

Recomendación UIT-R M.1787-5

(07/2024)

Serie M: Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios

Descripción de sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra y espacio-espacio) y características técnicas de estaciones espaciales transmisoras que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz

Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2024

© UIT 2024

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1787-5

Descripción de sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra y espacio-espacio) y características técnicas de estaciones espaciales transmisoras que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz

(Cuestiones UIT-R 217-2/4 y UIT-R 288/4)

(2009-2012-2014-2018-2022-2024)

Cometido

En esta Recomendación aparece información sobre parámetros orbitales, señales de navegación y características técnicas de sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite (SRNS) (espacio-Tierra y espacio-espacio) que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz. La idea es que dicha información se utilice a la hora de evaluar los efectos de la interferencia entre sistemas y redes del SRNS, así como con otros servicios y sistemas.

Palabras clave

Características técnicas, parámetros orbitales, señales de navegación, SRNS

Abreviaturas/Glosario

ABAS	Sistema de aumento basado en aeronave (<i>aircraft-based augmentation system</i>)
ECEF	Fijo con origen en el centro de la Tierra (<i>earth-centred, earth fixed</i>)
GBAS	Sistema de aumento basado en tierra (<i>ground-based augmentation system</i>)
GMS	Estación de comprobación técnica en tierra (<i>ground monitoring station</i>)
GTRF	Marco de referencia terrestre de Galileo (<i>Galileo terrestrial reference frame</i>)
GUS	Estación en tierra de enlace ascendente (<i>ground uplink station</i>)
HA	Gran exactitud (<i>high accuracy</i>)
ITRS	Marco de referencia internacional terrestre (<i>international terrestrial reference frame</i>)
MCS	Estación de control principal (<i>master control station</i>)
MRS	Estación de comprobación técnica y determinación de distancia (<i>monitor and ranging station</i>)
NCS	Subsistema de comunicación de red (<i>network communication subsystem</i>)
OS	Servicio abierto (<i>open service</i>)
PNT	Posicionamiento, navegación y temporización (<i>positioning, navigation and timing</i>)
PRN	Ruido pseudoaleatorio (<i>pseudo-random noise</i>)
PRS	Servicio público regulado (<i>public regulated service</i>)
PSD	Densidad espectral de potencia (<i>power spectral density</i>)
SA	Exactitud normal (<i>standard accuracy</i>)
SBAS	Sistema de aumento basado en satélite (<i>satellite-based augmentation system</i>)
SiS	Señal en el espacio (<i>signal-in-space</i>)
SPS	Servicio de posicionamiento estándar (<i>standard positioning service</i>)
WAAS	Sistema de aumento de área extensa (<i>wide area augmentation system</i>)

Recomendaciones e Informes UIT-R afines

Recomendación UIT-R M.1318 – Modelo de evaluación de interferencias continuas causadas por otras fuentes radioeléctricas distintas a las del servicio de radionavegación por satélite a los sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz y 5 010-5 030 MHz

Recomendación UIT-R M.1831 – Metodología de coordinación para estimar la interferencia entre sistemas del SRNS

Recomendación UIT-R M.1901 – Directrices sobre Recomendaciones del UIT-R relativas a sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite que funcionan en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz, 5 000-5 010 MHz y 5 010-5 030 MHz

Recomendación UIT-R M.1902 – Características y criterios de protección para las estaciones terrenas receptoras del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra) en la banda 1 215-1 300 MHz

Recomendación UIT-R M.1903 – Características y criterios de protección de las estaciones terrenas receptoras del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra) y receptores del servicio de radionavegación aeronáutica que funcionan en la banda 1 559-1 610 MHz

Recomendación UIT-R M.1904 – Características, requisitos de calidad de funcionamiento y criterios de protección para las estaciones receptoras del servicio de radionavegación por satélite (espacio-espacio) en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz

Recomendación UIT-R M.1905 – Características y criterios de protección para las estaciones terrenas receptoras del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra) en la banda 1 164-1 215 MHz

Recomendación UIT-R M.2030 – Método de evaluación para la interferencia impulsiva causada por fuentes radioeléctricas pertinentes distintas de las del servicio de radionavegación por satélite a sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz

Informe UIT-R M.766-2 – Feasibility of frequency sharing between the GPS and other services

Informe UIT-R M.2458 – Aplicaciones del servicio de radionavegación por satélite en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite (SRNS) proporcionan en todo el mundo información exacta para numerosas aplicaciones de determinación de la posición, navegación y temporización, incluidos los aspectos de seguridad para algunas bandas de frecuencias y bajo ciertas circunstancias y aplicaciones;
- b) que existen varios sistemas y redes en funcionamiento y planificados en el SRNS;
- c) que toda estación terrena equipada adecuadamente puede recibir información de navegación procedente de sistemas y redes del SRNS en todo el mundo,

reconociendo

- a) que las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz están atribuidas a título primario al SRNS (espacio-Tierra, espacio-espacio);
- b) que las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz también están atribuidas a título primario a otros servicios;
- c) que el uso de la banda 1 215-1 300 MHz en el SNRS está sujeta al número **5.329** del Reglamento de Radiocomunicaciones;

- d) que, de conformidad con el número **5.328B** del RR, la utilización de las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz y 5 010-5 030 MHz por los sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite sobre los cuales la Oficina de Radiocomunicaciones haya recibido la información de coordinación o notificación completa, según el caso, después del 1 de enero de 2005 está sujeta a las disposiciones de los números **9.12**, **9.12A** y **9.13** del RR;
- e) que, de conformidad con el número **9.7** del RR, las estaciones de redes de satélites del SRNS que utilizan la órbita de los satélites geoestacionarios están sujetas a coordinación con otras redes de satélites;
- f) que las Recomendaciones UIT-R M.1905, UIT-R M.1902, UIT-R M.1903 y UIT-R M.1904 especifican las características técnicas y operativas de las estaciones receptores del SRNS (espacio-Tierra y Tierra-espacio) y los criterios de protección, que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz;
- g) que la Recomendación UIT-R M.1318 estipula un modelo de evaluación para la interferencia continua causada por fuentes radioeléctricas distintas del SRNS a sistemas y redes del SRNS que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz y 5 010-5 030 MHz;
- h) que la Recomendación UIT-R M.2030 describe un método de evaluación de la interferencia por impulsos causada por fuentes radioeléctricas distintas del SRNS a sistemas y redes del SRNS que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz;
- i) que la Recomendación UIT-R M.1901 proporciona orientación sobre esta y otras Recomendaciones UIT-R relativas a sistemas y redes del SRNS en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz, 5 000-5 010 MHz y 5 010-5 030 MHz;
- j) que el Informe UIT-R M.766 contiene información pertinente para el funcionamiento del SRNS en la banda 1 215-1 300 MHz;
- k) que la Recomendación UIT-R M.1831 describe una metodología para el cálculo de la interferencia entre sistemas que se ha de utilizar para la coordinación entre sistemas y redes del SRNS;
- l) que en el Informe UIT-R M.2458 se facilita información adicional sobre las aplicaciones presente y planificadas del SRNS en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, y 1 559-1 610 MHz, incluidas aplicaciones adicionales del SRNS no incluidas en las Recomendaciones de la serie M,

recomienda

1 que en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz, se considere la posibilidad de utilizar las características de las estaciones espaciales transmisoras y las descripciones del sistema que aparecen en los Anexos 1 a 14:

1.1 para determinar la metodología y criterios utilizados en la coordinación mutua de sistemas y redes del SRNS;

1.2 para evaluar los efectos de la interferencia entre sistemas y redes del SRNS (espacio-Tierra y espacio-espacio) y sistemas en otros servicios, teniendo en cuenta la categoría del SRNS con respecto a estos otros servicios;

2 que la siguiente Nota se considere parte de la presente Recomendación.

NOTA – En los Anexos a esta Recomendación, el término «gama de frecuencias de la señal» se refiere a la gama de frecuencias de la señal del SRNS de interés (para sistemas AMDC: frecuencia portadora \pm la mitad de la anchura de banda de la señal (a menos que se indique otra cosa); para sistemas AMDF: frecuencia de base + (número de canal * separación de canales) \pm la mitad de la anchura de banda de la señal). También debe señalarse la gama de número de canales para los sistemas AMDF. La gama de frecuencias de la señal se expresa en MHz.

ÍNDICE

Página

Anexo 1 – Descripción técnica del sistema y características de las estaciones espaciales transmisoras del sistema mundial de navegación por satélite GLONASS.....	10
1 Introducción.....	10
1.1 Requisitos de frecuencia.....	10
2 Características generales del sistema.....	12
3 Descripción del sistema.....	12
3.1 Segmento espacial.....	12
3.2 Segmento de control.....	12
3.3 Segmento de usuario.....	12
4 Estructura de la señal de navegación.....	12
4.1 Señales con acceso múltiple por división de frecuencia.....	12
4.2 Señales con acceso múltiple por división de código.....	13
5 Potencia y espectros de la señal.....	13
5.1 Señales con acceso múltiples por división de frecuencia.....	13
5.2 Señales con acceso múltiple por división de código.....	14
Anexo 2 – Descripción técnica y características del Sistema Mundial de Determinación de la Posición Navstar (GPS).....	15
1 Introducción.....	15
1.1 Requisitos de frecuencia del GPS.....	15
2 Características generales del sistema.....	16
3 Segmentos del sistema.....	16
3.1 Segmento espacial.....	16
3.2 Segmento de control.....	16
3.3 Segmento de usuario.....	17
4 Estructura de la señal GPS.....	17
5 Potencia y espectros de la señal.....	18
6 Parámetros de transmisión GPS.....	18
6.1 Parámetros de la transmisión GPS L1.....	18
6.2 Parámetros de transmisión GPS L2.....	19

Página

6.3	Parámetros de transmisión GPS L5	20
Anexo 3 – Descripción técnica y características del sistema Galileo		21
1	Introducción.....	21
1.1	Requisitos de frecuencia	22
2	Características generales del sistema.....	22
2.1	Aplicaciones del sistema Galileo	23
3	Segmentos del sistema.....	24
3.1	Segmento espacial	24
3.2	Segmento de tierra	24
3.3	Segmento de usuario.....	24
4	Estructura de la señal del Galileo	24
4.1	Señal Galileo E1	24
4.2	Señal Galileo E6	26
4.3	Señal Galileo E5	26
Anexo 4 – Descripción técnica y características de los sistemas de satélite cuasi cenitales (QZSS).....		28
1	Introducción.....	28
1.1	Requisitos de frecuencia	28
2	Características generales del sistema.....	28
3	Segmentos del sistema.....	28
3.1	Segmento espacial	29
3.2	Segmento de control	29
3.3	Segmento de usuario.....	29
4	Estructura de la señal QZSS	30
5	Potencia y espectros de la señal.....	30
6	Frecuencia de funcionamiento.....	31
7	Funciones de telemetría	31
8	Parámetros de transmisión del QZSS	31
8.1	Parámetros de transmisión QZSS L1	31

	<i>Página</i>
8.2 Parámetros de transmisión QZSS L2.....	32
8.3 Parámetros de transmisión QZSS L5.....	33
Anexo 5 – Descripción técnica y características del sistema de aumento basado en el satélite Michibiki (MSAS).....	34
1 Introducción.....	34
1.1 Requisitos de frecuencia.....	35
2 Características generales del sistema.....	35
3 Segmentos del sistema.....	35
3.1 Segmento espacial	35
3.2 Segmentos en tierra.....	35
3.3 Segmento de usuario.....	35
4 Estructura de la señal MSAS	35
5 Potencia y espectros de la señal.....	36
6 Frecuencia de funcionamiento.....	36
Anexo 6 – Descripción técnica y características de las redes LM-RPS.....	36
1 Introducción.....	36
2 Características generales del sistema.....	37
3 Configuración del sistema	37
3.1 Segmento espacial	37
3.2 Segmento en tierra	37
4 Señal LM-RPS.....	38
5 Frecuencias de funcionamiento LM-RPS.....	39
6 Espectro para las señales de telemando y teledida	39
7 Parámetros de transmisión LM-RPS	39
7.1 Parámetros de transmisión LM-RPS L1	39
7.2 Parámetros de transmisión LM-RPS L5	40
Anexo 7 – Descripción técnica del sistema y características de las estaciones espaciales de transmisores del sistema COMPASS	41
1 Introducción.....	41

Página

1.1	Requisitos de frecuencia	41
2	Características generales del sistema.....	42
3	Segmento del sistema	42
3.1	Segmento espacial	42
3.2	Segmento de control	42
3.3	Segmento de usuario.....	43
4	Estructura de la señal COMPASS	43
4.1	Transmisiones de B1 COMPASS en la banda de frecuencias 1 559-1 610 MHz.....	43
4.2	Transmisiones B2 de COMPASS en la banda de frecuencias 1 164-1 215 MHz.....	44
4.3	Transmisiones B3 de COMPASS en la banda de frecuencias 1 215-1 300 MHz.....	45
Anexo 8 – Descripción técnica y características de las redes de navegación Inmarsat		46
1	Introducción.....	46
1.1	Características generales del sistema.....	47
2	Configuración del sistema	47
2.1	Segmento espacial	47
2.2	Segmento en tierra	48
3	Señales SBAS.....	48
4	Espectro de telemando y telemedida	49
Anexo 9 – Descripción técnica y características de la red NIGCOMSAT SBAS		49
1	Introducción.....	49
2	Planes de frecuencia y polarización.....	49
3	Segmento de usuario.....	49
4	Segmento en tierra.....	50
5	Servicio de navegación.....	50
6	Señal de navegación	50
6.1	Señal L1	50
6.2	Señal L5.....	50

Anexo 10 – Descripción técnica del sistema de navegación por satélite regional indio (IRNSS) y del sistema SBAS indio, GAGAN (GPS-Aided Geo-Augmented Navigation).....	51
1 Introducción.....	51
1.1 Requisitos de frecuencia de IRNSS y GAGAN	51
2 Características generales del sistema.....	51
2.1 Aplicaciones de los sistemas IRNSS y GAGAN.....	52
3 Segmentos del sistema.....	52
3.1 Segmento espacial	52
3.2 Segmento en tierra	52
3.3 Segmento de usuario.....	53
4 Estructura de las señales IRNSS y GAGAN	53
4.1 Estructura de la señal IRNSS.....	53
4.2 Transmisiones GAGAN.....	55
Anexo 11 – Descripción técnica y características del sistema de aumento por satélite de Corea (KASS).....	56
1 Introducción.....	56
1.1 Plan de frecuencias y polarización	56
2 Características generales del sistema.....	56
3 Segmentos del sistema.....	56
3.1 Segmento espacial	57
3.2 Segmento en tierra	57
3.3 Segmento de usuario.....	57
4 Estructura de la señal KASS.....	57
5 Potencia y espectros de la señal.....	58
Anexo 12 – Descripción técnica y características de un sistema de supervisión y corrección diferencial (SDCM).....	58
1 Introducción.....	58
2 Características generales del sistema.....	58
3 Configuración del sistema	59

Página

3.1	Segmento espacial	59
3.2	Segmento en tierra	59
4	Señal SDCM	59
4.1	Frecuencia portadora SDCM	59
4.2	Parámetros básicos de la señal SDCM	60
Anexo 13 – Descripción y características técnicas de la red SES SBAS		60
1	Introducción.....	60
2	Características generales del sistema.....	61
3	Configuración del sistema	62
3.1	Segmento espacial	62
3.2	Segmento en tierra	62
4	Estructura de la señal de carga útil WAAS y EGNOS	62
5	Frecuencias de funcionamiento de las cargas útiles SES SBAS	62
6	Espectro de telemando y telemetría.....	63
7	Parámetros de transmisión.....	63
7.1	Parámetros de transmisión de la señal L1.....	63
7.2	Parámetros de transmisión de la señal L5.....	64
Anexo 14 – Descripción y características técnicas de la red Eutelsat SBAS		65
1	Introducción.....	65
2	Configuración del sistema	65
2.1	Segmento espacial	66
2.2	Segmento en tierra	66
2.3	Segmento de usuario.....	66
3	Características de transmisión	66

Anexo 1

Descripción técnica del sistema y características de las estaciones espaciales transmisoras del sistema mundial de navegación por satélite GLONASS

1 Introducción

El sistema GLONASS consta de 24 satélites equiespaciados situados en tres planos orbitales con ocho satélites en cada plano. El ángulo de inclinación de la órbita es 64,8 grados. Cada satélite transmite señales de navegación en tres bandas de frecuencias: L1 (1,6 GHz), L2 (1,2 GHz) y L3 (1,1 GHz). Los satélites transmiten dos tipos de señales: con acceso múltiple por división de frecuencia y con acceso múltiple por división de código. Las señales con acceso múltiple por división de frecuencia se diferencian por la frecuencia portadora; la misma frecuencia portadora puede ser utilizada por satélites antipodales ubicados en el mismo plano. Las señales de navegación se modulan con un tren de bits continuo (que contiene información sobre las efemérides del satélite y la hora) y también un código pseudoaleatorio para realizar mediciones de pseudodistancia. Las señales con acceso múltiple por división de código tienen la misma frecuencia portadora y se diferencian por el código. Estas señales se modulan con una secuencia binaria estructurada que contiene datos codificados sobre las efemérides y la hora. Un usuario que recibe señales de cuatro o más satélites puede terminar las tres coordenadas del emplazamiento y los tres vectores de velocidad componentes con una gran precisión. Las determinaciones de navegación son posibles cuando el usuario se encuentra en la superficie de la Tierra o cerca de ella.

1.1 Requisitos de frecuencia

Los requisitos de frecuencia para el sistema GLONASS se basaron en la transparencia de la ionosfera, el balance del enlace radioeléctrico, la sencillez de las antenas de usuario, la supresión del multitrayecto, el coste de los equipos y las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR).

1.1.1 Señales con acceso múltiple por división de frecuencia

Las frecuencias portadoras de las señales de navegación con acceso múltiple por división de frecuencia varían un múltiplo entero de 0,5625 MHz en la banda L1, de 0,4375 MHz en la banda L2 y de 0,423 MHz en la banda L3.

Desde el 2006 nuevos satélites del sistema GLONASS utilizan de 14 a 20 frecuencias portadoras en distintas bandas. En la banda L1 se emplean frecuencias portadoras de 1 598,0625 MHz (la más baja) a 1 605,3750 MHz (la más alta), en la banda L2 frecuencias portadoras de 1 242,9375 MHz (la más baja) a 1 248,6250 MHz (la más alta) y en la banda L3 frecuencias portadoras de 1 201,7430 MHz (la más baja) a 1 209,7800 MHz (la más alta). En el Cuadro 1 aparecen los valores nominales de las frecuencias portadoras de las señales de navegación utilizadas en el sistema GLONASS.

CUADRO 1

**Valores nominales de las frecuencias portadoras de las señales
de radionavegación del sistema GLONASS**

K (número de frecuencia portadora)	F_K^{L1} (MHz)	F_K^{L2} (MHz)	F_K^{L3} (MHz)
12	–	–	1 209,7800
11	–	–	1 209,3570
10	–	–	1 208,9340
09	–	–	1 208,5110
08	–	–	1 208,0880
07	–	–	1 207,6650
06	1 605,3750	1 248,6250	1 207,2420
05	1 604,8125	1 248,1875	1 206,8190
04	1 604,2500	1 247,7500	1 206,3960
03	1 603,6875	1 247,3125	1 205,9730
02	1 603,1250	1 246,8750	1 205,5500
01	1 602,5625	1 246,4375	1 205,1270
00	1 602,0000	1 246,0000	1 204,7040
–01	1 601,4375	1 245,5625	1 204,2810
–02	1 600,8750	1 245,1250	1 203,8580
–03	1 600,3125	1 244,6875	1 203,4350
–04	1 599,7500	1 244,2500	1 203,0120
–05	1 599,1875	1 243,8125	1 202,5890
–06	1 598,6250	1 243,3750	1 202,1660
–07	1 598,0625	1 242,9375	1 201,7430

En cada frecuencia portadora se transmiten dos señales de navegación con modulación por desplazamiento de fase (180 grados de fase) desplazadas 90 grados (en cuadratura). Se trata de una señal de precisión normalizada (SA) y una señal de alta precisión (HA).

