



SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Julio M. Pérez

Conocer la posición geográfica donde nos encontramos en un determinado instante ha sido, desde la antigüedad, una dificultad para la humanidad. Este problema pasó a ser crítico a partir del momento en que la navegación dejó de ser exclusivamente a vista de costa.

Tanto en el aspecto marítimo como en el aéreo, la solución fue el posicionamiento por medición de “la altura” de estrellas o el sol. Esta medición de “alturas” es simplemente la medición del ángulo entre la posición del cuerpo celeste y un plano horizontal tangente al punto terrestre donde nos encontramos. De esta manera, se determina un círculo contenido en el plano (del cual, al considerar un pequeño tramo, asimilamos a una recta) según el cuerpo celeste considerado. La determinación de otros círculos (“rectas de altura”) con respecto a otros cuerpos celestes permite, por intersección de los mismos, precisar el punto donde nos encontramos sobre la superficie terrestre. Como inevitablemente existen errores de medición, se toman las “alturas” a tres cuerpos celestes para definir un triángulo dentro del cual, muy probablemente nos encontramos (la probabilidad depende de la precisión de las medidas). La debilidad principal del sistema radica en que en condiciones de nubosidad que impiden una visión directa del cielo, el sistema no permite la medición de “alturas”.

Para que el sistema de medición de alturas fuese efectivo resultó imprescindible la creación de cronómetros, pues de esta forma, conociendo la posición en el instante de medición del cuerpo celeste, es posible establecer la “posición” de la recta de altura.

Vemos entonces que el posicionamiento en la superficie terrestre requería una medición

El Contraalmirante Julio Marcelo Pérez egresó de la Escuela Naval Militar en diciembre de 1952 como integrante de la Promoción 85. Fue becado para cursar estudios de Ingeniería Electromecánica, orientación Electrónica en la Universidad de Buenos Aires. Posteriormente realizó un curso de posgrado en la Scuola d'Ingegneria Aerospaziale de la Universidad de Roma (Italia) en Control y guiado de misiles. Prestó servicios en distintos destinos de la Armada. Durante el conflicto del Atlántico Sur desarrolló y operó un sistema misilístico EXOCET desde las Islas Malvinas, haciendo impacto en el HMS Glamorgan. Fue condecorado por la Armada Argentina, por el Congreso Nacional y por el Gobierno de Francia. Se retiró del servicio activo en 1992 siendo su último cargo el de Director General de Instrucción Naval. Fue profesor en universidades estatales y privadas argentinas nombrado por concurso. A partir de junio del 2000 hasta octubre del 2006 se desempeñó como Rector del Instituto Universitario Naval.

Sigue en la siguiente página.



Viene de la página anterior.

Es autor de más de treinta apuntes universitarios en temas de electrónica, y de los libros "Misiles", "Microprocesadores", "Técnicas Digitales", "Matemática Discreta y Algoritmos", "Introducción a la Teoría de las Probabilidades y Estadística", "Introducción moderna al Radar" e "Introducción a la teoría de las Telecomunicaciones".

La necesidad de buscar un sistema que sea independiente de las condiciones atmosféricas y que cubra toda la superficie terrestre llevó a desarrollar los modernos sistemas denominados de posicionamiento global.

precisa del tiempo. Como veremos, el problema es básicamente el mismo, es decir, una medición precisa del tiempo, y la diferencia respecto de la navegación astronómica es que ahora el "cronómetro" es muchísimo más preciso, está situado en el cuerpo celeste (satélite) y es controlado permanentemente por un centro de control.

Han existido y existen sistemas alternativos, pero que no cubren toda la superficie terrestre, tales como los radiogoniómetros, los radiofaros direccionales, las radiobalizas y el conocido como LORAN, que es básicamente un sistema radiogoniométrico de posicionamiento basado en estaciones costeras.

