demás satélites podrá conocer las coordenadas del punto de intersección en la tierra donde se encuentra situado el receptor.

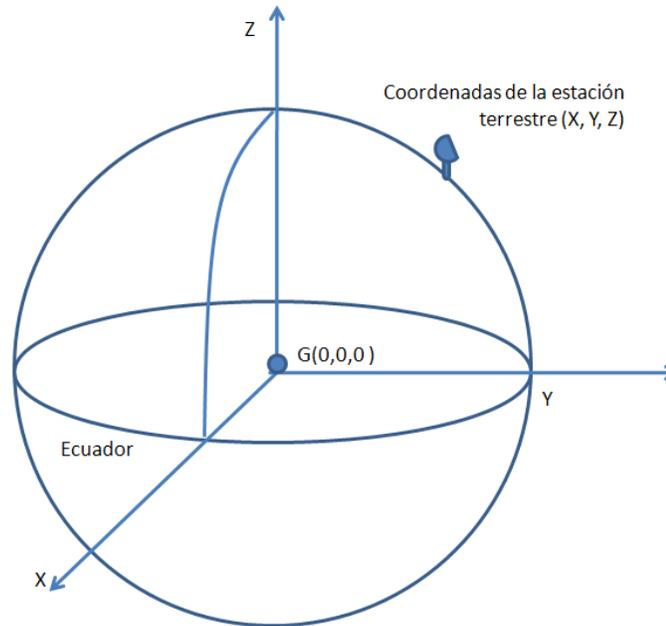


Fig.9 Visualización de Intersección en 3D ó Determinación de la posición con base a la Distancia del satélite

Se ha explicado como se determina la posición del receptor sobre un punto en la esfera terrestre, únicamente falta determinar como se realiza este cálculo de distancia del receptor al satélite.

Cálculo de la Distancia

La determinación de la ubicación en un punto de la tierra mediante GPS se realiza en base al tiempo que tarda la señal transmitida del satélite en llegar al receptor GPS para el cálculo de la distancia entre ambos.

Para el cálculo de la distancia del receptor al satélite, se requiere multiplicar la velocidad de propagación de la señal del satélite por el tiempo que tarda en llegar desde la salida del satélite hasta el receptor. Por lo cual, para la velocidad de propagación de la señal, se considera que las ondas de radio viajan aproximadamente a la velocidad de la luz 3×10^8 m/s, por lo que solo falta determinar el tiempo de recorrido de la señal.

Imprecisión en los Relojes: Lo ideal sería mantener una perfecta sincronización entre los relojes de los satélites y los del receptor, sin embargo resulta bastante costoso y esta falta de sincronización provoca ligeras desviaciones en tiempo.

Usualmente aunque los satélites cuentan con un buen reloj (atómico), los receptores suelen tener relojes no tan caros (de cuarzo) y por lo tanto no tan precisos, introduciendo ligeros errores de precisión.

Errores Orbitales: estos errores se producen cuando no se conoce con exactitud la ubicación del satélite en la órbita. También se interrumpe el paso de la señal cuando los satélites se encuentran alineados entre sí o cuando están agrupados, ya que no se puede sacar provecho de la transmisión de su señal.

Errores en la Recepción: Son errores introducidos por una imperfecta orientación de las antenas o por efecto del ruido. También se pueden agrupar aquí los errores de operación de bases de control terrestre, así como también los errores de posicionamiento de los receptores de los usuarios.

Perturbación Ionosférica: Se debe principalmente al efecto de Rotación de Faraday, el cual se describe como un cambio espacial del plano de polarización de las señales radioeléctricas, este efecto es proporcional a la intensidad del campo magnético terrestre e inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia.

Otro efecto que tiene relevancia en Latitudes ecuatoriales es el centelleo ionosférico, el cual se manifiesta como una variabilidad en la intensidad de la señal radioeléctrica debida a cambios en las características de la ionósfera.

Fenómenos Meteorológicos: En la tropósfera se introducen interferencias debido a las descargas eléctricas (rayos) y a las variaciones en el índice de refracción, ya que este último se encuentra en función de la temperatura, presión atmosférica, vapor de agua, entre otros.

Para poder llegar a predecir los efectos meteorológicos, se hace necesario conocer de manera cada vez mas completa los procesos físicos que controlan dichos cambios.