1.1.2 Señales con acceso múltiple por división de código

Las frecuencias portadoras de las señales de navegación GLONASS con acceso múltiple por división de código son 1 600,995 MHz, 1 248,06 MHz y 1 202,025 MHz en las bandas L1, L2 y L3, respectivamente.

La señal con acceso múltiple por división de código en la banda L1 tiene cuatro componentes, formados por las modulaciones MDP-2(1), BOC (1,1) y BOC (5,2,5).

La señal con acceso múltiple por división de código en la banda L2 tiene cuatro componentes, formados por las modulaciones MDP-2(1), BOC (1,1) y BOC (5,2,5).

La señal con acceso múltiple por división de código en la banda L3 tiene dos componentes, formados por la modulación MDP-2(10).

2 Características generales del sistema

El sistema GLONASS proporciona datos de navegación y señales horarias precisas para los usuarios terrenales, marítimos, aéreos y espaciales.

El sistema funciona según el principio de trilateración pasiva. El equipo de usuario del sistema GLONASS mide los pseudoalcances y las pseudovelocidades radiales desde todos los satélites visibles y recibe información sobre las efemérides de los satélites y los parámetros de reloj. Basándose en estos datos, se calculan las tres coordenadas del emplazamiento del usuario y las tres componentes del vector velocidad; asimismo se realiza la corrección en el reloj del usuario y la frecuencia. El sistema GLONASS utiliza el sistema de coordenadas PE-90.

3 Descripción del sistema

El sistema GLONASS consta de tres segmentos principales: segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario.

3.1 Segmento espacial

El sistema GLONASS consta de 24 satélites situados en tres planos orbitales con ocho satélites cada uno. Los planos están separados entre sí 120 grados en longitud. El ángulo de inclinación de la órbita es 64,8 grados. Los satélites están equiespaciados 45 grados en un plano por argumento de latitud. Su periodo de rotación es 11 horas y 15 minutos y la altura de la órbita 19 100 km.

3.2 Segmento de control

El segmento de control consta de un centro de control del sistema y una red de estaciones de comprobación técnica. Dichas estaciones de comprobación técnica miden los parámetros orbitales del satélite y la deriva del reloj con respecto al reloj del sistema principal. Estos datos se transmiten al centro de control del sistema que calcula las efemérides y los parámetros de corrección del reloj para, posteriormente, cursar los mensajes hacia los satélites diariamente a través de las estaciones de comprobación técnica.

3.3 Segmento de usuario

El segmento de usuario consta de un gran número de terminales de usuario de diferentes tipos. El terminal de usuario consiste en una antena, un receptor, un procesador y un dispositivo de entrada/salida. Este equipo puede combinarse con otros dispositivos de navegación para aumentar la precisión y fiabilidad de la navegación. Tal combinación puede ser especialmente útil en plataformas altamente dinámicas.

4 Estructura de la señal de navegación

4.1 Señales con acceso múltiple por división de frecuencia

La estructura de la señal SA es la misma para las bandas L1 y L2 y distinta para la banda L3. Se trata de una secuencia pseudoaleatoria que se suma módulo 2 al tren de datos digitales transmitido a una velocidad de 50 bit/s (L1, L2) y 125 bit/s (L3). La secuencia pseudoaleatoria tiene una velocidad de chip de 0,511 MHz (para L1, L2) y de 4,095 MHz (para L3) y su periodo es 1 ms.

En las bandas L1, L2 y L3, la señal HA también es una secuencia pseudoaleatoria sumada módulo 2 a un tren de datos continuo. La velocidad de chip de la secuencia pseudoaleatoria es 5,11 MHz en las bandas L1 y L2 y 4,095 MHz en la banda L3.

Los datos digitales incluyen información sobre las efemérides del satélite, la hora del reloj y otra información de utilidad.

4.2 Señales con acceso múltiple por división de código

En la banda L1 se emiten dos señales con acceso múltiple por división de código por una única frecuencia portadora, 1 600,995 MHz, con una cuadratura diferente con un desplazamiento de 90 grados. Cada señal tiene dos componentes con multiplexación por división de tiempo. La velocidad de transferencia de datos es de 125 bit/s y es la misma para las dos señales.

En la banda L2 se emiten dos señales con acceso múltiple por división de código por una única frecuencia portadora, 1 248,06 MHz, con una cuadratura diferente con un desplazamiento de 90 grados. Cada señal tiene dos componentes con multiplexación por división de tiempo. La velocidad de transferencia de datos es de 125 bit/s y 250 bit/s, respectivamente.

En la banda L3 se emite una señal con acceso múltiple por división de código por la frecuencia 1 202,025 MHz con dos señales con modulación por desplazamiento de fase de igual potencia, con un desplazamiento en fase de 90 grados. La velocidad de transferencia de datos de la señal es de 100 bit/s.

5 Potencia y espectros de la señal

5.1 Señales con acceso múltiples por división de frecuencia

Las señales transmitidas tienen una polarización dextrógira elíptica con un factor de elipticidad no peor de 0,7 para las bandas L1, L2 y L3. La mínima potencia garantizada de una señal a la entrada de un receptor (suponiendo una ganancia de antena de 0 dBi) es de -161 dBW (-131 dBm) para las señales SA y HA en las bandas L1, L2 y L3.

En el sistema GLONASS se utilizan tres clases de emisiones: 8M19G7X, 1M02G7X, 10M2G7X. En el Cuadro 2 aparecen las características de estas señales.

CUADRO 2

Características de las señales del sistema GLONASS con acceso múltiple por división de frecuencia

Gama de frecuencias	Clase de emisión	Ancho de banda de transmisión (MHz)	Máxima potencia de cresta de la emisión (dBW)	Máxima densidad espectral de potencia (dB(W/Hz))	Ganancia de antena (dB)
L1	10M2G7X	10,2	15	-52	11
	1M02G7X	1,02	15	-42	
L2	10M2G7X	10,2	14	-53	10
	1M02G7X	1,02	14	-43	
L3 ⁽¹⁾	8M19G7X	8,2	15	-52,1	12
	8M19G7X	8,2	15	-52,1	

⁽¹⁾ Dos señales GLONASS L3 están desplazadas una con respecto a otra 90° (en cuadratura).

La envolvente del espectro de potencia de la señal de navegación se describe mediante la función $(\text{sen } x/x)^2$, donde:

$$x = \pi(f - f_c)/f_t$$

en la que:

- f : frecuencia considerada
- f_c : frecuencia portadora de la señal
- f_t : velocidad de chip de la señal.

El lóbulo principal del espectro constituye el espectro operacional de la señal. Ocupa una anchura de banda igual a $2f_t$. Los lóbulos tienen una anchura igual a f_t .

5.2 Señales con acceso múltiple por división de código

El sistema GLONASS utiliza cuatro clases de emisión: 2M05G7X, 4M10G7X, 15M4G7X, 20M5G7XCC. Las características de estas señales se muestran en el Cuadro 3.

CUADRO 3
Características de las señales del sistema GLONASS
con acceso múltiple por división de código

Gama de frecuencias	Clase de emisión	Ancho de banda de transmisión (MHz)	Máxima potencia de cresta de la emisión (dBW)	Máxima densidad espectral de potencia (dB(W/Hz))	Ganancia de antena (dB)
L1	2M05G7X	2,05	15,6	-44,1	14
	4M10G7X	4,1	15,6	-46,7	
	15M4G7X	15,4	15,6	-51,3	
	15M4G7X	15,4	15,6	-51,3	
L2	2M05G7X	2,05	14	-45,6	12,5
	4M10G7X	4,1	14	-48,2	
	15M4G7X	15,4	14	-52,8	
	15M4G7X	15,4	14	-52,8	
L3	20M5G7XCC	20,5	13	-56,6	12,4
	20M5G7XCC	20,5	13	-56,6	

Anexo 2

Descripción técnica y características del Sistema Mundial de Determinación de la Posición Navstar (GPS)

1 Introducción

La actual información sobre el Sistema Mundial de Determinación de la Posición Navstar (GPS) está disponible de forma gratuita en el URL <https://www.gps.gov/spanish.php>. La información sobre el GPS que funciona en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz aparece documentada en la última versión de la especificación de la interfaz GPS, documentos IS-GPS-200, IS-GPS-705 y IS-GPS-800, con sus últimas notificaciones de revisión¹. La información sobre la interface funcional de transferencia de datos entre el segmento de control GPS y las comunidades de usuario de apoyo al usuario están documentadas en la última versión de los documentos de control de interfaz ICD-GPS-240 e ICD-GPS-870 con sus últimas notificaciones de revisión. Los niveles del servicio de determinación de la posición normalizado (SPS) se definen mediante parámetros de las señales de radiodifusión y el diseño de la constelación GPS. La información adicional sobre los niveles de la calidad de la señal en el espacio (SIS) proporcionados por USG a la comunidad de usuarios SPS están documentados en la última versión de la norma *GPS SPS Performance Standard*, con su último aviso de revisión².

La constelación de satélites GPS de línea de base consiste principalmente en un mínimo de 24 satélites operacionales situados en seis planos orbitales y equiespaciados con una inclinación de 55 grados. Los satélites GPS circundan la Tierra cada 12 horas emitiendo señales de navegación continuas. El sistema proporciona una determinación precisa de la posición en tres dimensiones y la temporización de cualquier lugar situado sobre la superficie de la Tierra o cerca de la misma.

1.1 Requisitos de frecuencia del GPS

Los requisitos de frecuencia para el sistema GPS se basan en una evaluación de los requisitos de precisión del usuario, la resolución del retardo de propagación espacio-Tierra, la supresión multitrayecto y la configuración de los equipos. Los tres canales están centrados en 1 575,42 MHz (señal GPS L1), 1 227,6 MHz (señal GPS L2) y en 1 176,45 MHz (señal GPS L5).

Los canales L1, L2 y L5 consisten en señales de posicionamiento, navegación y temporización (PNT) en el espacio que se suministran de forma gratuita para usos civiles, comerciales y científicos pacíficos en todo el mundo. Los receptores se pueden diseñar para procesar una o varias señales, dependiendo de la aplicación específica, los requisitos de usuario o el mercado al que van destinados. Las señales del GPS proporcionan la diversidad de frecuencias y el amplio ancho de banda necesarios para aumentar el alcance y la precisión de la temporización, mejorar la supresión del efecto multitrayecto y la redundancia SIS.

¹ IS-GPS-200, IS-GPS-705, IS-GPS-800, ICD-GPS-240, e ICD-GPS-870 pueden consultarse en <https://www.gps.gov/technical/icwg/>.

² El documento *GPS Standard Positioning Service Performance Standard* está disponible en <https://www.gps.gov/technical/ps/>.

2 Características generales del sistema

GPS es un sistema de radiocomunicaciones espacial que funciona de manera continua en cualquier situación meteorológica para el servicio PNT y que ofrece información tridimensional sobre la velocidad y la posición extremadamente precisa junto con una referencia de hora común exacta a los usuarios adecuadamente equipados que se encuentran en cualquier punto de la superficie de la Tierra o en sus proximidades.

El sistema funciona según el principio de trilateración pasiva. El equipo de usuario GPS mide en primer lugar las pseudodistancias a cuatro satélites, calcula sus posiciones y sincroniza su reloj con el GPS utilizando las efemérides recibidas y los parámetros de corrección del reloj. (Las mediciones se denominan «pseudo» porque se realizan mediante un reloj de usuario poco preciso y contienen términos que presentan un sesgo fijo debido a los desplazamientos del reloj de usuario con respecto a la hora GPS). A continuación determina la posición tridimensional del usuario en un sistema de coordenadas cartesianas WGS-84 centrado y fijo con relación a la Tierra así como el desplazamiento del reloj de usuario con respecto a la hora GPS, calculando esencialmente la solución simultánea de cuatro ecuaciones de distancia.

De forma similar, pueden estimarse la velocidad tridimensional del usuario y el ritmo de su reloj de usuario resolviendo cuatro ecuaciones de velocidad a partir de las mediciones de pseudovelocidad con respecto a los cuatro satélites.

3 Segmentos del sistema

El sistema consta de tres segmentos principales: segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario. A continuación se describe la función principal de cada segmento.

3.1 Segmento espacial

El segmento espacial comprende los satélites GPS que funcionan como puntos de referencia «celestes» y emiten desde el espacio señales de navegación con codificación precisa de la hora. La constelación operacional consta de un mínimo de 24 satélites en órbitas de 12 horas con un semieje mayor de unos 26 600 km. Los satélites están situados en seis planos orbitales inclinados 55 grados con respecto al plano ecuatorial y los planos orbitales están equidistantes en torno al ecuador con una separación de 60 grados. Normalmente hay un mínimo de cuatro satélites en cada plano.

El satélite es un vehículo con estabilización triaxial. Los elementos esenciales de su carga útil de navegación principal son la frecuencia atómica patrón que genera una referencia de tiempo estable para el satélite, el computador de misión que recibe los datos de navegación cargados (NAV) por el segmento de control, el subsistema en la base de navegación que genera códigos de determinación de distancia de ruido pseudoaleatorio (PRN) y añade a dichos códigos los datos del mensaje NAV, y el subsistema de la banda L que modula las secuencias binarias resultantes en las portadoras L1 (1 575,42 MHz), L2 (1 227,6 MHz) y L5 (1 176,45 MHz), que luego se difunden por el sistema de antenas helicoidales.

3.2 Segmento de control

El segmento de control consta de cuatro subsistemas principales, a saber: una estación de control principal (MCS), una estación de control principal alternativa (AMCS), una red de cuatro antenas en el suelo y una red de estaciones de comprobación técnica distribuida en todo el mundo. La MCS es responsable de todos los aspectos de control de la constelación.

3.3 Segmento de usuario

El segmento de usuario es el conjunto de todos los equipos de usuario y sus equipos de soporte. El equipo de usuario consta, por lo general, de una antena, un frontal receptor, un procesador, dispositivos de entrada/salida y una fuente de alimentación. Adquiere y sigue las señales de navegación procedentes de los cuatro o más satélites que se ven, mide sus tiempos de propagación y desplazamientos de frecuencia por efecto Doppler, los convierte en pseudodistancias y pseudovelocidades, determina mediante estos datos la posición tridimensional y la velocidad y establece la hora GPS. (La hora GPS es distinta de la hora UTC pero la diferencia es menor de un segundo y las señales GPS incorporan la información para realizar la conversión entre ambas. Además, la hora GPS es continua mientras que la hora UTC tiene segundos intercalares.) Los equipos de usuario van desde receptores relativamente sencillos, ligeros y portátiles hasta receptores perfeccionados integrados con otros sistemas o sensores de navegación para obtener una buena calidad de funcionamiento en condiciones altamente dinámicas.

4 Estructura de la señal GPS

La señal de navegación GPS transmitida desde los satélites consiste en tres portadoras moduladas: L1 en la frecuencia central de 1 575,42 MHz ($154 f_0$), L2 en la frecuencia central de 1 227,6 MHz ($120 f_0$), y L5 en la frecuencia central de 1 176,45 MHz ($115 f_0$), donde $f_0 = 10,23$ MHz. f_0 procede de la frecuencia atómica patrón con la cual están relacionadas de modo coherente todas las señales generadas. En el texto que sigue, se indican las señales en cada frecuencia portadora GPS (y las que tienen más de un componente se describen detalladamente) y se hace una breve descripción de los parámetros de RF y de procesamiento de la señal.

En la portadora L1, el GPS transmite las cuatro señales siguientes: C/A, P(Y), L1C y M que se describen en el § 6.1.

En la portadora L2, el GPS transmite tres señales denominadas L2C o C/A (raramente), P(Y) y M, que se describen en el § 6.2.

En la portadora L5, el GPS transmite una sola señal, denominada L5. Esta señal tiene dos componentes transmitidos en cuadratura de fase que se describen en el § 6.3.

En los Cuadros 4, 5 y 6 aparecen los valores de los parámetros fundamentales de las transmisiones de las señales GPS L1, L2 y L5, respectivamente. Estos parámetros incluyen las siguientes características de RF: gama de frecuencias de la señal; anchura de banda a 3 dB del filtro de transmisión en RF del satélite; método de modulación de la señal y mínimo nivel de potencia recibida a la salida de una antena del receptor de referencia situada sobre la superficie de la Tierra.

En los Cuadros también se indican los parámetros de procesamiento digital de la señal incluida la velocidad de chip de código del ruido pseudoaleatorio (PRN) y las velocidades binaria y de símbolos de los datos del mensaje de navegación. Además, para cada frecuencia portadora se proporcionan los parámetros de la antena de transmisión del satélite relativos a la polarización y máxima elipticidad.

Las funciones de los códigos de distancia (también denominados códigos PRN) son dobles:

- ofrecen buenas propiedades de acceso múltiple entre los distintos satélites ya que todos los satélites transmiten en las mismas dos frecuencias portadoras y se diferencian uno de otro únicamente por los códigos PRN únicos que utilizan; y
- sus propiedades de correlación permiten realizar una medición precisa de la hora de llegada y un rechazo de las señales multitrayecto y de interferencia.

Los valores indicados en los Cuadros 4, 5 y 6 son los recomendados para su utilización en evaluaciones iniciales de la compatibilidad en RF con el GPS.

5 Potencia y espectros de la señal

Los satélites GPS utilizan una antena de haz conformado que emite una potencia casi uniforme dirigida a receptores situados cerca de la superficie de la Tierra. Las señales transmitidas en las portadoras L1, L2 y L5 tienen una polarización circular dextrógira con la elipticidad de caso más desfavorable mostrada en los Cuadros 4, 5 y 6 para la gama angular de $\pm 13,8^\circ$ desde el nadir.

6 Parámetros de transmisión GPS

A continuación se indican las características de las transmisiones de la señal GPS.

Además de las modulaciones con desplazamiento de fase (MDP), el GPS utiliza modulaciones BOC (portadora de desplazamiento binario). $BOC(m,n)$ se refiere a una modulación de portadora desplazada binaria con una frecuencia portadora de onda cuadrada de $m \times 1,023$ (MHz), una velocidad de chips de código de $n \times 1,023$ (Mchip/s). Para las señales GPS moduladas BOC con desplazamiento de fase, la densidad espectral de potencia normalizada viene dada por la expresión:

$$BOC_{m,n}(f) = f_c \left[\frac{\text{sen}\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \text{tg}\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)}{\pi f} \right]^2$$

siendo:

f : frecuencia (Hz)

f_c : velocidad de chip; es decir $n \times 1,023$ Mchip/s

f_s : frecuencia de onda cuadrada; es decir $m \times 1,023$ MHz.

