

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.2092-0
(10/2015)

Características técnicas para un sistema de intercambio de datos en ondas métricas en la banda de onda métricas del servicio móvil marítimo

Serie M

Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos

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 el Anexo 1 a 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, 2015

© UIT 2015

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.2092-0^{*,**}**Características técnicas para un sistema de intercambio de datos en ondas métricas en la banda de onda métricas del servicio móvil marítimo**

(2015)

Cometido

La presente Recomendación presenta las características técnicas de un sistema de intercambio de datos en ondas métricas (VDES, *VHF data exchange system*) que integra las funciones del intercambio de datos en ondas métricas (VDE), mensajes específicos de la aplicación (ASM) y el sistema de identificación automática (SIA) en la banda de ondas métricas del servicio móvil marítimo (156,025-162,025 MHz).

Palabras clave

Marítimo, ondas métricas, VDES, ASM, datos, intercambio

Glosario

| | |
|-------|---|
| 3GPP | Proyecto común de tecnologías inalámbricas de la tercera generación (<i>Third generation partnership project</i>) |
| ACK | Acuse de recibo (<i>Acknowledgement</i>) |
| ADTC | Canal asignado a la transferencia de datos (<i>Assigned data transfer</i>) |
| ACPR | Relación de potencia con el canal adyacente (<i>Adjacent channel power ratio</i>) |
| SIA | Sistema de identificación automática |
| AOS | Adquisición de la señal (<i>Acquisition-of-signal</i>) |
| MDPA | Modulación por desplazamiento de fase y amplitud |
| ARQ | Petición automática de repetición (<i>Automatic repeat request</i>) |
| ARSC | Canal de respuesta a anuncios (<i>Announcement response channel</i>) |
| ASC | Canal de señalización de anuncios (<i>Announcement signalling Channel</i>) |
| ASM | Mensajes específicos de la aplicación (<i>Application specific messages</i>) |
| AWGN | Ruido gaussiano blanco aditivo (<i>Additive white Gaussian noise</i>) |
| BBSC | Canal de señalización del tablón de anuncios (<i>Bulletin board signalling channel</i>) |
| BCH | (Código de corrección de errores) Bose Chaudhuri Hocquenghem |
| BER | Tasa de errores en los bits (<i>Bit error rate</i>) |
| MDP-2 | Modulación por desplazamiento de fase bivalente |
| BT | Anchura de banda-tiempo (<i>Bandwidth-time</i>) |
| CEPT | Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (<i>Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications</i>) |

* La utilización de algunas frecuencias en la banda 156-164 MHz, contenida en esta Recomendación, no cumple lo estipulado en el RR actualmente en vigor. Por consiguiente, no debe considerarse que la presente Recomendación prejuzga las decisiones de la CMR-15. Se invita a la Comisión de Estudio 5 del UIT-R a examinar la presente Recomendación teniendo en cuenta las decisiones de la CMR-15

** Nota de la Secretaría de la BR – Las figuras de la Recomendación sólo están disponibles en inglés. Se prepararán en los demás idiomas a su debido tiempo.

| | |
|----------|--|
| AMDC | Acceso múltiple por división de código |
| CG | Ganancia de codificación (<i>Coding gain</i>) |
| CIR | Relación portadora/interferencia (<i>Carrier to interference ratio</i>) |
| C/M | Relación portadora/multitrayecto (<i>Carrier to multipath</i>) |
| CNR | Relación portadora/ruido (<i>Carrier to noise ratio</i>) |
| COMSTATE | Estado de comunicación (<i>Communication state</i>) |
| MPC | Modulación de fase continua |
| CQI | Indicador de la calidad del canal (<i>Channel quality indicator</i>) |
| CR | Velocidad de código (<i>Code rate</i>) |
| CRC | Verificación por redundancia cíclica (<i>Cyclic redundancy check</i>) |
| CRL | Nivel de revisión de la configuración (<i>Configuration revision level</i>) |
| CS | Detección de portadora (<i>Carrier sense</i>) |
| CIRM | Comité International Radiomarítimo |
| AMDTDP | Acceso múltiple por división en el tiempo con detección de portadora |
| CW | Onda continua (<i>Continuous wave</i>) |
| DA | Amplificador Doherty (<i>Doherty amplifier</i>) |
| DLS | Servicio de enlace de datos (<i>Data link service</i>) |
| DPD | Predistorsión digital (<i>Digital pre-distortion</i>) |
| EDN | Notificación de entrega en extremo (<i>End delivery notification</i>) |
| EDF | Fallo de entrega en extremo (<i>End delivery failure</i>) |
| PIRE | Potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) |
| PRA | Potencia radiada aparente (p.r.a.) |
| ET | Seguimiento de la envolvente (<i>Envelope tracking</i>) |
| AMDTAF | Acceso múltiple por división en el tiempo con acceso fijo |
| FCS | Secuencia de verificación de trama (<i>Frame check sequence</i>) |
| FEC | Corrección de errores en recepción (<i>Forward error correction</i>) |
| FIFO | Primero en entrar, primero en salir (<i>First-in first-out</i>) |
| GMSK | Modulación por desplazamiento gaussiano modificado (<i>Gaussian-filtered minimum shift keying</i>) |
| GNSS | Sistema mundial de navegación por satélite (<i>Global navigation satellite system</i>) |
| HS | Hexaintervalo (<i>Hexslot</i>) |
| AIMS | Asociación Internacional de Señalización Marítima |
| OACI | Organización de la Aviación Civil Internacional |
| ID | Identificación |
| CEI | Comisión Electrotécnica Internacional |
| OMI | Organización Marítima Internacional |
| IP | Protocolo de Internet (<i>Internet protocol</i>) |
| AMDTI | Acceso múltiple por división en el tiempo incremental |
| LC | Canal lógico |
| LEO | Órbita terrestre baja (<i>Low-earth orbiting</i>) |

| | |
|--------|---|
| LFSR | Registro de desplazamiento con realimentación lineal (<i>Linear feedback shift register</i>) |
| LME | Entidad de gestión del enlace (<i>Link management entity</i>) |
| ABR | Amplificador de bajo nivel de ruido |
| LOS | Pérdida de señal (<i>Loss-of-signal</i>) |
| LSB | Bit menos significativo (<i>Least significant bit</i>) |
| MEO | Órbita terrestre media (<i>Medium-earth orbiting</i>) |
| MAC | Control de acceso a los medios (<i>Media access control</i>) |
| MCS | Esquema de modulación y codificación (<i>Modulation and coding scheme</i>) |
| MDC | Canal de datos multidifusión (<i>Multicast data channel</i>) |
| MMSI | Identidad del servicio móvil marítimo (<i>Maritime mobile service identity</i>) |
| MSB | Bit más significativo (<i>Most significant bit</i>) |
| NF | Factor de ruido (<i>Noise figure</i>) |
| NM | Milla náutica (<i>Nautical mile</i>) |
| NRZI | No retorno a cero invertido (<i>Non-return to zero inversion</i>) |
| MDFO | Múltiplex por división de frecuencia ortogonal |
| OSI | Interconexión de sistemas abiertos (<i>Open systems interconnection</i>) |
| PAPR | Relación de potencia de cresta a potencia media (<i>Peak to average power ratio</i>) |
| PC | Canal físico |
| PL | Capa física |
| DFP | Densidad de flujo de potencia |
| ppm | partes por millón |
| MDP | Modulación por desplazamiento de fase |
| MAQ | Modulación de amplitud en cuadratura |
| MDP-4 | Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura |
| RADC | Canal de mensajería breve y acceso aleatorio (<i>Random access short messaging channel</i>) |
| AMDTAA | Acceso múltiple por división en el tiempo y acceso aleatorio |
| RAC | Canal de acceso aleatorio (<i>Random access channel</i>) |
| RF | Radiofrecuencia |
| RSC | Convolucional recurrente sistemático (<i>Recursive systematic convolutional</i>) |
| RQSC | Petición de recurso de acceso aleatorio (<i>Random access resource request</i>) |
| RR | Reglamento de Radiocomunicaciones |
| RSSI | Información de la intensidad de campo de la señal recibida (<i>Received signal strength indication</i>) |
| AMDTDP | Acceso múltiple por división en el tiempo y detección de portadora en el intervalo |
| SFTP | Protocolo de transferencia de filtro seguro (<i>Secure file transfer protocol</i>) |
| SI | Intervalo de selección (<i>Selection interval</i>) |
| SMTP | Protocolo de transferencia de correo simple (<i>Simple mail transfer protocol</i>) |
| SNMP | Protocolo de gestión de red simple (<i>Simple network management protocol</i>) |
| SNR | Relación señal/ruido (<i>Signal to noise ratio</i>) |

| | |
|---------|---|
| SOLAS | Seguridad de la vida humana en el mar (<i>Safety of life at sea convention</i>) |
| AMDTAO | Acceso múltiple por división en el tiempo autoorganizado |
| SS | Secuencia de ensanchamiento (<i>Spreading sequence</i>) |
| Sym | Símbolo (<i>Symbol</i>) |
| SYNC | Sincronización (<i>Synchronisation</i>) |
| TBB | Tablón de anuncios de los servicios terrenales (<i>Terrestrial bulletin board</i>) |
| TBBSC | Canal de señalización del tablón de anuncios de los servicios terrenales (<i>Terrestrial bulletin board signalling channel</i>) |
| AMDT | Acceso múltiple por división en el tiempo |
| UDC | Canal de datos de unidifusión (<i>Unicast data channel</i>) |
| UDP | Protocolo de datos de usuario (<i>User data protocol</i>) |
| UTC | Tiempo universal coordinado |
| VDE | Intercambio de datos en ondas métricas (<i>VHF data exchange</i>) |
| VDES | Sistema de intercambio de datos en ondas métricas (<i>VHF data exchange system</i>) |
| VDE-SAT | Intercambio de datos por satélite en ondas métricas (<i>VHF data exchange-satellite</i>) |
| VDL | Enlace de datos en ondas métricas (<i>VHF data link</i>) |
| VHF | Banda de ondas métricas (<i>Very high frequency</i>) |

Referencias

- {RD-1} ETSI EN 302 583 (V1.2.1): «*Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*».
- {RD-2} *TM Synchronization and Channel Coding. Recomendación for Space Data System Standards, CCSDS 131.0-B-2. Blue Book. Issue 2. Washington, D.C.: CCSDS, agosto de 2011.*
- {RD-3} R. Mueller, *On Random CDMA with Constant Envelope, ISIT 2011.*
- {RD-4} Recomendación UIT-R P.372: Ruido radioeléctrico
- {RD-5} Recomendación UIT-T V.42 (03/2002) Serie V: Comunicación de datos por la red telefónica – Control de errores – Procedimientos de corrección de errores para los equipos de terminación del circuito de datos que utilizan la conversión de modo asíncrono a modo síncrono.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Organización Marítima Internacional (OMI) necesita de forma continua un sistema de identificación automática (SIA) a bordo de los barcos;
- b) que la utilización de un SIA a bordo de los barcos permite intercambiar con eficacia datos de la navegación entre los barcos así como entre éstos y las estaciones costeras, con la consiguiente mejora de las condiciones de seguridad de la navegación;
- c) que el sistema de intercambio de datos en ondas métricas (VDES) debería utilizar sistemas de acceso adecuados que garanticen la protección del SIA sin perjuicio de la eficacia de la utilización del espectro y de la acomodación de todos los usuarios;
- d) que, aunque el SIA se utilice principalmente para la vigilancia y seguridad de los fines de la navegación en los usos barco-barco, la comunicación de información de los barcos y las aplicaciones de servicios de tráfico marítimo, se plantea la creciente necesidad de otras comunicaciones relacionadas con la seguridad marítima;

e) que el sistema VDES deberá otorgar prioridad al SIA y acomodar asimismo la futura ampliación del número de usuarios y la diversificación de las aplicaciones de comunicaciones de datos, incluidos los buques no sujetos a los requisitos de la OMI sobre equipamiento de SIA, ayudas a la navegación y búsqueda y salvamento;

f) que el sistema VDES dispone de la capacidad de comunicaciones de datos y las características técnicas que soportan la armonización de la recopilación, integración, intercambio, presentación y análisis de información marítima, a bordo y en tierra, por medios electrónicos para mejorar la navegación interportuaria y servicios relacionados para la seguridad y la vigilancia en el mar y la protección del entorno marino,

reconociendo

que la implementación del sistema VDES debe garantizar que no se obstaculicen las funciones de llamada selectiva, el SIA ni las comunicaciones vocales de socorro, seguridad y llamada (canal 16),

observando

que en el Informe UIT-R M.2371 se describen ejemplos de utilización y los requisitos para el sistema VDES,

recomienda

1 que se diseñe el VDES de conformidad con las características operativas que figuran en el Anexo 1 y las características técnicas y los ejemplos que figuran en los Anexos 2 a 7;

2 que las aplicaciones del VDES que utilicen los mensajes específicos de la aplicación (ASM) diseñados para el SIA, definidos en la Recomendación UIT-R M.1371 también tengan en cuenta la división de Identificadores de Aplicación Internacional especificados en IMO SN.1/ Circ. 289, que mantiene y publica la OMI;

3 que el diseño y la instalación del VDES cumplan asimismo los requisitos técnicos, recomendaciones y directrices pertinentes publicados por la OMI, la CEI y la AISM.

Anexo 1

Características de funcionamiento de un sistema de intercambio de datos en ondas métricas en la banda de ondas métricas del servicio móvil marítimo

1 Generalidades

- 1.1 El sistema debe asignar la máxima prioridad a los informes de posición del sistema de identificación automática (SIA) y a la información de seguridad relacionada.
- 1.2 El sistema instalado debe ser capaz de recibir y procesar los mensajes digitales y las llamadas de interrogación especificadas en la presente Recomendación.
- 1.3 El sistema debe ser capaz de transmitir información de seguridad adicional cuando se le solicite.
- 1.4 El sistema instalado debe poder funcionar continuamente cuando el barco esté navegando, atracado o fondeado.

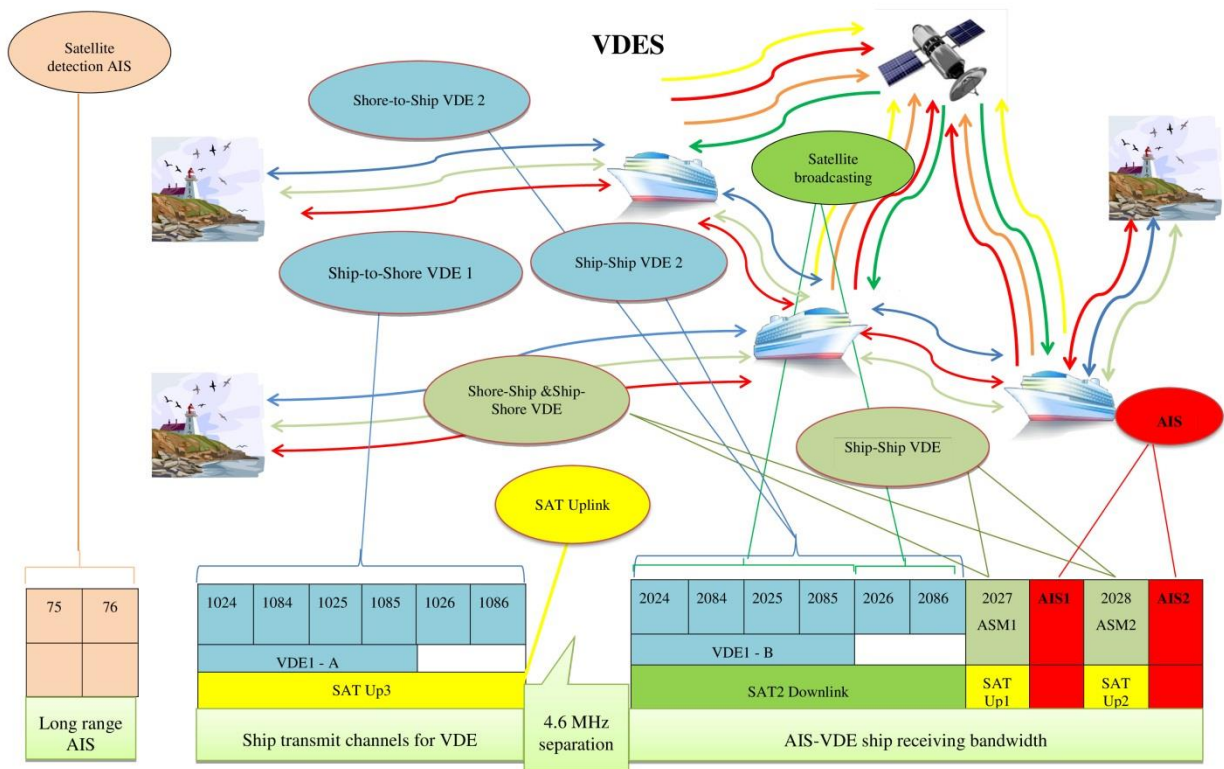
- 1.5 Para los enlaces terrenales, el sistema debe utilizar técnicas de acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT), sistemas de acceso y métodos de transmisión de datos de forma sincronizada como se especifica en los Anexos.
- 1.6 El sistema debe ser capaz de funcionar en diversos modos, entre ellos en modo autónomo, en modo asignado y en modo interrogado.
- 1.7 El sistema debe ofrecer a los usuarios la flexibilidad de priorizar ciertas aplicaciones y, por consiguiente, adaptar determinados parámetros de transmisión (para mayor robustez o capacidad) con la consiguiente minimización de la complejidad del sistema.
- 1.8 El sistema debe abordar los ejemplos de utilización identificados en el Informe UIT-R M.2371.

2 Funciones del sistema de intercambio de datos en ondas métricas y utilización de frecuencias

Las funciones del VDES y la utilización de frecuencias se ilustran gráficamente en la Fig. A1-1.

En la Fig. A1-2 se ilustra el VDES definido en la presente Recomendación desde el punto de vista de la ingeniería de sistemas.

FIGURA A1-1
Funciones del sistema de intercambio de datos en ondas métricas y utilización de frecuencias



NOTA – SAT ascendente es únicamente para la recepción por satélite.

2.1 Utilización de los canales del sistema para el intercambio de datos en ondas métricas de conformidad con el Apéndice 18 del RR

2.1.1 Sistema de intercambio de datos en ondas métricas: intercambio de datos entre estaciones terrenales

- SIA 1 (canal 2087) y SIA 2 (canal 2088) son canales SIA, de conformidad con la Recomendación UIT-R M.1371;
- ASM 1 (canal 2027) y ASM 2 (canal 2028) son los canales utilizados para los mensajes específicos de la aplicación (ASM);
- Los tramos inferiores de VDE1-A (canales 1024, 1084, 1025, 1085) son para el VDE barco-costa;
- Los tramos superiores de VDE1-B (canales 2024, 2084, 2025, 2085) son para el VDE costa-barco y barco-barco.

2.1.2 Sistema de intercambio de datos en ondas métricas: intercambio de datos entre estaciones satelitales y terrenales

- SIA 1 (canal 2087) y SIA 2 (canal 2088) son canales terrenales del SIA que se utilizan también como enlaces ascendentes para la recepción de los mensajes del SIA por satélite;
- Los canales 75 y 76 que utiliza el SIA de largo alcance son los específicos para ser utilizados como enlaces ascendentes para la recepción de los mensajes del SIA por satélite. El SAT ascendente 1 (canal 2027) y el SAT ascendente 2 (canal 2028) se utilizan para la recepción de los ASM por satélite;
- SAT ascendente 3 (canales 1024, 1084, 1025, 1085, 1026 y 1086) se utiliza para los enlaces ascendentes del VDE barco-satélite;
- SAT enlace descendente (canales 2024, 2084, 2025, 2085, 2026 y 2086) se utiliza para los enlaces descendentes del VDE satélite-barco.

2.1.3 Características técnicas

2.1.3.1 Los receptores del sistema de intercambio de datos en ondas métricas del barco están protegidos

En un SIA, los receptores VDES del barco se encuentran en los tramos superiores del Apéndice 18 del RR, a 4,6 MHz por encima de los tramos inferiores, lo que facilita la protección mediante filtrado en el receptor de las señales interferentes procedentes de los equipos de radiocomunicaciones en ondas métricas de los barcos.