La necesidad de buscar un sistema que sea independiente de las condiciones atmosféricas y que cubra toda la superficie terrestre llevó a desarrollar los modernos sistemas denominados de posicionamiento global.

Actualmente existen en operación dos sistemas: uno controlado por los EE.UU. denominado GPS (Global Positioning System - Sistema de posicionamiento global) y otro controlado por la Federación Rusa, denominado GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema - Sistema de navegación global por satélite). Un tercer sistema denominado GALILEO, desarrollado por la Unión Europea, se encuentra en la fase final del proceso, y si bien se había previsto su entrada en funcionamiento para el año 2008, ha sufrido demoras y durante el corriente año se efectuó el primer lanzamiento de dos satélites de un total de 30 (tres de ellos estarán como "reserva" permanente para reemplazar al que falle). Se espera que entre en operación entre los años 2014 y 2020.

Conceptualmente, el principio de funcionamiento de los tres sistemas es el mismo. La diferencia fundamental es que, mientras los sistemas GPS y GLONASS operan con dos niveles de precisión, uno para uso universal y otro más preciso para uso de sus Fuerzas Armadas, el GALILEO operaría sólo con plena precisión, aunque está previsto un sistema de operación independiente para uso policial y aduanero. Por otra parte, tanto en el caso del GPS como en el GLONASS, el nivel de uso universal puede ser degradado en forma controlada si los EE.UU. o la Federación Rusa consideran que existen causas para ello. Según la información existente, esta no sería una condición posible para el sistema GALILEO ya que se trata de un sistema controlado por el grupo de países que integran la Unión Europea.

Estos sistemas operan en forma similar al caso del posicionamiento astronómico tan conocido tanto por marinos como por aviadores. La diferencia fundamental es que ahora, en lugar de estrellas o cuerpos celestes, se utilizan satélites que, además de tener constantemente su posición perfectamente determinada, emiten una señal que los identifica, lo que permite que un receptor adaptado a ellas, puede identificarlos en forma automática, determinar las distancias a cada uno y, mediante el "corte" de dichas distancias, determinar la posición de dicho receptor en tres dimensiones (latitud, longitud y altura).

Fundamento de los sistemas de posicionamiento global

Supongamos que en un determinado momento medimos por algún medio la distancia D a un objeto. A partir de dicha medición podemos asegurar que nos encontramos, respecto al objeto, ubicados en la superficie de una esfera de radio D centrada en el objeto mencionado. Si en el mismo instante medimos la distancia E a un segundo objeto, resulta evidente que nos encontramos simultáneamente en la superficie de la esfera anterior y en la superficie de una esfera centrada en el segundo objeto y de radio E (la intersección de ambas esferas resulta en un círculo). Como nuestras mediciones han sido simultáneas, necesariamente nos encontramos en algún punto del círculo mencionado.

Una tercera medición simultánea a un tercer objeto nos lleva a concluir que nos encontramos en un punto del espacio donde se cruzan las tres esferas, lo cual lleva a que queden

definidos dos puntos de corte de las circunferencias originadas en la superposición parcial de las esferas. De los dos puntos que quedan determinados, uno se descarta por dar una posición ilógica (por ejemplo, a varios kilómetros dentro de la Tierra o en el espacio, a mucha distancia de la Tierra). Mediante este simple proceso es posible determinar nuestra posición espacial respecto a los tres objetos, de los cuales es imprescindible tener el conocimiento de su posición espacial, la cual debe estar determinada con la máxima precisión.

El problema de la medición de distancia a los satélites

Teniendo perfectamente definida la posición de los satélites en el instante de medición, resta el problema de cómo medir la distancia desde ellos al punto donde nos encontramos. La solución hallada se basa en el conocimiento de la velocidad de propagación de las señales radioeléctricas la cual, como es bien conocido, es del orden de 300.000 km/s en el vacío (en la atmósfera es algo menor, dependiendo del estado de la misma en cuanto a humedad, electrones libres, polución, etcétera).