6.1 Parámetros de la transmisión GPS L1

El GPS emite cuatro señales en la banda 1 559-1 610 MHz del SRNS. Las señales incluyen C/A, L1C, P(Y) y M. La señal C/A utiliza modulación MDP2-R(1) y la señal P(Y) utiliza modulación MDP2-R(10), donde MDP2-R(n) indica modulación por desplazamiento de fase binaria rectangular (BPSK-R) con una velocidad de chips de $n \times 1,023$ (Mchip/s). La señal M utiliza una modulación BOC(10,5). La señal L1C consta de dos componentes. Un componente, denominado L1C_D, se modula mediante un mensaje de datos y el otro, denominado L1C_P, se transmite sin datos (es decir, solo una señal piloto) y los dos componentes usan diferentes códigos PRN. (El componente sin datos mejora la adquisición del SRNS y las características de seguimiento). P(Y) y ambos componentes L1C se transmiten en fase, mientras que L1 C/A se transmite en cuadratura con dichas señales y con un desfase de portadora de señal de 90 grados. Los parámetros fundamentales de las transmisiones GPS L1 aparecen en el Cuadro 4.

L1C_D utiliza una modulación BOC(1,1). L1C_P utiliza una modulación denominada BOC multiplexada (MBOC), que se multiplexa en el tiempo entre una BOC(1,1) y BOC(6,1). MBOC tiene una densidad de potencia espectral normalizada que viene dada por:

$$MBOC(f) = \frac{29}{33} BOC_{1,1}(f) + \frac{4}{33} BOC_{6,1}(f)$$

La densidad espectral de potencia de las componentes de L1C viene dada por:

$$S(f) = \frac{1}{4} BOC_{1,1}(f) + \frac{3}{4} MBOC(f) = \frac{10}{11} BOC_{1,1}(f) + \frac{1}{11} BOC_{6,1}(f)$$

CUADRO 4

Transmisiones GPS L1 en la banda 1 559-1 610 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Gama de frecuencias de la señal (MHz)	1 575,42 ± 15,345
Velocidad de chip de código PRN (Mchip/s)	1,023 (C/A, L1C _D y L1C _P) 10,23 (P(Y)) 5,115 (M)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	50 (C/A, P(Y) y L1C _D)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	50 (C/A y P(Y)) 100 (L1C _D)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(1) (C/A) MDP2-R(10) (P(Y)) BOC(10,5) (M) BOC(1,1) (L1C _D) MBOC(L1C _P) (véase la Nota 3) (véase la Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Máxima elipticidad (dB)	1,8
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	-158,5 (C/A) -163,0 (L1C _D) -158,25 (L1C _P) -161,5 (P(Y)) -158,0 (M) (véase la Nota 2)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	30,69

NOTA 1 – Para los parámetros GPS del SRNS, MDP2-R(*n*) se refiere a una modulación con desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s). BOC(*m*,*n*) se refiere a una modulación con desplazamiento de portadora binaria y una frecuencia de onda cuadrada de $m \times 1,023$ (MHz) y velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 2 – La mínima potencia recibida se mide a la salida de una antena receptora de usuario de referencia con polarización lineal de 3 dBi (situada cerca del suelo) con la orientación normal más desfavorable cuando el satélite se encuentra con un ángulo de elevación de 5 grados por encima del horizonte de la Tierra visto desde la superficie de la misma.

NOTA 3 – Para más detalles sobre MBOC véase el texto del punto anterior a este cuadro.

6.2 Parámetros de transmisión GPS L2

GPS emite tres señales en la banda 1 215-1 300 MHz del SRNS. Las señales incluyen L2C o C/A (raramente), P(Y) y M. La señal L2C utiliza una modulación MDP2-R 1). La señal L2C consiste en el canal de datos del código L2 civil-moderado (L2 CM) y un canal sin datos del código L2 civil largo (L2 CL), junto con una método de multiplexión por división en el tiempo de cada segmento. Estos dos componentes de señal utilizan diferentes códigos PRN. La relación de fase de las dos componentes de la portadora L2 (L2C y P(Y)) se indica mediante el bit 273 del mensaje de navegación civil (CNAV) de tipo 10, en el que el cero indica cuadratura de fase, con el L2C retrasado con respecto al P(Y) en 90 grados, y el uno indica que el L2C y el P(Y) están en fase. Si el mensaje CNAV no está disponible, entonces el L2C y el P(Y) estarán en cuadratura de fase. Los parámetros fundamentales de las transmisiones GPS L2 aparecen en el Cuadro 5.

CUADRO 5

Transmisiones GPS L2 en la banda 1 215-1 300 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Gama de frecuencias de la señal (MHz)	1 227,6 ± 15,345
Velocidad de chip de código PRN (Mchip/s)	1,023 (C/A y L2C) 10,23 (P(Y)) 5,115 (M)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	50 (C/A y P(Y)) 25 (L2C)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	50 (C/A, P(Y) y L2C)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(1) (C/A y L2C) MDP2-R(10) (P(Y)) BOC(10,5) (M) (véase la Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Máxima elipticidad (dB)	2,2
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	-161,5 (P(Y)) -160,0 (L2C o C/A) -161,0 (M) (véase la Nota 2)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	30,69

NOTA 1 – Para los parámetros GPS del SRNS, MDP2-R(*n*) se refiere a una modulación con desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s). BOC(*m,n*) se refiere a una modulación con desplazamiento de portadora binaria y una frecuencia de onda cuadrada de $m \times 1,023$ (MHz) y velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s)

NOTA 2 – La mínima potencia recibida se mide a la salida de una antena receptora de usuario de referencia con polarización lineal de 3 dBi (situada cerca del suelo) con la orientación normal más desfavorable cuando el satélite se encuentra con un ángulo de elevación de 5 grados por encima del horizonte de la Tierra visto desde la superficie de la misma.

6.3 Parámetros de transmisión GPS L5

GPS emite la señal L5 de navegación en la banda 1 164-1 215 MHz del SRNS. La señal L5 utiliza una modulación MDP2-R(10). La señal L5 consta de dos componentes, L5I y L5Q, donde L5Q no tiene datos (también se denomina un canal piloto) y L5I está modulada por un mensaje de datos que. Estos dos componentes L5 se transmiten en cuadratura de fase entre sí a idéntica potencia y utilizan diferentes códigos PRN. Los parámetros fundamentales de las transmisiones GPS L5 aparecen en el Cuadro 6.

CUADRO 6

Transmisiones GPS L5 en la banda 1 164-1 215 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Gama de frecuencias de la señal (MHz)	1 176,45 ± 12
Velocidad de chip de código PRN (Mchip/s)	10,23
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	50 (L5I)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	100 (L5I)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(10) (véase la Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Máxima elipticidad (dB)	2,4
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	-157,9 (L5I) -157,9 (L5Q) (véase la Nota 2)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	24

Notas al Cuadro 6:

NOTA 1 – Para los parámetros GPS del SRNS, MDP2-R(*n*) se refiere a una modulación con desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 2 – La mínima potencia recibida se mide a la salida de una antena receptora de usuario de referencia con polarización lineal de 3 dBi (situada cerca del suelo) con la orientación normal más desfavorable cuando el satélite se encuentra con un ángulo de elevación de 5 grados por encima del horizonte de la Tierra visto desde la superficie de la misma.

Anexo 3**Descripción técnica y características del sistema Galileo****1 Introducción**

El sistema Galileo consta de una constelación de 30 satélites (24 satélites transmisores y seis satélites de reserva activos en órbita) con diez satélites en cada uno de los tres planos orbitales equidistantes con una inclinación de 56 grados. Cada satélite transmite señales de navegación en tres frecuencias portadoras. Estas señales se modulan con un tren de bits estructurado que contiene datos de efemérides codificados y mensajes de navegación con una anchura de banda suficiente para conseguir la precisión de navegación necesaria sin recurrir a la transmisión bidireccional o a la integración Doppler. El sistema ofrece una determinación de la posición y una temporización precisas en tres dimensiones de cualquier punto situado sobre la superficie de la Tierra o cerca de la misma.

1.1 Requisitos de frecuencia

Los requisitos de frecuencia del sistema Galileo se basan en una evaluación de los requisitos de precisión del usuario, la resolución del retardo de propagación espacio-Tierra, la supresión del multitrayecto y el coste y configuración de los equipos. Los satélites del sistema Galileo transmiten permanentemente cuatro señales de RF coherentes pero utilizables de manera independiente centradas en 1 176,45 MHz (E5a), 1 207,14 MHz (E5b), 1 278,75 MHz (E6) y 1 575,42 MHz (E1) (se indican entre paréntesis los nombres de las señales correspondientes). Por otra parte, las señales E5a y E5b están multiplexadas en una única modulación, denominada A/tBOC (señal BOC alternativa), que utiliza una única portadora de 1 191,795 MHz.

Así, Galileo transmite en tres frecuencias portadoras para sus señales de usuario:

- E5: 1 191,795 MHz
(cuyas componentes también se pueden recibir de manera independiente utilizando las portadoras virtuales E5a: 1 176,450 MHz y E5b: 1 207,140 MHz);
- E6: 1 278,750 MHz; y
- E1: 1 575,420 MHz.

Se transmiten un total de diez señales multiplexadas y moduladas por las tres portadoras anteriormente y se hacen corresponder para proporcionar los servicios de «posicionamiento/navegación/temporización» (PNT) en distintas configuraciones: estos son los «servicios» de Galileo. Los receptores se pueden diseñar para procesar una o varias señales, dependiendo de la aplicación específica, los requisitos de usuario o el mercado al que van destinados.

Todas las componentes de la señal (portadoras, subportadoras, códigos de distancia y velocidades binarias de datos) se obtienen de forma coherente a partir de un generador de reloj atómico común a bordo del satélite.

Comparadas a las señales de navegación monofrecuencia de banda estrecha, esta diversidad en frecuencia y la amplia anchura de banda utilizada por las señales Galileo permite obtener una mayor exactitud en la determinación de la distancia para la resolución del retardo de propagación espacio-Tierra y mejora la supresión multitrayecto, aumentando así la precisión total.

2 Características generales del sistema

Galileo es un sistema espacial de radionavegación, posicionamiento y de transferencia de la hora, que funciona de manera continua en cualquier situación meteorológica, y que permite proporcionar información tridimensional sobre la velocidad y la posición tridimensional extremadamente precisa junto con una referencia de hora común exacta a los usuarios adecuadamente equipados.

El sistema funciona según el principio de trilateración pasiva. Una vez que el equipo del usuario de Galileo adquiere las señales de al menos cuatro satélites del sistema Galileo, mide en primer lugar las pseudodistancias a los satélites, determina sus posiciones y sincroniza su reloj a la hora del sistema Galileo a partir de las efemérides recibidas y los parámetros de corrección del reloj. A continuación el receptor calcula la posición tridimensional del usuario en un marco de referencia terrenal Galileo (GTRF) compatible con el Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS) y se determina el desplazamiento del reloj de usuario con respecto a la hora del Galileo calculando esencialmente la solución simultánea de cuatro ecuaciones de distancia.

De forma similar, pueden estimarse la velocidad tridimensional del usuario y el ritmo de su reloj de usuario resolviendo cuatro ecuaciones de velocidad a partir de las mediciones de pseudovelocidad con respecto a cuatro satélites. Las mediciones se denominan «pseudo» porque se efectúan mediante un reloj de usuario poco preciso (de bajo coste) en el receptor y contienen términos que presentan un sesgo fijo debido a los desplazamientos del reloj del receptor con respecto a la hora del Galileo.

2.1 Aplicaciones del sistema Galileo

Mercado de masas

Galileo ofrece un servicio de posicionamiento, navegación y temporización (PNT) abierto y gratuito, que permite una gran variedad de aplicaciones, en particular las destinadas al público en general. Este servicio está destinado a las mismas comunidades de usuarios que los del servicio de posicionamiento normalizado GPS; las señales transmitidas son interoperativas con el GPS, de modo que es posible combinar soluciones GPS y PNT Galileo.

Aviación, marítimo, carretera y vía férrea

Las señales E1, E5 y E6 del sistema Galileo se han concebido para dar soporte a las exigentes aplicaciones relacionadas con la seguridad (en particular la aviación) y a largo plazo permitirán que los receptores bifrecuencia ofrezcan posición de navegación más fiables, exactas y precisas que los receptores monofrecuencia.

Aplicaciones de gran precisión

Galileo proporciona, a través de la señal E6-B, el Servicio de Alta Precisión (HAS). El HAS de Galileo es un servicio de acceso abierto y gratuito que consiste en facilitar correcciones a las señales de Galileo. Los datos del HAS comprenden correcciones orbitales, horarias, de fase y atmosféricas. Estas correcciones permiten a los usuarios realizar un proceso PVT con precisión decimétrica. Son muy diversas las aplicaciones que se benefician del SRNS de alta precisión, en particular: automoción, construcción, topografía, cartografía y gestión de servicios públicos.

Autenticación

Galileo ofrece dos niveles de autenticación mediante las señales E1-B y E6-C:

Autenticación de mensajes de navegación de servicio abierto (OSNMA), que utiliza la firma digital de los datos de navegación del sistema abierto para garantizar la autenticidad de los datos. Es fácil de implementar en los receptores, y está orientado principalmente a los usuarios del mercado de masas. Los datos OSNMA se transmitirán por la señal E1-B y se ofrecen gratuitamente.

El servicio de autenticación de señales para proteger las señales de Galileo de la falsificación avanzada que se basa en el encriptado del código de propagación E6-C. Se denomina Servicio de Autenticación Comercial (CAS).

Gubernamental

Galileo proporciona un «servicio público regulado (PRS)» robusto y fuertemente encriptado, cuyo acceso está limitado a la utilización por las autoridades públicas responsables de la protección civil, la seguridad nacional y la aplicación y cumplimiento de la ley.

Búsqueda y salvamento

El servicio de búsqueda y salvamento (SAR) de Galileo constituye una contribución importante al sistema Cospas-Sarsat internacional, que desempeña un papel importante en el sistema de búsqueda y salvamento de órbita terrestre media (MEOSAR). Los satélites Galileo son capaces de detectar señales de emergencia (en la banda 406 MHz) transmitidas por radiobalizas de socorro a bordo de barcos, aviones o terminales de usuario personales, cuyos datos sobre la ubicación se envían a los centros de salvamento nacionales. En cada instante hay como mínimo un satélite Galileo con visibilidad desde cualquier lugar de la Tierra, lo que permite detectar, identificar y ubicar alertas de socorro casi en tiempo real. Se puede acusar recibo de cada llamada de socorro recibida mediante un mensaje de vuelta, para indicar su buena recepción. Esto también permite que la radiobaliza libere el canal de emergencia.

3 Segmentos del sistema

El sistema consta de tres segmentos principales: segmento espacial, segmento de tierra y segmento de usuario. A continuación se describen las principales funciones de cada uno de estos segmentos.

3.1 Segmento espacial

El segmento espacial comprende los satélites Galileo que funcionan como puntos de referencia «celestes» y emiten desde el espacio señales de navegación con codificación precisa de la hora. La constelación operacional de 24 satélites (más seis satélites de reserva activos) funciona en órbitas de 14 horas y semieje mayor de unos 30 000 km. Se utilizan tres planos orbitales equidistantes inclinados 56 grados con respecto al Ecuador. En cada plano hay diez satélites (contando los dos de reserva).

3.2 Segmento de tierra

El segmento de tierra Galileo controla toda la constelación Galileo, supervisa el estado de cada satélite y carga datos en cada uno para su posterior difusión cuando el mensaje de navegación se transmite a los receptores de usuario. Los parámetros fundamentales de este mensaje de navegación, la sincronización de reloj y las efemérides orbitales se calculan a partir de mediciones realizadas por una red mundial de estaciones. Las funciones de telemetría, telemando y seguimiento utilizan las atribuciones a operaciones espaciales justo por encima de 2 GHz.

El segmento en tierra consta de las siguientes funciones:

- gestión de la constelación y control de los satélites;
- procesamiento y control de datos sobre la navegación y el estado del sistema;
- mantenimiento del vehículo espacial y supervisión de su comportamiento (telemetría, telemando y seguimiento);
- telecarga de datos de la misión en la banda 5 000-5 010 MHz del SRNS.

3.3 Segmento de usuario

El segmento de usuario consta de todos los equipos de usuario y sus correspondientes equipos de soporte. El terminal de usuario característico consta de una antena, un receptor/procesador y dispositivos de entrada/salida, según proceda. Adquiere y sigue las señales de navegación procedentes de todos los satélites Galileo a la vista, calcula las pseudodistancias y pseudovelocidades y proporciona instantáneamente la posición tridimensional, la velocidad y la hora del sistema.

4 Estructura de la señal del Galileo

A continuación figura una descripción de las señales del Galileo para aplicaciones de navegación, posicionamiento y determinación de la hora (PNT).

4.1 Señal Galileo E1

La señal Galileo E1 se transmite en la frecuencia central 1 575,42 MHz.

Consta de tres componentes que pueden utilizarse de forma autónoma o en combinación con otras señales dependiendo del comportamiento solicitado a la aplicación. Los componentes se proporcionan fundamentalmente para el Servicio abierto (OS) y el Servicio público regulado (PRS), comprendidos los mensajes de navegación. La portadora Galileo E1 presenta una modulación MBOC (consistente en el componente de datos E1-B y en el componente sin datos E1-C) para el OS y una modulación en coseno BOC(15,2.5) (constituida por el componente E1-A) para el PRS. El tren de

datos E1-B puede alimentarse con mensajes adicionales para ofrecer una funcionalidad mejorada de navegación y temporización.

La modulación BOC se emplea para constituir la forma espectral requerida (distribución de la densidad espectral de potencia con la frecuencia) para la señal transmitida. Las señales de tipo BOC se expresan en la forma $BOC(f_{sub}, f_{chip})$ donde las frecuencias vienen indicadas como múltiplos de la velocidad de chip de código GPS C/A de 1,023 Mchip/s.

La densidad espectral de potencia de la señal del Galileo E1-A viene dada por:

$$G_{BOC_{\cos}(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[\frac{2 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \operatorname{sen}^2\left(\frac{\pi f}{4 f_s}\right)}{\pi f \cos\left(\frac{\pi f}{2 f_s}\right)} \right]^2$$

siendo $f_s = 15 \times 1,023$ MHz la frecuencia subportadora y $f_c = 2,5 \times 1,023$ MHz la velocidad de chip.

La modulación MBOC genera el espectro $G_{MBOC}(f)$ de la señal, que viene dada por la siguiente expresión:

$$G_{MBOC}(f) = \frac{10}{11} G_{BOC(1,1)}(f) + \frac{1}{11} G_{BOC(6,1)}(f)$$

siendo:

$$G_{BOC}(f_s, f_c)(f) = f_c \left[\frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi f}{2 f_s}\right) \operatorname{sen}\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\pi f} \right]^2$$

con:

$f_s = 1 \times 1,023$ MHz como frecuencia subportadora y $f_c = 1 \times 1,023$ MHz como velocidad de chip para BOC(1,1)

$f_s = 6 \times 1,023$ MHz como frecuencia subportadora y $f_c = 1 \times 1,023$ MHz como velocidad de chip para BOC(6,1).

CUADRO 7

Transmisiones Galileo E1 en la banda 1 559-1 610 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Gama de frecuencias de la señal (MHz)	1 559-1 591
Velocidad de chip de código PRN (Mchip/s)	1,023 (MBOC) 2,5575 ($BOC_{\cos}(15, 2,5)$)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	125 (E1-B)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	250 (E1-B)
Método de modulación de la señal	MBOC (OS) $BOC_{\cos}(15, 2,5)$ (E1-A)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	-157,25 (MBOC) (véase la Nota 2)

CUADRO 7 (*fin*)

Notas al Cuadro 7:

NOTA 1 – Para más detalles sobre MBOC véase el texto de la sección anterior.