2.1.3.2 Enlace descendente del satélite

El enlace descendente del satélite se ajusta a la máscara de densidad de flujo de potencia (DFP) del Cuadro A4-1 para minimizar la interferencia sobre los servicios terrenales y maximizar la recepción por parte de las estaciones de barco VDES.

2.1.3.3 VDE1 utiliza ambos tramos de los canales dúplex

Se utiliza toda la capacidad de los canales dúplex del VDE1 utilizando los tramos inferiores (VDE1-A) barco-costa y los tramos superiores (VDE1-B) para la mensajería digital costa-barco y barco-barco.

En el Cuadro A1-1 se describen los canales del Apéndice 18 del RR utilizados en las diversas aplicaciones del VDES.

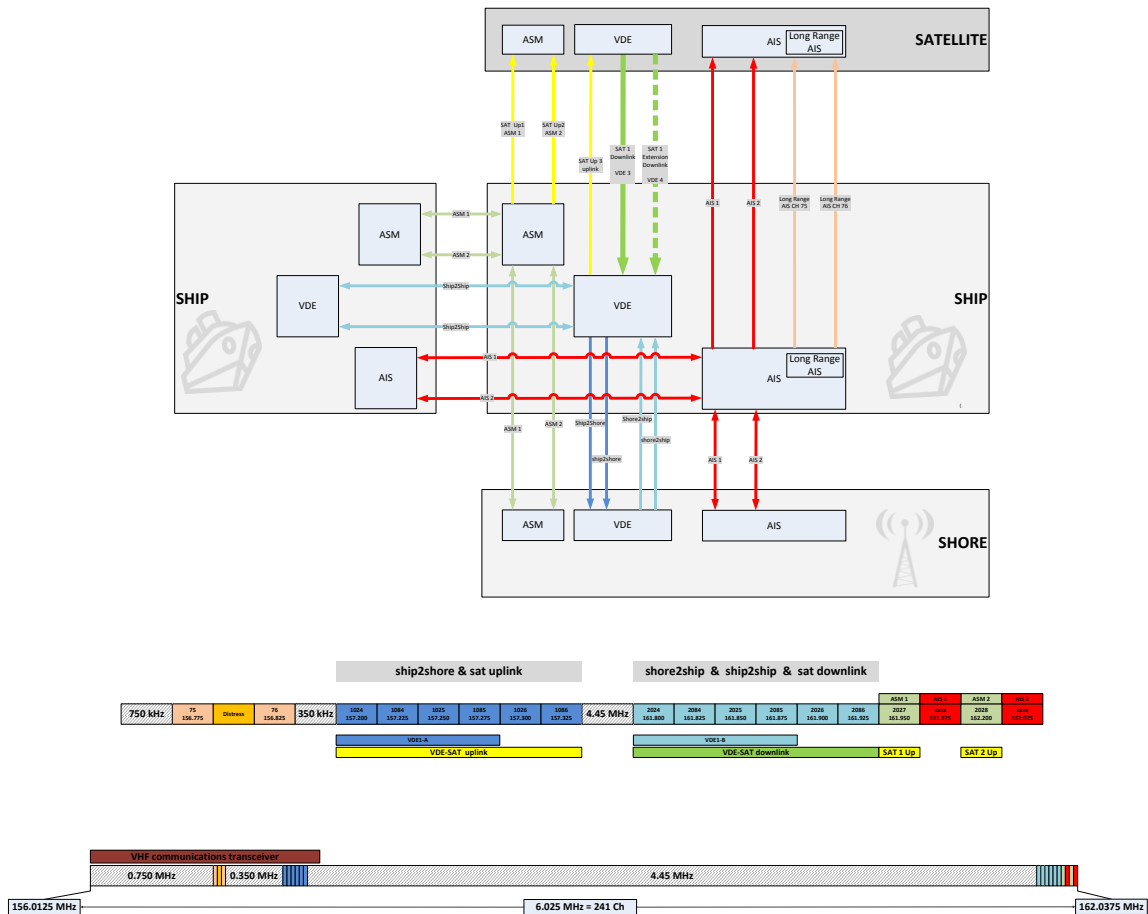
CUADRO A1-1

Canales del Apéndice 18 del RR para las aplicaciones del sistema de intercambio de datos en ondas métricas: Sistema de identificación automática, mensajes específicos de la aplicación, intercambio de datos en ondas métricas

| Número de canal del Apéndice 18 del RR | | Frecuencias de transmisión (MHz) | |
|--|--|--|---|
| | | Estaciones de barco (barco-costa) (SIA de largo alcance) Estaciones de barco (barco-satélite) | Estaciones costeras Estaciones de barcos (barco-barco) Satélite-barco |
| SIA 1 | | 161,975 | 161,975 |
| SIA 2 | | 162,025 | 162,025 |
| 75 (SIA de largo alcance) | | 156,775 (los barcos sólo transmiten) | N/A |
| 76 (SIA de largo alcance) | | 156,825 (los barcos sólo transmiten) | N/A |
| 2027 (ASM 1) | | 161,950 (2027) | 161,950 (2027) |
| 2028 (ASM 2) | | 162,000 (2028) | 162,000 (2028) |
| 24/84/25/85 (VDE 1) | 24/84/25/85/26/86 (Barco-satélite, satélite-barco) | Canal de 100/150 kHz (24/84/25/85, tramos inferiores (VDE1-A) refundidos) Barco-costa (24/84/25/85/26/86) Barco-satélite | Canal de 100/150 kHz (24/84/25/85, tramos superiores (VDE1-B) refundidos) Barco-barco, costa-barco (24/84/25/85/26/86) satélite-barco |
| 24 | 24 | | |
| 84 | 84 | 157,200 (1024) | 161,800 (2024) |
| 25 | 25 | 157,225 (1084) | 161,825 (2084) |
| 85 | 85 | 157,250 (1025) | 161,850 (2025) |
| | 26 | 157,275 (1085) | 161,875 (2085) |
| | 86 | 157,300 (1026) | 161,900 (2026) |
| | | 157,325 (1086) | 161,925 (2086) |

FIGURA A1-2

Funciones del sistema de intercambio de datos en ondas métricas y utilización de frecuencias desde el punto de vista de la ingeniería



3 Elementos comunes del VDES

3.1 Identificación

La identificación y localización de todas las estaciones marítimas activas es automática. Todas las estaciones VDES deben estar identificadas de forma exclusiva. Puede utilizarse un identificador numérico adecuado con fines de identificación, por ejemplo la identidad del servicio móvil marítimo (MMSI) definida en la versión más reciente de la Recomendación UIT-R M.585. La Recomendación UIT-R M.1080 no debe aplicarse con respecto al 10º dígito más significativo (o sea, el menos significativo de todos).

3.2 Presentación de las capas de protocolo

La arquitectura VDES debe utilizar las capas 1 a 4 de la interconexión de sistemas abiertos (capa física, capa de enlace, capa de red, capa de transporte) ilustradas en la Fig. A1-3.

FIGURA A1-3
Modelo OSI de siete capas

| |
|----------------------|
| Capa de aplicación |
| Capa de presentación |
| Capa de sesión |
| Capa de transporte |
| Capa de red |
| Capa de enlace |
| Capa física |

Responsabilidades de las capas OSI para preparar la transmisión de los datos del VDES:

3.2.1 Capa de transporte

Esta capa garantiza la transmisión fiable de los segmentos de datos entre los barcos, entre éstos y tierra y entre éstos y los satélites, incluida su segmentación, el acuse de recibo y la multiplexación.

3.2.2 Capa de red

Esta capa se encarga de gestionar la prioridad de los mensajes, distribuir los paquetes de transmisión entre canales y resolver la congestión del enlace de datos.

3.2.3 Capa de enlace

Esta capa garantiza la transmisión fiable de las tramas de datos entre barcos, entre éstos y tierra y entre éstos y los satélites. La capa de enlace se divide en tres subcapas que tienen los siguientes cometidos:

3.2.3.1 Entidad de gestión del enlace

Ensambla en paquetes la palabra única, el encabezamiento de formato, los encabezamientos de trama de la capa física (trama PL), los tonos piloto (del satélite) y los bits de los mensajes VDES.

3.2.3.2 Servicios del enlace de datos

Calcula y añade la suma de comprobación CRC, y completa el paquete/trama PL.

3.2.3.3 Control de acceso al medio

Ofrece métodos que garantizan el acceso a la transferencia de datos.

3.2.4 Capa física

En esta capa se realiza la transmisión y recepción de los trenes de bits no procesados sobre el medio físico así como la modulación de la señal, su filtrado/conformación previo a la transmisión y la amplificación, filtrado, sincronización en tiempo y frecuencia, demodulación, y decodificación tras la recepción.

3.3 Estructura de tramas

El sistema utiliza el concepto de trama de la Recomendación UIT-R M.1371. Una trama es igual a un (1) minuto y se divide en 2250 intervalos. Por defecto, el acceso al enlace de datos se da al comienzo de un intervalo. El inicio y el fin de una trama coinciden con la señal de minuto UTC.

3.4 Presentación del protocolo de la interfaz

Para los transeptores VDES:

- los datos pueden introducirse a través de la interfaz de presentación para que los transmita la estación VDES;
- los datos recibidos por la estación VDES deberán salir a través de la interfaz de presentación.

3.5 Corrección de errores en recepción

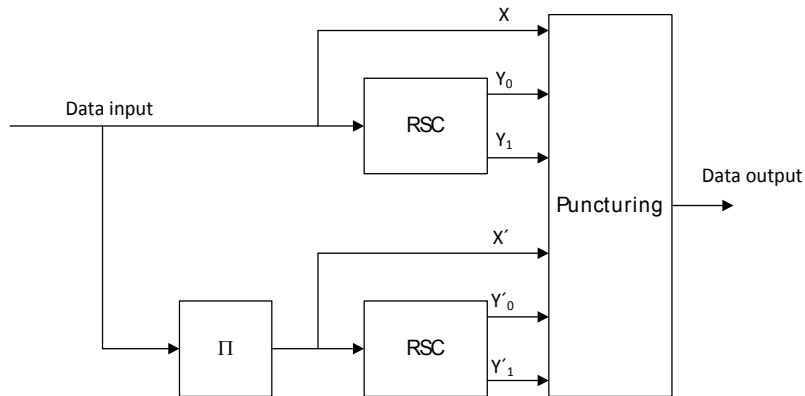
3.5.1 Estructura del codificador

En este párrafo se define la estructura general del codificador de corrección de errores en recepción que debe utilizarse en las componentes satelital y terrenal VDES. La estructura global se ajusta a la especificación de la norma ETSI EN 302 583 {RD 1}.

La estructura general del codificador de representa en la Fig. A1-4. El codificador consta de dos codificadores convolucionales recurrentes sistemáticos (RSC) concatenados en paralelo. Cada codificador genera 3 bits de salida por cada bit de entrada. El primer codificador RSC genera los bits X, Y₀ y Y₁, mientras que el segundo genera los bits X', Y'₀ y Y'₁.

El primer codificador recibe a la entrada una palabra **u** de k bits, k se especifica en la Sección 3.5.3. La entrada al segundo codificador se representa por **u'** y es una versión permutada del vector **u**. La permutación se efectúa con arreglo a la definición que figura en la Sección 3.5.3.

FIGURA A1-4
Estructura del codificador turbo (alto nivel)



3.5.2 Códigos componentes

Lo códigos componentes se especifican mediante la función de transferencia

$$G(D) = \left[1 \quad \frac{n_0(D)}{d(D)} \quad \frac{n_1(D)}{d(D)} \right]$$

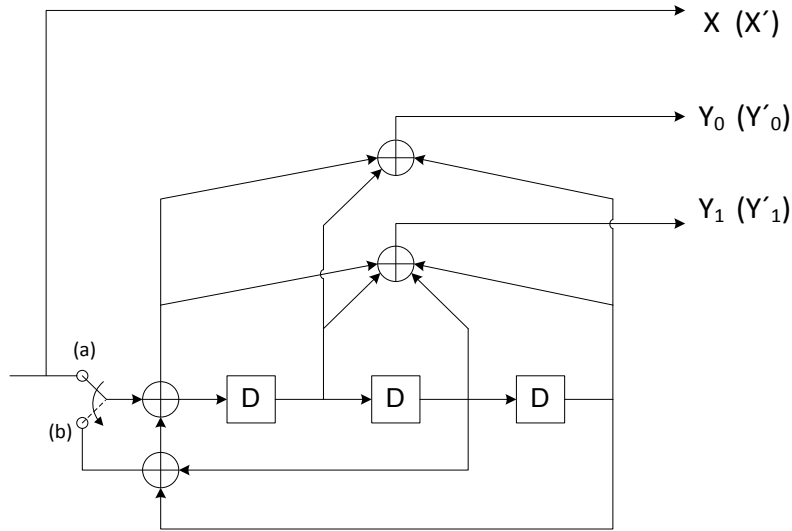
siendo

$$\begin{aligned} n_0(D) &= 1 + D + D^3 \\ n_1(D) &= 1 + D + D^2 + D^3 \\ d(D) &= 1 + D^2 + D^3. \end{aligned}$$

La definición del codificador constituido se presenta en la Fig. A1-5. En los k primeros relojes, el conmutador está en la posición (a), o sea, la información se introduce en el codificador. En los 6 relojes siguientes, se ha movido el conmutador a la posición (b) para manejar la terminación en

celosía RSC. En los 3 primeros relojes de terminación, sólo sale RSC 1 (rama superior), mientras que en los 3 relojes de terminación siguientes, sólo sale RSC 2 (rama inferior). Así pues, la terminación viene dada por la secuencia de 6 bits de terminación (X, Y₀, Y₁, X', Y'₀, Y'₁) siendo X el primero a la salida.

FIGURA A1-5
Codificador del código RSC



3.5.3 Definición del intercalador

A continuación se presenta la especificación del intercalador {RD-2}.

En primer lugar efectuamos el producto $k = k_1 k_2$, donde los parámetros k_1 y k_2 dependen de la elección de los códigos respectivos, siendo k la longitud del bloque de información. Los valores se indican en el Cuadro A1-2.

CUADRO A1-2

Parámetros del intercalador para diversas velocidades de código/longitudes

| Velocidad de código nominal | Longitud de la información | $k_1 k_2$ |
|-----------------------------|----------------------------|-----------|
| 1/4 | 23552 | 8 2944 |
| 1/3 | 128 | 2 64 |
| 1/2 | 1920 | 4 480 |
| 1/2 | 23056 | 8 2882 |
| 3/4 | 136 | 2 68 |
| 3/4 | 296 | 2 148 |
| 3/4 | 32800 | 10 3280 |

Este cuadro se ampliará conforme se definan otras longitudes de bloque de información.

La FEC se calculará eligiendo en primer lugar números primos $p_q, q \in (1, \dots, 8)$

$p_1 = 31$

$$p_2 = 37$$

$$p_3 = 43$$

$$p_4 = 47$$

$$p_5 = 53$$

$$p_6 = 59$$

$$p_7 = 61$$

$$p_8 = 67$$

Las siguientes operaciones se efectuarán para $s \in (1, \dots, k)$ a fin de obtener los números de la permutación $\pi(s)$:

$$m = (s - 1) \bmod 2$$

$$i = \text{suelo}((s - 1) / (2k_2))$$

$$j = \text{suelo}((s - 1) / 2) - ik_2$$

$$t = (19i + 1) \bmod (k_1/2)$$

$$q = t \bmod 8 + 1$$

$$c = (p_q j + 21m) \bmod k_2$$

$$\pi(s) = 2(t + ck_1/2 + 1) - m$$

Los números de la permutación deberán interpretarse de forma que el s -ésimo bit leído tras la intercalación sea el $\pi(s)$ -ésimo bit del bloque de información de entrada.

3.5.4 Adaptación de la velocidad

La adaptación de la velocidad se obtiene por perforación de la salida del codificador como en la Cláusula 5.3.1 de {RD-1}, que se reproduce en el Cuadro A1-3 para los k primeros relojes, y como en {RD-1}.

El cuadro de perforaciones para la parte de terminación es el Cuadro A1-3. La última fila del cuadro no forma parte de {RD-1}.

Cuadro A1-4 es para las terminaciones. La última fila, la de ID 8, se introduce en este documento para obtener velocidades mayores y no forma parte de {RD-1}.

CUADRO A1-3

Patrones de perforación para diversos periodos de bits de datos

| ID del patrón de perforación | Velocidad de código | Patrón de perforación (X; Y ₀ ; Y ₁ ; X'; Y' ₀ ; Y' ₁ X; Y ₀ ; Y ₁ ; X'; Y' ₀ ; Y' ₁ ...) |
|------------------------------|---------------------|---|
| 0 | 1/5 | 1;1;1;0;1;1 |
| 1 | 2/9 | 1;0;1;0;1;1 1;1;1;0;1;1 1;1;1;0;0;1 1;1;1;0;1;1 |
| 2 | 1/4 | 1;1;1;0;0;1 1;1;0;0;1;1 |
| 3 | 2/7 | 1;0;1;0;0;1 1;0;1;0;1;1 1;0;1;0;0;1 1;1;1;0;0;1 |
| 4 | 1/3 | 1;1;0;0;1;0 |
| 5 | 2/5 | 1;0;0;0;0;0 1;0;1;0;0;1 0;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 0;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 0;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 1;0;1;0;0;1 0;0;1;0;0;1 |
| 6 | 1/2 | 1;1;0;0;0;0 1;0;0;0;1;0 |
| 7 | 2/3 | 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;1;0;0;1 |
| 8 | 3/4 | 1;0;1;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;0 1;0;0;0;0;1 |

Para cada velocidad, el cuadro de perforación deberá leerse primero de izquierda a derecha y a continuación de arriba a abajo.

Dentro de un patrón de puntuación, el «0» significa que el símbolo se borrará y el «1» que el símbolo se pasará. El «2» y el «3» significan respectivamente que se pasarán dos o tres copias del símbolo. Esto es pertinente a los periodos de terminación. En particular

- Para el código turbo de velocidad 1/5 (Punct_Pat_ID=0), los símbolos de salida de cola para cada uno de los tres primeros periodos de bits de cola serán XXXY₀Y₁, y los símbolos de salida de la cola para cada uno de los tres últimos periodos de bits de cola serán X'X'X'Y'₀Y'₁.
- Para el código turbo de velocidad 2/9 (Punct_Pat_ID=1), los símbolos de salida de cola para el primer y el segundo periodo de salida serán XXXY₀Y₁, para el tercer periodo de salida XXY₀Y₁, para el cuarto y el quinto periodo de salida X'X'Y'₀Y'₁, y para el sexto (y último) periodo de salida X'X'X'Y'₀Y'₁.
- Para el código turbo de velocidad 1/4 (Punct_Pat_ID=2), los símbolos de salida de cola para cada uno de los tres primeros periodos de bits de cola serán XXY₀Y₁, y los símbolos de salida de cola para cada uno de los tres últimos periodos de bits de cola serán X'X' Y'₀Y'₁.

Todas las demás velocidades de códigos se procesarán análogamente a los ejemplos presentados anteriormente y los patrones de perforación exactos deberán calcularse como se indica en {RD-1}.

El cuadro de perforación para la parte de terminación es el Cuadro A1-4. La última fila del cuadro se introduce en el presente documento para obtener velocidades mayores y no forma parte de {RD-1}.