Errores de Multitrayectoria: Se origina debido a que la señal del satélite hacia tierra se encuentre con objetos en tierra que bloquean la señal, la reflejan o difractan creando trayectorias múltiples que pueden llegar a los receptores. Resulta muy difícil de eliminar, ya que depende del entorno en el que se encuentre el receptor de GPS.

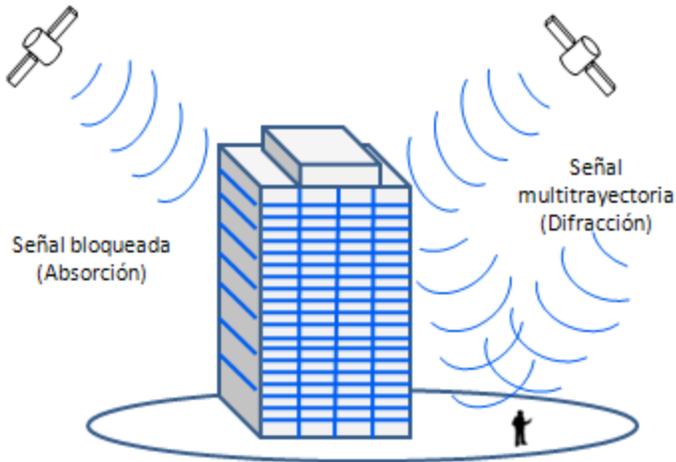


Fig.11 Ejemplo de obtención de errores en el Posicionamiento debido a la Multitrayectoria

2.2 Aplicaciones de los servicios de localización basados en GPS

Día a día se incrementan las aplicaciones de los servicios que podemos obtener mediante GPS, debido a la precisión proporcionada y a que el desarrollo en la tecnología han convertido a los equipos de este sistema en dispositivos prácticos, que por lo mismo cada vez tienen mayor demanda por los usuarios y con ello es posible que su costo se venga reduciendo.

Estas características han hecho que el servicio GPS se encuentre disponible en todo el mundo, convirtiéndose en un servicio fundamental para el desarrollo de muchas actividades.

Es por ello que los servicios de GPS tienen una gran variedad de aplicaciones que sería imposible enumerar, por lo cual se describirán a continuación aquellas que de forma general obtienen beneficios al hacer uso de los servicios GPS:

Posicionamiento: Es la función primordial del uso de los servicios de GPS, permitiendo mediante todo el flujo descrito anteriormente, que el usuario final pueda conocer su ubicación en tiempo real en cualquier punto del planeta.

Cabe resaltar que el sistema GPS es el primer sistema de posicionamiento que ofrece un alto grado de precisión a los usuarios.

Navegación: Debido a la precisión proporcionada, una de las grandes aplicaciones de los servicios de localización basados en GPS son los sistemas de navegación, permitiendo que los usuarios puedan conocer su posición exacta y planear rutas de navegación en base a sus necesidades. Es por eso que medios de transporte, embarcaderos marítimos y aviones de todo el mundo utilizan dispositivos GPS.

Sincronización del tiempo: Es necesario que en todo el mundo se mantenga una sincronización de relojes con la finalidad de mantener el mismo orden cronológico para mantener una hora exacta y con ello coordinar sin problema actividades realizadas a nivel mundial, como el vuelo de aviones, sincronización de programas de televisión, eventos mundiales como las Olimpiadas, etc.

Cartografía: Los servicios de localización basados en GPS tienen varias aplicaciones en la cartografía, como por ejemplo para el estudio y la elaboración de los mapas sin importar el sistema de proyecciones utilizado, además de que también permite el trazado de rutas para facilitar el arribo del usuario a su destino.

Actualmente debido al uso de mapas digitales se tiene una gran ventaja en la actualización de los mapas al obtener de forma precisa información de las calles y de los POI [Point of Interest - Puntos de Interés], que nos facilitaran realizar navegaciones en mapa, ya que permiten la consulta de hospitales, centros comerciales, parques, gasolineras, teatros, escuelas, etc.

Facilita el trazado de rutas del transporte público, pues recorriendo las calles y avenidas con un receptor GPS se puede determinar automáticamente un plano de red.