NOTA 2 – La mínima potencia recibida en la superficie de la Tierra se mide a la salida de una antena receptora isótropa de 0 dBic para cualquier ángulo de elevación igual o mayor que 5 grados.

4.2 Señal Galileo E6

La señal de base Galileo E6 se transmite en la frecuencia portadora 1 278,75 MHz. Esta señal consta de tres señales diferentes, a saber la señal E6-A que transporta el servicio público regulado (PRS), la señal E6-B que transporta el recién definido servicio de gran precisión (HAS) y la señal E6-C con el servicio comercial de autenticación. La portadora E6 se modula con una modulación MDP2(5) para proporcionar las componentes de la señal E6-B y E6-C. La portadora Galileo E6 también se modula con un código $BOC_{\cos}(10,5)$ para proporcionar el componente E6-A (el espectro para el Galileo E6-A sigue la misma ecuación que la señal E1-A anterior, pero con $f_s = 10 \times 1,023$ MHz y $f_c = 5 \times 1,023$ MHz).

CUADRO 8

Transmisiones Galileo E6 en la banda 1 215-1 300 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Gama de frecuencias de la señal (MHz)	1 260-1 300
Velocidad de chip de código PRN (Mchip/s)	5,115 (MDP2(5)) 10,23 ($BOC_{\cos}(10,5)$)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	500 (E6-B)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	1000 (E6-B)
Método de modulación de la señal	MDP2(5) (E6-B y E6-C) $BOC_{\cos}(10,5)$ (E6-A)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	-155,25 (BPSK(5)) (véase la Nota)

NOTA – La mínima potencia recibida en la superficie de la Tierra se mide a la salida de una antena receptora isótropa de 0 dBic para cualquier ángulo de elevación superior o igual a 5 grados.

4.3 Señal Galileo E5

La señal Galileo E5 está centrada en 1 191,795 MHz y se genera mediante una modulación AltBOC con una velocidad de subportadora de banda lateral de 15,345 MHz. Este esquema proporciona dos lóbulos laterales.

El lóbulo lateral inferior de la señal Galileo E5 se denomina señal Galileo E5a y proporciona una segunda señal (recepción en frecuencia doble) para el servicio abierto (OS), y también incluye los mensajes de datos de navegación.

La señal E5a es una señal de acceso abierto que incluye un canal de datos y un canal piloto (o sin datos).

El lóbulo lateral superior de la señal Galileo E5 se denomina Galileo E5b y proporciona un componente adicional al servicio abierto (OS).

La señal E5b es una señal de acceso abierto en la banda que incluye un canal de datos y un canal piloto (o sin datos).

La densidad espectral de potencia de la señal Galileo E5 AltBOC viene dada por:

$$G_{AltBOC}(f) = \frac{f_c}{2\pi^2 f^2} \frac{\cos^2\left(\frac{3\pi f}{2f_s}\right)}{\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)} \left[\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - 2\cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)\cos\left(\frac{\pi f}{4f_s}\right) + 2 \right]$$

donde:

$f_s = 15 \times 1,023$ MHz es la frecuencia subportadora y $f_c = 10 \times 1,023$ MHz es la velocidad de chip.

CUADRO 9

Transmisiones Galileo E5 en la banda 1 164-1 215 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Gama de frecuencias de la señal (MHz)	1 164-1 219
Velocidad de chip de código PRN (Mchip/s)	10,23 ($G_{AltBOC}(15,10)$)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	25 (E5a), 125 (E5b)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	50 (E5a), 250 (E5b)
Método de modulación de la señal	AltBOC(15,10) (véase la Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	-155,25 para E5a -155,25 para E5b (véase la Nota 2)

Notas al Cuadro 9:

NOTA 1 – Para más detalles sobre G_{AltBOC} véase el texto de la sección anterior a este Cuadro.

NOTA 2 – La mínima potencia recibida en la superficie de la Tierra se mide a la salida de una antena receptora isótropa de 0 dBic para cualquier de ángulo de elevación superior o igual a 5 grados.

Anexo 4

Descripción técnica y características de los sistemas de satélite cuasi cenitales (QZSS)

1 Introducción

El sistema de satélites cuasi cenital (QZSS) consiste en siete satélites y dos satélites de reserva activos. Los satélites se encuentran en una órbita no geoestacionaria con una inclinación de 45 grados o en una órbita geoestacionaria. Cada satélite transmite las mismas cuatro frecuencias portadoras para señales de navegación. Dichas señales se modulan con un tren de bits predeterminado que contiene datos de efemérides codificados y señales horarias y con una anchura de banda suficiente para conseguir la precisión de navegación necesaria sin recurrir a la transmisión bidireccional o a la integración Doppler.

1.1 Requisitos de frecuencia

Los requisitos de frecuencia para el sistema QZSS se basan en una evaluación de los requisitos de precisión del usuario, la resolución del retardo de propagación espacio-Tierra, la supresión multirayecto y el coste y configuración de los equipos. Para el funcionamiento del sistema QZSS se utilizan tres canales iniciales: 1 575,42 MHz (L1), 1 227,6 MHz (L2) y 1 176,45 MHz (L5). Se añadirá una señal de elevada velocidad de datos centrada en la frecuencia de 1 278,75 MHz (L6).

QZSS proporciona un servicio de navegación para las Regiones del Este Asiático y Oceanía que incluye Japón.

2 Características generales del sistema

QZSS es un sistema de radionavegación espacial que funciona de manera continua en cualquier condición meteorológica y que ofrece señales de navegación, posicionamiento y transferencia de la hora interfesionables para GPS (L1, L2 y L5) y una señal de aumento con un mensaje de velocidad de datos más elevada. (L6).

El sistema funciona según el principio de trilateración pasiva. El equipo receptor de usuario QZSS mide en primer lugar las pseudodistancias, la variación de las pseudodistancias o las pseudovelocidades con respecto al menos a cuatro satélites y calcula sus posiciones, velocidades y desviaciones de tiempo de sus relojes con respecto a la hora de referencia utilizando los parámetros de efemérides y corrección de reloj recibidos. A continuación determina la posición tridimensional del usuario y la velocidad en un sistema de coordenadas cartesianas centrado y fijo con relación a la Tierra (ECEF) del marco de referencia terrenal internacional (ITRF) y el desplazamiento de reloj de usuario con respecto a la hora de referencia.

3 Segmentos del sistema

El sistema consta de tres segmentos principales: segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario. A continuación se describen las funciones principales de cada uno de estos segmentos.

3.1 Segmento espacial

El segmento espacial comprende los satélites QZSS que funcionan como puntos de referencia «celestes» y emiten desde el espacio señales de navegación con codificación precisa de la hora. La constelación operacional de siete satélites consta de satélites en órbita no geoestacionaria y satélites en órbita geoestacionaria. Los satélites en órbita no geoestacionaria funcionan las 24 horas con una altitud de apogeo de 39 970 km y una altitud de perigeo de 31 602 km. Cada uno de los satélites en la órbita estacionaria está situado en su propio plano orbital separado con una inclinación de 45° respecto al Ecuador. Los planos orbitales están equiespaciados y dos satélites están sincronizados de manera que siempre hay un satélite visible desde Japón para un ángulo de elevación alto. Las posiciones de la órbita geoestacionaria se están investigando.

También se están investigando dos satélites de reserva activos para satisfacer las necesidades del sistema a fin de proporcionar capacidades de navegación con la constelación QZSS con un mínimo de siete satélites.

El satélite es un vehículo estabilizado en los tres ejes. Los elementos esenciales de su carga útil de navegación principal son la frecuencia atómica patrón para lograr una temporización precisa, el procesador para almacenar los datos de navegación, el dispositivo de señales de ruido pseudoaleatorio para generar la señal de distancia y la antena transmisora en la banda 1,2/1,6 GHz cuyo diagrama de ganancia de haz conformado emite señales de potencia casi uniforme en las cuatro bandas de frecuencias 1,2/1,6 GHz a los usuarios situados en la superficie de la Tierra o en sus proximidades. La transmisión de dos frecuencias (por ejemplo L1 y L2) tiene por objeto permitir la corrección de los retardos ionosféricos en el tiempo de propagación de las señales.

3.2 Segmento de control

El segmento de control lleva a cabo las funciones de seguimiento, cálculo, actualización y comprobación necesarias para controlar diariamente todos los satélites del sistema. Consta de una estación de control principal (ECP) situada en Japón donde se efectúa todo el procesamiento de datos y varias estaciones de comprobación situadas a gran distancia unas de otras en la zona visible desde el segmento espacial.

Las estaciones de comprobación técnica realizan un seguimiento pasivo de todos los satélites que están a la vista y miden datos de distancia y Doppler. Estos datos se procesan en el ECP para calcular las efemérides de los satélites, los desplazamientos de reloj, las derivas de reloj y los retardos de propagación, y a continuación se utilizan para generar mensajes destinados a los satélites. Esta información actualizada se transmite a los satélites para su almacenamiento en memoria y posterior transmisión como parte de los mensajes de navegación dirigidos a los usuarios.

3.3 Segmento de usuario

El segmento de usuario es el conjunto de todos los equipos de usuario y sus equipos de soporte. El equipo receptor de usuario consiste normalmente en una antena, un receptor/procesador QZSS (que también acomoda las señales GPS), un ordenador y dispositivos de entrada/salida.

Adquiere y sigue las señales de navegación procedentes de los cuatro o más satélites que incluyen uno (o más) satélites QZSS y uno (o más) satélites GPS a la vista, mide sus tiempos de propagación en RF, las fases de las señales de RF y los desplazamientos de frecuencia por efecto Doppler, los convierte en pseudodistancias, fases de portadora y variación de las pseudovelocidades y/o las pseudodistancias, y determina mediante estos datos la posición tridimensional, la velocidad y el desplazamiento de tiempo del receptor con respecto a la hora de referencia.

Los equipos de usuario van desde receptores relativamente sencillos, ligeros y móviles hasta receptores perfeccionados integrados con otros sensores o sistemas de navegación para obtener una buena calidad de funcionamiento en condiciones altamente dinámicas.

4 Estructura de la señal QZSS

Las señales de navegación QZSS transmitidas desde los satélites consisten en cuatro portadoras moduladas: L1 en la frecuencia central 1 575,42 MHz ($154 f_0$), L2 en la frecuencia central 1 227,6 MHz ($120 f_0$), L5 en la frecuencia central 1 176,45 MHz ($115 f_0$) y L6 en la frecuencia central 1 278,75 MHz ($125 f_0$) donde $f_0 = 10,23$ MHz. f_0 es la salida de una unidad de referencia de frecuencia a bordo, con la cual están relacionadas de modo coherente todas las señales generadas.

La señal L1 consta de cuatro señales con modulación por desplazamiento de fase binaria (MDP2) multiplexadas en cuadratura. Dos de ellas (L1-C/A y L1S) se modulan con dos códigos de dispersión de ruido pseudoaleatorio distintos que se añaden en módulo 2 a las salidas de dos registradores de desplazamiento con alimentación lineales de 10 bits, una velocidad de reloj de 1,023 MHz y un periodo de 1 ms. Cada una de ellas se añade en módulo 2 al tren de datos de navegación binario de 50 bit/s/50 símbolo/s o 250 bit/s/500 símbolo/s antes de la MDP2. Las otras dos señales (componente de datos L1C y componente sin datos L1C) se modulan con dos códigos de dispersión distintos que tienen una velocidad de reloj de 1,023 MHz y con las dos mismas ondas cuadradas de una velocidad de reloj de 0,5115 MHz. El tren de datos añade módulo 2 a una de ellas.

La señal L2 es MDP2 con un código de dispersión L2C. El código L2C tiene una velocidad de reloj de 1,023 MHz con códigos de dispersión alternativos y una velocidad de reloj de 0,5115 MHz: L2CM con un periodo de 20 ms y L2CL con un periodo de 1,5 s. Un tren de datos de 25 bit/s/50 símbolo/s se añade módulo 2 al código antes de la modulación de fase.

La señal L5 consta de dos señales MDP2 (I y Q) multiplexadas en cuadratura y una señal MPD-4 (señal L5S). Las señales en los canales I y Q se modulan con dos códigos de dispersión L5 distintos. Ambos códigos de dispersión L5 tienen una velocidad de reloj de 10,23 MHz y un periodo de 1 ms. En el canal I se transmite un tren de datos de navegación binario de 50 bit/s/100 símbolo/s y en el canal Q no se transmite ningún dato (es decir, una señal «piloto» sin datos). La señal MPD-4 también dispone de una velocidad de reloj de 10,23 MHz y un periodo de 1 ms y contiene mensajes de aumento.

La señal L6 también presenta una modulación MDP2. Se utiliza un conjunto de secuencias de código Kasami pequeñas para el código de dispersión con una velocidad de reloj de 5,115 MHz.

5 Potencia y espectros de la señal

Los satélites QZSS utilizan una antena de haz conformado que emite una potencia casi uniforme dirigida hacia los usuarios del sistema. Las señales transmitidas presentan una polarización circular dextrógira con una elipticidad mejor de 1,2 dB para la señal L1 y mejor de 2,2 dB para las señales L2, L5 y L6. Las potencias de señal recibidas por el usuario para ángulos de llegada hacia los satélites superiores a 10 grados se definen bajo la hipótesis de una antena receptora con polarización circular dextrógira de 0 dBi.

En los Cuadros 10, 11 y 12 aparecen los mínimos valores de la potencia de señal recibida garantizados para las señales L1, L2, L5 y L6.

6 Frecuencia de funcionamiento

QZSS tiene una señal L1 que funciona en un segmento de la banda 1 559-1 610 MHz, una señal L2 y una señal L6 que funciona en un segmento de la banda 1 215-1 300 MHz y una señal L5 que funciona en un segmento de la banda 1 164-1 215 MHz atribuidas al SRNS.

7 Funciones de teledirigida

No es necesario que el QZSS explore señales de teledirigida en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz.

8 Parámetros de transmisión del QZSS

Como el QZSS transmite señales de navegación del SRNS espacio-Tierra en cuatro bandas, los parámetros de transmisión QZSS aparecen en cuatro Cuadros que representan las cuatro bandas del SRNS en las que el QZSS transmite las señales de navegación.

8.1 Parámetros de transmisión QZSS L1

QZSS explotará varias señales en la banda del SRNS de 1 559-1 610 MHz. Las señales incluyen L1 C/A, L1C y L1S. Los satélites QZSS en órbita no geoestacionaria utilizan una señal L1-C/A, una L1C y una L1S por satélite. Los satélites QZSS en órbita geoestacionaria utilizan una señal L1-C/A, una L1C y dos L1S (L1Sa y L1Sb) por satélite.

CUADRO 10

Transmisiones QZSS en la banda 1 559-1 610 MHz

Parámetro	Valor del parámetro (Véase Nota 1)
Frecuencia de portadora (MHz)	1 575,42
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	1,023
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	50 (C/A), 250 (L1S), 25 (L1C)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	50 (C/A), 500 (L1S), 50 (L1C)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(1) (C/A y L1S) BOC(1,1) (componente de datos L1C) MBOC(señal piloto L1C (componentes sin datos) del 2º y siguientes satélites QZSS. El primer satélite utiliza BOC(1,1) para su componente sin datos) (véase la Nota 2)
Polarización y elipticidad (dB)	Circular dextrógira (RHCP), máximo 1,2
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-158,5 (C/A), -163 (L1C datos), -158,25 (L1C sin datos), -161 (L1S) (véase la Nota 3)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	32

CUADRO 10 (*fin*)*Notas al Cuadro 10:*

NOTA 1 – El nombre de señal LS1 se aplica al 2º y siguientes satélites QZSS. El primer satélite QZSS utiliza las mismas características de señal RF que L1S, pero el nombre de la señal se denomina en cambio L1-SAIF.

NOTA 2 – Para los parámetros QZSS del SRNS, MDP2-R(*n*) se refiere a una modulación con desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s). BOC(*m,n*) se refiere a una modulación con desplazamiento de portadora binaria y un desplazamiento de frecuencia portadora de $m \times 1,023$ (MHz) y velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 3 – La mínima potencia recibida del QZSS supone que la mínima ganancia de la antena del receptor se produce para ángulos de 10 grados o más por encima del horizonte de la Tierra visto desde su superficie.

8.2 Parámetros de transmisión QZSS L2

QZSS explotará dos señales en la banda del SRNS de 1 215-1 300 MHz. Las señales incluyen L2C y L6.

CUADRO 11

Transmisiones QZSS L2C en la banda 1 215-1 300 MHz

Parámetro	Descripción del parámetro del SRNS
Frecuencia de portadora (MHz)	1 227,6
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	1,023 (L2C)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	25 (L2C)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	50 (L2C)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(1) (L2C) (véase la Nota 1)
Polarización y elipticidad (dB)	Circular dextrógira (RHCP), máximo 2,2
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	Potencia total -160 (véase la Nota 2)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	32

Notas al Cuadro 11:

NOTA 1 – Para los parámetros QZSS del SRNS, MDP-R(*n*) se refiere a una modulación por desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 2 – La mínima potencia recibida del QZSS supone que la mínima ganancia de la antena del receptor se produce para ángulos de 10 grados o más por encima del horizonte de la Tierra visto desde su superficie.

CUADRO 12

Transmisiones QZSS L6 en la banda 1 215-1 300 MHz (véase la Nota 1)

Parámetro	Descripción del parámetro del SRNS
Frecuencia de portadora (MHz)	1 278,75
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	5,115 (L6)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	2 000 (L6)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	250 (L6)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(5) (L6) (véase la Nota 2)
Polarización y elipticidad (dB)	Circular dextrógira (RHCP), máximo 2,2
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	Potencia total -155,7 (véase la Nota 3)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	56 (véase la Nota 4)

Notas al Cuadro 12:

NOTA 1 – El nombre de señal L6 se aplica al 2º y siguientes satélites QZSS. El primer satélite QZSS utiliza las mismas características de señal RF que L6, pero el nombre de la señal se denomina en cambio LEX.

NOTA 2 – Para los parámetros QZSS del SRNS, MDP-R(n) se refiere a una modulación por desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 3 – La mínima potencia recibida del QZSS supone que la mínima ganancia de la antena del receptor se produce para ángulos de 10 grados o más por encima del horizonte de la Tierra vista desde su superficie.

NOTA 4 – El valor de 56 MHz no es representativo de la anchura de banda a 3 dB de la señal transmitida.

8.3 Parámetros de transmisión QZSS L5

QZSS explotará tres señales de navegación (L5I, L5Q y L5S) en la banda 1 164-1 215 MHz del SRNS. Las señales, L5I y L5Q, funcionan en cuadratura y se transmiten con la misma potencia. L5Q no transporta datos (también se denomina un canal «piloto»). Por otro lado, L5I incorpora los datos de navegación que proporcionan información sobre temporización, navegación y determinación de la posición. L5S también dispone de datos de navegación que proporcionan información sobre la hora, la navegación y la posición.