CUADRO A1-4

Patrones de perforación y repetición para los periodos de bits de cola (6 últimos relojes)

| ID del patrón de perforación | Velocidad de código | Patrón de perforación/repetición (X; Y ₀ ; Y ₁ ; X'; Y' ₀ ; Y' ₁ X; Y ₀ ; Y ₁ ; X'; Y' ₀ ; Y' ₁ ...) |
|------------------------------|---------------------|--|
| 0 | 1/5 | 3;1;1;0;0;0 3;1;1;0;0;0 3;1;1;0;0;0 0;0;0;3;1;1 0;0;0;3;1;1 0;0;0;3;1;1 |
| 1 | 2/9 | 3;1;1;0;0;0 3;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 0;0;0;2;1;1 0;0;0;2;1;1 0;0;0;3;1;1 |
| 2 | 1/4 | 2;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 0;0;0;2;1;1 0;0;0;2;1;1 0;0;0;2;1;1 |
| 3 | 2/7 | 1;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 2;1;1;0;0;0 0;0;0;2;1;1 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;1;1 |
| 4 | 1/3 | 2;1;0;0;0;0 2;1;0;0;0;0 2;1;0;0;0;0 0;0;0;2;1;0 0;0;0;2;1;0 0;0;0;2;1;0 |
| 5 | 2/5 | 1;1;1;0;0;0 1;1;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;1;1 0;0;0;1;0;1 |
| 6 | 1/2 | 1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 1;1;0;0;0;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 0;0;0;1;1;0 |
| 7 | 2/3 | 1;0;0;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 |
| 8 | 3/4 | 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 1;0;1;0;0;0 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 0;0;0;1;0;1 |

Para cada velocidad, el cuadro de perforación deberá leerse primero de izquierda a derecha y a continuación de arriba a abajo

3.6 CRC

El CRC 0x04C11DB7 del polinomio de 32 bits de UIT-T V.42 {RD-5} se añade al último segmento del datagrama. El CRC se calcula con todos los fragmentos del datagrama.

$$F(x)=x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

Estado inicial: 0xFFFFFFFF

3.7 Configuraciones de antena para las estaciones de barco VDES

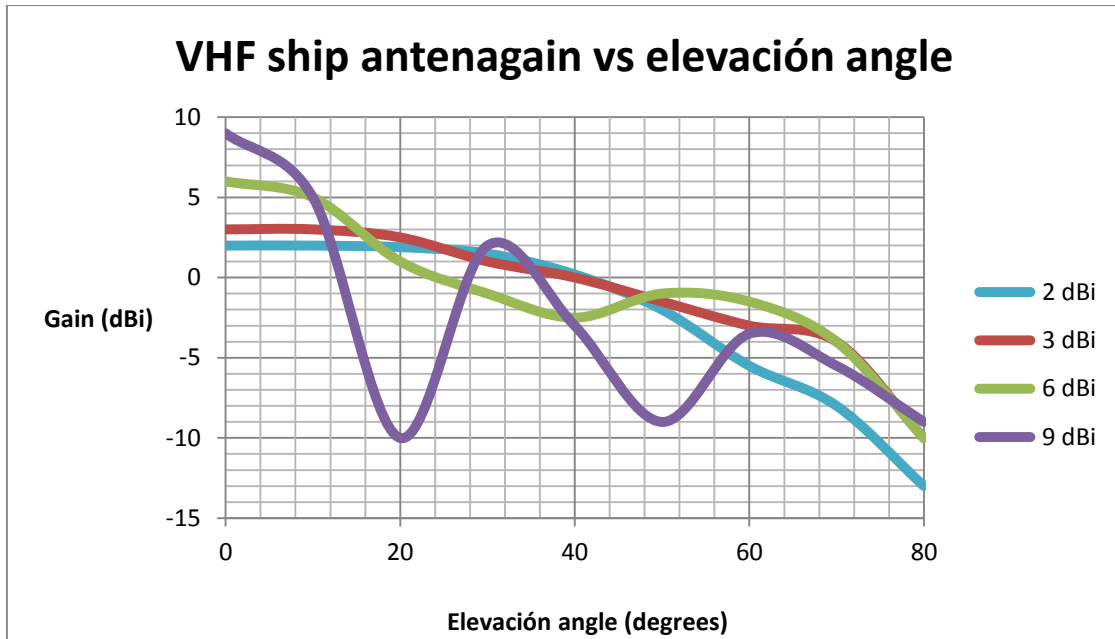
3.7.1 Ganancia de la antena

Pueden utilizarse para el VDES las antenas de barco existentes. La máxima ganancia de estas antenas va de 2 dBi a 10 dBi. En la Fig. A1-6 se muestran diagramas de radiación característicos de estas antenas.

Se necesita una antena de barco con una ganancia mínima a la entrada del receptor de 3 dBi a 0 grados de elevación.

FIGURA A1-6

Ganancia de la antena de barco en función del ángulo de elevación



3.7.2 Relación entre la señal recibida y el ruido más el nivel de interferencia

El umbral mínimo de ruido es función de muchas fuentes tales como los sistemas electrónicos de los buques, otros equipos de radiocomunicaciones, las fuentes de alimentación, etc., y la sensibilidad también se reduce por las pérdidas del cableado en RF y el factor de ruido del ABR. En el Cuadro A1-5 se muestran valores representativos del factor de ruido del receptor.

CUADRO A1-5

Cálculos del factor de ruido del receptor de barco

| | | |
|---|--------|-----|
| Temperatura de ruido de la antena* | 245,0 | K |
| Factor de ruido del ABR | 6,0 | dB |
| Temperatura de ruido del ABR | 813,8 | K |
| Temperatura de ruido de pérdida de alimentación en el ABR | 0,0 | K |
| Temperatura de ruido de la antena en el ABR | 245,0 | K |
| Temperatura de ruido del sistema en el ABR | 1058,8 | K |
| Temperatura de ruido del sistema en el ABR | 30,2 | dBK |

* La temperatura de ruido de la antena del fondo galáctico es 245 K a 160 MHz {RD-4}.

3.8 p.i.r.e. del barco en función del ángulo de elevación

En el Cuadro A1-6 se muestra la p.i.r.e. mínima del barco en función del ángulo de elevación. No existen requisitos de p.i.r.e. mínima por encima de 80 grados de elevación. El Cuadro A1-6 se basa en un transmisor lineal que satisface los niveles máximos de interferencia del canal adyacente

definidos en el Cuadro A1-7. Para el funcionamiento en condiciones de saturación la p.i.r.e. deberá ser 3 dB mayor.

CUADRO A1-6

p.i.r.e. del barco mínima en función del ángulo de elevación

| Ángulo de elevación del barco | Ganancia de la antena del barco | p.i.r.e. del barco mínima con un transmisor de 6 W |
|-------------------------------|---------------------------------|--|
| grados | dBi | dBW |
| 0 | 3 | 10,8 |
| 10 | 3 | 10,8 |
| 20 | 2,5 | 10,3 |
| 30 | 1 | 8,8 |
| 40 | 0 | 7,8 |
| 50 | -1,5 | 6,3 |
| 60 | -3 | 4,8 |
| 70 | -4 | 3,8 |
| 80 | -10 | -2,2 |
| 90 | -20 | -12,2 |

3.9 Requisitos del transmisor para las estaciones de barco VDES

3.9.1 Potencia del transmisor

En el Cuadro A1-7 se definen los requisitos de los transmisores de estación de barco VDES.

CUADRO A1-7

Parámetros del transmisor de la estación móvil

| Parámetros del transmisor | Requisitos | Situación |
|--|--|---|
| Error en frecuencia | 3ppm | Normal |
| Potencia de transmisión | La potencia media de transmisión debe ser 1 W como mínimo sin superar los 25 W declarados por el fabricante. ±1,5 dB normal, +2 /-6 dB excesiva | Conducida |
| Máximos niveles de potencia del canal adyacente para un canal de 25 kHz | 0 dBc -25 dBc -60 dBc | $\Delta f_c < \pm 12,5 \text{ kHz}$ $\pm 12,5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 75 \text{ kHz}$ |
| Máximos niveles de potencia del canal adyacente para un canal de 50 kHz | 0 dBc -25 dBc -60 dBc | $\Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 50 \text{ kHz}$ $\pm 50 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 100 \text{ kHz}$ |
| Máximos niveles de potencia del canal adyacente para un canal de 100 kHz | 0 dBc -25 dBc -60 dBc | $\Delta f_c < \pm 50 \text{ kHz}$ $\pm 50 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 100 \text{ kHz}$ $\pm 100 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 150 \text{ kHz}$ |
| Emisiones no esenciales | -36 dBm -30 dBm | 9 kHz a 1 GHz 1 GHz a 4 GHz |

3.10 Procedimiento de parada

Debe habilitarse un procedimiento automático de parada e indicación para el caso de que el transmisor transmita continuamente durante más de 2 s. Este procedimiento de parada debe ser independiente del control del software.

3.11 Precauciones de seguridad

Cuando el VDES instalado se encuentre en funcionamiento, no deberá sufrir daños como consecuencia de que los terminales de antena estén cortocircuitados o en circuito abierto.

4 Funciones del VDES

El VDES debe soportar las siguientes funciones:

4.1 Sistema de identificación automática

El SIA funcionará con arreglo a la definición de la Recomendación UIT-R M.1371.

4.2 Mensajes específicos de la aplicación – Anexo 2

En el Anexo 2 se describen las características del canal ASM que soportarán los mensajes específicos de la aplicación a fin de mejorar el rendimiento de la transmisión de los mensajes específicos de la aplicación y proteger la función original del SIA.

4.3 VDE terrenal – Anexo 3

En el Anexo 3 se describen las características de los canales terrenales del VDE que proporcionan un enlace terrenal eficaz para la transferencia de datos gracias al cual pueden realizarse una diversidad de aplicaciones para la comunidad marítima.

4.4 Enlace descendente de satélite del VDE – Anexo 4

En el Anexo 4 se describen las características de un enlace descendente de satélite que soporta la transferencia de datos multipaquete y multidifusión, y la transferencia por satélite de datos multipaquete y multidifusión con origen en tierra.

4.5 Enlace ascendente de satélite del VDE – Anexo 5

En el Anexo 5 se describen las características de un enlace ascendente de satélite que soporta la recopilación de información de las estaciones VDES y las comunicaciones barco-costa de largo alcance.

4.6 Alternativas de compartición del VDES – Anexo 6

En el Anexo 6 se describen las características necesarias para que las componentes del VDES compartan el espectro disponible de forma que los efectos sobre los servicios sean mínimos y se respete el SIA.

4.7 Consideraciones sobre el diseño original del VDES – Anexo 7

El Anexo 7 tiene carácter informativo y ofrece información adicional sobre los aspectos técnicos del VDES. Se identifican aspectos tanto de la componente terrenal del VDE por satélite como de la satelital, entre ellos las alternativas de sistemas de acceso, diseños de antena y compartición de sistemas.

Anexo 2

Características técnicas de los canales de mensajes específicos de la aplicación (ASM) del VDES en la banda móvil marítima de ondas métricas

1 Estructura de los mensajes específicos de la aplicación

En el presente Anexo se describen las características de los sistemas de acceso AMDT que utilizan las técnicas AMDT de acceso aleatorio (AMDTAA), AMDT incremental (AMDTI), AMDT de acceso fijo (AMDTAF) y AMDT con detección de portadora en el intervalo (AMDTDP).

Sobre los mensajes específicos de la aplicación véase la Recomendación UIT-R M.1371 con carácter general.

1.1 Responsabilidades específicas de las capas OSI definidas en el Anexo 1 para preparar la transmisión de los datos ASM

1.1.1 Capa física

Convertir el paquete de transmisión digital en una señal con modulación por cuadratura de fase de $\pi/4$ para modular el transmisor.

1.2.2 Capa de enlace

La capa de enlace se divide en tres subcapas con las tareas siguientes.

1.2.2.1 Entidad de gestión del enlace

Esta subcapa tiene las siguientes funciones:

- Ensamblar los bits de los mensajes ASM.
- Ordenar los bits de los mensajes ASM en bytes de 8 bits para el ensamblaje de los paquetes de transmisión.

1.2.2.2 Servicios del enlace de datos

Esta subcapa tiene las siguientes funciones:

- Calcular la secuencia de verificación de trama (FCS) de los bits de los mensajes ASM (véase la sección 3.2.2.3).
- Añadir el FCS al mensaje ASM para completar la creación del contenido del paquete de transmisión.
- Completar el ensamblaje del paquete de transmisión.

1.2.2.3 Control de acceso a los medios

El control de acceso a los medios facilita al enlace de datos en ondas métricas (VDL) el acceso a la transferencia de datos. El método utilizado es un esquema de modulación AMDT que utiliza una referencia de tiempos común.

1.2.3 Capa de red

Esta capa se encarga de gestionar la prioridad de los mensajes, distribuir los paquetes de transmisión entre canales y resolver la congestión del enlace de datos.

1.2.4 Capa de transporte

La capa de transporte es la responsable de la conversión de los datos en paquetes de transmisión del tamaño correcto y de la secuenciación de los paquetes de datos.

2 Capa física

2.1 Parámetros

2.1.1 General

La capa física es la responsable de la transferencia de un tren de bits desde un originador hacia el enlace de datos. En los Cuadros A2-1 to A2-3 se resumen los requisitos de calidad de funcionamiento para la capa física.

El valor inferior y el superior de cada parámetro son independientes de los de otros parámetros.

CUADRO A2-1

Característica mínimas exigidas a los transmisores con acceso múltiple por división en el tiempo

| Nombre del parámetro | Unidades | Valor inferior | Valor superior |
|--|----------|----------------|----------------|
| Separación entre canales (codificada con arreglo al Apéndice 18 del RR y sus notas) ⁽¹⁾ | kHz | 25 | 25 |
| ASM 1 (2027) ⁽¹⁾ | MHz | 161,950 | 161,950 |
| ASM 2 (2028) ⁽¹⁾ | MHz | 162,000 | 162,000 |
| Potencia de salida del transmisor | W | 1 | 12,5 |

⁽¹⁾ Véase la Recomendación UIT-R M.1084, Anexo 4.

2.1.3 Medios de transmisión

La transmisión de los datos se efectúa por la banda marítima en ondas métricas. Las transmisiones de datos deben utilizar los canales ASM 1 y/o ASM 2.

2.1.4 Funcionamiento multicanal

El ASM debe ser capaz de recibir por dos canales paralelos y transmitir por dos canales independientes. Deben utilizarse dos procesos de recepción AMDT independientes para recibir por dos canales de frecuencias independientes. Puede utilizarse un transmisor AMDT para efectuar transmisiones AMDT por uno de los dos canales de frecuencias independientes.

2.2 Características del transceptor

El comportamiento del transceptor debe ajustarse a las características que se especifican a continuación.

CUADRO A2-2

Característica mínimas exigidas a los transmisores con acceso múltiple por división en el tiempo

| Parámetros del transmisor | Requisitos |
|-------------------------------------|---|
| Error de potencia de la portadora | $\pm 1,5$ dB |
| Error de frecuencia de la portadora | ± 500 Hz |
| Máscara de modulación ranurada | $\Delta f_c < \pm 10$ kHz: 0 dBc ± 10 kHz $< \Delta f_c < \pm 25$ kHz: por debajo de la línea recta entre -25 dBc a ± 10 kHz y -70 dBc a ± 25 kHz ± 25 kHz $< \Delta f_c < \pm 62,5$ kHz: -70 dBc |
| Emisiones no esenciales | -36 dBm: 9 kHz ... 1 GHz -30 dBm: 1 GHz ... 4 GHz |

CUADRO A2-3

Característica mínimas exigidas a los transmisores con acceso múltiple por división en el tiempo

| Parámetros del receptor | Requisitos |
|--|--|
| Sensibilidad | 20% PER @ -107 dBm |
| Comportamiento de error a altos niveles de entrada | 1% PER @ -77 dBm 1% PER @ -7 dBm |
| Selectividad de canal adyacente | 20% PER @ 70 dB |
| Rechazo de respuesta no esencial | 20% PER @ 70 dB |
| Rechazo de respuesta de intermodulación | 20% PER @ 74 dB |
| Emisiones no esenciales | -57 dBm (de 9 kHz a 1 GHz) -47 dBm (de 1 GHz a 4 GHz) |
| Bloqueo | 20% PER @ 86 dB |

2.3 Esquema de modulación

El esquema de modulación es la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (MDP-4) de $\pi/4$.

2.3.1 Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura de $\pi/4$ (MDP-4 $\pi/4$)

La caída del transmisor del modulador utilizada para la transmisión de los datos debe ser 0,35 como máximo (máximo valor nominal).

El demodulador utilizado para recibir los datos debe diseñarse para una caída del receptor de 0,35 como máximo (máximo valor nominal).

2.3.2 Estabilidad en frecuencia

La estabilidad en frecuencia del transmisor/receptor de radiocomunicaciones en la banda de ondas métricas debe ser ± 500 Hz o mejor.

2.4 Velocidad binaria de transmisión de datos

La velocidad binaria de transmisión de datos debe ser $19,2 \text{ kbit/s} \pm 10 \text{ ppm}$ con MDP-4 $\pi/4$.

2.5 Secuencia de acondicionamiento

La secuencia de acondicionamiento es 111111001101010000011001010.

2.6 Información de la señal

La información de la señal debe seguir a la secuencia de acondicionamiento.

La información de la señal consta de 4 bits codificados en una secuencia de 7 bits mediante el código Hamming (7,4). La información de la señal selecciona los esquemas de modulación y codificación utilizados y permite la adición de nuevos esquemas de modulación y codificación en el futuro.

La información de la señal «XXXX» – selecciona el esquema de modulación y codificación siguiente:

- 0000 – MDP-4 $\pi/4$ sin codificación;
- 0001 – MDP-4 $\pi/4$ velocidad de código 1/2;
- 0010 – MDP-4 $\pi/4$ velocidad de código 3/4;
- 0011 – MDP-4 $\pi/4$ velocidad de código 5/6;
- 0100 – 1111 – reservado para usos futuros.

2.7 Codificación de datos

No se utiliza la codificación de datos.

2.8 Corrección de errores en recepción

Cuando se utilice la corrección de errores en recepción, se hará conforma a la definición del Anexo 1. Se utiliza la intercalación y la aleatorización de bits, definidos en la FEC indicada en la información de la señal.

2.9 Respuesta transitoria del transmisor

2.9.1 Tiempo de conmutación

El tiempo necesario para conmutar entre los estados de transmisión y recepción y viceversa no debe superar el tiempo de establecimiento de la transmisión ni el de liberación. Debe ser posible recibir un mensaje del intervalo inmediatamente anterior a la propia transmisión o posterior a ella.

El equipo no debe poder transmitir durante la operación de conmutación de canal.

2.10 Potencia del transmisor

El nivel de potencia viene determinado por la entidad de gestión del enlace (LME, *link management entity*) de la capa de enlace.

2.10.1 Deben preverse dos niveles de potencia nominal (alta potencia, baja potencia), si así lo requieren las aplicaciones. La estación ASM funcionará por defecto en el nivel de potencia nominal superior.

2.10.2 Los niveles nominales de potencia deben fijarse en 1 W y 12,5 W (potencia media) y la tolerancia debe ser $\pm 1,5 \text{ dB}$.

3 Capa de enlace

La capa de enlace especifica el modo de empaquetamiento de los datos, para proceder a la detección y corrección de errores en la transferencia de datos. La capa de enlace se divide en tres subcapas.

3.1 Subcapa 1 – control de acceso al medio

La subcapa de control de acceso al medio (MAC) garantiza el acceso al medio de transferencia de datos, es decir, el enlace de datos en ondas métricas. El esquema utilizado es AMDT con una referencia de tiempos común.

3.1.1 Sincronización del AMDT

La sincronización del AMDT se consigue gracias a un algoritmo basado en el estado de sincronización, según se describe más adelante. La bandera del estado de sincronización, en el estado de comunicación AMDTI, indica el estado de sincronización de la estación.

El proceso de recepción AMDT no debe estar sincronizado con las fronteras del intervalo.

El sistema SIA puede proporcionar una sincronización diferente al UTC directo.

3.1.1.1 Tiempo universal coordinado directo

Cualquier estación que tenga acceso directo al UTC con la precisión requerida debe indicarlo fijando su estado de sincronización en UTC directo.

3.1.1.2 Tiempo universal coordinado indirecto

Cualquier estación que no pueda tener acceso directo al UTC pero sí al sistema SIA, podrá sincronizarse con éste. A continuación, deberá modificar su estado de sincronización de modo que indique el tipo de sincronización proporcionado por el sistema SIA.

3.1.2 División en el tiempo

El intervalo y la trama se definen en el Anexo 1. Por defecto, el acceso al enlace de datos se da al comienzo de un intervalo. El inicio y el fin de una trama coinciden con la señal del minuto UTC. En caso de no contar con UTC, el sistema SIA puede proporcionar la sincronización de trama.

3.1.3 Sincronización de la fase del intervalo y la trama

La sincronización de la fase del intervalo y la de la trama se efectúan utilizando información del UTC o del sistema SIA.

3.1.3.1 Sincronización de la fase del intervalo

La sincronización de la fase del intervalo es el método mediante el que se sincroniza el límite del intervalo con un alto grado de estabilidad de la sincronización, garantizando de este modo que no se solapan los límites de los mensajes ni se corrompen los mensajes.