Electrónicamente, la medición del tiempo o de intervalos de tiempo es muy precisa (la mayoría de los receptores pueden medirlo con la precisión de un nanosegundo, es decir 10^{-9} segundo) por lo que una forma simple de medir la distancia implica que el satélite emita una señal en un instante dado y en nuestro receptor se mida el tiempo que tarda en llegar. Como la velocidad de propagación es sensiblemente constante y conocida, el intervalo de tiempo transcurrido desde el momento de emisión al momento de recepción multiplicado por dicha velocidad nos dará la distancia buscada.

Para que la medición señalada pueda efectuarse es necesario que nuestro receptor conozca exactamente el instante en que fue emitida. Para ello, los satélites poseen un reloj atómico (denominado así pues se basa en la frecuencia de oscilación de átomos, como por ejemplo de Cesio o de Rubidio) que dan una referencia de tiempo cuyas variaciones no superan el segundo en treinta mil años. Por supuesto, estos relojes son costosos (del orden de los cien mil dólares) y nuestro receptor debería poseer un reloj similar y perfectamente sincronizado con los relojes de los satélites para poder efectuar la medición con precisión. Obviamente ello no es posible y nos debemos contentar con relojes basados en la oscilación de un cristal de cuarzo cuya precisión está dentro del milisegundo. El problema es que, un error en el tiempo de un milisegundo corresponde a un error en distancia de $300.000 \text{ km/s} \cdot 10^{-3} \text{ s} = 300 \text{ km}$. Obviamente, en estas condiciones es absurdo pretender efectuar una medición precisa, y es necesario algún método que permita sincronizar perfectamente el reloj del satélite y el del receptor.

Para solucionar este problema cada satélite emite una señal perfectamente definida denominada "código pseudoaleatorio". La razón de esta denominación es que es un código digital cuyas características son muy similares a las de un código totalmente aleatorio, de manera tal que es muy poco probable que pueda confundirse un código con otro generado por otro satélite o por causas espurias. De esta manera, el receptor identifica inequívocamente al satélite.

El satélite emite una indicación del instante de emisión t_s y el código pseudoaleatorio que lo caracteriza. El receptor identifica al satélite por su código pseudoaleatorio, compara su indicación de tiempo t_R (la que indica su reloj interno) en el momento que recibe la señal. La diferencia entre t_s y t_R multiplicada por la velocidad de propagación da una medida de distancia que se denomina "pseudodistancia" en razón que el t_R generado por el receptor es muy poco preciso y consecuentemente la distancia calculada adolece de un error debido a la diferencia entre el tiempo que indica el reloj del receptor y el exacto que indica el reloj del satélite.

De esta manera se hace la medición a tres satélites. Como disponemos entonces de tres

Electrónicamente, la medición del tiempo o de intervalos de tiempo es muy precisa (la mayoría de los receptores pueden medirlo con la precisión de un nanosegundo, es decir 10^{-9} segundo) por lo que una forma simple de medir la distancia implica que el satélite emita una señal en un instante dado y en nuestro receptor se mida el tiempo que tarda en llegar.

ecuaciones, se puede determinar el punto de cruce, es decir, la posición del punto en tres ejes. Sin embargo, esta medición presenta el error sistemático generado por el relativamente poco preciso reloj del receptor. La solución es hacer la medición a un cuarto satélite, de tal manera de disponer de cuatro ecuaciones con las cuatro incógnitas: tres mediciones en los ejes que corresponden a latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar y otra que es el error sistemático del tiempo t_r (el mismo error para las cuatro mediciones). En el receptor se realiza un proceso de cálculo de manera que determina el error sistemático (la diferencia entre la indicación de tiempo del reloj del receptor y la hora correcta que indican los relojes de los satélites) y corrige el valor de t_r y ajusta los valores de las mediciones. Finalmente las tres mediciones de latitud, longitud y altura coinciden en un punto, eliminando así el error en t_r . Es por esto que la medición del receptor requiere, imprescindiblemente, de la información de cuatro satélites. Los mejores receptores tienen capacidad para tomar simultáneamente mediciones de ocho y hasta doce satélites con la consiguiente capacidad de cálculo, lo que asegura una muy buena precisión. Los receptores más sencillos (de un solo canal) toman un satélite por vez para efectuar el cálculo tomando los datos sucesivamente de cuatro. Por supuesto, en este último caso hay errores adicionales ya que durante las mediciones se ha producido un desplazamiento de los satélites y eventualmente de la posición original del receptor.