CUADRO 13

Transmisiones QZSS en la banda 1 164-1 215 MHz

Parámetro	Descripción del parámetro del SRNS
Frecuencia de portadora (MHz)	1 176,45
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	10,23
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	50 (L5I), 250 (L5S)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	100 (L5I), 500 (L5S)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(10) (L5) MDP-8-R(10) (L5S) (véase la Nota 1)

CUADRO 13 (*fin*)

Parámetro	Descripción del parámetro del SRNS
Polarización y elipticidad (dB)	Circular dextrógira (RHCP), máximo 2,2
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-157,9 por canal (L5I o L5Q) -157 (L5S) (véase la Nota 2)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	38,0

Notas al Cuadro 13:

NOTA 1 – Para los parámetros QZSS del SRNS, MDP-R(n) se refiere a una modulación por desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s). MDP-4-R designa modulación por desplazamiento de fase en cuadratura utilizando chips rectangulares con un velocidad de chips de $n \times 1,023$ (Mchips/s).

NOTA 2 – La mínima potencia recibida del QZSS supone que la mínima ganancia de la antena del receptor se produce para ángulos de 10 grados o más por encima del horizonte de la Tierra visto desde su superficie.

Anexo 5

Descripción técnica y características del sistema de aumento basado en el satélite Michibiki (MSAS)

1 Introducción

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) define el Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) como «un sistema mundial de determinación de la posición y de la hora que incluye una o más constelaciones de satélites, receptores de aeronave y dispositivos de supervisión de la integridad del sistema, mejorado de la forma necesaria a fin de que soporte las características de navegación requeridas para el funcionamiento previsto» y ha desarrollado las normas y prácticas recomendadas internacionales (SARP) para proporcionar un servicio de navegación aérea a escala mundial sin discontinuidades.

El servicio de navegación GNSS se proporciona utilizando varias combinaciones de los siguientes elementos GNSS instalados en tierra, el espacio y/o la aeronave:

- a) Sistema mundial de determinación de la posición (GPS).
- b) Sistema mundial de navegación por satélite (GLONASS).
- c) Sistema de aumento basado en aeronave (ABAS).
- d) Sistema de aumento basado en satélite (SBAS).
- e) Sistema de aumento basado en tierra (GBAS).
- f) Receptor de aeronave del GNSS.

El servicio de aumento basado en el satélite Michibiki (MSAS) es un SBAS definido como «un sistema de aumento de cobertura amplia en el que el usuario recibe información de aumento a partir de un transmisor situado en un satélite».

MSAS utiliza dos satélites en órbita geoestacionaria y un pequeño satélite QZSS en órbita geosíncrona inclinada, que figura en el Anexo 4, para mejorar la fiabilidad y robustez del sistema. Cada satélite QZSS transmite señales de aumento GPS. Estas señales incluyen la siguiente información: estado del satélite GPS, correcciones de reloj y efemérides del satélite GPS y correcciones ionosféricas.

1.1 Requisitos de frecuencia

El MSAS se basan en las normas y prácticas recomendadas de la OACI.

2 Características generales del sistema

El MSAS proporciona un servicio de «seguridad de la vida humana» para las aeronaves en todas las fases del vuelo, incluido el aterrizaje en aeropuertos, lo que requiere un posicionamiento tridimensional (3D) preciso en un sistema de coordenadas cartesianas del Sistema Geodésico Mundial (WGS-84) centrado y fijo con relación a la Tierra, así como el desplazamiento del reloj de usuario con respecto al marco temporal de referencia y la integridad.

El Electronic Navigation Research Institute (ENRI) opera las señales MSAS de doble frecuencia y constelación múltiple (MSAS DFMC).

3 Segmentos del sistema

El MSAS consta de tres segmentos principales: segmento espacial, segmento en tierra y receptor a bordo de aeronave SBAS (segmento de usuario). A continuación se describe la función principal de cada segmento.

3.1 Segmento espacial

La carga útil de navegación del segmento espacial MSAS transmite la señal L1/L5.

3.2 Segmentos en tierra

Los segmentos en tierra constan de tres subsistemas principales: dos estaciones de control principal (ECP), veintiséis estaciones de comprobación técnica en tierra (GMS) y un subsistema de comunicación de red (NCS). La ECP es responsable de todos los aspectos del funcionamiento del MSAS.

3.3 Segmento de usuario

Los usuarios de la aviación dependen del MSAS para aumentar la precisión y la integridad de la navegación, el sistema aeronave/tierra basado en la vigilancia a bordo de la aeronave y la seguridad de las operaciones.

4 Estructura de la señal MSAS

Las señales del MSAS son conformes con las normas y prácticas recomendadas de la OACI.

La radiodifusión del MSAS constará de dos frecuencias en portadora única de 1 575,42 MHz (L1) y 1 176,45 MHz (L5).

La señal L1 consiste en una señal con modulación por desplazamiento de fase binaria (MDP2). La señal L1 se modula con códigos de dispersión de ruido pseudoaleatorio que tienen una velocidad de reloj de 1,023 MHz y se suma módulo 2 a un flujo de datos binarios de navegación de 500 símbolo/s antes de la MDP2.

La señal L5 consta de dos señales MDP2 (I y Q) multiplexadas en cuadratura y una señal MDP4. Las señales de los canales I y Q se modulan con dos códigos de dispersión L5 distintos. Ambos códigos de dispersión L5 tienen una velocidad de reloj de 10,23 MHz y un periodo de 1 ms. En el canal I se transmite un flujo de datos binarios de navegación de 50 bits y 100 símbolo/s y en el canal Q no se transmite ningún dato (es decir, se trata de una señal «piloto» sin datos). La señal MDP4 también tiene una velocidad de reloj de 10,23 MHz y un periodo de 1 ms y contiene mensajes de aumento.

5 Potencia y espectros de la señal

En los Cuadros 10 y 13 del Anexo 4 se indican las características de la señal MSAS transmitida desde las cargas útiles de los QZSS como señal L1S/L5S.

6 Frecuencia de funcionamiento

El segmento espacial MSAS funciona en la frecuencia L1 con una frecuencia de portadora central de 1 575,42 MHz y una anchura de banda de 24 MHz en un segmento de la banda 1 559-1 610 MHz atribuido al servicio de radionavegación por satélite.

El segmento espacial MSAS funciona en la frecuencia L5 con una frecuencia de portadora central de 1 176,45 MHz y una anchura de banda de 38 MHz en un segmento de la banda 1 164-1 215 MHz atribuido al servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA).

Anexo 6

Descripción técnica y características de las redes LM-RPS

1 Introducción

Las redes LM-RPS constan de satélites de carga útil multicanal del SRNS en órbita geoestacionaria y dos estaciones de enlace ascendente en tierra (GUS) que soporta cada una de ellas la carga útil operacional. La implementación actual cuenta con un satélite situado a 133° W de longitud (WL) y un segundo satélite situado a 107,3° WL.

Las redes LM-RPS en 107,3° WL y 133° WL proporcionan un servicio único de difusión del SRNS a la Administración Federal de Aviación (FAA) de Estados Unidos de América ofreciendo una difusión que cubre el sistema de espacio aéreo nacional (NAS) de Estados Unidos. Las redes LM-RPS forman parte del Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS) de la FAA. Pueden añadirse redes LM-RPS adicionales en el futuro para proporcionar un servicio del sistema de aumento basado en el espacio (SBAS) similar a las administraciones de aviación y espacios aéreos nacionales en otras zonas del mundo. Las redes LM-RPS proporcionan datos de aumento que incrementan los datos GPS ofreciendo información de integridad en radiodifusiones GPS y mejora y aumento de la precisión en las señales de medición de distancia GPS para usuarios de la aviación. Estos usuarios dependen del SBAS para incrementar la precisión e integridad de la navegación en las operaciones relativas a la seguridad de la vida humana.

2 Características generales del sistema

Las redes LM-RPS se explotan como un servicio comercial que proporciona el servicio de radiodifusión del SRNS necesario a las administraciones de aviación.

La radiodifusión del mensaje WAAS por las estaciones espaciales de la red LM-RPS proporciona la cobertura del espacio aéreo nacional requerida con un mínimo número de transmisores y elimina una multitud de problemas técnicos asociados con los sistemas de aumento en tierra. La red LM-RPS es un servicio de radiodifusión híbrido que utiliza enlaces ascendentes del SFS y enlaces descendentes del SRNS, lo que lo hace ligeramente más complejo que las emisiones del servicio fijo por satélite (SFS) normal. Los datos del mensaje WAAS sin formatear son recibidos procedentes de las estaciones principales WAAS por las estaciones en tierra LM-RPS en una red de comunicaciones en tierra y se verifican antes de su transmisión al satélite. Las estaciones en tierra aplican corrección de errores en recepción en el mensaje WAAS, lo alinean en el tiempo con la época de subtrama de difusión GPS y a continuación envían el mensaje a la carga útil de navegación que recibe y retransmite el mensaje a los usuarios situados en la superficie de la Tierra y de aviación en los sistemas de espacio aéreo nacional cubiertos.

3 Configuración del sistema

La red LM-RPS consta de dos partes: los satélites o segmento espacial y las estaciones en tierra o segmento en tierra.

3.1 Segmento espacial

Los satélites individuales, inicialmente LM-RPS-133W y LM-RPS-107,3W, y potencialmente el satélite adicional LM-RPS que da servicio a otras zonas del mundo, constituyen el segmento espacial de las redes LM-RPS. Cada satélite funciona de modo independiente, como parte del WAAS mayor, para proporcionar una señal en el espacio fiable (SiS) casi todo el tiempo (una fiabilidad del 99,9995%).

Los satélites reciben el mensaje WAAS de una de las dos estaciones en tierra de enlace ascendente y lo retransmiten a la Tierra, proporcionando una SiS doble en la zona de cobertura. Futuros planes tienen previsto añadir una tercera SiS para lograr una fiabilidad SiS muy elevada (> 99,9995%).

Cada carga útil de navegación es un simple transpondedor de tipo bucle o «por guíasondas acodado». Cada uno recibe el mensaje WAAS transmitido en un par de canales de frecuencia fija en la banda del enlace ascendente del SFS de 6 GHz, denominados LM-RPS C1 y LM-RPS C5, que se filtran y trasladan a las frecuencias del LM-RPS L1 (en la banda 1 559-1 610 MHz) y del LM-RPS L5 (en la banda 1 164-1 215 MHz). Son las mismas frecuencias identificadas en el Anexo 2 como GPS L1 y GPS L5 respectivamente. Los amplificadores y las antenas de transmisión especializadas transmiten las señales del SRNS a la Tierra proporcionando una cobertura de haz global sobre toda la superficie de la Tierra a una altitud de 100 000 pies, que engloba la cobertura del espacio aéreo deseada. La zona de cobertura queda definida por un cono con un ángulo en el vértice de 8,75°.

3.2 Segmento en tierra

Cada par de estaciones terrenas de enlace ascendente (GUS) del LM-RPS funciona como un conjunto redundante que proporciona un enlace ascendente de alta fiabilidad con un satélite LM-RPS.

Las GUS se interconectan mediante una red en tierra que las conecta al sistema WAAS. Las GUS se comunican entre sí y con la estación de control principal WAAS para determinar cuál es la GUS designada como GUS primaria que transmite el mensaje WAAS a la carga útil de navegación y cuál es la GUS de reserva, que transmite el mensaje WAAS a una carga de RF y se encuentra en estado de espera lista para entrar en funcionamiento si la estación primaria falla.

La GUS comprende dos grupos básicos de equipos: equipo de red y procesamiento y equipo de transmisión de radiofrecuencia. El equipo de red y procesamiento recibe y verifica los datos del mensaje WAAS a través de la red en tierra y a continuación lo formatea para que tome la estructura adecuada de la señal a transmitir, dando lugar a una señal de frecuencia intermedia (FI) de 70 MHz. Esta señal de FI se traslada a las frecuencias LM-RPS C1 y C5, se amplifica y se transmite a la carga útil de navegación mediante una antena parabólica en banda C (el equipo de RF).

La GUS cuenta con una antena que recibe la transmisión (enlace descendente) de la carga útil de navegación de las señales LM-RPS y GPS L1 y L5 para calcular y corregir los retardos ionosféricos en el tiempo de propagación de la señal. Este bucle de la señal a la GUS desde la carga útil de navegación permite utilizar la SiS para determinar la distancia a fin de aumentar la disponibilidad de una señal de navegación en emplazamientos e instantes donde no se dispone de suficiente cobertura GPS. La GUS también recibe la transmisión GUS (banda de 6 GHz) y las señales de enlace descendente del satélite L1 y L5 para garantizar que no se ha degradado la señal. Las señales degradadas activan los equipos de procesamiento para que conmuten de la GUS primaria a la de reserva y de la GUS de reserva a la primaria. Si la señal sigue degradada el equipo de procesamiento transmitirá un mensaje de inutilidad en lugar del mensaje de aumento WAAS. La combinación de cuatro GUS y dos satélites LM-RPS, a 133° W y 107,3° W, asegura que estará presente una SiS en la NAS casi permanentemente, logrando la fiabilidad deseada por la FAA. Las posibles y futuras estaciones espaciales LM-RPS en otras posiciones orbitales funcionarán proporcionando fiabilidades similares para las administraciones de aviación en otras regiones.

4 Señal LM-RPS

Las redes LM-RPS transmiten los mensajes de aumento WAAS en cada una de las dos frecuencias, LM-RPS L1 y LM-RPS L5. La comunidad de aviación determina la estructura de la señal para los mensajes SBAS. Dichos mensajes están en el mismo formato y estructura básicos que la señal de navegación GPS transmitida en esas frecuencias por los satélites GPS. Utilizan un formato y estructura GPS ya que están destinadas a ser recibidas como un mensaje GPS por los receptores de usuario equipados adecuadamente.

La estructura de señal común incluye un código C/A con el mensaje WAAS incorporado y un código civil similar a GPS. El sistema está diseñado de manera que una o las dos señales de código C/A y P(Y) pueden incorporarse en los enlaces ascendentes y, por lo tanto, pueden transmitirse en los enlaces descendentes LM-RPS L1 y LM-RPS L5.

El formato de señal para la transmisión LM-RPS L1 se describe con más detalle en la especificación WAAS para L1 (FAA-E-2892B) y el formato de señal para la transmisión LM-RPS L5 se define en la especificación de señal preparada por RTCA para L5 (RTCA/DO-261).

Los niveles de señal de las transmisiones LM-RPS en los canales L1 y L5 a partir de las estaciones espaciales LM-RPS-133W y LM-RPS-107,3W figuran en el Cuadro 14. El nivel de señal transmitida disminuye aproximadamente 3 dB con respecto al nivel de cresta en el punto de nadir del satélite hasta el borde de la cobertura para un ángulo del vértice del cono de 8,75°. Cabe esperar que las otras redes LM-RPS actúen de forma similar.

CUADRO 14

Intensidad de señal para las señales L1 y L5 procedentes de los satélites LM-RPS

Potencia isotrópica radiada equivalente de cresta (dBW)⁽¹⁾	LM-RPS L1	LM-RPS L5
LM-RPS-133W	36,6	33,0
LM-RPS-107,3W	34,2	34,9

⁽¹⁾ La potencia de cresta se produce en el punto de nadir de la cobertura de transmisión.

5 Frecuencias de funcionamiento LM-RPS

Las frecuencias del enlace ascendente LM-RPS se eligieron cuidadosamente para utilizar la anchura de banda disponible en las bandas del servicio fijo por satélite sin causar interferencia a los enlaces ascendentes del SRNS o a otros proveedores del SFS. LM-RPS utiliza los enlaces ascendentes de la banda C ampliada (6 425-6 700 MHz) para los satélites LM-RPS-133W y LM-RPS-107,3W. Estas frecuencias de enlace ascendente, que se regulan como frecuencias del SFS, se indican aquí como referencia. En el LM-RPS-133W, C1, que se traslada a L1, se utiliza 6 639,27 MHz como frecuencia portadora y C5, que se traslada a L5, se transmite en 6 690,42 MHz. En el LM-RPS-107,3W, C1 se transmite a la frecuencia de 6 625,45 MHz y C5 a la frecuencia de 6 676,45 MHz.

Las frecuencias del enlace descendente, como se ha indicado anteriormente son GPS-L1 en 1 575,42 MHz, y GPS-L5 1 176,45 MHz. Como utilizan las mismas frecuencias que GPS, las señales LM-RPS se diferencian de las otras señales GPS sobre L1 y L5 mediante la utilización de un único código PRN. Esto es idéntico al sistema GPS y su aplicación de los PRN para cada satélite individual. El código PRN se coordina con el operador del sistema GPS a fin de garantizar compatibilidad con GPS y con otras transmisiones de señal similares a GPS.

6 Espectro para las señales de telemando y teledida

Los satélites LM-RPS en 133 WL y 107,3 WL incluyen cargas útiles de navegación que funcionan como «satélites compartimentados» que comparten instalaciones de dos satélites del SFS comerciales. Las funciones de telemando y teledida están integradas en los sistemas de telemando, teledida y seguimiento (TTC) de las aeronaves. Compartiendo estas funciones TTC, LM-RPS no requiere espectro adicional para controlar sus satélites. Los futuros satélites LM-RPS que sirven en otras zonas del mundo podrían funcionar de una forma similar como «satélites compartimentados» o como satélites autónomos con frecuencias TTC especializados en la gama 4/6 GHz.

7 Parámetros de transmisión LM-RPS

Como el LM-RPS transmite señales de navegación del SRNS espacio-Tierra en dos bandas, los parámetros de transmisión LM-RPS aparecen en dos Cuadros que representan las dos bandas del SRNS en las que el LM-RPS transmite las señales de navegación.

7.1 Parámetros de transmisión LM-RPS L1

Los principales parámetros de las transmisiones LM-RPS aparecen en el Cuadro 15.

CUADRO 15

Transmisiones LM-RPS L1 en la banda 1 559-1 610 MHz

Parámetro	Valores de parámetro
Frecuencia de portadora (MHz)	1 575,42 ± 12
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	1,023
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	250
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	500
Método de modulación de la señal	MDP2-R(1) (véase la Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Elípticidad (dB)	2,0 máximo
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-158,5 (véase la Nota 2)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	24,0

Notas al Cuadro 15:

NOTA 1 – Para los parámetros LM-RPS del SRNS, MDP2-R(n) se refiere a una modulación con desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 2 – La mínima potencia recibida del LM-RPS se mide a la salida de una antena receptora de usuario de referencia con polarización lineal de 3 dBi (situada cerca del suelo) con la orientación normal más desfavorable cuando el satélite se encuentra con un ángulo de elevación de 5 grados o superior por encima del horizonte de la Tierra visto desde la superficie de la misma.

7.2 Parámetros de transmisión LM-RPS L5

Los parámetros principales de las transmisiones LM-RPS L5 figuran en el Cuadro 16.

CUADRO 16

Transmisiones LM-RPS L5 en la banda 1 164-1 215 MHz

Parámetro	Valores de parámetro
Frecuencia de portadora (MHz)	1 176,45 ± 12
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	10,23
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	250
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	500
Método de modulación de la señal	MDP2-R(10) (véase la Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Elípticidad (dB)	2,0 máximo
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-157,9 (véase la Nota 2)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	24,0

CUADRO 16 (*fin*)*Notas al Cuadro 16:*

NOTA 1 – Para los parámetros LM-RPS del SRNS, MDP2-R(*n*) se refiere a una modulación con desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 2 – La mínima potencia recibida del LM-RPS se mide a la salida de una antena receptora de usuario de referencia con polarización lineal de 3 dBi (situada cerca del suelo) con la orientación normal más desfavorable cuando el satélite se encuentra con un ángulo de elevación de 5 grados o superior por encima del horizonte de la Tierra visto desde la superficie de la misma.