3.1.3.2 Sincronización de la trama

La sincronización de la trama es el método gracias al cual se conoce el número de intervalo actual de la trama.

3.1.4 Identificación de la trama

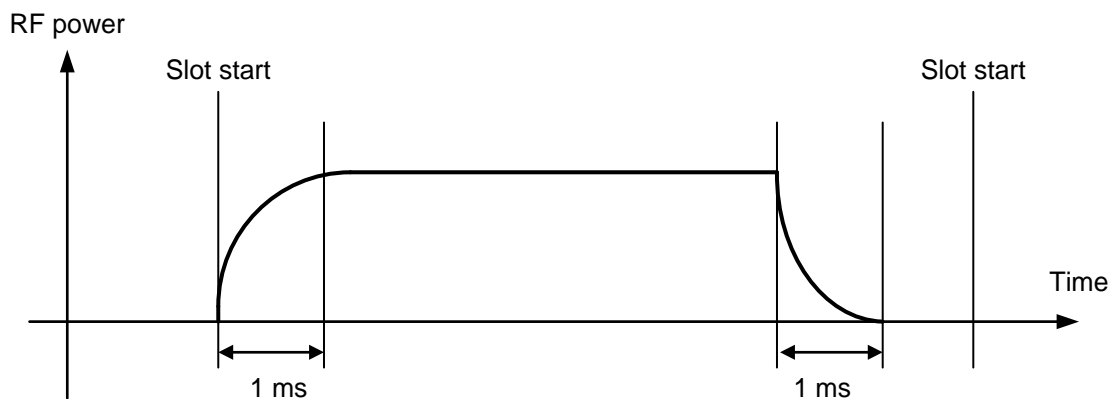
Cada intervalo viene identificado por su índice (0-2249). El intervalo cero (0) debe definirse como comienzo de la trama.

3.1.5 Acceso a los intervalos

El transmisor deberá comenzar la transmisión activando la alimentación de potencia RF al inicio del intervalo.

El transmisor deberá desconectarse una vez que el último bit del paquete de transmisión haya salido de la unidad transmisora. Este suceso deberá producirse dentro de los intervalos atribuidos para la propia transmisión. La longitud por defecto de una transmisión es de un (1) intervalo. El acceso al intervalo tiene lugar como se indica en la Fig. A2-1.

FIGURA A2-1
Acceso al intervalo



3.1.6 Estado del intervalo

Cada intervalo de un canal ASM puede encontrarse en uno de los siguientes estados:

- Libre: significa que el intervalo está sin utilizar dentro del margen de recepción de la propia estación.
- Atribución interna: significa que el intervalo ha sido atribuido por la propia estación y puede utilizarse para la transmisión de ASM.
- Atribución externa: significa que el intervalo ha sido atribuido para transmisión de ASM por otra estación.

3.2 Subcapa 2 – servicio de enlace de datos

La subcapa de servicio de enlace de datos (DLS) proporciona métodos para:

- la activación y liberación del enlace de datos;
- la transferencia de datos; y
- la detección y el control de errores.

3.2.1 Activación y liberación del enlace de datos

Atendiendo a la subcapa MAC, la subcapa DLS se pondrá a la escucha del enlace de datos, lo activará o lo liberará. Un intervalo señalado como libre o de atribución externa indica que el equipo propio ha de estar en el modo recepción y ponerse a la escucha de otros usuarios del enlace de datos.

3.2.2 Transferencia de datos

La transferencia de datos deberá utilizar un protocolo orientado a bits y ser conforme con esta norma.

3.2.2.1 Formato del paquete

Los datos se transfieren utilizando un paquete de transmisión como el que se muestra en la Fig. A2-2:

FIGURA A2-2
Formato del paquete

| Rampa ascendente | Secuencia de acondicionamiento | Información de la señal | Longitud de los datos | Datos | CRC | Almacenamiento temporal |
|------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----|-------------------------|
| 16 | 27 | 7 | 10 | 380 (máximo) | 32 | 40 |

El paquete deberá enviarse de izquierda a derecha. La secuencia de acondicionamiento se utilizará para sincronizar el receptor de ondas métricas. La longitud total del paquete por defecto es de 512 bits (MDP-4 $\pi/4$).

3.2.2.2 Rampa ascendente

La porción en rampa ascendente de la forma de onda ofrece una transición gradual al estado de transmisión desde el estado de desconexión. Un periodo gradual de rampa ascendente permite efectuar una conformación espectral importante para reducir la dispersión de energía fuera del ancho de banda de modulación deseado y reduce la interferencia sobre otros usuarios del canal actual y del adyacente.

3.2.2.3 Secuencia de verificación de trama

La FCS utiliza la verificación por redundancia cíclica. Véase la sección 3.2.3.

3.2.2.4 Almacenamiento temporal

El almacenamiento temporal tiene 40 bits de longitud y debe utilizarse del siguiente modo:

- retardo por distancia: 28 bits
- fluctuación de la sincronización: 12 bits

El retardo por distancia deberá ofrecer protección para una distancia de propagación de 222,24 k (120 NM), aproximadamente¹.

3.2.2.5 Resumen del paquete de transmisión por defecto

El paquete de datos se define en el Cuadro A2-4.

¹ 1 milla náutica = 1 852 metros.

CUADRO A2-4

Estructura de bits del paquete de intervalo sencillo para un esquema de modulación MDP-4 $\pi/4$

| | | |
|--------------------------------|----------|--|
| Rampa ascendente | 16 bits | |
| Secuencia de acondicionamiento | 27 bits | Necesaria para la sincronización |
| Información de la señal/FEC | 7 bits | Decodificada de Hamming (7,4) 0000 – sin codificación 0001 – velocidad de código 1/2 0010 – velocidad de código 3/4 0011 – velocidad de código 5/6 |
| Longitud de datos | 10 bits | Por defecto : “0110011100” (412) datos codificados y CRC; |
| Datos | 380 bits | Si codificación: 380 bits Con codificación: varía en función de la velocidad de codificación definida en el campo de información de la señal |
| CRC | 32 bits | Sin codificación: 32 bits; Con codificación: varía en función de la velocidad de codificación definida en el campo de información de la señal; Sólo se incluyen en la CRC la longitud de los datos y el campo de datos |
| Tampón | 40 bits | Retardo por distancia y fluctuación |
| Total | 512 bits | Máximo 512 bits para 19,2 kbit/s con MDP-4 $\pi/4$ |

3.2.2.6 Temporización de la transmisión

No debe haber modulación durante el periodo de rampa descendente.

3.2.2.7 Paquetes de larga transmisión

Las estaciones pueden ocupar como máximo cinco intervalos consecutivos para una (1) transmisión continua. Para un paquete de larga transmisión sólo se necesita una aplicación de la tara (rampa ascendente, secuencia de acondicionamiento, banderas, FCS, almacenamiento temporal). La longitud de un paquete de larga transmisión no debe sobrepasar la imprescindible para la transferencia de datos; es decir el ASM no debe añadir relleno; sin embargo, se permiten los tamaños de codificación y/o el relleno de datos que sean necesarios sin sobrepasar los límites del byte.

3.2.3 Detección y control de errores

La detección de errores se efectúa mediante el polinomio de CRC descrito en el Anexo 1.

3.2.4 Corrección de errores en recepción

La corrección de errores en recepción debe tratarse con arreglo a lo descrito en la información de la señal.

3.3 Subcapa 3 – entidad de gestión del enlace

La LME controla el funcionamiento del DLS, la MAC y la capa física.

3.3.1 Acceso al enlace de datos

Debe haber cuatro sistemas diferentes para controlar el acceso al medio de transferencia de datos. El sistema de acceso utilizado dependerá de la aplicación y del modo de funcionamiento. Los sistemas de acceso en cuestión son: AMDTI, AMDTAA, AMDTDPI y AMDTAF.

3.3.1.1 Cooperación en el enlace de datos

Los sistemas de acceso funcionarán de manera continua y en paralelo, en el mismo enlace de datos físico. Todos ellos se atenderán a las reglas establecidas por el AMDT. El sistema ASM deberá otorgar prioridad al sistema SIA para el acceso al enlace de datos físico.

3.3.1.2 Intervalos candidatos

Los intervalos utilizados para la transmisión se seleccionan de entre los llamados intervalos candidatos del intervalo de selección (SI, *selection interval*), que se define con 150 intervalos.

El proceso de selección utilizado recibe datos del SIA y el ASM.

Debe haber siempre al menos cuatro intervalos candidatos, para poder elegir entre ellos.

Los intervalos candidatos se seleccionan principalmente de entre los intervalos libres del SIA y el ASM.

Los intervalos disponibles se definen en la Recomendación UIT-R M.1371 y sólo deben tomarse de la estación o estaciones más distantes del SI.

Si el conjunto de intervalos candidatos contiene menos de cuatro intervalos, podrán obtenerse candidatos adicionales aplicando las reglas siguientes en el orden en el que se especifican (primero la regla 1 y después la 2):

Regla 1: intervalo disponible en un canal SIA y libre en todos los demás canales SIA y ASM;

Regla 2: intervalo disponible en ambos canales SIA y libre en todos los canales ASM.

Al seleccionar candidatos para mensajes cuya longitud sea mayor de un (1) intervalo, el candidato deberá ser el primer intervalo de un bloque consecutivo de intervalos que se ajusten a los criterios de selección indicados anteriormente.

Cuando la estación no pueda encontrar un número suficiente de candidatos, se abstendrá de transmitir y reprogramará la transmisión.

El proceso de selección de intervalos candidatos deberá considerar además los periodos de tiempo reservados para la recepción del tablón de anuncios.

El objetivo de mantener un mínimo de cuatro intervalos candidatos con la misma probabilidad de ser utilizados para la transmisión, es que la probabilidad de acceso al enlace sea alta.

3.3.2 Modos de funcionamiento

Debe haber tres modos de funcionamiento. El modo por defecto debe ser el autónomo y debe poder conmutarse a otros modos o desde éstos.

3.3.2.1 Autónomo

Las estaciones que funcionen de manera autónoma deberán establecer su propio programa de transmisión. Estas estaciones deberán resolver automáticamente los eventuales conflictos de programación con otras estaciones.

3.3.2.2 Asignado

Las estaciones que funcionen en modo asignado deberán tener en cuenta el programa de transmisión del mensaje asignante al determinar cuándo deben transmitir.

3.3.2.3 Interrogado

Las estaciones que funcionen en modo interrogado deberán responder automáticamente a los mensajes de interrogación. El funcionamiento en el modo interrogado no deberá afectar al funcionamiento en los otros dos modos. La respuesta deberá transmitirse en el canal por el que se recibió el mensaje de interrogación.

3.3.3 Inicialización

Al activarse, la estación deberá explorar los canales AMDT durante un (1) min para determinar la actividad de los mismos, la identidad de los demás miembros participantes, las asignaciones vigentes de intervalos, así como la posible existencia de estaciones costeras. Durante ese periodo de tiempo, se ha de establecer un directorio dinámico de todas las estaciones que funcionan en el sistema. Debe crearse un mapa de la trama, que refleje la actividad de los canales AMDT. Al cabo de un (1) min, la estación podrá estar disponible para transmitir mensajes ASM de acuerdo con su propio programa.

3.3.4 Esquemas de acceso a los canales

Los esquemas de acceso definidos a continuación deben coexistir y funcionar simultáneamente en el canal AMDT. Los esquemas de acceso AMDTI, AMDTAA y AMDTAF se definen en la Recomendación UIT-R M.1371.

3.3.4.1 Acceso múltiple por división en el tiempo y detección de portadora en el intervalo (AMDTDPI)

El AMDTDPI puede utilizarse para transmisiones por enlaces ascendentes de satélites.

3.3.4.2 Algoritmo del acceso múltiple por división en el tiempo y detección de portadora en el intervalo

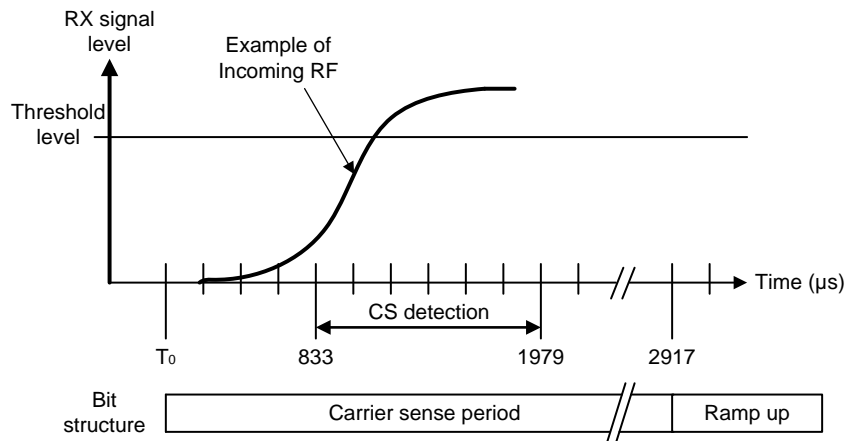
El acceso al enlace de datos debe efectuarse con referencia a un comienzo de trama utilizando UTC directo.

Las estaciones VDES que utilizan AMDTDPI deben detectar si el intervalo está utilizado examinando la ventana de detección CS de 1146 μs que comienza en 833 μs y termina en 1979 μs después del comienzo del intervalo destinado a la transmisión (T_0). Las señales comprendidas en los primeros 833 μs del periodo de tiempo se excluyen de la decisión de permitir retardos de propagación y periodos de rampa descendente de otras unidades.

Las estaciones VDES que utilicen el esquema de acceso AMDTDPI no deberán transmitir en ningún intervalo en el que se detecte, dentro de la ventana de detección CS, un nivel de señal mayor que el «umbral de detección de la CS».

La transmisión de un paquete AMDTDPI debe comenzar 2917 μs después del comienzo nominal del periodo de tiempo (véase la Fig. A2-3).

FIGURA A2-3
 Temporización de la detección de portadora



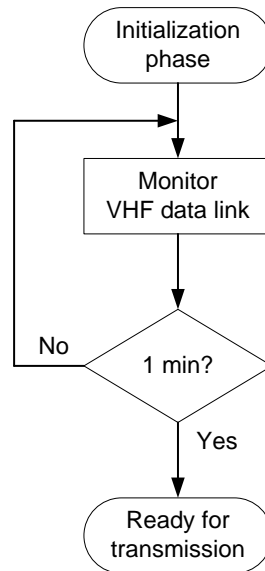
3.3.4.3 Umbral de detección de portadora

El umbral de detección de portadora (CS) debe determinarse en un intervalo deslizante de 60 s, de forma independiente en cada canal de recepción. El umbral debe determinarse midiendo el nivel mínimo de energía (que representa el ruido de fondo) más un escalón de 10 dB. El umbral mínimo de detección de portadora debe ser -107 dBm. Debe realizarse un seguimiento del ruido de fondo, admitiendo una diferencia de nivel de al menos 30 dB (lo que resulta en un nivel máximo de umbral de -77 dBm)

3.3.4.4 Acceso a la red y entrada de un nuevo tren de datos

Para AMDTI y AMDTAA, la estación, una vez activada, deberá explorar el canal AMDT durante un (1) min para determinar la actividad del canal, la identidad de otros miembros participantes, las asignaciones de intervalo vigentes y las posiciones comunicadas de otros usuarios, así como la posible existencia de estaciones de base, como se muestra en la Fig. A2-4. Durante ese periodo de tiempo, deberá establecerse un directorio dinámico de todos los miembros que operen en el sistema. Ha de elaborarse un mapa de tramas correspondiente a la actividad del canal AMDT.

FIGURA A2-4
 Acceso a la red para AMDTI y AMDTAA



3.3.4.5 Prioridad de las transmisiones

Hay 4 (cuatro) niveles de prioridad de los mensajes:

Prioridad 1 (máxima): Mensajes críticos para la gestión del enlace;

Prioridad 2: Mensajes relacionados con la seguridad;

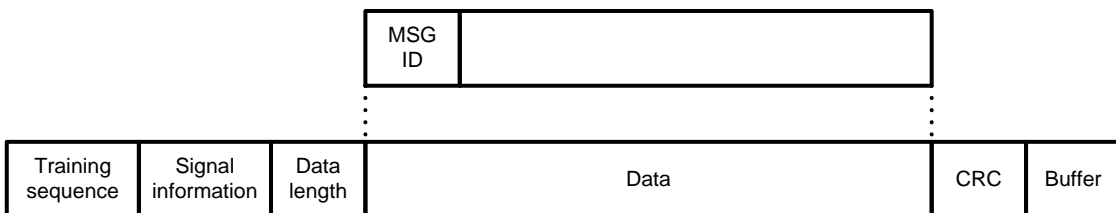
Prioridad 3: Mensajes de interrogación y respuesta;

Prioridad 4 (mínima): Todos los demás mensajes.

3.3.5 Estructura de los mensajes

Los mensajes deben tener la estructura que se muestra en la Fig. A2-5 dentro de la porción del paquete de datos correspondiente a los datos.

FIGURA A2-5
 Estructura del Mensaje



Cada mensaje se describe mediante un Cuadro con los campos de parámetros colocados de arriba abajo. Cada campo de parámetro se define con el bit más significativo en primer lugar.

Los campos de parámetros que contienen subcampos (p.ej. estado de la comunicación) se definen en cuadros independientes cuyos subcampos están colocados de arriba abajo, con el bit más significativo en primer lugar dentro de cada subcampo.

Las cadenas de caracteres se presentan de izquierda a derecha con el bit más significativo en primer lugar. Los caracteres que no se utilicen se representarán por el símbolo @ y se colocarán al final de la cadena.

Cuando los datos se transmitan por el enlace de datos en ondas métricas deberán agruparse en bytes de 8 bits de arriba abajo en el cuadro asociado a cada mensaje. Cada byte se transmitirá comenzando por el bit menos significativo.

El Cuadro A2-5 es un ejemplo genérico de Cuadro de mensajes.

CUADRO A2-5

Cuadro de mensajes genérico

| Parámetro | Símbolo | Número de bits | Descripción |
|--------------|---------|----------------|-------------------|
| P1 | T | 6 | Parámetro 1 |
| P2 | D | 1 | Parámetro 2 |
| P3 | I | 1 | Parámetro 3 |
| P4 | M | 27 | Parámetro 4 |
| P5 | N | 2 | Parámetro 5 |
| Sin utilizar | 0 | 3 | Bits sin utilizar |

El Cuadro A2-6 muestra la vista lógica de los datos.

CUADRO A2-6

Vista lógica de los datos

| | | | | | |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Orden de los bits | M---L-- | M----- | ----- | ----- | --LML000 |
| Símbolo | TTTTTTDI | MMMMMMMM | MMMMMMMM | MMMMMMMM | MMMN000 |
| Orden de los bytes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

El orden de transmisión por el enlace de datos en ondas métricas se muestra en el Cuadro A2-7.

CUADRO A2-7

Orden de transmisión del enlace de datos en ondas métricas

| | | | | | |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Orden de los bits | --L---M | -----M | ----- | ----- | 000LML-- |
| Símbolo | IDTTTTTT | MMMMMMMM | MMMMMMMM | MMMMMMMM | 000NNMMM |
| Orden de los bytes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

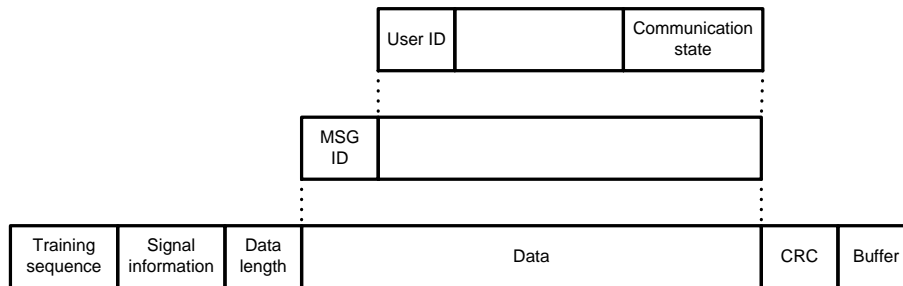
3.3.5.1 Identificación del mensaje

La ID del mensaje debe tener 6 bits de longitud y respetar las definiciones de ID de mensajes en vigor definidas para el SIA en la Recomendación UIT-R M.1371.