En aquellos casos que no se requiera la altura donde se encuentra el receptor, existen receptores que permiten operar con dos satélites en lugar de los tres indicados más, por supuesto, un satélite adicional para corregir el error sistemático. De esta manera se tienen mediciones que se actualizan más rápido.

En aquellos casos que no se requiera la altura donde se encuentra el receptor, existen receptores que permiten operar con dos satélites en lugar de los tres indicados más, por supuesto, un satélite adicional para corregir el error sistemático. De esta manera se tienen mediciones que se actualizan más rápido.

El porqué de una señal pseudoaleatoria

Existen dos problemas importantes. Primero, los satélites están ubicados a unos 20.000 km en la vertical a la superficie terrestre, y por lo tanto se requeriría una potencia de emisión suficientemente importante para que el receptor reciba la señal sin que ella sea enmascarada por el ruido. Segundo, es imprescindible reconocer cuál es el satélite con el que está operando el receptor a fin de leer en la tabla de efemérides de todos los satélites que posee, los datos de posición del satélite en cuestión.

El segundo problema podría resolverse sin necesidad de un código pseudoaleatorio. Bastaría un código suficientemente largo para lograr el objetivo y que exista una muy baja probabilidad de que algún sistema extraño genere eventualmente el mismo código o que cada satélite emita con una frecuencia de portadora distinta y perfectamente identificada.

En cambio, para el primer problema la solución implica el empleo de la denominada transmisión por espectro distribuido, la que permite que se pueda extraer una señal aún cuando el nivel de ruido supere al de ésta (ver artículo "Comunicaciones silenciosas", BCN N° 818) y para ello es imprescindible el empleo de códigos pseudoaleatorios. Por otra parte, al utilizar este tipo de transmisión, todos los satélites pueden emitir en la misma frecuencia de portadora, lo que significa que el receptor sólo requiere una única sintonía fija (receptores más simples).

Para identificar al satélite, el receptor genera los códigos pseudoaleatorios de todos los satélites y efectúa un proceso denominado "de correlación" similar al utilizado en comunicaciones por espectro distribuido (ver el BCN precitado) para "engancharse" en el satélite correcto. Por otra parte, el receptor posee la efeméride de todos los satélites (las coordenadas correspondientes en cada instante de cada uno de ellos, las cuales, por otra parte, se actualizan permanentemente en todos los satélites por una estación terrena dedicada a esta tarea). El código pseudoaleatorio modula a una señal digital propia de cada satélite en la que se indican datos propios tales como estado del mismo, correcciones a la efeméride de los satélites, variación orbital, etcétera.

Resumiendo, el receptor demodula la información que moduló la secuencia pseudoaleatoria extrayendo los datos adicionales que envía el satélite y actualiza su tabla de efemérides, descarta o no al satélite elegido según su estado, etcétera; corrige su reloj llevando su hora a la misma precisión que la de los relojes atómicos y, a través de su sistema de cálculo, determina las coordenadas del punto donde se encuentra y adicionalmente, calcula la velocidad con que se desplaza dicho receptor.