Anexo 7**Descripción técnica del sistema y características de las estaciones espaciales de transmisores del sistema COMPASS****1 Introducción**

El COMPASS consiste en una constelación de 30 satélites no geoestacionarios y 5 satélites geoestacionarios en las posiciones 58,75° E, 80° E, 110,5° E, 140° E y 160° E. Cada satélite transmite señales de navegación en las tres bandas de frecuencias. Estas señales de navegación se modulan con un tren de bits predeterminado que contiene las efemérides codificadas de datos y hora y con una anchura de banda suficiente como para lograr la precisión de navegación necesaria sin recurrir a la transmisión bidireccional o a la integración Doppler. El sistema proporciona una determinación precisa en tres dimensiones de la posición, la velocidad y el tiempo en cualquier punto sobre la superficie de la Tierra o próxima a la misma.

1.1 Requisitos de frecuencia

Los requisitos de frecuencia para el COMPASS se basan en una evaluación de los requisitos de precisión de usuario, resolución del retardo de propagación espacio-Tierra, supresión multitrayecto y coste y configuración de los equipos. El sistema COMPASS transmite señales de navegación en tres bandas de frecuencia, a saber, B1, B2 y B3:

- B1: 1 561,098 MHz (B1I), 1 575,42 MHz (B1C, B1A)
- B2: 1 176,45 MHz (B2a), 1 207,14 MHz (B2b) (las señales B2a y B2b se multiplexan en la señal B2 centrada en 1 191,795 MHz)
- B3: 1 268.52 MHz (B3I, B3Q, B3A).

NOTA – Los nombres de las señales correspondientes se indican entre paréntesis.

Para el funcionamiento de COMPASS se utilizan tres canales iniciales: 1 575,42 MHz, 1 191,795 MHz, y 1 268,52 MHz. Esta diversidad en frecuencia y la amplia anchura de banda utilizada por el COMPASS aumentará la precisión en la determinación de la distancia para la resolución del retardo de propagación espacio-Tierra y mejorará la supresión multitrayecto con objeto de aumentar la precisión total.

2 Características generales del sistema

El sistema COMPASS es un sistema de radiocomunicaciones espacial que funciona de manera continua en cualquier situación meteorológica para la navegación, el posicionamiento y la transferencia de la hora y que proporciona información tridimensional extremadamente precisa sobre la posición y la velocidad junto con una referencia de hora común exacta a los usuarios adecuadamente equipados que se encuentran en cualquier punto de la superficie de la Tierra o en sus proximidades.

El sistema COMPASS funciona según el principio de trilateración pasiva. El equipo de usuarios COMPASS mide en primer lugar las pseudodistancias a cuatro satélites, calcula sus posiciones y sincroniza su reloj con el COMPASS utilizando las efemérides recibidas y los parámetros de corrección del reloj. A continuación determina la posición tridimensional del usuario y el desplazamiento del reloj de usuario con respecto a la hora del COMPASS, calculando fundamentalmente la solución simultánea de cuatro ecuaciones de distancia.

De forma similar, puede estimarse la velocidad tridimensional del usuario y el ritmo de su reloj resolviendo cuatro ecuaciones de velocidad, a partir de las mediciones de pseudovelocidad con respecto a los cuatro satélites.

3 Segmento del sistema

El sistema consta de tres segmentos principales: segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario. A continuación se describe la función principal de cada segmento.

3.1 Segmento espacial

El segmento espacial comprende cinco satélites geoestacionarios y una constelación de 30 satélites no geoestacionarios que funcionan como puntos de referencia «celestes» y emiten desde el espacio señales de navegación con codificación precisa de la hora. Los cinco satélites geoestacionarios están situados respectivamente en 58,75° E, 80° E, 110,5° E, 140° E y 160° E. Además dispone de dos satélites de repuesto inactivos situados en 144,5° E y 84° E. La constelación operativa de 30 satélites no geoestacionarios comprende 27 satélites MEO y 3 satélites OSG inclinados. Los 27 satélites MEO están situados en tres planos orbitales, nueve satélites por plano, con una inclinación aproximada de 55 grados con respecto al Ecuador y la altura de la órbita es de unos 21 500 km. Los tres satélites OSG inclinados (IOSG) están situados en planos orbitales por una inclinación de unos 55 grados con respecto al Ecuador y la longitud de cruce es de unos 118° E.

3.2 Segmento de control

El segmento de control realiza las funciones de seguimiento, cálculo, actualización y supervisión necesarias para controlar diariamente todos los satélites del sistema. Consta de dos estaciones de control principal en China, donde se efectúa todo el procesamiento de los datos, y varias estaciones de comprobación técnica situadas a gran distancia unas de otras en una zona visible desde el segmento espacial.

Las estaciones de comprobación técnica realizan un seguimiento pasivo de todos los satélites a la vista y miden los datos de distancia y velocidad Doppler. Estos datos se procesan en la estación de control principal para calcular las efemérides de los satélites, los desplazamientos de reloj, las derivas de reloj y el retardo de propagación y, a continuación, se emplean para generar mensajes destinados a los satélites. Esta información actualizada se transmite a los satélites para almacenamiento en memoria y posterior transmisión por los satélites, como parte de los mensajes de navegación dirigidos a los usuarios.

3.3 Segmento de usuario

El segmento de usuario es el conjunto de todos los equipos de usuario y sus equipos de soporte. El equipo de usuario consiste típicamente en una antena, un receptor/procesador COMPASS, un ordenador y dispositivos de entrada/salida. Adquiere y sigue las señales de navegación procedentes de los cuatro o más satélites a la vista, miden sus tiempos de tránsito en RF, las fases de las señales de RF y las derivas de frecuencia Doppler, las convierte en pseudodistancias, fases de portadora y pseudovelocidades y determina mediante estos datos la posición tridimensional, la velocidad y la hora del sistema. Los equipos de usuario van desde receptores relativamente sencillos, ligeros y portátiles hasta receptores perfeccionados integrados con otros sistemas o sensores de navegación para proporcionar una buena calidad de funcionamiento en condiciones sumamente dinámicas.

4 Estructura de la señal COMPASS

A continuación figura una breve descripción de las señales COMPASS disponibles para su utilización en aplicaciones de navegación y temporización.

4.1 Transmisiones de B1 COMPASS en la banda de frecuencias 1 559-1 610 MHz

COMPASS utiliza tres señales (B1I, B1C, B1A) en la banda 1 559-1 610 MHz del RNSS. Los principales parámetros de las transmisiones de COMPASS B1 se indican en el Cuadro 17.

La señal B1I de servicio abierto (OS) se emite en 1 561,098 MHz con modulación MDP2-R (2). Los satélites MEO/OSG inclinado transmiten la señal B1I con datos de navegación de 50 bits/s, mientras que los satélites OSG transmiten la señal B1I con datos de navegación de 500 bits/s.

La señal B1C de OS y la señal B1A del servicio autorizado (AS) se emiten en 1 575,42 MHz.

La señal B1C, transmitida por los satélites MEO e IGSO, consta de componentes piloto y de datos. La componente piloto B1CP utiliza modulación BOC multiplexada en cuadratura (QMBOC), que comprende componentes BOC(1,1) y BOC(6,1) modulados en cuadratura de fase. El componente de datos B1CD emplea la modulación BOC(1,1).

La QMBOC(6,1,4/33) utilizada por B1CP tiene una densidad espectral de potencia (PSD) normalizada que viene dada por:

$$QMBOC(f) = \frac{29}{33} BOC_{1,1}(f) + \frac{4}{33} BOC_{6,1}(f)$$

La PSD total de la señal B1C viene dada por:

$$S(f) = \frac{1}{4} BOC_{1,1}(f) + \frac{3}{4} QMBOC(f) = \frac{10}{11} BOC_{1,1}(f) + \frac{1}{11} BOC_{6,1}(f)$$

La señal SBAS-B1C es transmitida por los satélites OSG para el servicio SBAS y emplea modulación MDP2-R(1).

La señal B1A utiliza modulación BOC(14,2) y consta de las componentes piloto y datos con fase en cuadratura.

CUADRO 17

Transmisiones B1 de COMPASS en la banda 1 559-1 610 MHz

Parámetro	B1I	B1C	SBAS-B1C	B1A
Frecuencia portadora (MHz)	1561,098	1575,42	1575,42	1575,42
Velocidad de chips de Código PRN (Mchip/s)	2,046	1,023	1,023	2,046
Velocidad binaria de datos de navegación (bit/s)	MEO/OSGI: 50 GSO: 500	50	250	50 (MEO/OSGI) 125 (GSO)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(2)	QMBOC(6,1,4/33) (B1CP) BOC(1,1) (B1CD)	MDP2-R(1)	BOC(14,2)
Polarización	RHCP	RHCP	RHCP	RHCP
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	MEO: -158,5 OSG/OSGI: -160,3 (véase la Nota)	MEO: -158,0 OSGI: -157,7 (véase la Nota)	OSG: -158,5 (véase la Nota)	MEO: -156,9 OSG/OSGI: -157,7 (véase la Nota)

NOTA – La potencia mínima recibida en la superficie de la Tierra se mide a la salida de una antena receptora isotrópica de 0 dBic para cualquier ángulo de elevación igual o superior a 5 grados.

4.2 Transmisiones B2 de COMPASS en la banda de frecuencias 1 164-1 215 MHz

COMPASS utiliza dos señales en la banda 1 164-1 215 MHz del SRNS, a saber, B2a y B2b, emitidas en 1 176,45 MHz y 1 207,14 MHz, respectivamente. Para multiplexar las señales B2a y B2b en una señal B2 centrada en 1 191,795 MHz se emplea una modulación BOC de envolvente constante asimétrica (ACE-BOC) con una tasa de subportadora de 15,345 MHz. Los principales parámetros de las transmisiones B2 de COMPASS se presentan en el Cuadro 18.

La señal B2a emplea la modulación MDP-4-R(10) y consta de la componente piloto B2aP y la componente de datos B2aD en cuadratura de fase. Los satélites MEO/OSG inclinada transmiten la señal B2a para proporcionar el servicio OS y los satélites OSG transmiten la señal B2a para proporcionar el servicio SBAS.

La señal B2b emplea modulación MDP-4-R (10) y consta de los componentes B2bI y B2bQ en cuadratura de fase. Los satélites MEO/OSG inclinada transmiten la señal B2b para proporcionar el servicio OS y los satélites GSO transmiten la señal B2b para proporcionar el servicio de posicionamiento puntual preciso (PPP).

CUADRO 18

Transmisiones B2 de COMPASS en la banda 1 164-1 215 MHz

Parámetro	B2			
	B2a		B2b	
	B2a _P	B2a _D	B2b _I	B2b _Q
Frecuencia portadora (MHz)	1 176,45		1 207,14	
Velocidad de chips de Código PRN (Mchip/s)	10,23			
Velocidad binaria de datos de navegación (bit/s)	Sin datos	MEO/OSGi: 100 OSG: 250	500	500
Método de modulación de la señal	MDP2-R(10)	MDP2-R(10)	MDP2-R(10)	MDP2-R(10)
Polarización	RHCP			
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	MEO: -154,0 OSG/OSGI: -156,3 (véase la Nota)		MEO: -155,0 OSG/OSGI: -157,3 (véase la Nota)	

NOTA – La potencia mínima recibida en la superficie de la Tierra se mide a la salida de una antena receptora isotrópica de 0 dBic para cualquier ángulo de elevación igual o superior a 5 grados.

4.3 Transmisiones B3 de COMPASS en la banda de frecuencias 1 215-1 300 MHz

COMPASS utiliza tres señales (B3I, B3Q, B3A) en la banda RNSS de 1 215-1 300 MHz, que se emiten en 1 268,52 MHz. Los principales parámetros de las transmisiones B3 de COMPASS se presentan en el Cuadro 19.

La señal OS B3I emplea la modulación BPSK-R(10). Los satélites MEO/OSGI transmiten la señal B3I con datos de navegación a 50 bit/s, mientras que los satélites GSO transmiten la señal B3I con datos de navegación a 500 bit/s.

La señal AS B3Q también emplea la modulación MDP2-R(10).

La señal AS B3A emplea la modulación MDP2-R(10).

CUADRO 19

Transmisiones B3 de COMPASS en la banda 1 215-1 300 MHz

Parámetro	B3I	B3Q	B3A
Frecuencia portadora (MHz)	1 268,52		
Velocidad de chips de Código PRN (Mchip/s)	10,23	10,23	10,23
Velocidad binaria de datos de navegación (bit/s)	MEO/IGSO: 50 GSO: 500	500	50
Método de modulación de la señal	BPSK-R(10)	BPSK-R(10)	QPSK-R(10)
Polarización	RHCP		
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antenna de referencia (dBW)	MEO: -157,3 GSO/IGSO: -159,1 (véase la Nota)	MEO: -157,3 GSO/IGSO: -159,1 (véase la Nota)	MEO: -157,3 GSO/IGSO: -159,1 (véase la Nota)

NOTA – La potencia mínima recibida en la superficie de la Tierra se mide a la salida de una antena receptora isotrópica de 0 dBic para cualquier ángulo de elevación igual o superior a 5 grados.

Anexo 8**Descripción técnica y características de las redes de navegación Inmarsat****1 Introducción**

Las redes del transpondedor de navegación Inmarsat constan de siete satélites de carga útil del SRNS en órbita geoestacionaria para la prestación de capacidad espacial a un sistema SBAS. Cuatro cargas útiles del SRNS son cargas útiles de un solo canal sobre los satélites Inmarsat de tercera generación (Inm-3) y tres cargas útiles del SRNS son cargas útiles multicanal sobre los satélites de cuarta generación de Inmarsat (Inm-4). Además de proporcionar servicio en el SRNS, los mismos satélites proporcionan servicio de comunicaciones móviles por satélite en las bandas de frecuencias del SMS de 1,5/1,6 GHz. Esta información podrá cambiar en el futuro.

Los emplazamientos orbitales de los satélites son los que figuran en el Cuadro 20. Cabe señalar que los satélites pueden desplazarse de vez en cuando dependiendo de los requisitos globales del sistema. Todas las emisiones se coordinan de conformidad con el RR de la UIT. La publicación anticipada pertinente solicita que la información de coordinación y notificación sea presentada por la Administración del Reino Unido.

CUADRO 20

Longitudes de las posiciones orbitales del satélite

Satélite	Posición orbital
3F1	64° E
3F2	15,5° W
3F3	178° E
3F5	54° E
4F1	143,5° E
4F2	64° E
4F3	98° W

1.1 Características generales del sistema

Inmarsat proporciona cuatro cargas útiles de navegación para los sistemas de aumento espaciales (SBAS), específicamente dos cargas útiles de navegación para el Servicio Global de Navegación de Cobertura Europea (EGNOS), una carga útil para el sistema de aumento de zona amplia (WAAS) hasta noviembre de 2017 y una carga útil de navegación para el banco de pruebas SMAS de Australia y Nueva Zelanda.

En el EGNOS actual, la Agencia de supervisión del SMNS (GSA) utiliza un transpondedor de navegación Inm-3 sobre la Región Oriental del Océano Atlántico (AOR-E) a 15,5° W (satélite 3F2) y un transpondedor de navegación Inm-4 sobre la Región Asia y Oriente Medio (MEAS) a 64° E (satélite 4F2).

En el WAAS, la Administración de Aviación Federal (FAA) utiliza un transpondedor de navegación Inm-4 sobre la Región Américas (AMER) a 98° W (satélite 4F3) hasta noviembre de 2017.

En el banco de pruebas SBAS de Australia y Nueva Zelanda, Geoscience Australia (GA) utiliza un transpondedor de navegación Inm-4 sobre la Región Asia-Pacífico (APAC) a 143,5° E (satélite 4F1).

2 Configuración del sistema

La red de transpondedores de navegación Inmarsat consta de transpondedores de navegación (o segmento espacial) en satélites Inmarsat-3 e Inmarsat-4 disponibles para funciones SBAS.

2.1 Segmento espacial

El transpondedor de navegación en cada una de las series Inm-3 de satélites es un simple transpondedor del tipo traslación de frecuencia o «guiaondas acodado». Cada satélite recibe la señal SBAS enviada por el enlace ascendente en un solo canal de frecuencia fija en la banda de frecuencias 5 925-6 700 MHz del SFS. Esta señal se filtra y traslada a la frecuencia GPS-L1 (centrada en 1 575,42 MHz) y también se transmite por el enlace descendente en la banda de frecuencias 3 400-4 200 MHz del SFS.

Los transpondedores de navegación en cada uno de los satélites Inm-4 también son simples transpondedores de traslación de frecuencia o de tipo «guiaondas acodado». Cada satélite recibe las señales SBAS por enlace ascendente en un par de canales de frecuencia fija en la banda 5 925-6 700 MHz del SFS. Las señales se filtran y se trasladan a la frecuencia GPS-L1 (centrada en 1 575,42 MHz) y la frecuencia GPS-L5 (centrada en 1 176,45 MHz).

En el caso de los satélites Inm-3 e Inm-4, la señal del SRNS se amplifica y se transmite a la Tierra mediante una antena de haz global que proporciona cobertura de la superficie visible de la Tierra y a una aeronave que se encuentra a una altitud de hasta unos 100 000 pies (aproximadamente 30 000 m). Estos sistemas se han diseñado para aumentar la integridad y precisión de las señales de navegación GPS y GLONASS primarias.

2.2 Segmento en tierra

La infraestructura en tierra SBAS conexas que recibe las señales SRNS y calcula los datos de corrección adecuados depende del operador SBAS pertinente antes de incorporarlos a la señal de enlace ascendente.

3 Señales SBAS

La red de transpondedores de navegación Inmarsat transmite mensajes de aumento SBAS en la frecuencia GPS-L1 únicamente (Inm-3) o en las frecuencias GPS-L1 y GPS-L5 (Inm-4). La comunidad de aviación determina la estructura de la señal para los mensajes SBAS, que se encuentran en el mismo formato y estructura básicos que la señal de navegación GPS transmitida en estas frecuencias por los satélites GPS. Utilizan un formato y estructura GPS ya que están destinadas a ser recibidas por los receptores de usuario adecuadamente equipados, como un mensaje GPS.

La estructura de señal común incluye un código C/A con el mensaje SBAS incorporado y un código civil similar al GPS. El sistema está diseñado de manera que cualquiera de las señales de código C/A y P(Y) pueden incorporarse a los enlaces ascendentes y, por consiguiente, transmitirse en los enlaces descendentes L1 y L5.

El formato para la señal L1 se describe con más detalle en la especificación WAAS para L1 (FAA-E-2892B) y el formato para la señal L5 se define en la especificación de señal preparada por la RTCA para L5 (RTCA/DO-261).

Los niveles de potencia de las señales de navegación transmitidas en L5 y L1 desde las estaciones espaciales Inm-3 e Inm-4 figuran en el Cuadro 21. El nivel de la señal transmitida disminuye aproximadamente 3 dB con respecto al valor de cresta en el punto de nadir del satélite en relación al borde de la cobertura para un ángulo con respecto al eje de unos 8,75 grados.

CUADRO 21

p.i.r.e. nominal⁽¹⁾ (dBW) de las señales L1 y L5 (haz de cresta)

Satélite	L1	L5
Inm-3F1	33	N/A
Inm-3F2	33	N/A
Inm-3F3	33	N/A
Inm-3F5	33	N/A
Inm-4F1	31,4	29,9
Inm-4F2	31,4	29,9
Inm-4F3	31,4	29,9

⁽¹⁾ Según los ficheros de Inmarsat de la UIT.

NOTA – La potencia de cresta se produce en el punto de nadir de la cobertura de transmisión.