3.3.5.2 Estructura del mensaje de acceso múltiple por división en el tiempo incremental

La estructura del mensaje AMDTI suministra la información necesaria para funcionar de conformidad con la Recomendación UIT-R M.1371. La estructura del mensaje se muestra en la Fig. A2-6:

FIGURA A2-6
Estructura del mensaje AMDTI



3.3.5.2.1 Identificación del usuario

La ID debe ser un identificador exclusivo y su longitud es de 30 bits.

3.3.5.2.2 Estado de la comunicación de acceso múltiple por división en el tiempo incremental

El estado de la comunicación proporciona las siguientes funciones:

- contiene información utilizada por el algoritmo de atribución de intervalos en el concepto AMDTI;
- indica asimismo el estado de sincronización.

El estado de la comunicación AMDTI se estructura con arreglo a la definición de la Recomendación UIT-R M.1371. El estado de la comunicación AMDTI debe aplicarse únicamente al intervalo del canal por el que se efectúa la transmisión en cuestión. ASM 1 y ASM 2 son canales independientes.

4 La capa de red

Se utilizará la capa de red para:

- establecer y mantener las conexiones de canal;
- gestionar las asignaciones de prioridad de los mensajes;
- distribuir los paquetes de transmisión entre canales;
- resolver las situaciones de congestión del enlace de datos.

5 La capa de transporte

La capa de transporte se encarga de:

- convertir los datos a paquetes de transmisión de tamaño adecuado;
- secuenciar los paquetes de datos;
- establecer la interfaz de protocolo con las capas superiores.

La interfaz entre la capa de transporte y las capas superiores deberá efectuarla la interfaz de presentación.

5.1 Definición del paquete de transmisión

El paquete de transmisión es una representación interna de cierta información que en última instancia puede comunicarse a los sistemas exteriores. El paquete de transmisión se dimensiona de manera que cumpla las reglas de transferencia de datos.

5.2 Los paquetes de transmisión

5.2.1 Mensajes direccionados

Los mensajes direccionados son comunicaciones punto a punto entre estaciones VDES. Los mensajes direccionados pueden requerir acuse de recibo. Cuando se requiere un acuse de recibo y no se recibe, las estaciones VDES pueden volver a transmitir el mensaje.

5.2.2 Mensajes de radiodifusión

Los mensajes de radiodifusión carecen de ID de destino. Por ello las estaciones receptoras no tienen que acusar recibo de los mensajes de radiodifusión.

5.2.3 Conversión a mensajes de la interfaz de presentación

Cada paquete de transmisión recibido debe convertirse en su correspondiente mensaje de la interfaz de presentación y presentado en el orden de recepción independientemente de la categoría del mensaje. Las aplicaciones que utilicen la interfaz de presentación deberán responsabilizarse de su propio plan de numeración, cuando sea necesario. Para las estaciones móviles, los mensajes direccionados no deberán enviarse a la interfaz de presentación cuando el ID de usuario de destino (MMSI de destino) sea distinto del ID de la propia estación (MMSI propia).

5.2.4 Conversión de los datos en paquetes de transmisión

La capa de transporte debe convertir los datos recibidos de la interfaz de presentación en paquetes de transmisión.

5.3 Protocolo de la interfaz de presentación

Los datos que vayan a ser transmitidos por la estación deberán introducirse a través de la interfaz de presentación; los datos recibidos por la estación deben extraerse a través de la interfaz de presentación. Los formatos y protocolos utilizados por esta corriente de datos están definidos en la norma CEI 61162.

6 Mensajes del enlace ascendente del satélite

El enlace ascendente del satélite puede proporcionarlo el equipo VDES. También puede proporcionarlo el equipo dedicado que utiliza el esquema de acceso AMDT con detección de portadora en el intervalo (AMDTDPI) para consolidar las comunicaciones SIA y las comunicaciones terrenales ASM.

6.1 Estructura de bits de los paquetes de los mensajes del enlace ascendente de satélite

Los paquetes de datos para AMDTI, AMDTAA y AMDTAF se definen en el Cuadro A2-8.

Los paquetes de datos para AMDTDPI se definen en el Cuadro A2-9.

CUADRO A2-8

Estructura de bits modificada del paquete para el enlace ascendente del satélite

| Composición del intervalo | Bits | Notas |
|-----------------------------------|------|--|
| Rampa ascendente | 16 | Normal |
| Secuencia de preacondicionamiento | 100 | 0011 (repetido durante 100 bits) |
| Secuencia de acondicionamiento | 27 | Normal |
| Información de la señal | 7 | Decodificado de Hamming (7,4) 0000 – sin codificación 0001 – velocidad de código 1/2 0010 – velocidad de código 3/4 0011 – velocidad de código 5/6 |
| Longitud de los datos | 10 | Por defecto : «0011000110» (198) datos codificados y CRC; |
| Campo de datos | 166 | Sin codificación: 166 bits Con codificación: varía en función de la velocidad de codificación definida en el campo de información de la señal; |
| CRC | 32 | Sin codificación: 32 bits; Con codificación: varía en función de la velocidad de codificación definida en el campo de información de la señal; Sólo se incluyen en la CRC la longitud de los datos y el campo de datos |
| Tampón | 154 | Fluctuación de fase de sincronismo (estación móvil) = 6 bits Fluctuación de fase de sincronismo (móvil/satélite) = 2 bits Diferencia de retardo del tiempo de propagación = 144 bits Reserva = 2 bits |
| Total | 512 | Máximo 512 bits para 19,2 kbit/s MDP-4 $\pi/4$ |

CUADRO A2-9

**Estructura de bits modificada del paquete para el enlace ascendente del satélite
ASM mensaje con AMDTDPI**

| Composición del intervalo | Bits | Notas |
|--------------------------------------|------|---|
| Periodo de detección de la portadora | 56 | Sin transmitir (2 917 μ s, equivalente a 56 bits) |
| Rampa ascendente | 16 | Normal |
| Secuencia de preacondicionamiento | 44 | 0011 (repetido durante 44 bits) |
| Secuencia de acondicionamiento | 27 | Normal |
| Información de la señal | 7 | Decodificado de Hamming (7,4) 0000 – sin codificación 0001 – codificación 1/2 0010 – codificación 3/4 0011 – codificación 5/6 |
| Longitud de los datos | 10 | Por defecto: «0011000110» (198) datos codificados y CRC; |

| Composición del intervalo | Bits | Notas |
|--|------|--|
| Campo de datos | 166 | Sin codificación: 166 bits Con codificación: varía en función de la velocidad de codificación definida en el campo de información de la señal |
| CRC | 32 | Sin codificación: 32 bits; Con codificación: varía en función de la velocidad de codificación definida en el campo de información de la señal; Sólo se incluyen en la CRC la longitud de los datos y el campo de datos |
| Tampón del sistema receptor ASM de larga distancia | 154 | Fluctuación de fase de sincronismo (estación móvil) = 6 bits Fluctuación de fase de sincronismo (móvil/satélite) = 2 bits Diferencia de retardo del tiempo de propagación = 144 bits Reserva = 2 bits |
| Total | 512 | Máximo 512 bits para 19,2 kbit/s MDP-4 $\pi/4$ |

6.2 Transmisión del mensaje por el enlace ascendente del satélite

El mensaje de difusión ASM por el enlace ascendente debe transmitirse solamente por canales ASM y no por los siguientes: 75, 76, SIA 1, SIA 2 ni por los canales regionales.

Anexo 3

Características técnicas del VDE terrenal en la banda móvil marítima

1 Introducción

El presente anexo describe las características del VDES terrenal. Contiene una descripción de los diversos protocolos del modelo de capas OSI y recomienda detalles de implementación para cada capa.

La transmisión de datos se efectúa en la banda móvil marítima en ondas métricas. Las transmisiones de datos se efectúan dentro del espectro atribuido al VDE1-A y el VDE1- B. El espectro puede utilizarse como canales de 25 kHz, 50 kHz o 100 kHz.

El sistema debe utilizar técnicas AMDT de forma sincronizada.

2 Capa OSI

Véase el Anexo 1.

3 La capa física

3.1 Alcance

El alcance de la comunicación del VDE terrenal suele ser 20-50 NM.

3.2 Valores de los parámetros del transmisor

Véanse en el Anexo 1 los valores de los parámetros del transmisor de la estación móvil.

Los valores de los parámetros del transmisor de la estación costera se definen en el Cuadro A3-1.

CUADRO A3-1

Parámetros del transmisor de la estación costera

| Parámetros del transmisor | Requisitos | Situación |
|---|---|---|
| Error en frecuencia | 3 ppm | Normal |
| Potencia de transmisión | La potencia media de transmisión será como mínimo 12,5 W sin superar los 50 W declarados por el fabricante. ±1,5 dB normal +2 / -6 dB excesiva | Conducida |
| Espectro de modulación para el canal de 25 kHz | 0 dBc -25 dBc -60 dBc | $\Delta f_c < \pm 12,5 \text{ kHz}$ $\pm 12,5 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 75 \text{ kHz}$ |
| Espectro de modulación para el canal de 50 kHz | 0 dBc -25 dBc -60 dBc | $\Delta f_c < \pm 25 \text{ kHz}$ $\pm 25 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 50 \text{ kHz}$ $\pm 50 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 100 \text{ kHz}$ |
| Espectro de modulación para el canal de 100 kHz | 0 dBc -25 dBc -60 dBc | $\Delta f_c < \pm 50 \text{ kHz}$ $\pm 50 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 100 \text{ kHz}$ $\pm 100 \text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 150 \text{ kHz}$ |
| Emisiones no esenciales | -36 dBm V30 dBm | 9 kHz ... 1 GHz 1 GHz ... 4 GHz |

3.3 Antena

El sistema VDE terrenal puede compartir antena con los demás sistemas SIA, ASM, VDE-SAT.

Véase el Anexo 1.

3.4 Modulación

3.4.1 Formas de onda

En el CUADRO A3-2 se definen las formas de onda. Las alternativas de modulación y codificación, y las velocidades brutas de caudal del canal se especifican para una gama de anchos de banda y para varios esquemas de modulación y codificación (MCS). Se especifican en detalle tres MCS y se reservan 13 más para futuras ampliaciones.

CUADRO A3-2

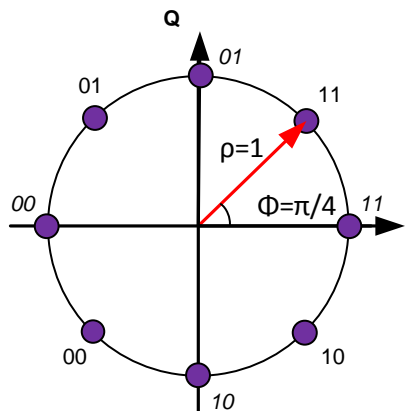
Esquemas de modulación y codificación

| Esquema de modulación y codificación | Valores de la información de la señal D0, D1, D2, D3 | Valor del CQI | Velocidad binaria total del caudal (kbit/s)* 25 kHz | Velocidad binaria total del caudal (kbit/s)** 50 kHz | Velocidad binaria total del caudal (kbit/s)*** 100 kHz |
|--|--|----------------------------|--|---|---|
| Sin transmisión | | 0 | - | - | - |
| MCS-1 (MDP-4 $\pi/4$, CR=1/2) | 0, 0, 0, 1 | 1 | 38,4 | 76,8 | 153,6 |
| MCS-2 | 0, 0, 1, 0 | 2 | Reservado para futuros MCS | | |
| MCS-3 (MDP-8, CR=3/4) | 0, 0, 1, 1 | 3 | 57,6 | 115,2 | 230,4 |
| MCS-4 | 0, 1, 0, 0 | 4 | Reservado para futuros MCS | | |
| MCS-5 (MAQ-16, CR=3/4) | 0, 1, 0, 1 | 5 | 76,8 | 153,6 | 307,2 |
| Reservado para futuros MCS | X, X, X, X | Reservado para futuros MCS | | | |
| * Hipótesis: 19,2 ksímbolos/s en un ancho de banda de 25 kHz (factor de corte: 0,3) | | | | | |
| ** Hipótesis: 38,4 ksímbolos/s en un ancho de banda de 50 kHz (factor de corte: 0,3) | | | | | |
| *** Hipótesis: 76,8 ksímbolos/s en un ancho de banda de 100 kHz (factor de corte: 0,3) | | | | | |

3.4.2 Correspondencia de bits

La correspondencia de bits se muestra en las Figs A3-1, A3-2 y A3-3.

FIGURA A3-1
Correspondencia de bits para MDP-4 $\pi/4$



Nota: La fase de cada una de las transmisiones subsiguientes se gira $\pi/4$.

FIGURA A3-2
Correspondencia de bits para MDP-8

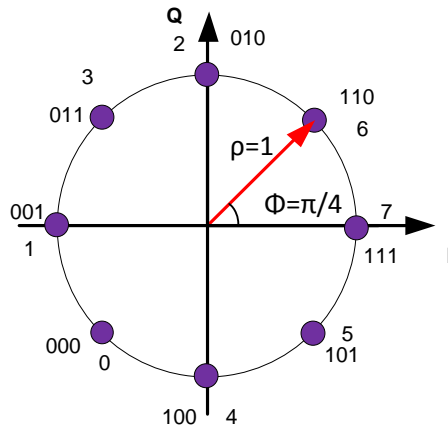
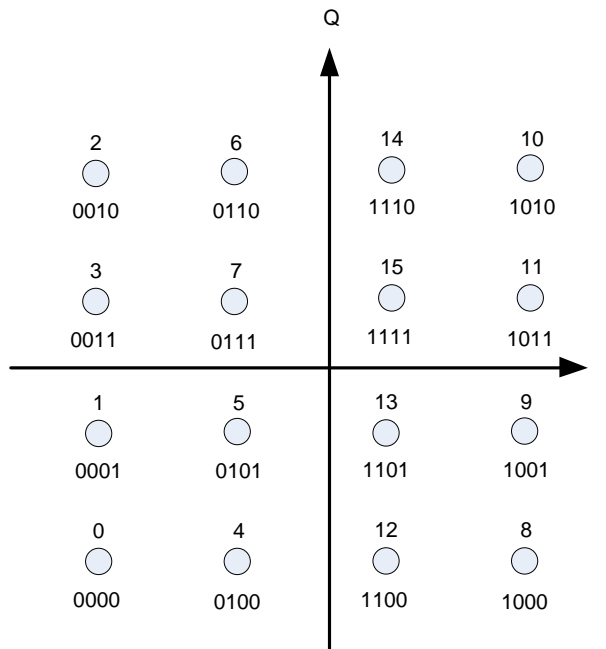


FIGURA A3-3
Correspondencia de bits para MAQ-16



3.5 Sensibilidad e interferencia

El sistema VDE utiliza modulación y codificación adaptables para maximizar la eficiencia espectral y el caudal. En el Cuadro A3-3 de indican los niveles de sensibilidad e interferencia para los métodos de modulación soportados.

CUADRO A3-3

Sensibilidad y relación portadora/interferencia

| Esquema de modulación y codificación | 25 kHz | | 50 kHz | | 100 kHz | |
|--------------------------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | Sensibilidad (dBm) | CIR (dB) | Sensibilidad (dBm) | CIR (dB) | Sensibilidad (dBm) | CIR (dB) |
| MCS-1* | -110 | 8 | -107 | 8 | -104 | 8 |
| MCS-3* | -104 | 14 | -101 | 14 | -98 | 14 |
| MCS-5* | -102 | 16 | -99 | 16 | -96 | 16 |

* Esquemas de modulación y codificación. Véase el Cuadro A3-2

3.6 Precisión de la temporización de los símbolos

La precisión de la temporización de los símbolos es menor que 5 partes por millón (ppm).

3.7 Fluctuación de fase de la temporización del transmisor

Menos del 5% del intervalo de símbolos (cresta).

3.8 Precisión de la transmisión del intervalo a la salida

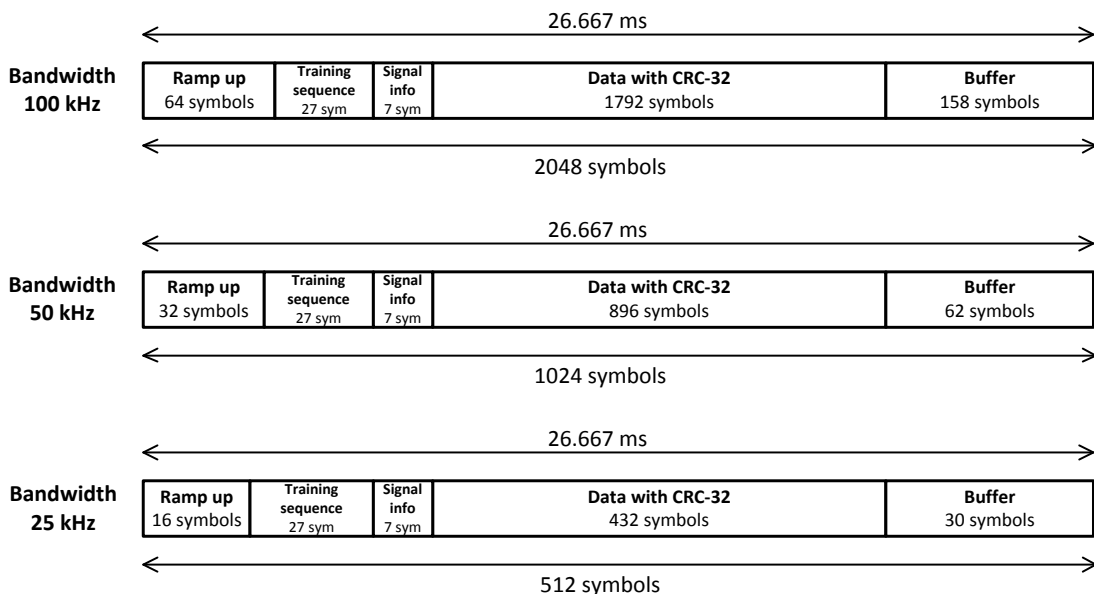
Menos de 100 µs de cresta relativos al tiempo de referencia UTC para la estación de barco.

Menos de 50 µs de cresta relativos al tiempo de referencia UTC para la estación de barco.

3.9 Estructura del intervalo

La estructura de la trama VDES es idéntica al UTC y está sincronizada en el tiempo con éste (como en el SIA). En la Fig. A3-4 se muestra la estructura del intervalo. En las secciones siguientes se describen los elementos.

FIGURA A3-4
Estructura del intervalo



3.9.1 Rampa ascendente

La duración de la rampa ascendente de -50 dBc a $-1,5$ dBc de la potencia deberá ser menor o igual que $832 \mu\text{s}$. Esto sirve para mantener la conformidad con los requisitos de interferencia del canal adyacente.

3.9.2 Secuencia de acondicionamiento

La secuencia de acondicionamiento es 111111001101010000011001010.

3.9.3 Información de la señal

La información de la señal contiene el identificador del MCS para el receptor.

La información de la señal debe ajustarse a la secuencia de acondicionamiento para las transmisiones. Véase el Cuadro A3-2.

La información de la señal consta de 4 bits (D0, D1, D2, D3) codificados en una secuencia de 7 bits utilizando el código Hamming (7,4).

3.9.4 Correspondencia de bits para la secuencia de acondicionamiento e información de la señal

Para el acondicionamiento y la información de la señal, se utiliza la siguiente correspondencia:

- el 1 se corresponde con el símbolo 3 (1, 1) de MDP-4 (véase la Fig. A3-1);
- el 0 se corresponde con el símbolo 0 (0, 0) de MDP-4.

Sobre la correspondencia de los bits en MDP-4, véase la sección 3.4.2.

3.9.5 Datos con CRC-32

La parte útil de los datos con el CRC-32 añadido, se intercala, codifica, aleatoriza y a continuación se aplica la correspondencia de bits.

3.9.6 Corrección de errores en recepción

Véase el Anexo 1.

3.9.7 Aleatorización de bits

La aleatorización de los datos del usuario es necesaria para evitar la concentración de la densidad espectral de potencia en una banda estrecha.

3.9.8 El tampón

El tampón consta del tiempo de la rampa descendente desde la potencia máxima hasta -50 dBc y es menor o igual que $832 \mu\text{s}$. El tiempo restante corresponde al retardo y la fluctuación de fase.