Errores en las mediciones

Resulta inevitable que se produzcan errores en las mediciones. Las causas de estos errores pueden clasificarse según el siguiente origen:

Errores en los parámetros orbitales: Si bien desde Tierra se hacen permanentes mediciones de la posición orbital de todos los satélites, existen pequeños errores aleatorios en la determinación de dicha posición.

Errores de tiempo satelital: Si bien los relojes que poseen los satélites son muy precisos pueden presentar, eventualmente, pequeñas variaciones, lo que origina un error en la determinación de las distancias.

Errores de distribución geométrica: Estos errores, totalmente aleatorios, son originados por la posición relativa de los satélites considerados para el cálculo. Esto depende de la configuración geométrica de los satélites utilizados en la medición y es mayor cuando éstos se encuentran relativamente próximos entre sí o alineados respecto al receptor. Este error resulta despreciable en los receptores que analizan los datos de ocho o doce satélites simultáneamente.

Errores por caminos múltiples: Estos errores son causados por el “rebote” de la señal emitida en edificios, construcciones, árboles, etcétera, lo que origina caminos múltiples de recepción.

Errores propios del receptor: Según las características del receptor, el número simultáneo de satélites que puede leer, las características de antena, etcétera, se pueden originar errores adicionales en la posición que determina. Una forma de tener una referencia sobre la calidad del receptor es determinar la posición durante un minuto manteniéndose fijo en un lugar. Si los valores medidos varían es un indicio que el receptor es de baja calidad.

Errores debidos a la propagación de la señal: Como se ha visto, la velocidad de propagación de la señal es un dato crítico para el cálculo del receptor. Dado que las emisiones de los satélites deben atravesar las capas atmosféricas, se producen interacciones con las partículas cargadas en la ionosfera o con átomos y moléculas neutros en la troposfera, lo que origina un retardo y una curvatura de la línea de transmisión que alarga la distancia respecto a la línea recta de unión entre el satélite y el receptor. Normalmente, los buenos receptores poseen un algoritmo que, mediante un modelo empírico y utilizando información que envía el propio satélite, efectúa una corrección que puede llegar a reducir a la mitad el efecto de error.

Errores establecidos ex profeso: Esto se conoce como “disponibilidad selectiva” y era un error introducido en la indicación de tiempo de los satélites a fin de degradar la precisión de las mediciones llevando a una precisión en el plano horizontal del orden de los 100 metros. En el caso del GPS, el 2 de mayo del 2000 el gobierno de los EE.UU. eliminó la introducción de este error, aunque se reservó la potestad de reimplantarlo si razones de seguridad lo hicieran necesario.

Error en vertical: El error en la determinación de la posición del receptor en altura se debe a que la distancia del punto calculado a la verdadera altura terrestre se obtiene considerando

El receptor demodula la información, extrae los datos adicionales que envía el satélite y actualiza su tabla de efemérides, descarta o no al satélite elegido, corrige su reloj llevando su hora a la misma precisión que la de los relojes atómicos y determina las coordenadas del punto donde se encuentra y adicionalmente, calcula la velocidad con que se desplaza dicho receptor.

una expresión matemática de la forma de la Tierra (el GPS utiliza el elipsoide del World Geodetic System, mientras que el GLONASS utiliza el Datum Geodesia Parametri Zemli, pero el cálculo para el pasaje de uno a otro es simple y se lo emplea en aquellos receptores que permiten operar con ambos sistemas), es por esta razón que la precisión en la medición de la altura es inferior a la del plano, oscilando este error entre dos y cinco veces al error de las otras dos mediciones.

Resumiendo, el conjunto de errores llevan a valores que, con una probabilidad del 67%, se encuentran entre 10 y 20 metros en el plano horizontal, y 20 y 50 metros en vertical (sin introducción de la disponibilidad selectiva).

Mejorando la precisión

Si bien en la mayoría de las aplicaciones la precisión de la medición es suficiente, en muchos otros casos es totalmente inadecuada, como por ejemplo, el caso de un avión en la fase de aproximación al aterrizaje, mediciones topográficas, etcétera.