Las señales se diferencian de otras señales GPS mediante la utilización de un código PRN único. Es idéntico al sistema GPS con su aplicación de distintos códigos PRN para cada satélite individual. El código PRN se coordina con el operador del sistema GPS para garantizar compatibilidad con el GPS y con otras transmisiones de señal similares al GPS.

4 Espectro de telemando y teledida

Los transpondedores de navegación forman parte de una carga útil del satélite más amplia que incluye transpondedores que proporcionan servicios móviles por satélite. Las funciones de telemando y teledida para la parte de navegación están integradas en los sistemas TTC (seguimiento, teledida y telemando) globales del vehículo espacial. Compartiendo las funciones de TTC, no es necesario espectro adicional para controlar los transpondedores de navegación.

Anexo 9

Descripción técnica y características de la red NIGCOMSAT SBAS

1 Introducción

Las redes del sistema de aumento por satélite Nigcomsat (NigSAS) constan de tres satélites geoestacionarios de carga útil del SRNS. La implementación actual es NIGCOMSAT-1G (42,5° E) puesto en órbita el 13 de mayo de 2007. NIGCOMSAT-1A (19,2° W) y NIGCOMSAT-1D (22° E) están en la etapa de planificación. Los tres satélites tendrán las mismas cargas útiles del SRNS.

2 Planes de frecuencia y polarización

Como muestra el Cuadro 22, cada satélite recibe la señal SBAS de enlace ascendente en la banda C y transmite por los enlaces descendentes la señal de navegación en la banda L.

CUADRO 22

Canal	Frecuencia (MHz)	Polarización	Anchura de banda (MHz)
C1-enlace ascendente	6 698,42	Polarización circular levógira	4
C5-enlace ascendente	6 639,45	Polarización circular levógira	20
L1-enlace descendente	1 575,42	Polarización circular dextrógira	4
L5-enlace descendente	1 176,45	Polarización circular dextrógira	20

3 Segmento de usuario

NigSAS está diseñado para que sea compatible con los sistemas de aumento GPS y Galileo, por consiguiente proporcionará integridad y corrección de datos a los receptores compatibles con GPS/Galileo.

4 Segmento en tierra

No es aplicable ya que el objetivo del NigSAS es proporcionar capacidad espacial a las actuales redes SBAS.

5 Servicio de navegación

La cobertura de recepción en la banda L incluye África, Europa Occidental y Oriental y Asia para la carga útil del SRNS NIGCOMSAT-1G.

6 Señal de navegación

El NigSAS transmite mensajes SBAS en las frecuencias portadoras L1 y L5 que utilizan la estructura con formato GPS. Los métodos de modulación de los componentes en fase (I) y en cuadratura (Q) de la señal dependen de la elección de la frecuencia portadora. La señal SBAS de cada satélite se diferencia de otras señales SBAS por el uso de códigos de ruido pseudoaleatorio (códigos PRN). La velocidad binaria de datos de navegación a ambas frecuencias es 50 bit/s.

6.1 Señal L1

La frecuencia L1 de 1 575,42 MHz presenta una modulación MDP2 en el canal I mediante el código PRN L1 de adquisición aproximada con una velocidad de chip de 1,023 Mchip/s y una longitud de código de 1 023. La elección de la modulación del canal Q corresponde al arrendatario de la carga útil del SRNS cuya red GNSS/SBAS existente se aumentará. El Cuadro 23 proporciona más información al respecto.

CUADRO 23

Frecuencia portadora (MHz)	Denominación de la emisión	Anchura de banda asignada (MHz)	Máxima potencia de cresta (dBW)	Máxima densidad de potencia (dB(W/Hz))	Ganancia de antena (dBi)
1 575,42	4M00X2D	4,0	17,9	-42,1	13,5
	2M20X2D	2,2	17,9	-42,1	

6.2 Señal L5

La frecuencia L5 de 1 176,42 MHz se modula en los canales I y Q por dos códigos PRN L5 distintos. La velocidad de chip de cada código L5 PRN es 10,23 Mchip/s con una longitud de código de 10 230, pero únicamente se modula el componente en fase por los datos de navegación. La velocidad de código más rápida de la señal L5 mejora la función de autocorrelación del segmento de usuario. El Cuadro 24 proporciona más información al respecto.

CUADRO 24

Frecuencia portadora (MHz)	Denominación de la emisión	Anchura de banda asignada (MHz)	Máxima potencia de cresta (dBW)	Máxima densidad de potencia (dB(W/Hz))	Ganancia de antena (dBi)
1 176,45	20M0X2D	20	16,5	-53,5	13,0
	4M00X2D	4	16,5	-43,5	

Anexo 10

Descripción técnica del sistema de navegación por satélite regional indio (IRNSS) y del sistema SBAS indio, GAGAN (GPS-Aided Geo-Augmented Navigation)

1 Introducción

India está implantando su sistema de navegación regional por satélite (IRNSS) sobre el subcontinente indio y zonas adyacentes. El IRNSS funcionará en la banda 1 164-1 215 MHz y probablemente en la banda 1 559-1 610 MHz. La constelación básica del IRNSS comprende tres satélites OSG y cuatro satélite OSG inclinados (OSG-I) en 29° E respecto al Ecuador. Se ha previsto aumentar la constelación básica de siete satélites con cuatro satélites OSG-I adicionales, para obtener una constelación de 11 satélites. El sistema pretende prestar servicios de navegación, determinación de posición y señales horarias precisas.

India está desarrollando un sistema complementario espacial (Space-Based Augmentation System, SBAS), GAGAN (GPS Aided GEO Augmented Navigation) sobre el espacio aéreo indio. El SBAS GAGAN indio pretende facilitar una mejor precisión, fiabilidad, integridad y continuidad que el GPS básico. Las características del segmento espacial y del segmento de tierra son similares a otros SBAS implantados, tales como el WAAS sobre el espacio aéreo de los Estados Unidos, el EGNOS sobre la región de la CEAC europea y el MSAS sobre Japón.

1.1 Requisitos de frecuencia de IRNSS y GAGAN

Los requisitos de frecuencia del sistema IRNSS emanan de la evaluación de los requisitos de posición, navegación y temporización-precisión, estimaciones del retardo de propagación entre el espacio y la Tierra, estimaciones de los trayectos múltiples y del ruido del receptor y los costes de los equipos y su configuración.

En la portadora L5, el IRNSS transmite dos señales en IRNSS con una frecuencia central de 1 176,45 MHz. Las señales incluyen una señal del Servicio de Posicionamiento Normalizado (SPS) con modulación MDP-4 de 1 MHz y una señal de servicio restringido (RS) con modulación BOC (5,2).

En la portadora L1, se prevé transmitir dos señales en IRNSS con una frecuencia central de 1 575,42 MHz. Las señales previstas incluyen una señal SPS que puede ser BOC (1,1), CBOC (6,1,1/11) o TMBOC (6,1,1/11) y una señal RS que puede ser BOC_s(5,2), BOC_c (4,2) o BOC (12,2) (se seleccionará uno de estos tres esquemas de modulación en función del resultado de la coordinación con otros operadores GNSS).

El SBAS GAGAN indio transmite señales de aumento del GPS en la banda 1 559-1 610 MHz (con una frecuencia central de 1 575,42 MHz) y en la banda 1 164-1 215 MHz (con una frecuencia central de 1 176,45 MHz).

2 Características generales del sistema

El IRNSS es un sistema de satélites de navegación radioeléctrico espacial permanente todo tiempo para los servicios de posicionamiento, navegación y temporización para cualquier usuario equipado con receptores adecuados, en cualquier lugar de la zona de servicio.

El sistema funciona bajo el principio de la trilateración pasiva. El equipo de usuario IRNSS mide las distancias de cuatro o más satélites y calcula su posición tras sincronizar su reloj con el del sistema IRNSS mediante las efemérides y los parámetros de corrección de reloj recibidos.

A continuación determina la posición tridimensional del usuario en una trama de referencia WGS-84 y la diferencia temporal del usuario a partir de la referencia temporal del IRNSS, resolviendo simultáneamente cuatro ecuaciones de distancia.

La velocidad tridimensional del usuario y su diferencia horaria se pueden estimar resolviendo cuatro ecuaciones de velocidad dadas por las mediciones de velocidad y de pseudodistancia de cuatro satélites. Las mediciones se denominan «pseudo» porque se realizan mediante un reloj de usuario impreciso (bajo coste) situado en el receptor y contiene términos fijos de error debido a las diferencias entre los relojes de los receptores y el tiempo IRNSS.

Las cargas útiles del SBAS GAGAN se transportan también en tres satélites geoestacionarios indios de comunicaciones. Las cargas útiles complementarias GAGAN transmiten correcciones a las señales recibidas del GPS básico para mejorar la precisión, la integridad, la disponibilidad y la continuidad.

2.1 Aplicaciones de los sistemas IRNSS y GAGAN

Los servicios del IRNSS pretenden prestar servicios de posicionamiento, navegación y temporización para el público en general y servicios de interés general.

3 Segmentos del sistema

Los sistemas IRNSS y GAGAN comprenden tres segmentos principales: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento de usuario. Las funciones principales de cada segmento son las siguientes:

3.1 Segmento espacial

El segmento espacial del IRNSS comprende siete satélites (tres satélites OSG y cuatro OSG-I) cuya función es transmitir desde el espacio señales de navegación codificadas en el tiempo con precisión. La constelación IRNSS es permanentemente visible desde todos los puntos situados sobre la zona de servicio. Se ha previsto añadir cuatro satélites OSG-I adicionales a la constelación en el futuro inmediato.

3.2 Segmento en tierra

El segmento terreno del IRNSS controla toda la constelación IRNSS, supervisa la salud de los satélites y carga datos para su difusión consiguiente a los usuarios. El segmento terreno recibe las transmisiones de los satélites y elementos clave tales como datos, sincronización de reloj y efemérides de las órbitas que se calculan a partir de mediciones realizadas por una red de estaciones terrenas desplegadas en la zona de servicio.

Los principales elementos del segmento en tierra son los siguientes:

- Servicio de control del satélite IRNSS (IRSCF) que proporciona las funciones de gestión de la constelación y control de los satélites, mantenimiento de los satélites y verificación de la calidad, y enlaces ascendentes de datos de la misión.
- El Centro de Navegación Indio (INC) que contiene el *software* de navegación que realiza las funciones de navegación, procesamiento de la integridad y control.

- Las estaciones de comprobación de la integridad y de determinación de distancia IRNSS (IRIMS) se utilizan para facilitar la determinación de la distancia unidireccional continua del satélite IRNSS y para determinar la integridad de la constelación IRNSS. Este IRIMS supervisa constantemente las señales de navegación de la constelación IRNSS y transmite a INC datos con pseudodistancias e información sobre la fase de la portadora.
- Determinación de la hora de red IRNSS (IRNWT) sirve de marco estable de referencia horaria al IRNSS.
- Estaciones de determinación de la distancia CDMA (IRCDR) que transportan dos operaciones.

El segmento terreno GAGAN está constituido por estaciones de control de satélites denominadas Indian Land Uplink Stations (INLUS, Estaciones terrenas indias de enlace ascendente) y un conjunto de estaciones de referencia denominadas INRES. Los datos provenientes de las INRES se recopilan y analizan en un centro de control principal (MCC) y posteriormente se envían a los satélites las correcciones necesarias para las cargas útiles de navegación del GAGAN.

3.3 Segmento de usuario

El segmento de usuario del IRNSS y del GAGAN están constituidos por todos los equipos de usuario y su equipamiento de apoyo. El segmento de usuario comprende normalmente una antena, un receptor IRNSS/GAGAN, un ordenador y un dispositivo de entradas y salidas. También se considera como parte del segmento de usuario un receptor GNSS integrado capaz de recibir datos de los sistemas IRNSS, GAGAN, GPS, Galileo y GLONASS y de otras constelaciones.

4 Estructura de las señales IRNSS y GAGAN

4.1 Estructura de la señal IRNSS

Las señales IRNSS están centradas en 1 176,45 MHz y 1 575,42 MHz. La señal estrecha es una señal MDP2 de 1 MHz que transmite códigos Gold.

La señal IRNSS más ancha se modula con modulaciones BOC(5,2). La modulación BOC es una medida para conformar el espectro de la señal transmitida. Las señales de tipo BOC normalmente se expresan en la forma $BOC(f_{sub}, f_{chip})$ donde las frecuencias se indican como múltiplos de la velocidad de chip de 1,023 Mchip/s.

La densidad espectral de potencia de la señal BOC viene dada por:

$$G_{BOC_{sen}(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \cos\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \pi f} \right]^2$$

donde:

$f_s = 5 \times 1,023$ MHz es la frecuencia de la subportadora

$f_c = 2,0 \times 1,023$ MHz es la velocidad de chip.

4.1.1 Descripción de la señal IRNSS

CUADRO 25

Parámetros de la señal IRNSS L5

Parámetro	Descripción del parámetro SRNS	
	SPS	RS
Frecuencia de portadora (MHz)	1 176,45 ± 12	
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	1,023	2,046
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	25	
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	50	
Método de modulación de la señal	BPSK (1 MHz)	BOC (5,2)
Polarización	RHCP	
Elipticidad (dB)	1,8 máximo	
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-156,37	-159,30
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	24	

CUADRO 26

Parámetros de la señal IRNSS L1

Parámetro	Descripción del parámetro SRNS	
	SPS	RS
Frecuencia de portadora (MHz)	1 575,42 ± 12	1 575,42 ± 12 (para BOC _s (5,2)/BOC _c (4,2))/ 1 575,42 ± 15 (para BOC _c (12,2))
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	1,023	2,046
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	25	
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	50	
Método de modulación de la señal ⁽¹⁾	BOC (1,1)/CBOC(6,1,1/11)/ TMBOC(6,1,1/11) ⁽²⁾	BOC _s (5,2)/BOC _c (4,2)/ BOC _c (12,2)
Polarización	RHCP	
Elipticidad (dB)	1,8 máximo	
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-156,37 -161,74	
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	24	24 (para BOC _s (5,2)/BOC _c (4,2))/ 30 (para BOC _c (12,2))

CUADRO 26 (*fin*)

- (1) Se seleccionará una de las opciones de modulación en función del resultado de coordinación con otros operadores del SRNS.
- (2) La modulación MBOC es una combinación de dos señales de modulación BOC. La BOC multiplexada en el tiempo (TMBOC) y la BOC compuesta (CBOC) son dos tipos de MBOC. En la señal TMBOC, se multiplexan dos señales BOC en el tiempo. En la señal CBOC, se comparte la potencia de la señal entre dos señales BOC.

La señal TMBOC(6,1,1/11) consta de i) modulación BOC(6,1) para 1/11 del tiempo; y
ii) modulación BOC(1,1) para 10/11 del tiempo.

La señal CBOC(6,1,1/11) consta de la suma de i) 1/11 potencia de modulación BOC(6,1); y
ii) 10/11 potencia de modulación BOC(1,1).

4.2 Transmisiones GAGAN

CUADRO 27

Transmisiones GAGAN L1 en la banda 1 559-1 610 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Frecuencia de portadora (MHz)	1 575,42 ± 9 (C/A)
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	1,023 (C/A)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	250 (C/A)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	500 (C/A)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(1) (C/A)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Elipticidad (dB)	2,0 máximo
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-157,37 (C/A)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	18

CUADRO 28

Transmisiones GAGAN L5 en la banda 1 164-1 215 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Frecuencia de portadora (MHz)	1 176,45 ± 12
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	10,23
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	250 (L5I)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	500 (L5I)
Método de modulación de la señal	MDP2-R(10)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Elipticidad (dB)	2,0 máximo
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-156,3 (L5I)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	24

Anexo 11

Descripción técnica y características del sistema de aumento por satélite de Corea (KASS)

1 Introducción

El sistema de aumento por satélite de Corea (KASS), destinado principalmente a aplicaciones de aviación, se implementará con un satélite coreano hacia 2022.

El KASS transmitirá dos portadoras para señales de aumento GPS (señales SRNS). Estas señales incluyen la siguiente información: distancia, estado del satélite GPS, corrección diferencial básica (correcciones de reloj y efemérides del satélite GPS) y corrección diferencial precisa (correcciones ionosféricas).

1.1 Plan de frecuencias y polarización

Los requisitos de frecuencia para el KASS se basan en los canales GPS L1 y GPS L5, respectivamente centrados en 1 575,42 MHz y 1 176,45 MHz.

La función KASS SRNS requiere una frecuencia de enlace de conexión en el enlace ascendente desde el segmento de tierra al segmento espacial. Se utilizarán las bandas C y Ku para el enlace de conexión de satélites comerciales extranjeros operativos y el satélite coreano, respectivamente.

En el Cuadro 29 se muestran la frecuencia y polarización de las portadoras KASS.

CUADRO 29

Frecuencia y polarización de las portadoras KASS

Portadora	Frecuencia (MHz)	Polarización	Ancho de banda (MHz)
L1	1 575,42	RHCP	24
L5	1 176,45	RHCP	24

2 Características generales del sistema

La estación espacial del KASS radiodifunde la información de aumento GPS a usuarios adecuadamente equipados en la península de Corea y sus alrededores.

El equipo de usuario KASS mide la posición tridimensional del usuario GPS en un sistema de coordenadas cartesianas WGS-84 centrado y fijo con relación a la Tierra y obtiene la información de integridad GPS generada en las estaciones de procesamiento KASS (KPS) utilizando los datos GPS recibidos en tiempo real de la estación de referencia KASS (KRS).

3 Segmentos del sistema

El KASS consta de tres segmentos principales: el segmento espacial, el segmento en tierra y el segmento de usuario. A continuación se describe la función principal de cada segmento.

3.1 Segmento espacial

La carga útil de navegación del segmento espacial KASS recibe y transmite señales SRNS generadas por el segmento en tierra. Las cargas útiles coreanas estarán ubicadas en dos posiciones de 91,5°E, 113° E, 116° E y 128,2° E, que se han utilizado para el servicio fijo por satélite (SFS) y el servicio de radiodifusión por satélite (SRS).

La carga útil de navegación consta de una antena receptora para la señal de enlace de conexión en el enlace ascendente de las estaciones terrenas, un convertidor reductor de frecuencia transformada de las bandas 6 GHz ó 14 GHz a las bandas de 1,5 GHz y 1,2 GHz, un amplificador de alta potencia para la señal de enlace de usuario y una antena de haz puntual transmisora para dar cobertura a la península de Corea y sus alrededores.

3.2 Segmento en tierra

El segmento en tierra consta de las siguientes estaciones:

- 7 (mínimo) estaciones de referencia KASS (KRS);
- 2 estaciones de procesamiento KASS (KPS);
- 2 estaciones de control KASS (KCS); y
- 3 estaciones de enlace ascendente KASS (KUS).

El segmento en tierra, KRS, KPS, KCS y KUS, se situarán en Corea. Con dos KPS, el servicio SBAS dentro de la zona de servicio no se verá interrumpido por catástrofes naturales u otros efectos. La KUS es una instalación que recibe los datos KASS transmitidos por el segmento espacial y los transfiere a la KPS por un enlace de comunicación terrenal o un enlace de satélite. La KRS recibe las señales GPS L1 (1 575,42 MHz) y L5 (1 176,45 MHz) de los satélites GPS para supervisar las señales GPS y para calcular y corregir el retardo ionosférico en la propagación de la señal. La KRS tiene la función de recopilar los datos básicos necesarios para determinar la distancia de la posición de los satélites KASS a fin de crear los datos de determinación de distancia (datos de posición equivalentes a los del GPS), además de las funciones KUS.