Fig.12 Representación Gráfica de los POI (Comedor, Bancos, Fabrica)
Imagen tomada con un dispositivo Nokia 6110 Navegador

Topografía: Al igual que en Cartografía, GPS tiene bastantes beneficios en la topografía, pues facilita el estudio de la representación gráfica de la superficie de la tierra con sus formas y detalles sin importar que sean naturales o artificiales, estos pueden ser por ejemplo montañas, valles, llanuras, mesetas etc. Para esta aplicación la información obtenida mediante GPS de la precisión de la ubicación y la altura resultan bastante determinantes.

Seguridad Pública: Varios sistemas de seguridad pública como estaciones de policías, bomberos, protección civil, unidades de rescate entre otros, gozan de los beneficios de los sistemas de GPS al permitirles eficientar el trazado de rutas para llegar más rápido a su destino.

Así mismo, también se pueden recibir beneficios en el mantenimiento vial, ya que permite ubicar los puntos o sectores que requieren mantenimiento, pudiendo asociar sus características y el tipo de servicios que requieren.

Rastreo de Objetos, Animales: Varias organizaciones que tratan con animales colocan o integran un dispositivo receptor GPS en los animales, de forma que en todo momento se pueda conocer su ubicación y con ello se pueda mantener un control sobre la población permitiendo encontrarlos en cualquier momento sin necesidad de tener que buscarlos físicamente; este tipo de servicios es constantemente utilizado por ejemplo en zoológicos.

En cuanto al rastreo de objetos, es constantemente empleado en los servicios de localización vehicular, lo cual proporciona una cierta garantía de seguridad a los usuarios, pues por ejemplo en caso de robo del vehículo es posible determinar la ubicación en la que se encuentra, así mismo en el caso de accidentes permite conocer inmediatamente la ubicación del vehículo.

Dentro de este tipo de aplicaciones también se encuentra el manejo de flotillas, donde muchas empresas a nivel mundial integran este tipo de dispositivos en su flota de vehículos a fin de determinar el flujo de transporte de su mercancía para asegurarse que lleguen de la forma más óptima y segura a su destino.

Agricultura: Permite a los agricultores aumentar su producción, debido a que los dispositivos GPS son instalados en sus tractores y en otros vehículos agrícolas que junto con otros sistemas permiten recoger información de las condiciones climáticas que son variables.

Actualmente existen varias aplicaciones en este campo como el posicionamiento y operación de los equipos automatizados en el campo para el incremento de producción.

Usos Militares: Los servicios militares ocupan la tecnología de AGPS para posicionamiento como se ha mencionado, sin embargo, también la emplean en el direccionamiento de proyectiles y bombas, la organización y coordinación de sus tropas, entre otros.

2.3 Otros métodos de localización

Como se ha comentado, GPS es un sistema basado en las constelaciones satelitales, sin embargo, por lo mismo tiene la deficiencia de que en zonas complicadas por encontrarse rodeadas de edificios altos o en coberturas cerradas resulta muy difícil obtener una localización, ya que en estos casos la señal satelital que alcanza a recibir el receptor que se encuentra en la terminal es bastante baja, por lo que dificulta al receptor el cálculo de la posición y a la vez esto provoca que el cálculo si es que se llega a procesar requiera de varios minutos.

AGPS

Un receptor de AGPS puede direccionar esos problemas de distintas maneras mediante la Asistencia de un Servidor. De este método se distinguen las siguientes características:

El servidor de asistencia tiene muy buena recepción de señal satelital, por lo que su potencia para realizar el cálculo es bastante buena y esto facilita a los dispositivos celulares realizar el procesamiento de la ubicación. El servidor recibe directamente la señal desde el satélite e informa al teléfono celular o a los servicios de emergencia la ubicación del dispositivo.

Para calcular la posición del satélite el servidor requiere de obtener constantemente la posición de la ubicación de los satélites que conforman la constelación. Esta información es enviada semanalmente, y la información precisa de ubicación de los satélites se envía al receptor cada 30 segundos.

El receptor almacena esta información de su memoria para proporcionarla en el momento en el que el usuario realice la petición.

DGPS

DGPS [Differential GPS - GPS Diferencial] es básicamente una forma en la que se busca eliminar los posibles errores de posicionamiento que se pueden deber a distintas causas en los sistemas satelitales, como por ejemplo a efectos atmosféricos, relojes de los satélites, orbitas imperfectas, entre otros.