4 Capa de enlace

4.1 Esquemas de acceso

El sistema terrenal VDE debe soportar los siguientes esquemas de acceso AMDT:

- AMDTAF;
- AMDTAA;
- AMDTI.

4.2 Encapsulación de datos

El campo de datos consta de múltiple datagramas de longitud variable y éstos van encapsulados. Cada datagrama contiene los siguientes datos encapsulados:

- Tipo de datagrama;
- Tamaño del datagrama;
- Destino (opcional);
- ID de la transacción (opcional);
- Número de secuencia del datagrama (para datagramas de varios segmentos);
- ID del origen;
- Parte útil del datagrama (variable);
- Relleno de datos;
- CRC (4 bytes).

4.3 Verificación de redundancia cíclica

Véase el Anexo 1.

4.4 Petición automática de repetición (ARQ)

Los datagramas pueden utilizar, o no, ARQ. Esto se define para cada tipo de datagrama. Una ARQ puede solicitar la retransmisión selectiva de un segmento específico de datagrama que se haya perdido.

4.5 Acuse de recibo (ACK)

Los datagramas unidifusión de los que se acusa recibo por el enlace VDE deben enviarse sin el indicador de la calidad del canal (CQI) correspondiente a la señal recibida.

4.6 Notificación de entrega en extremo (EDN)

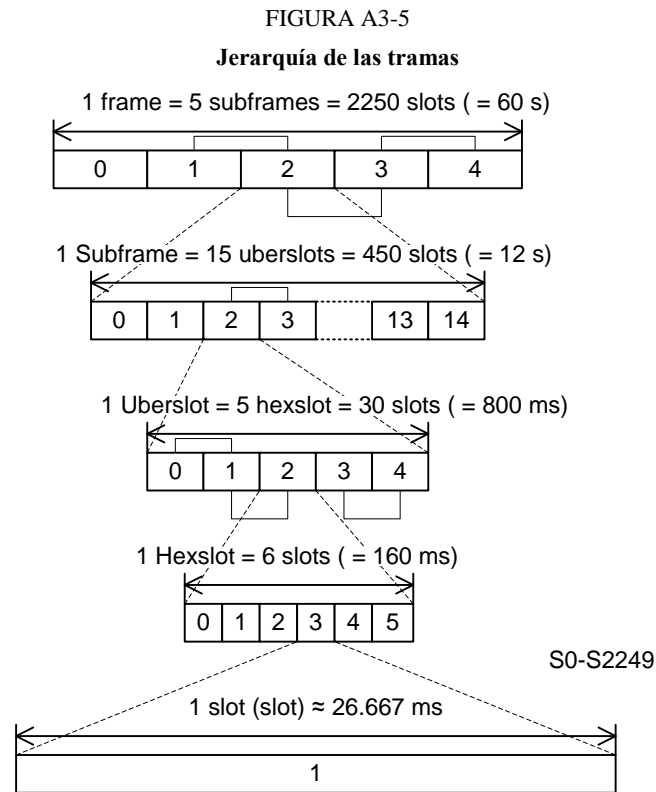
Todos los datagramas que exijan notificación de su entrega y se hayan entregado satisfactoriamente en destino, deberán notificarlo a su origen.

4.7 Fallo de entrega en extremo (EDF)

Todos los datagramas que exijan notificación de su entrega y no se hayan entregado satisfactoriamente en destino, deberán notificarlo a su origen.

4.8 Jerarquía de las tramas

Véase el Anexo 6.



4.9 Recursos del canal y control de acceso a los medios del VDE terrenal

Los recursos de espectro del VDE (y sus canales lógicos) se atribuyen a la recepción de los mensajes del control de acceso a los medios de tierra (o del satélite, en su caso) (por ejemplo, las estaciones de tierra realizan esta operación utilizando el servicio tablón de anuncios). En el caso de que en el buque se reciba estaciones de tierra y de satélite, tendrán prioridad las atribuciones de recursos recibidas de las estaciones costeras.

Los modos dúplex dependen de la atribución de recursos mencionada, así como del modo de funcionamiento.

4.9.1 Modos símplex

- Barco-barco

Se utiliza el mismo recurso de canal en ambos sentidos de la comunicación.

4.9.2 Modos dúplex

- Costa-barco
- Barco-costa

El espectro superior y el inferior se utilizan para las comunicaciones barco-costa y costa-barco, respectivamente. En un instante determinado sólo transmitirá un lado.

Véanse en el Anexo 1 los detalles de las atribuciones de frecuencia.

4.10 Canales físicos y lógicos

El sistema VDES utiliza varios canales para transportar los datos. Estos canales están diferenciados en canales físicos y lógicos. Las estaciones costeras deben transmitir un mensaje de tablón de anuncios terrenal (TBB, *terrestrial bulletin board*) que defina la configuración de los canales VDE.

Cuando no dispongan de la información del tablón de anuncios, las estaciones a bordo de barcos deberán emplear una configuración de canal por defecto con canales de 50 kHz por el sistema VDES terrenal (canal 2024 y 2084 combinados) funcionando con arreglo a un esquema de acceso símplex a propósito. El esquema símplex a propósito para las comunicaciones barco-barco debe ser AMDTI (siempre que sea posible) o AMDTAA.

4.11 Canales físicos

Los canales físicos (PC) se definen por su frecuencia central y ancho de banda.

4.12 Canales lógicos

Los canales lógicos (LC) se clasifican en canales de señalización y canales de tráfico, y se describen a continuación. Las definiciones de los canales lógicos pueden formularse a partir del canal físico y de la información del tiempo del mensaje (jerarquía de tramas, tiempo de comienzo etc.).

Canales de señalización:

- Tablón de anuncios terrenal (TBB), véase la sección 4.12.1;
- Anuncios, véase la sección 4.12.2;
- Acceso aleatorio, véase la sección 4.12.5.

Todos los canales de señalización utilizan el esquema de modulación y codificación más robusto.

Canales de tráfico:

- Multidifusión, véase la sección 4.12.3;
- Unidifusión, véase la sección 4.12.4;
- Acceso aleatorio, véase la sección 4.12.5.

Los canales de tráfico pueden utilizar una combinación de esquemas de modulación y codificación robustos y de velocidad binaria superior.

4.12.1 Canal de señalización del tablón de anuncios terrenal (TBB)

Cada estación de tierra VDE debe emplear un canal lógico fijo para el TBB. Todos los canales lógicos TBB se basarán en una de varias estructuras predefinidas de la jerarquía de tramas del canal físico costa-barco de 52 kHz (2024 y 2084 combinados). Se definen de forma que sólo ocupen una porción de la trama (60 segundos, 2250 intervalos) para permitir la posibilidad de que se comparta el espectro y el tiempo con satélites. Véase el Anexo 6.

El TBB define los parámetros de configuración de la red tales como los canales de señalización (canales de control) y el canal o canales datos, las versiones del protocolo y la futura configuración de la red. El TBB tiene prioridad en la atribución de los recursos (canal lógico) de espectro. Esto puede coordinarse con el canal satelital de señalización del tablón de anuncios para facilitar la compartición de los recursos de espectro mutuos.

Los canales lógicos suelen repetirse tomando como base la jerarquía de tramas VDES.

La utilización de canales terrenales VDE para la zona de servicio de la estación costera VDE se define en el TBB. Véase el anexo 1.

La información del TBB comprende las zonas de aplicabilidad. El TBB cambia poco y debe transmitirse a intervalos periódicos.

4.12.2 Canal de señalización de anuncios (ASC)

Este canal suele transportar anuncios, información de la MAC, atribución de recursos VDE de ida y vuelta, CQI, ARQ, y ACK. Los anuncios también comprenden la coordinación de los datagramas (de difusión) unidifusión y multidifusión.

La información de la MAC comprende los cambios de versión de la red, el control de la congestión (intervalo de aleatorización (espera) y nivel mínimo de prioridad). Algunos de estos parámetros se recogerán periódicamente en el TBB.

Los canales lógicos ASC se asignan en el TBB y constan de varias estructura definidas de la jerarquía de tramas del canal físico costa-barco de 50 kHz (2024 y 2084 combinados). Estos se definen de forma que sólo ocupen una porción de la trama (60 segundos, 2250 intervalos) para permitir la posibilidad de compartir espectro y tiempo con los satélites. Véase el anexo 6.

El ASC define la utilización del canal físico (canal lógico, es decir, frecuencia e intervalo) para un barco individual tras una petición de recurso. La estación costera VDE utiliza la información del CQI del terminal de barco para seleccionar el formato de caudal máximo con un margen de enlace adecuado.

4.12.3 Canal de datos multidifusión (MDC)

Este canal de tráfico se utiliza para enviar mensajes con destino a un gran número de barcos. Por defecto, los mensajes multidifusión se dirigen a todas las estaciones (o sea, son de difusión).

4.12.4 Canal de datos unidifusión (UDC)

Este canal de tráfico se atribuye a un barco específico mientras dura el datagrama unidifusión.

Este canal se establece tras la respuesta de un barco a un anuncio, cuando la respuesta incluya la información de la calidad del canal recibido (CQI) permitiendo que la estación costera maximice al caudal.

4.12.5 Canal de acceso aleatorio (RAC)

Este canal tiene las características de un canal Aloha a intervalos, utiliza un esquema de acceso aleatorio y se selecciona de una lista predefinida de canales lógicos.

4.12.5.1 Para comunicaciones barco-costa y costa-barco

La estación de barco utiliza este canal para acceder a la red o enviar un mensaje corto.

4.12.5.2 Para comunicaciones barco-barco cuando éstos se encuentren dentro de la zona de control de una estación costera VDE

La estación de barco utiliza esta canal para comunicarse directamente con otros barcos. Este canal lógico lo atribuye la estación costera mediante el TBB o el ASC.

4.12.5.3 Para comunicaciones barco-barco cuando éstos se encuentren fuera de la zona de control de una estación costera VDE

La estación de barco utiliza estos canales para comunicarse directamente con otras estaciones de barco mediante mensajes cortos y utiliza también los canales de acceso aleatorio para coordinar la comunicación con otros barcos para mensajes más largos. Estos canales lógicos se basan en varias estructuras predefinidas de la jerarquía de tramas de los canales físicos barco-barco (2024 y 2084 combinados). Los canales barco-barco de acceso aleatorio deben tener asignaciones fijas de canales físicos y utilizar el esquema de modulación y codificación más robusto. Estos canales lógicos son distintos de los canales lógicos del TBB.

5 Capa de red

5.1 Protocolo de transferencia terrenal de datos

Deben soportarse los siguientes tipos de transmisión:

- Transmisión del tablón de anuncios desde la estación costera (con la configuración de la red);
- Multidifusión desde la estación costera (p. ej., mapa de hielos, información meteorológica, avisos a navegantes);
- Unidifusión desde la estación costera (p.ej., transferencia de ficheros costa-barco);
- Multidifusión barco-barco (p. ej., mapa de hielos, información meteorológica, avisos a navegantes);
- Unidifusión barco-costa (p.ej., transferencia de ficheros barco-costa);
- Unidifusión barco-barco (p.ej., transferencia de ficheros barco-barco);
- Interrogación desde la estación costera (p.ej., costa-barco-costa).

Las Figs. A3-6 a A3-9 muestran los diagramas de secuencia de mensajes para los casos en que el origen está en la estación costera. Para gestionar la congestión del canal lógico del ASC, como se muestra en los diagramas de secuencia de los mensajes, pueden inhibirse funciones tales como ARQ y ACK en el origen mediante la activación de un bit de estado. Esto puede resultar conveniente en el caso de transmisión de mensajes multidifusión (o difusión) a un gran número de barcos, algunos de los cuales se encuentre fuera de la zona de cobertura nominal de la multidifusión con origen en la costa, como se muestra en la Fig. A3-7.

FIGURA A3-6

Tablón de anuncios terrenal con cambio de versión de la red

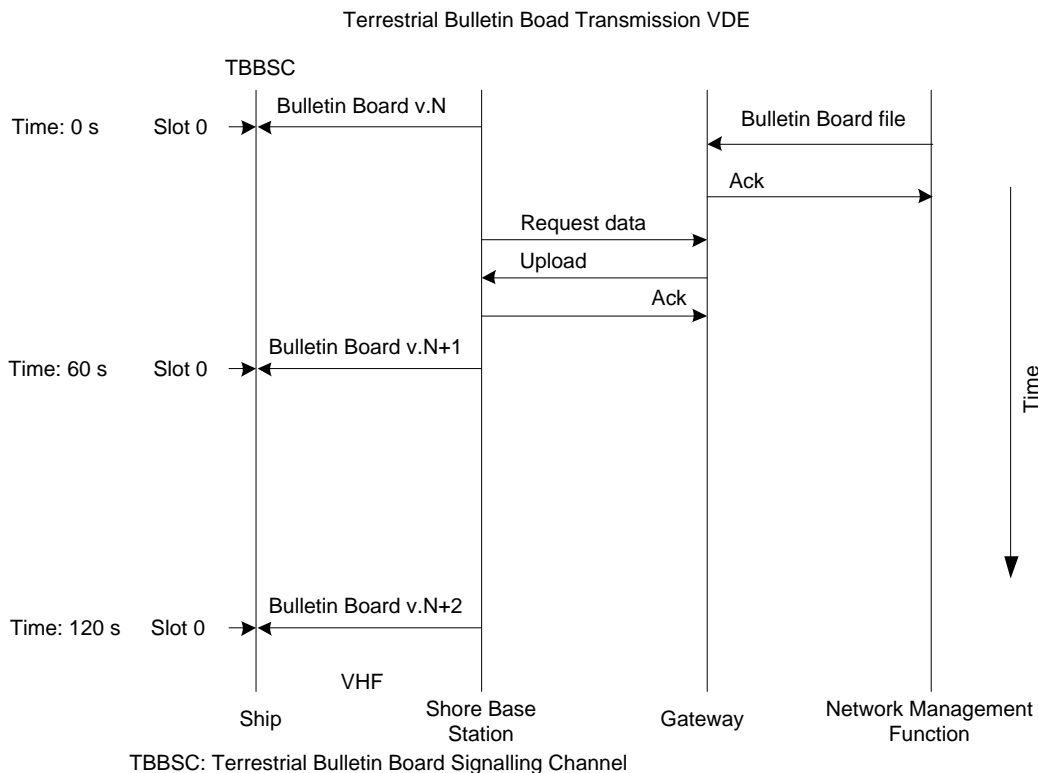
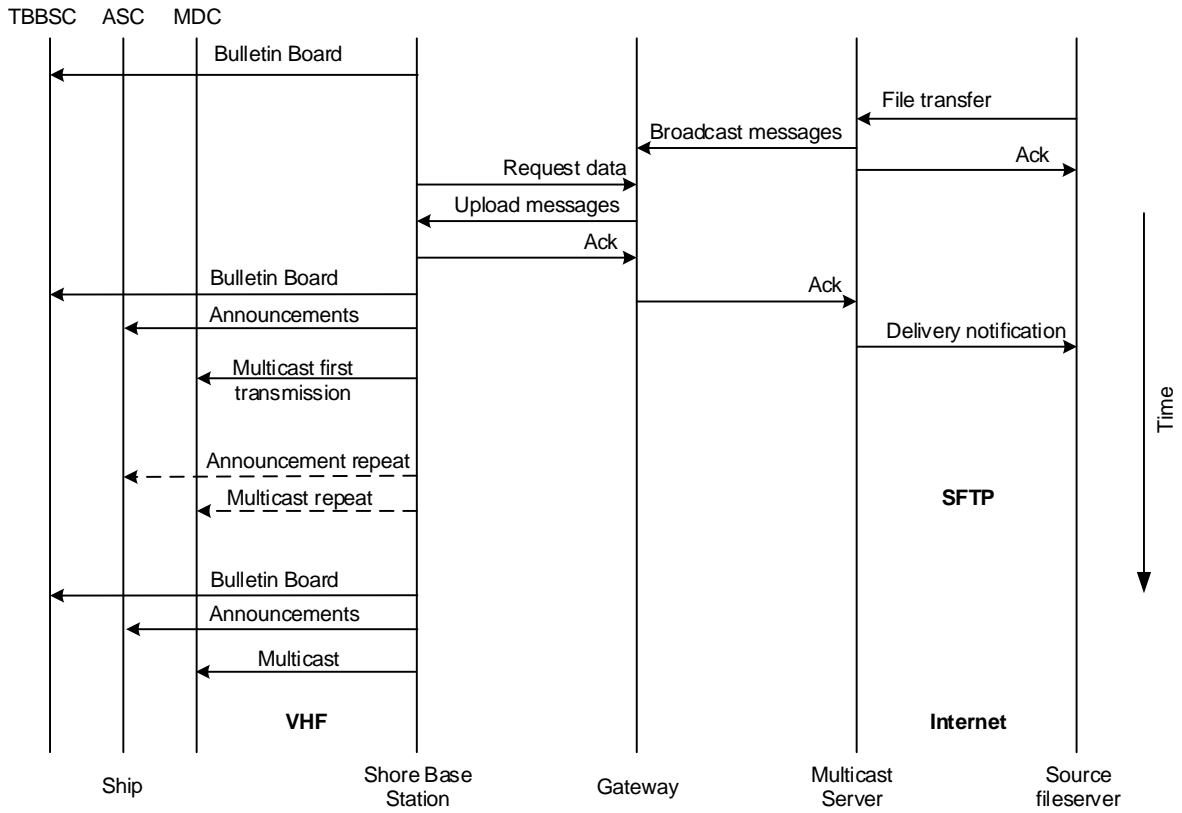


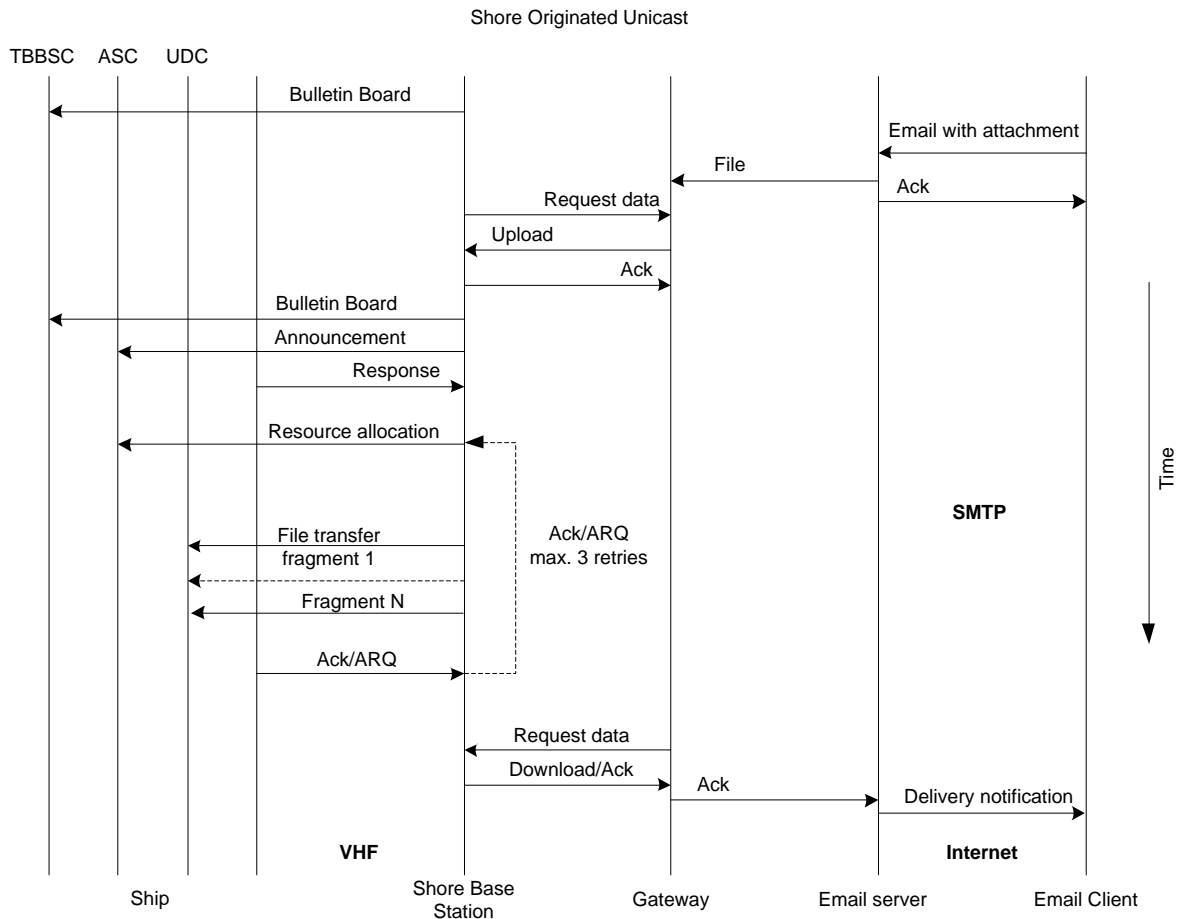
FIGURA A3-7
Multidifusión con origen en la costa