Para esos casos, el sistema GPS prevé el empleo del denominado DGPS (Differential Ground Position System).

Para ello se coloca en una posición perfectamente conocida (posición terrestre exacta) un receptor fijo GPS denominado "estación base". El mismo toma los datos satelitales en forma normal y compara la medición calculada con su verdadera posición. En base a ello genera una señal de corrección que emite y la cual tiene validez dentro de un alcance limitado ya que las condiciones de recepción (errores) a distancias relativamente grandes de la estación base son distintas (tiene un alcance entre 100 y 200 km). El usuario que utiliza esta información posee su receptor GPS y un receptor (o un receptor GPS con la posibilidad de recibir dicha información) de la señal que envía el receptor de corrección. Utilizando la corrección recibida ajusta el resultado de su información reduciendo sensiblemente el error de posición a valores menores a un metro.

Cuando la precisión requerida es aún mayor, como por ejemplo el caso del avión cuando está aterrizando, se debe recurrir a lo que se denomina GPS con diferencial de fase de portadora (*Carrier-phase differential GPS* o CDGPS).

La forma de operar es la siguiente: la longitud de onda de la portadora que emiten los satélites es del orden de los 20 cm. Mediante una cuidadosa medición del corrimiento de fase en el receptor se puede obtener una precisión mejor del 10% (hasta un 1%), lo que equivale a una precisión del orden de un centímetro. El problema que técnicamente se debe resolver es poder determinar con exactitud el número de ciclos enteros de portadora ya que el corrimiento de fase que se produce es de varios ciclos más una fracción de un ciclo. La forma de implementación requiere uno o más receptores fijos, denominados "pseudosatélite" (pseudolite) que miden la fase de la portadora y actualizan esta información en receptores GPS preparados a tal efecto. La precisión obtenible se encuentra dentro del centímetro y el alcance de los pseudolites es del orden de los 20 km (ya que a distancias mayores el número de ciclos de la portadora o la fracción cambian), suficientes para el caso de un avión en la etapa de aterrizaje.

Características generales del GPS y el GLONASS

GPS

Utiliza 24 satélites que orbitan a 20.200 km en trayectorias sincronizadas en seis planos orbitales con cuatro satélites por órbita (no menos de 12 satélites visibles en todo instante). El período de rotación es de 11 horas y 58 minutos.

Si bien en la mayoría de las aplicaciones la precisión de la medición es suficiente, en muchos otros casos es totalmente inadecuada, como por ejemplo, el caso de un avión en la fase de aproximación al aterrizaje, mediciones topográficas, etcétera.

Emiten en dos frecuencias de portadora. Una denominada L1 en 1.575,42 MHz, que utiliza códigos pseudoaleatorios públicos (C/A), y otra, denominada L2 en 1.227,6 MHz con códigos cifrados (P) para uso exclusivo de las FF. AA. y de Seguridad de los EE.UU. La precisión de la hora es mejor que un nanosegundo.

Los datos satelitales se actualizan cada 12 a 20 minutos. Estos datos corresponden al sistema básico, pero se continúan los desarrollos, lo que hace prever que a lo largo del tiempo se tendrán prestaciones superiores a las señaladas.

Las precisiones en la determinación de φ y Ω a un sigma (68% de los casos) son de 20 metros en el caso del código C/A y de 5 a 10 metros en el caso del código P (también en la señal L1 se agrega el código P).

GLONASS

Originalmente utilizaba 24 satélites que actualmente se han reducido a 21. Orbitan en tres planos orbitales con ocho satélites por plano (siete activos y uno en reserva). Los mismos orbitan a 19.100 km con un período de revolución de 11 horas 15 minutos.