Este tipo de variables es difícil de definir las en cada momento, por esta razón se busca definir un método en el cual se pueda corregir la imprecisión provocada por todo el conjunto de errores en tiempo real.

En el método de DGPS se introduce un receptor en una posición que sea conocida perfectamente, ya que de esta manera cuando un dispositivo móvil realiza la petición de localización mediante GPS, el procesamiento de los cálculos para la determinación de la ubicación es similar, con la diferencia de que además compara la respuesta con la ubicación conocida y con base a esta diferencia, se puede determinar la magnitud de error de la señal GPS.

Al receptor que conocemos con precisión su ubicación lo llamaremos receptor estacionario debido a que se mantiene estático (para no perder la precisión de su ubicación).

El receptor estacionario considera su posición y la velocidad para determinar el tiempo de llegada de la señal y con esta diferencia generar la diferencia de error.

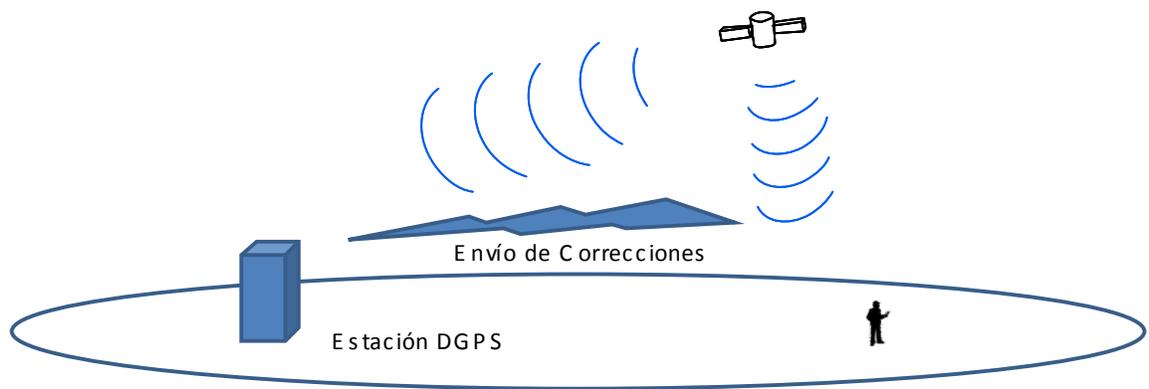


Fig. 13 Esquema general de la arquitectura de DGPS

De forma general, los componentes que integran la estructura DGPS es la siguiente:

Estación de Referencia DGPS:

La integran los siguientes elementos:

Receptor GPS, el cual es un dispositivo estacionario del que como se ha comentado se conoce su ubicación exacta.

Microprocesador, para realizar los cálculos de diferencia de tiempo que determinan el error de precisión de la ubicación y también realiza el procesamiento de la información para convertir la información procesada a un formato que sea capaz de entender el dispositivo móvil.

Transmisor, para establecer el enlace de comunicación con la terminal móvil del usuario, siendo este en un solo sentido, ya que el usuario no enviará datos o información.

Equipo del usuario:

Por otro lado como requisito único del usuario es que el dispositivo móvil cuente con un receptor GPS o se pueda conectar a él y sea capaz de mantener un enlace para recepción de información de la estación estacionaria.

Como se ha comentado, el cálculo de ubicación se realiza prácticamente en tiempo real, por lo que la magnitud de error obtenida únicamente aplicará para breves instantes de tiempo y es distinta para cada petición realizada.

La distancia mantenida entre los receptores es bastante pequeña en comparación a la distancia de cualquiera de ellos hacia los satélites, lo cual facilita el hecho de que el receptor estático considere los errores de posición del móvil y le comunique esta información al otro receptor.

Todos los receptores de referencia se mantienen constantemente comunicados con la finalidad de transmitir la información de cálculos de errores y de forma rápida puedan proporcionar la información correspondiente al receptor móvil una vez que sea realizada la petición.

Algunos trabajos no requieren correcciones en tiempo real, a lo cual se le llama GPS posprocesado. Los rangos de error satelital son básicamente de 2 a 3 metros típicamente, pero comúnmente existen errores cuando los usuarios se encuentran muy cercanos.

Si se considera información de localización de referencia, entonces la posición obtenida será mucho más precisa que en el caso en el que no se cuenta con dicha información, pudiendo variar la precisión de 3 metros a uno.