Shore Originated Multicast



BBSC: Bulletin Board Signalling Channel
 ASC: Announcement Signalling Channel
 MDC: Multicast Data Channel

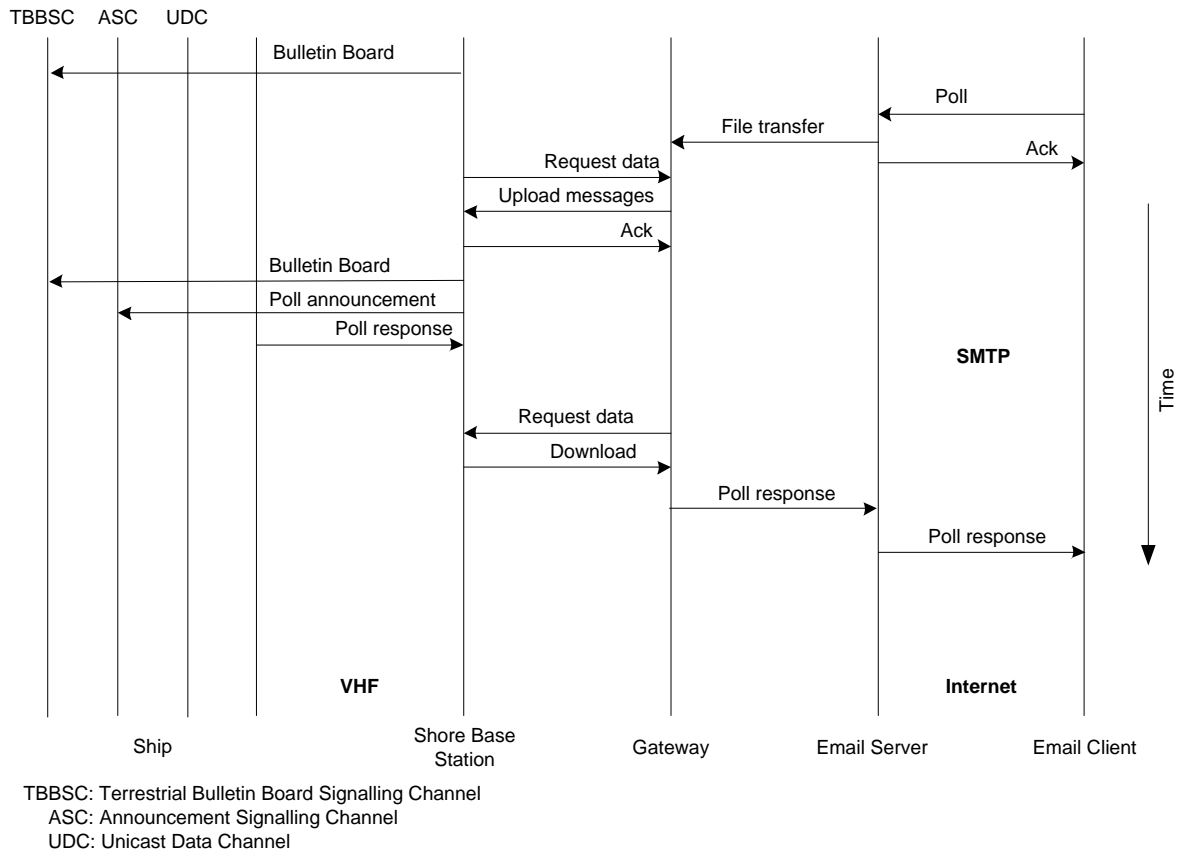
FIGURA A3-8
Protocolo (de transferencia de ficheros) unidifusión con origen en la costa



TBBSC: Terrestrial Bulletin Board Signalling Channel
 ASC: Announcement Signalling Channel
 UDC: Unicast Data Channel

FIGURA A3-9
Protocolo de interrogación con origen en la costa

Shore Originated Poll Protocol (Terrestrial)



6 Capa de transporte

Deben soportarse los protocolos de Internet existentes, entre ellos, TCP, UDP, SNMP, el protocolo de transferencia segura de ficheros (SFTP) y el protocolo de transferencia de correo simple (SMTP) como se muestra en la Figs A3-6 a A3-9.

Los protocolos IP terrenales se terminan en la pasarela de red terrenal.

Anexo 4

Características técnicas del enlace descendente de satélite VDE en la banda de ondas métricas del servicio móvil marítimo

1 Introducción

En este Anexo se describen las características del enlace descendente de satélite del sistema de intercambio de datos en ondas métricas (VDES), de acuerdo con los requisitos identificados.

Concretamente, se supone que el enlace descendente de satélite VDE debe soportar los siguientes servicios:

- transferencia de datos multipaquetes de multidifusión por el enlace descendente;
- transferencia vía satélite de datos multipaquetes de unidifusión desde la costa.

En este Anexo se considera que los satélites de órbita terrena baja (LEO) a una altitud de 600 km representan típicamente las soluciones de enlace descendente de satélite VDE. Cabe señalar que, en función del diseño general del sistema, es posible escoger otras órbitas.

El objetivo de este Anexo es describir las cuatro capas del modelo OSI (definido en el Anexo 1): la capa física, el enlace, la red y las capas de transporte.

2 Capa física del enlace descendente VDE-SAT

2.1 Principales parámetros del enlace descendente VDE-SAT

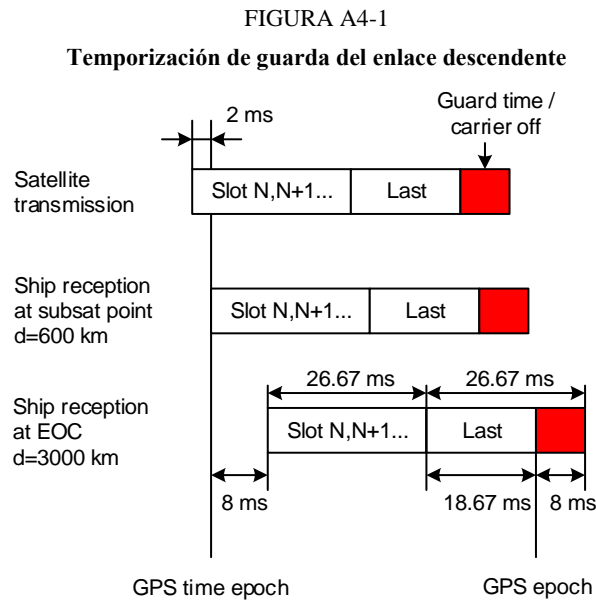
En esta sección se exponen los supuestos que se consideran ejemplos representativos de los parámetros del sistema de enlace descendente VDE-SAT en el presente Anexo.

2.1.1 Distancia del satélite a la superficie

La altura de la órbita determina la variación en distancia del satélite. Por ejemplo, para una LEO a 600 km la distancia máxima es de 2 830 km. A efectos de temporización se utilizará una distancia máxima de 3 000 km.

La distancia mínima es igual a la altura de la órbita. Para un satélite LEO a 600 km de altitud, la distancia mínima será de 600 km. Este valor se utiliza para determinar el retardo de propagación mínimo. Tomando estos ejemplos para las distancias mínima y máxima, el retardo de trayecto oscilará entre 10 ms y 2 ms, es decir, una variación de 8 ms, como se muestra en la Fig. A4-1.

Además de los retardos relativos entre la recepción de señales de distintos satélites por un buque, puede haber un retardo absoluto debido a otras causas, como el retardo de procesamiento de la señal. El proveedor de servicios de satélite debe compensar por adelantado el retardo absoluto.



2.1.2 Error de frecuencia portadora

El error de frecuencia es la suma de los errores de frecuencia de transmisión del satélite, del efecto Doppler y de la incertidumbre de frecuencia en el receptor. El error de frecuencia de transmisión en el satélite deberá ser inferior a 1 ppm, es decir, ± 160 Hz.

Un satélite LEO se desplaza a una velocidad de unos 8 km/s, lo que causará un Doppler máximo de ± 4 kHz en la gama de ondas métricas (VHF).

2.1.3 Análisis del presupuesto de enlace del enlace descendente

La C/N_0 del enlace se determina por las pérdidas de trayecto p.i.r.e. del satélite, las pérdidas de propagación, la sensibilidad/factor de calidad del receptor y los niveles de interferencia locales. En las siguientes cláusulas se presentan ejemplos de análisis del presupuesto de enlace.

2.1.4 p.i.r.e. del enlace descendente de satélite

La p.i.r.e. puede derivarse de la máscara de dfp del Cuadro A4-1.

CUADRO A4-1

Máscara de dfp y potencia espectral propuesta

$\theta^\circ = \text{tierra} - \text{ángulo de elevación del satélite}$

$$PFD(\theta^\circ)_{(dBW/(m^2 * 4 \text{ kHz}))} = \begin{cases} -149 + 0,16 * \theta^\circ & 0^\circ \leq \theta < 45^\circ; \\ -142 + 0,53 * (\theta^\circ - 45^\circ) & 45^\circ \leq \theta < 60^\circ; \\ -134 + 0,1 * (\theta^\circ - 60^\circ) & 60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ. \end{cases}$$

En el Cuadro A4-2 se muestra la p.i.r.e. de satélite máxima teórica como función de los ángulos de elevación de esta máscara.

CUADRO A4-2

p.i.r.e. máxima del satélite en función del ángulo de elevación

| Ángulo de elevación del barco θ | Densidad de flujo de potencia en tierra | Distancia del satélite | Máxima p.i.r.e. de satélite en enlace descendente |
|--|---|------------------------|---|
| (grados) | (dBW/m ² /4 kHz) | (km) | (dBW en 25 kHz) |
| 0 | -149,0 | 2 831 | -1,0 |
| 10 | -147,4 | 1 932 | -2,7 |
| 20 | -145,8 | 1 392 | -4,0 |
| 30 | -144,2 | 1 075 | -4,6 |
| 40 | -142,6 | 882 | -4,7 |
| 50 | -139,4 | 761 | -2,8 |
| 60 | -134,0 | 683 | 1,6 |
| 70 | -133,0 | 635 | 2,0 |
| 80 | -132,0 | 608 | 2,6 |
| 90 | -131,0 | 600 | 3,5 |

2.1.5 p.i.r.e. de satélite en función de la elevación

La zona de cobertura y el tiempo de visibilidad del satélite serán mayores cuando el ángulo de elevación sea bajo y la cobertura con ángulo de elevación grande podrá sacrificarse sin una pérdida de capacidad del sistema notable.

Se han analizado y considerado aceptables los siguientes dos tipos de antena de satélite.

- 1) Antena Yagi: en este caso, el presupuesto de enlace se optimiza para un ángulo de elevación del barco de 0 grados utilizando una antena Yagi de tres elementos con el satélite apuntando al horizonte, como se muestra en el Cuadro A4-3. Suponiendo que la ganancia de cresta de la antena sea de 8 dBi, una potencia RF de transmisión de -12,4 dBW en 25 kHz garantizará el cumplimiento del límite de dfp. En el Cuadro A4-3 se muestra la p.i.r.e. de satélite en función de la elevación del barco.

CUADRO A4-3

p.i.r.e. de satélite en función de la elevación con una antena Yagi

| Ángulo de elevación del barco | Ángulo de desplazamiento respecto al nadir | Desplazamiento respecto al eje de puntería | Ganancia de la antena de satélite | p.i.r.e. de satélite en polarización circular | Distancia del satélite | Dfp | Límite de dfp del Cuadro A4-1 | Márgen de dfp |
|-------------------------------|--|--|-----------------------------------|---|------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|
| Grados | Grados | grados | dBi | dBW | km | dBW/m ² /4 kHz | dBW/m ² /4 kHz | dB |
| 0 | 66,1 | 0 | 8 | -4,4 | 2830 | -152,4 | -149,0 | 3,4 |
| 10 | 64,2 | 1,9 | 8 | -4,4 | 1932 | -149,1 | -147,4 | 1,7 |
| 20 | 59,2 | 6,9 | 8 | -4,4 | 1392 | -146,2 | -145,8 | 0,4 |
| 30 | 52,3 | 13,8 | 7,8 | -4,6 | 1075 | -144,2 | -144,2 | 0,0 |
| 40 | 44,4 | 21,7 | 6,9 | -5,5 | 882 | -143,4 | -142,6 | 0,8 |
| 50 | 36 | 30,1 | 5,5 | -6,9 | 761 | -143,5 | -139,4 | 4,1 |
| 60 | 27,2 | 38,9 | 3,6 | -8,8 | 683 | -144,5 | -134,0 | 10,5 |

CUADRO A4-3 (*fin*)

| Ángulo de elevación del barco | Ángulo de desplazamiento respecto al nadir | Desplazamiento respecto al eje de puntería | Ganancia de la antena de satélite | p.i.r.e. de satélite en polarización circular | Distancia del satélite | Dfp | Límite de dfp del Cuadro A4-1 | Márgen de dfp |
|-------------------------------|--|--|-----------------------------------|---|------------------------|--------|-------------------------------|---------------|
| 70 | 18,2 | 47,9 | 0,7 | -11,7 | 635 | -146,7 | -133,0 | 13,7 |
| 80 | 9,1 | 57 | -2,2 | -14,6 | 608 | -149,2 | -132,0 | 17,2 |
| 90 | 0 | 66,1 | -5,5 | -17,9 | 600 | -152,4 | -131,0 | 21,4 |

- 2) Antena Isoflux: Esta antena está diseñada para apuntar al nadir creando un diagrama de radiación simétrico en torno al sentido de apuntamiento. Suponiendo una ganancia de antena de cresta de 2 dBi, una potencia RF de transmisión de -5 dBW en 25 kHz garantizará el cumplimiento del límite de dfp. En el Cuadro A4-4 se muestra la p.i.r.e. de satélite en función de la elevación del barco.

CUADRO A4-4

p.i.r.e. de satélite en función de la elevación con una antena Isoflux

| Ángulo de elevación del barco | Ángulo de desplazamiento respecto al nadir | Desplazamiento respecto al eje de puntería | Ganancia de la antena de satélite | p.i.r.e. de satélite en polarización circular | Distancia del satélite | dfp | Límite de dfp del Cuadro A4-1 | Márgen de dfp |
|-------------------------------|--|--|-----------------------------------|---|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Grados | Grados | Grados | dBi | dBW | km | dBW/m ² / 4 kHz | dBW/m ² / 4 kHz | dB |
| 0 | 66,1 | 0 | 2 | -3,0 | 2 830 | -151,0 | -149,0 | 2,0 |
| 10 | 64,2 | 1,9 | 1,5 | -3,5 | 1 932 | -148,2 | -147,4 | 0,8 |
| 20 | 59,2 | 6,9 | 1 | -4,0 | 1 392 | -145,8 | -145,8 | 0,0 |
| 30 | 52,3 | 13,8 | -0,5 | -5,5 | 1 075 | -145,1 | -144,2 | 0,9 |
| 40 | 44,4 | 21,7 | -2 | -7,0 | 882 | -144,9 | -142,6 | 2,3 |
| 50 | 36 | 30,1 | -4 | -9,0 | 761 | -145,6 | -139,4 | 6,2 |
| 60 | 27,2 | 38,9 | -5 | -10,0 | 683 | -145,7 | -134,0 | 11,7 |
| 70 | 18,2 | 47,9 | -7 | -12,0 | 635 | -147,0 | -133,0 | 14,0 |
| 80 | 9,1 | 57 | -8 | -13,0 | 608 | -147,6 | -132,0 | 15,6 |
| 90 | 0 | 66,1 | -8,5 | -13,5 | 600 | -148,0 | -131,0 | 17,0 |

2.1.6 Protección del servicio de radioastronomía en la banda 150,05-153 MHz

Un límite de protección adecuado del servicio de radioastronomía en la banda 150,05-153,0 MHz sería -238 dBW/m² en un ancho de banda de 2,95 MHz centrado alrededor de 152 MHz. Por consiguiente, las emisiones de enlace descendente VDE-SAT máximas en la banda 150,05-153 MHz deberán ser inferiores a los valores indicados en el Cuadro A4-5.

CUADRO A4-5

Valores máximos de las emisiones no deseadas de satélite en la banda 150,05-153 MHz

| Ángulo de elevación del barco (grados) | Límite del SRA (W/m ² / 2,95 MHz) | Distancia (km) | p.i.r.e. interferente máxima del satélite | | |
|--|--|----------------|---|---------|----------|
| | | | (W) | (dBW) | (dBW/Hz) |
| 0 | 1,58E-24 | 2830 | 1,60E-10 | -97,97 | -162,67 |
| 10 | 1,58E-24 | 1932 | 7,43E-11 | -101,29 | -165,99 |
| 20 | 1,58E-24 | 1392 | 3,86E-11 | -104,14 | -168,83 |
| 30 | 1,58E-24 | 1075 | 2,30E-11 | -106,38 | -171,08 |
| 40 | 1,58E-24 | 882 | 1,55E-11 | -108,10 | -172,80 |
| 50 | 1,58E-24 | 761 | 1,15E-11 | -109,38 | -174,08 |
| 60 | 1,58E-24 | 683 | 9,29E-12 | -110,32 | -175,02 |
| 70 | 1,58E-24 | 635 | 8,03E-12 | -110,95 | -175,65 |
| 80 | 1,58E-24 | 608 | 7,36E-12 | -111,33 | -176,03 |
| 90 | 1,58E-24 | 600 | 7,17E-12 | -111,44 | -176,14 |

2.1.7 Ganancia de la antena receptora

Véase el Anexo 1.

2.1.8 Relación señal recibida-ruido más nivel de interferencia

Véase el Anexo 1.

2.1.9 $C/(N_0+I_0)$ del enlace

El nivel de señal nominal y la relación $C/(N_0+I_0)$ en función de la elevación para un canal de 25 kHz se presentan en los Cuadros A4-3 y A4-4 para las antenas Yagi e Isoflux, respectivamente. Como se muestra en el Cuadro A1-5 (Anexo 1), se supone que la ganancia de antena de barco es de 3 dBi y la temperatura de ruido del sistema es de 30,2 dBK.

Dado que la dfp del enlace descendente está limitada, un aumento del ancho de banda del canal a 50 kHz o 100 kHz aumentará el nivel de la señal y la $C/(N_0+I_0)$ en 3 y 6 dB, respectivamente. Una limitación de la zona de servicio a ángulos de elevación de barco entre 10 y 55 grados también mejora el enlace en 3 dB.

La antena Isoflux mejora el presupuesto de enlace cuando los ángulos de elevación son bajos y ofrece una zona de cobertura simétrica más amplia, pero necesita una potencia de transmisión 5 veces mayor en el satélite.

En el Cuadro A4-6 se muestran los resultados del presupuesto de enlace con una antena de satélite Yagi. Los resultados con la antena Isoflux se muestran en el Cuadro A4-7.

Cabe señalar que los análisis se basan en una visibilidad de satélite único.