Cada satélite emite en dos frecuencias de portadora, una en 1.598,1 a 1.604,1 MHz (ya que cada satélite emite en una frecuencia distinta de portadora) que corresponde la designación de L1 y es de uso civil, y otra de 1.242,9 a 1.247,5 MHz codificado y cifrado correspondiente a la designación P para uso de las FF. AA. y de Seguridad de la Federación Rusa. Las precisiones son similares a la del caso GPS.

Los datos satelitales se actualizan dos veces al día, lo que asegura una precisión horaria de 15 nanosegundos. Cada satélite posee un reflector láser para permitir el seguimiento preciso del mismo por parte de la estación de control.

Como en el caso del GPS, continúan los desarrollos para mejorar las prestaciones del sistema estando en desarrollo también un sistema diferencial para mejorar la precisión.

GALILEO

Utilizará 30 satélites a 23.616 km de altura distribuidos en tres planos orbitales (10 satélites por órbita con uno en reserva) con un período de rotación de 14 horas. Está previsto que el sistema sea interoperable con los sistemas GPS y GLONASS. A fin de reducir al máximo los errores de los sistemas existentes, operará con 10 frecuencias de portadora:

- 4 frecuencias en el rango de 1.164 a 1.215 MHz denominadas E5A a E5B.
- 3 frecuencias en el rango de 1.260 a 1.300 MHz denominadas E6.
- 3 frecuencias en el rango de 1.559 a 1.591 MHz denominadas L1.

Tendrá dos estaciones o centros de control ubicados en Europa y una red de comunicaciones específicas de cobertura mundial. Los servicios regionales “elevarán” a los satélites los datos de integridad regionales provistos por el sistema a fin de garantizar las prestaciones según las condiciones particulares de la zona. Ofrecerá cinco servicios:

1. Servicio abierto (*Open Service - OS*)

Estará dirigido al público en general y será de uso gratuito, previéndose que tendrá una precisión del orden de unos pocos metros. Las frecuencias serán E5A, E5B, L1.

2. Servicio para aplicaciones críticas (*Safety-of-Life - SoL*)

Estará dirigido a aplicaciones de transporte donde pueden existir condiciones críticas

Utilizará 30 satélites a 23.616 km de altura distribuidos en tres planos orbitales (10 satélites por órbita con uno en reserva) con un período de rotación de 14 horas. Está previsto que el sistema sea interoperable con los sistemas GPS y GLONASS.

para la seguridad de la vida humana. El servicio estará asegurado en forma permanente y requerirá del uso de receptores certificados de doble frecuencia. Las frecuencias de empleo serán E5A, E5B, L1.

3. Servicio Comercial (*Commercial Service - CS*)

Este servicio estará dirigido a aplicaciones generales que requieran prestaciones superiores a las del Servicio abierto. Será un servicio pago. Agrega dos señales cifradas a las de Servicio abierto. Se prevé que brindará información precisa del tiempo, utilización en difusión de datos, señales de corrección local diferencial y otros servicios brindados por terceros. Utilizará la frecuencia E6.

4. Servicio público regulado (*Public Regulated Service - PRS*)

Estará en uso exclusivamente para aplicaciones gubernamentales tales como policía y aduana. Será cifrado y estará disponible en toda circunstancia mediante una señal protegida contra intentos de interferencia. Utilizará las frecuencias E6 y L1.

5. Servicio de búsqueda y salvamento (*Search and Rescue Service - SAR*)

Está dirigido a introducir importantes mejoras al sistema actual de Búsqueda y Salvamento (SAR), entre ellas se pueden citar:

- Recepción prácticamente en tiempo real de mensajes de socorro (el tiempo medio actual es de una hora).
- Ubicación de la alerta dentro de unos pocos metros (actualmente es del orden de los 5 km).
- Detección realizada mediante varios satélites a fin de evitar problemas de visibilidad.

Este servicio se está definiendo junto con los responsables del sistema COSPAS-SARSAT y sus características se regulan bajo el control de la Organización Marítima Internacional (OMI) y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). ■