3.3 Segmento de usuario

El segmento de usuario (receptor KASS) en el aire, el mar o la tierra determina su posición geográfica utilizando las constelaciones GPS y la señal KASS. El receptor KASS adquiere datos de distancia y corrección más precisos.

4 Estructura de la señal KASS

Las señales SRNS para el KASS son compatibles con las señales GPS L1 y L5 y las portadoras moduladas con una frecuencia central de 1 575,42 MHz y un ancho de banda de 24,0 MHz y una frecuencia central de 1 176,45 MHz y un ancho de banda de 24 MHz, respectivamente. La secuencia transmitida se suma módulo 2 al mensaje de navegación a una velocidad de 500 símbolos/s y al código de ruido pseudoaleatorio de 1 023 bits. Por último, se le aplica una MDP-2 con una velocidad de 1,023 Mchip/s. Los componentes en fase (I) y cuadratura (Q) de la señal se modulan en función de la frecuencia portadora elegida.

5 Potencia y espectros de la señal

El segmento espacial del KASS utiliza una antena de haz puntual que radia una potencia adecuada a los usuarios KASS. Las señales transmitidas por las portadoras L1 y L5 tienen una polarización circular dextrógira. En el Cuadro 30 se detallan las características de las señales KASS transmitidas desde el segmento espacial.

CUADRO 30

Características de las señales KASS

Frecuencia portadora (MHz)	Ancho de banda asignado (MHz)	Máxima potencia de cresta (dBW)	Ganancia de antena (dBi, EOC)	p.i.r.e. máxima (dBW, EOC)
1 575,42 (L1)	24,0	13,5	18,5	32,0
1 176,45 (L5)	24,0	14,0	18,5	32,5

Anexo 12

Descripción técnica y características de un sistema de supervisión y corrección diferencial (SDCM)

1 Introducción

El SDCM es un sistema de aumento espacial para el sistema mundial de navegación GLONASS que aumenta la precisión y aporta integridad al posicionamiento de usuarios de navegación marítima, aeronáutica, terrenal y espacial por señales radioeléctricas de precisión normal.

2 Características generales del sistema

El SDCM consta de tres satélites geoestacionarios. En el Cuadro 31 se detallan las posiciones orbitales de los satélites y los nombres de las redes de satélites correspondientes, notificadas a la UIT.

CUADRO 31

Posiciones orbitales de los satélites y redes de satélites correspondientes

Red de satélites	Posición orbital OSG
WSDRN-M	16° W
CSDRN-M	95° E
VSSRD-2M	167° E

Todas las asignaciones de frecuencias a las redes de satélites indicadas en el Cuadro 31 están inscritas en el Registro Internacional de conformidad con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

3 Configuración del sistema

El SDCM consta de dos segmentos: segmento espacial y segmento en tierra.

3.1 Segmento espacial

El segmento espacial consta de tres satélites que transmiten datos a los usuarios del SDCM mediante emisiones SBAS.

3.2 Segmento en tierra

El segmento en tierra consta de un centro de control SDCM, sistemas en tierra que transmiten datos SDCM a los usuarios, infraestructura de red y control de carga útil y estaciones terrenas receptoras para recopilar las mediciones efectuadas por todo el mundo.

4 Señal SDCM

Las redes de satélites WSDRN-M, CSDRN-M y VSSRD-2M facilitan datos a los usuarios SDCM transmitiendo señales AMDC en formato mensaje SBAS por la frecuencia portadora 1 575,42 MHz con un ancho de banda de 24 MHz.

La secuencia transmitida se suma módulo 2 al mensaje de navegación a una velocidad de 500 símbolos/s y al código de ruido pseudoaleatorio de 1 023 bits. Se aplica una MDP-2 en la portadora a una velocidad de 1,023 Mchip/s. Los mensajes de símbolos SDCM tienen una velocidad de chip de 500 bits/s y se sincronizan con un periodo de 1 ms de código C/A.

En el Cuadro 32 se dan los valores de potencia radiada isótropa equivalente de cresta de la señal SDCM L1 C/A.

CUADRO 32

Potencia de la señal SDCM L1 transmitida por los satélites

Nombre de la red de satélites	Posición orbital OSG	Potencia radiada isótropa equivalente de cresta (dBW) ⁽¹⁾
WSDRN-M	16° W	33,7
CSDRN-M	95° E	33,7
VSSRD-2M	167° E	33,7

⁽¹⁾ El valor p.i.r.e. de cresta corresponde a un apuntamiento de haz desplazado 7 grados hacia el norte con respecto al punto subsatelital.

4.1 Frecuencia portadora SDCM

Como ya se ha indicado, la frecuencia 1 575,42 MHz es la frecuencia de funcionamiento de la señal de enlace descendente SDCM L1 C/A. Dado que la señal SDCM L1 C/A utiliza la misma frecuencia que GPS, la señal SDCM L1 C/A se diferencia de otras señales GPS sobre L1 mediante la utilización de un código PRN único. Esto es idéntico al sistema GPS y su aplicación de los PRN para cada satélite individual. El código PRN se coordina con el operador del sistema GPS a fin de garantizar la compatibilidad con GPS y con otras transmisiones de señal similares a GPS.

4.2 Parámetros básicos de la señal SDCM

SDCM transmite AMDC en formato mensaje SBAS en la banda de frecuencias L1 en sentido espacio-Tierra. Los parámetros básicos de la señal SDCM L1 C/A se muestran en el Cuadro 33.

CUADRO 33

Parámetros básicos de la señal SDCM L1 C/A

Parámetro	Valores de parámetro
Frecuencia de portadora (MHz)	1 575,42 ± 12
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	1,023
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	250
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	500
Método de modulación de la señal	MDP2-R(1) (véase la Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Elipticidad (dB)	2,0 máximo
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-158,5 (véase la Nota 2)
Anchura de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	24

NOTA 1 – Para los parámetros GPS SRNS, MDP2-R(*n*) se refiere a una modulación con desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 2 – La potencia mínima recibida de SDCM se mide a la salida de una antena receptora de usuario de referencia con polarización circular dextrógira de 0 dBi (situada cerca del suelo) con la orientación normal más desfavorable cuando el satélite se encuentra con un ángulo de elevación de 5 grados o superior por encima del plano horizontal.

Anexo 13

Descripción y características técnicas de la red SES SBAS

1 Introducción

SES soporta en la actualidad dos sistemas SBAS diferentes, a saber, el sistema de aumento de área amplia (WAAS) y el servicio europeo de navegación geostacionario (EGNOS), que ofrecen ambos datos de integridad de la señal GPS (situación y calidad de las señales GPS recibidas), permitiendo así su utilización en aplicaciones de seguridad críticas.

La carga útil WAAS a bordo del satélite SES-15 a 129° W soportará servicios SRNS de la Administración Federal de Aviación (FAA) de Estados mediante radiodifusión sobre el sistema del espacio aéreo nacional de Estados Unidos (NAS). La FAA ofrece este servicio porque mejora la capacidad de las aeronaves con GPS de efectuar aterrizajes de precisión y aporta seguridad a los vuelos.

Las cabidas útiles EGNOS a bordo de los satélites SES-5 y ASTRA-5B a 5° E y 31,5° E, respectivamente, son semejantes a WAAS, pero radiodifunden señales que en la actualidad dan cobertura de servicio a los Estados Miembros de la Conferencia Europea de Aviación Civil (CEAC)³.

Cabe señalar que las posiciones orbitales indicadas eran válidas en septiembre de 2017 y que es posible que los satélites se muevan ocasionalmente, en función de los requisitos generales del sistema.

2 Características generales del sistema

La carga útil WAAS a bordo de SES-15 y las cargas útiles EGNOS a bordo de SES-5 y ASTRA-5B operan enlaces de servicio en las bandas 1 164-1 215 MHz y 1 559-1 610 MHz del SRNS por toda la Tierra visible en la misma gama de frecuencias que las señales del GPS de Estados Unidos, a saber, L1 (en la banda 1 559-1 610 MHz) y L5 (en la banda 1 164-1 215 MHz), con enlaces de conexión en Estados Unidos y Europa en las bandas de frecuencias indicadas en el Cuadro 34 siguiente.

Las cargas útiles WAAS y EGNOS transmitirán datos a los receptores GPS con capacidad WAAS y EGNOS. Esta información se utilizará para corregir errores en la posición GPS medida, mejorando la precisión del posicionamiento GPS de 10 metros cerca de 1 metro. La estación de enlace ascendente de conexión primaria para la señal WAAS será la estación terrena SES South Mountain en Somis (California), y la estación de reserva «inmediata» estará situada en Brewster (Washington). Para EGNOS, las estaciones de enlace ascendente de conexión, tanto para SES-5 como para ASTRA-5B, están en Betzdorf (Luxemburgo), y Redu (Bélgica).

Las estaciones en tierra efectúan la corrección de errores en recepción de los mensajes WAAS y EGNOS y armonizan su hora con la época de subtrama de radiodifusión GPS para, posteriormente, transmitirlos por el enlace ascendente a las cargas útiles de navegación, que reciben y retransmiten los mensajes a los usuarios en la superficie de la Tierra y los aviones que se encuentran dentro de los sistemas de espacio aéreo de los países cubiertos.

La carga útil WAAS utilizará también una baliza de seguimiento a 3 700,2 MHz.

CUADRO 34

Bandas de enlace de conexión WAAS y EGNOS para las señales L1 y L5

Satélite	Enlace de conexión L1 (MHz)	Enlace de conexión L5 (MHz)
SES-15 (WAAS)	6 628,27-6 650,27	6 679,42-6 701,42
SES-5 (EGNOS)	5 840,42-5 860,42	5 778,795-5 829,795
ASTRA-5B (EGNOS)	5 823,420-5 847,420	5 725,197-5 778,393

³ La cobertura de haz real es mayor, pues cubre la masa continental visible.

3 Configuración del sistema

3.1 Segmento espacial

La carga útil de navegación es un simple transpondedor de tipo bucle o «por guionadas acodado» que recibe los mensajes WAAS o EGNOS de enlace ascendente por un par de canales de frecuencias fijos en la banda de enlace ascendente del SFS, que se filtran y traducen a la banda 1 559-1 610 MHz (para la señal L1) y la banda 1 164-1 215 MHz (para la señal L5). Los amplificadores y antenas de transmisión dedicadas transmiten las señales SRNS a la Tierra cubriendo los espacios aéreos deseados.

3.2 Segmento en tierra

La infraestructura en tierra SBAS conexas que recibe las señales SRNS y calcula los datos de corrección adecuados depende del operador SBAS pertinente antes de incorporarlos a la señal de enlace ascendente.

4 Estructura de la señal de carga útil WAAS y EGNOS

Los mensajes de aumento WAAS y EGNOS se radiodifunden en la misma frecuencia que las señales GPS L1 y L5. La comunidad de aviación determina la estructura de la señal para los mensajes SBAS. Dichos mensajes están en el mismo formato y estructura básicos que la señal de navegación GPS transmitida en esas frecuencias por los satélites GPS. Utilizan un formato y estructura GPS ya que están destinadas a ser recibidas como un mensaje GPS por los receptores de usuario equipados adecuadamente.

La estructura de señal común incluye un «código C/A» GPS en el mensaje WAAS incorporado y un código civil semejante a GPS. Este sistema está diseñado de manera que una de las señales de código GPS C/A y P(Y), o ambas, pueden incorporarse en el enlace ascendente y, por tanto, transmitirse por los enlaces descendentes L1 y L5.

En el Cuadro 35 se indican los niveles de las señales L1 y L5 transmitidas por las cargas útiles WAAS y EGNOS a bordo de las estaciones espaciales SES.

CUADRO 35

Intensidad de las señales L1 y L5 de las cargas útiles WAAS y EGNOS a bordo de satélites SES

Potencia isotrópica radiada equivalente de cresta (dBW) ⁽¹⁾	L1	L5
SES-15 (WAAS)	35,5	34,7
SES-5 (EGNOS)	35,7	36,6
ASTRA-5B (EGNOS)	35,7	36,6

⁽¹⁾ Potencia de cresta en el punto nadir de la cobertura de transmisión.

5 Frecuencias de funcionamiento de las cargas útiles SES SBAS

La relación entre las frecuencias centrales del enlace ascendente y el enlace descendente de las cargas útiles WAAS y EGNOS en SES se detalla en el Cuadro 36.

CUADRO 36

Frecuencias centrales de WAAS y EGNOS para L1 y L5

Satélite	Enlace ascendente L1 (MHz)	Enlace descendente L1 (MHz)	Enlace ascendente L5 (MHz)	Enlace descendente L5 (MHz)
SES-15 (WAAS)	6 639,27	1 575,42	6 690,42	1 176,45
SES-5 (EGNOS)	5 850,42	1 575,42	5 804,295	1 191,795
ASTRA-5B (EGNOS)	5 835,42	1 575,42	5 751,795	1 191,795

Como utilizan las mismas frecuencias que GPS, las señales de las cargas útiles WAAS y EGNOS en SES se diferencian de las señales GPS L1 y L5 normales mediante la utilización de un código PRN único. Esto es idéntico al sistema GPS y su aplicación de los PRN para cada satélite individual. El código PRN se coordina con el operador del sistema GPS a fin de garantizar la compatibilidad con GPS y con otras transmisiones de señal similares a GPS.

6 Espectro de telemando y telemetría

La carga útil WAAS de SES-15 en 129° W y las cargas útiles EGNOS de SES-5 y ASTRA-5B en 5° E y 31,5° E, respectivamente, son cargas útiles de navegación a bordo de satélites SES y sus funciones de telemando y telemetría están integradas en los sistemas TTC de los vehículos espaciales.

Sin embargo, la carga útil WAAS de SES-15 opera una baliza de seguimiento con polarización vertical a 3 700,2 MHz.

7 Parámetros de transmisión

La carga útil WAAS de SES-15 en 129° W y las cargas útiles EGNOS de SES-5 y ASTRA-5B en 5° E y 31,5° E, respectivamente, transmiten señales de navegación SRNS espacio-Tierra en dos bandas, como se muestra en los Cuadros 37 y 38 siguientes, que representan las dos bandas del SRNS en las que las cargas útiles del SES transmiten las señales de navegación.

7.1 Parámetros de transmisión de la señal L1

Los principales parámetros de las transmisiones L1 se detallan en el Cuadro 37.

CUADRO 37

Transmisiones de la señal L1 en la banda 1 559-1 610 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Frecuencia de portadora (MHz)	1 575,42 ± 11
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	1,023
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	250
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	500
Método de modulación de la señal	MDP2-R(1) (véase la Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Elipticidad (dB)	2,0 máximo
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-158,5 (véase la Nota 2)
Ancho de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	24,0

Notas al Cuadro 37:

NOTA 1 – Para los parámetros SRNS, MDP2-R(n) se refiere a una modulación con desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 2 – La mínima potencia recibida se mide a la salida de una antena receptora de usuario de referencia con polarización lineal de 3 dBi (situada cerca del suelo) con la orientación normal más desfavorable cuando el satélite se encuentra con un ángulo de elevación de 5 grados o superior por encima del horizonte de la Tierra visto desde la superficie de la misma.

7.2 Parámetros de transmisión de la señal L5

Los principales parámetros de las transmisiones L5 se detallan en el Cuadro 38.

CUADRO 38

Transmisiones de la señal L5 en la banda 1 164-1 215 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Frecuencia de portadora (MHz)	1 176,45 ± 11
Velocidad de chip de código de ruido pseudoaleatorio (Mchip/s)	10,23
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	250
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	500
Método de modulación de la señal	MDP2-R(10) (véase la Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Elipticidad (dB)	2,0 máximo
Mínimo nivel de potencia recibida a la entrada de la antena (dBW)	-157,9 (véase la Nota 2)
Ancho de banda a 3 dB del filtro transmisor de RF (MHz)	24,0

Notas al Cuadro 38:

NOTA 1 – Para los parámetros SRNS, MDP2-R(n) se refiere a una modulación con desplazamiento de fase binaria que utiliza chips rectangulares con una velocidad de chip de $n \times 1,023$ (Mchip/s).

NOTA 2 – La mínima potencia recibida se mide a la salida de una antena receptora de usuario de referencia con polarización lineal de 3 dBi (situada cerca del suelo) con la orientación normal más desfavorable cuando el satélite se encuentra con un ángulo de elevación de 5 grados o superior por encima del horizonte de la Tierra visto desde la superficie de la misma.

Anexo 14**Descripción y características técnicas de la red Eutelsat SBAS****1 Introducción**

Eutelsat se encargará del funcionamiento de la próxima generación del servicio europeo de navegación geostacionario (EGNOS). La carga útil se integrará en el futuro satélite EUTELSAT 5 West B (E5WB), cuyo lanzamiento está previsto a finales de 2018. E5WB ofrecerá capacidad espacial para garantizar una mayor precisión y fiabilidad de la información de posicionamiento para sistemas del SRNS.

2 Configuración del sistema

La red Eutelsat consta de un satélite en la órbita geostacionaria en 5° W y de dos estaciones en tierra.

2.1 Segmento espacial

E5WB utilizará dos transpondedores de 24 MHz de ancho de banda para procesar la señal SRNS de enlace ascendente generada por el segmento en tierra. El satélite Eutelsat E5WB recibirá las señales SBAS de enlace ascendente por canales de frecuencias fijos en la gama de frecuencias 5 850-6 700 MHz. Las señales se filtrarán y traducirán a dos gamas de frecuencias: la señal L1 (centrada en 1 575,42 MHz) y la señal L5 (centrada en 1 176,45 MHz). Las señales SRNS se transmiten a la Tierra a través de una antena de haz global que da cobertura a la superficie visible de la Tierra. La antena tiene una ganancia isótropa máxima de 20 dBi y una precisión de puntería de unos 0,2 grados.

2.2 Segmento en tierra

La infraestructura en tierra SBAS conexas que recibe las señales SRNS y calcula los datos de corrección adecuados depende del operador SBAS pertinente antes de incorporarlos a la señal de enlace ascendente. En el Cuadro 39 se detallan los parámetros de la antena de nueve metros para enlaces de conexión en la gama de frecuencias 5 850-6 700 MHz.

CUADRO 39

Parámetros de la antena de estación en tierra

Diámetro de antena (metros)	Ancho de haz (grados)	Máxima ganancia isótropa (dBi)	Diagrama de radiación de antena
9	0,39	53	29-25 log

2.3 Segmento de usuario

El segmento de usuario se compone de una multitud de terminales capaces de recibir y calcular datos de GPS, Galileo y otras constelaciones del SRNS, además de los datos EGNOS para determinar y corregir la distancia con mayor precisión.

3 Características de transmisión

En el Cuadro 40 se detallan las características de transmisión de las señales de navegación L1 y L5.

CUADRO 40

Características de transmisión

Frecuencia portadora	Ancho de banda asignado (MHz)	Polarización	Máxima potencia de cresta (dBW)	Ganancia de antena (dBi)
1 575,42 MHz (señal L1)	24	Circular dextrógira (RHCP)	17	20
1 176,45 MHz (señal L5)	24	Circular dextrógira (RHCP)	17	20

Los mensajes SBAS tienen el mismo formato básico y estructura que la señal de navegación GPS transmitida por estas frecuencias por los satélites GPS. Se componen de un código C/A con el mensaje SBAS incorporado y una señal de código P(Y), que pueden incorporarse al enlace ascendente y, así, transmitirse como señales L1 y L5 de enlace descendente en las bandas 1 559-1 610 MHz y 1 164-1 215 MHz, respectivamente.