CUADRO A4-6

Presupuesto de enlace con una antena de satélite Yagi (potencia RF de transmisión = -12,4 dBW/25 kHz)

| Ángulo de elevación del barco | p.i.r.e. de satélite en polarización circular | Distancia del satélite | Pérdida de trayecto | Pérdida de polarización | Ganancia de la antena del barco | Nivel de señal de la antena | C/N_0 | Nivel de ruido en un ancho de banda de 25 kHz | $C/(N_0+I_0)$ |
|-------------------------------|---|------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------|---|---------------|
| (grados) | (dBW) | (km) | (dB) | (dB) | (dBi) | (dBm) | (dBHz) | (dBm) | (dBHz) |
| 0 | -4,4 | 2830 | 145,6 | 3 | 3 | -120,0 | 48,4 | -116 | 40,0 |
| 10 | -4,4 | 1932 | 142,2 | 3 | 3 | -116,7 | 51,7 | -116 | 43,3 |
| 20 | -4,4 | 1392 | 139,4 | 3 | 2,5 | -114,3 | 54,1 | -116 | 45,7 |
| 30 | -4,6 | 1075 | 137,2 | 3 | 1 | -113,8 | 54,6 | -116 | 46,2 |
| 40 | -5,5 | 882 | 135,4 | 3 | 0 | -114,0 | 54,4 | -116 | 46,0 |
| 50 | -6,9 | 761 | 134,2 | 3 | -1,5 | -115,6 | 52,8 | -116 | 44,4 |
| 60 | -8,8 | 683 | 133,2 | 3 | -3 | -118,0 | 50,4 | -116 | 41,9 |
| 70 | -11,7 | 635 | 132,6 | 3 | -4 | -121,3 | 47,1 | -116 | 38,7 |
| 80 | -14,6 | 608 | 132,2 | 3 | -10 | -129,8 | 38,6 | -116 | 30,2 |
| 90 | -17,9 | 600 | 132,1 | 3 | -20 | -143,0 | 25,4 | -116 | 17,0 |

CUADRO A4-7

Presupuesto de enlace con una antena de satélite Isoflux (potencia RF de transmisión = -5,0 dBW/25 kHz)

| Ángulo de elevación del barco | p.i.r.e. de satélite | Pérdida de trayecto | Pérdida de polarización | Ganancia de la antena del barco | G/T del barco | C/N_0 sin interferencia | Nivel de antena | Nivel de ruido en 25 kHz | $C/(N_0+I_0)$ |
|-------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|---------------|
| grados | dBW | dB | dB | dBi | dB/K | dBHz | dBm | dBm | dBHz |
| 0 | -3,0 | 145,6 | 3 | 3 | -27,2 | 49,8 | -118,6 | -116 | 41,4 |
| 10 | -3,5 | 142,2 | 3 | 3 | -27,2 | 52,7 | -115,7 | -116 | 44,2 |
| 20 | -4,0 | 139,4 | 3 | 2,5 | -27,7 | 54,5 | -113,9 | -116 | 46,1 |
| 30 | -5,5 | 137,2 | 3 | 1 | -29,2 | 53,7 | -114,7 | -116 | 45,3 |
| 40 | -7,0 | 135,4 | 3 | 0 | -30,2 | 53,0 | -115,4 | -116 | 44,5 |
| 50 | -9,0 | 134,2 | 3 | -1,5 | -31,7 | 50,7 | -117,7 | -116 | 42,3 |
| 60 | -10,0 | 133,2 | 3 | -3 | -33,2 | 49,2 | -119,2 | -116 | 40,8 |
| 70 | -12,0 | 132,6 | 3 | -4 | -34,2 | 46,8 | -121,6 | -116 | 38,4 |
| 80 | -13,0 | 132,2 | 3 | -10 | -40,2 | 40,2 | -128,2 | -116 | 31,8 |
| 90 | -13,5 | 132,1 | 3 | -20 | -50,2 | 29,8 | -138,6 | -116 | 21,4 |

2.1.10 Efectos de propagación

El nivel de la señal recibida a bordo de un barco variará en función de una serie de factores, como se muestra en el Cuadro A4-7. Se asume una distribución de Rice con una relación portadora/multitrayecto (C/M) de 10 dB y un ancho de banda de desvanecimiento de 3 Hz (véase la Fig. A4-2), aunque el sistema podrá adaptarse a condiciones de propagación notablemente mejores y peores. En el Cuadro A4-8 se muestran las profundidades de desvanecimiento debido al centelleo ionosférico en latitudes medias.

CUADRO A4-7

Efectos ionosféricos para ángulos de elevación de unos 30° con avance transversal en una sola dirección (obtenidos de la Recomendación UIT-R P.531)

| Efecto | Dependencia de la frecuencia | 0,1 GHz | 0,25 GHz | 1 GHz |
|---|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Rotación de Faraday | $1/f^2$ | 30 rotations | 4.8 rotations | 108° |
| Retardo de propagación | $1/f^2$ | 25 μ s | 4 μ s | 0.25 μ s |
| Refracción | $1/f^2$ | < 1° | < 0.16° | < 0.6' |
| Variación en la dirección de llegada (r.m.s.) | $1/f^2$ | 20' | 3,2' | 12'' |
| Absorción (auroral y/o casquete polar) | $\approx 1/f^2$ | 5 dB | 0,8 dB | 0,05 dB |
| Absorción (latitudes medias) | $1/f^2$ | < 1 dB | < 0,16 dB | < 0,01 dB |
| Dispersion | $1/f^3$ | 0,4 ps/Hz | 0,026 ps/Hz | 0,0004 ps/Hz |
| Centelleo (1) | Véase la Rec. UIT-R.P.531 | Véase la Rec. UIT-R P.531 | Véase la Rec. UIT-R P.531 | > 20 dB cresta a cresta |

* Esta estimación se basa en un CET de 1018 electrones/m², un valor elevado del CET existente a bajas latitudes durante las horas del día con gran actividad solar.

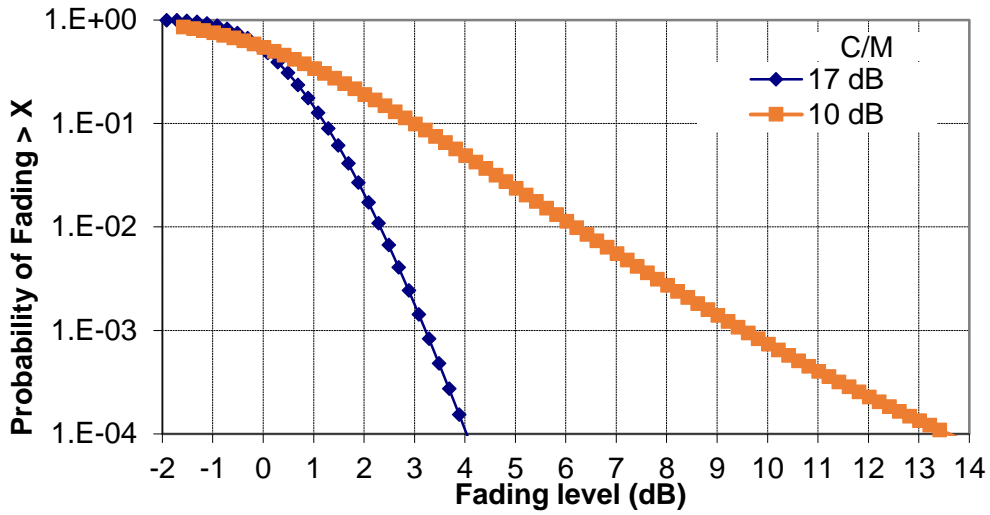
(1) Valores observados cerca del Ecuador geomagnético durante las primeras horas de la noche (hora local) en el equinoccio con gran número de manchas solares.

CUADRO A4-8

Profundidades de desvanecimiento debido al centelleo ionosférico en latitudes medias (dB)

| Porcentaje de tiempo (%) | Frecuencia (GHz) | | | |
|---------------------------------|-------------------------|------------|------------|----------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 |
| 1,0 | 5,9 | 1,5 | 0,2 | 0,1 |
| 0,5 | 9,3 | 2,3 | 0,4 | 0,1 |
| 0,2 | 16,6 | 4,2 | 0,7 | 0,2 |
| 0,1 | 25,0 | 6,2 | 1,0 | 0,3 |

FIGURA A4-2
Probabilidad de profundidad de desvanecimiento de Rice



2.2 Esquemas de modulación de capa física

El enlace descendente VDE-SAT soporta diversos esquemas de modulación para maximizar la eficacia espectral y el caudal. En el Cuadro A4-9 se muestran los métodos de modulación soportados.

CUADRO A4-9
Métodos de modulación en el enlace descendente

| Índice | Bits/símbolos | Tipo de modulación | Correspondencia de bits |
|--------|---------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 1 | MDP-2 | -- |
| 2 | 2 | MDP-4 con codificación Gray | Figura A4-3 |
| 3 | 3 | MDP-8 con codificación Gray | Figura A4-4 |
| 4 | 4 | MDPA-16 | Figura A4-5 |

FIGURA A4-3
Correspondencia símbolos a bits con MDP-4

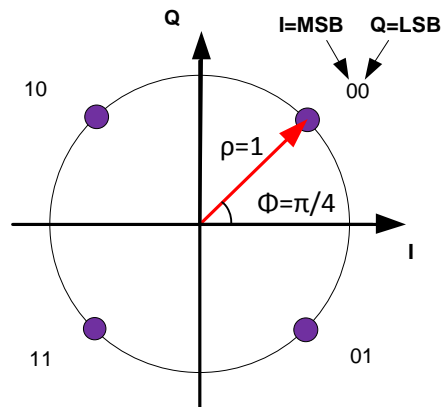


FIGURA A4-4
Correspondencia símbolos a bits con MDP-8

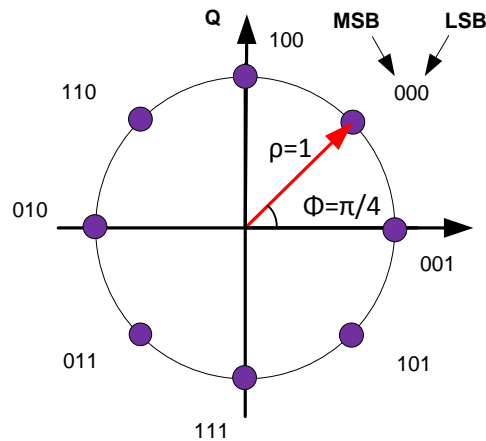
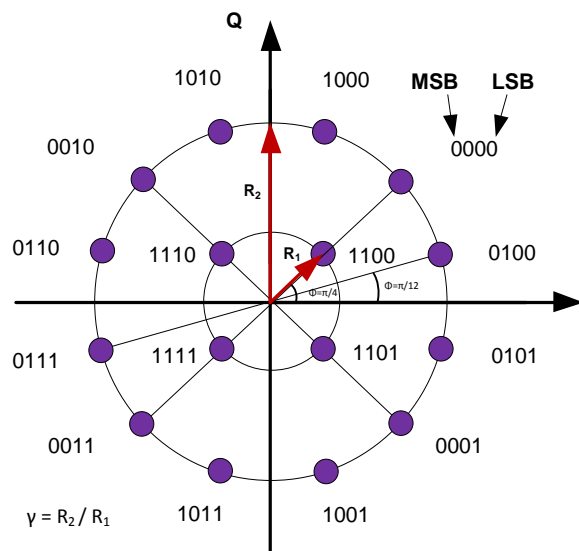


FIGURA A4-5
Correspondencia bits a símbolos con MDPA-16



La constelación de modulación MDPA-16 está compuesta por dos anillos concéntricos de 4 y 12 puntos MDP uniformemente espaciados en el anillo interior de radio R_1 y el anillo exterior de radio R_2 , respectivamente.

La relación entre el radio del círculo exterior y el radio del círculo interior ($\gamma = R_2/R_1$) será igual a 3. R_1 se pondrá a $1/\sqrt{7}$ y R_2 se pondrá a $3/\sqrt{7}$ para que la energía media de la señal sea igual a 1.

Como ocurre con el SIA, cuando los datos salen al enlace de datos VHF, se agruparán en bytes de 8 bits del principio al fin del cuadro asociado a cada mensaje, de acuerdo con ISO/CEI 13239:2002. Cada byte saldrá con el bit menos significativo primero.

2.3 Conformación de la banda base y modulación en cuadratura

Los símbolos de la banda base pasarán por un filtro de raíz cuadrada del coseno alzado. El factor de caída será $= 0,25$.

2.4 Precisión de la transmisión

2.4.1 Precisión de la temporización de símbolos (en la salida del satélite)

La precisión de la temporización de la señal de transmisión en el satélite deberá ser mejor que 5 ppm.

2.4.2 Fluctuación de fase de la temporización del transmisor

La fluctuación de fase de la temporización debe ser mejor que el 5% del intervalo de símbolo (valor de cresta).

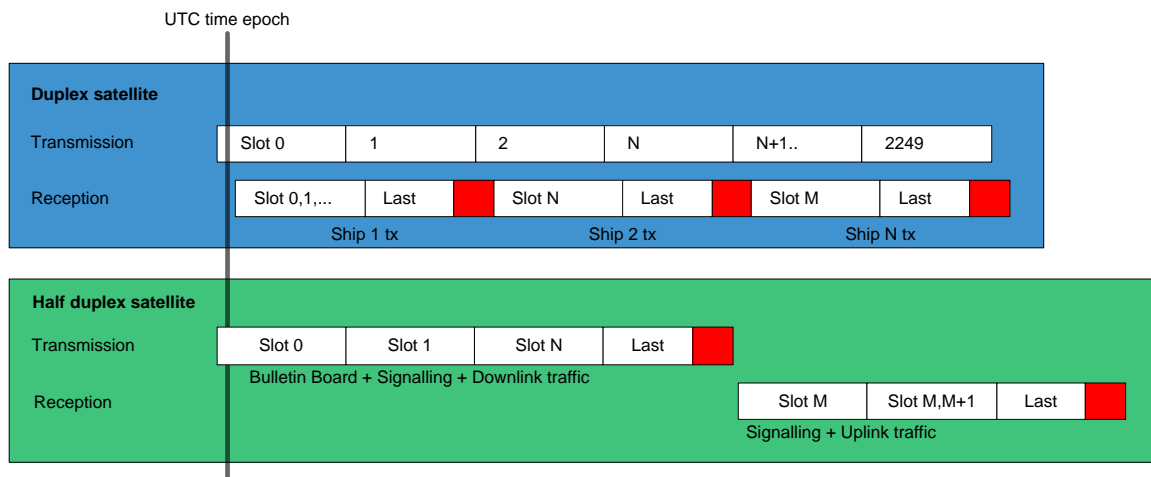
2.4.3 precisión de la transmisión de intervalo en la salida del satélite

La precisión de la transmisión de intervalo debe ser mejor que 50 μ s (cresta) en relación con, por ejemplo, la temporización de referencia GNSS.

2.5 Satélites semidúplex y dúplex completo

El sistema puede configurarse tanto para satélites semidúplex como para satélites dúplex completo, como se muestra en la Fig. A4-6.

FIGURA A4-6
Funcionamiento del satélite semidúplex y dúplex completo



2.6 Jerarquía de tramas

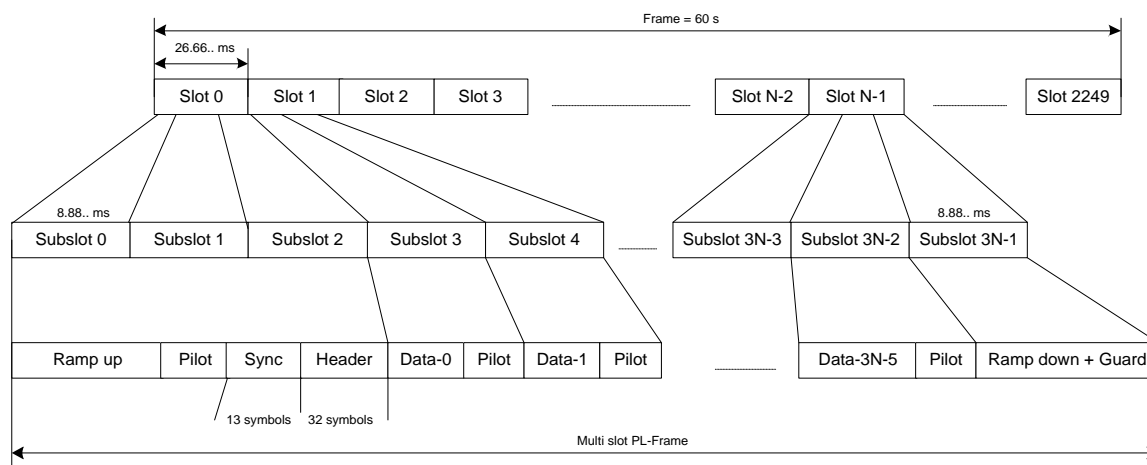
La estructura de las tramas VDES es idéntica y está sincronizada en el tiempo en la superficie de la Tierra a UTC (como en el SIA). La jerarquía de tramas se muestra en la Fig. A4-7.

Como se ve en la Fig. A4-7, cada trama está formada por 2250 intervalos (como en la Recomendación UIT-R M.1371).

La trama 0 empieza a las 00:00:00 UTC y hay 1440 en un día. Se han de tener en cuenta los ajustes del segundo intercalar para evitar la propagación de errores.

El número de subintervalos por trama PL se codifica en el encabezamiento (como se indica en las siguientes cláusulas).

FIGURA A4-7
Jerarquía de tramas de enlace descendente VDE-SAT



2.6.1 Tiempo de guarda y rampa ascendente

La rampa ascendente de -30 dBc a $-1,5$ dBc de la potencia deberá llevarse a cabo en un tiempo igual o inferior a $300 \mu\text{s}$ para una ocupación de canal de 50 kHz. De este modo se cumplen los requisitos de interferencia del canal adyacente.

Puede no ser necesario observar un tiempo de guarda al inicio de una trama PL, pero se ha previsto para permitir la futura expansión del piloto, la palabra de sincronización y el encabezamiento de formato de la trama PL.

2.6.2 Piloto de sincronización

El piloto de sincronización es un conjunto de símbolos conocidos situado antes de la palabra de sincronización y a intervalos regulares durante la porción de datos.

2.6.3 Palabra de sincronización (SYNC)

El formato del encabezamiento y la palabra de sincronización de la trama PL es fijo para todas las transmisiones. En el Cuadro A4-10 se define la palabra exclusiva en código Barker de 13 bits que se modula con MDP-2 a una velocidad de símbolos de 2,4 ksym/s. El bit 0 se transmite primero. Su duración es de 4,91 ms.

CUADRO A4-10

Palabra exclusiva en secuencia Barker

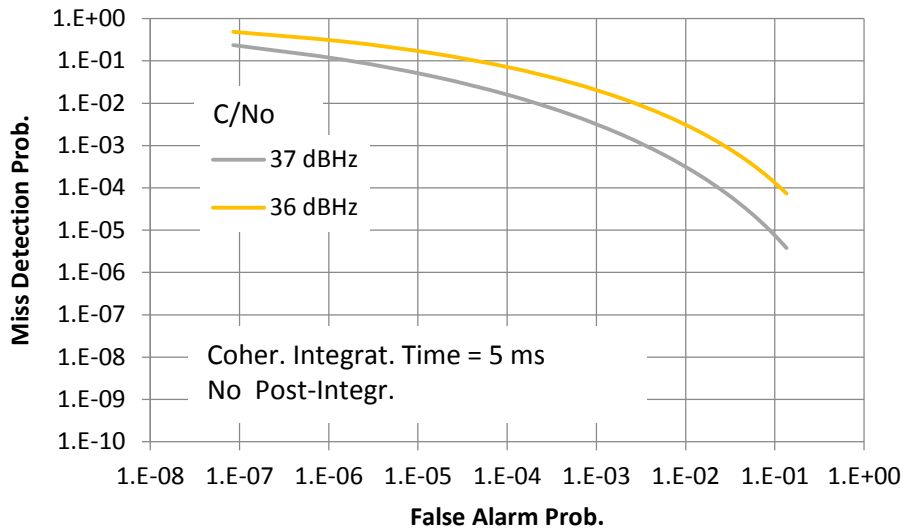
| Número de bit | | | | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|----|----|---|---|----|----|----|----|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 |

Las probabilidades de perder una detección o de realizar una detección falsa se muestran en la Fig. A4-8 para una $C/(N_0+I_0)$ de 37 dBHz, lo que, en un canal de 50 kHz, corresponde a una profundidad de desvanecimiento de 7 dB, que ocurre menos del 1% del tiempo en el canal de Rice ($C/M=10$ dB).

Durante estos cortos periodos de tiempo, un umbral constante de falsa alarma puesto a 10^{-4} hará que no se detecte el 2% de las tramas PL durante los eventos de desvanecimiento.

FIGURA A4-8

Probabilidades de pérdida de palabra SYNC y de detección falsa



2.6.4 Dispersión de secuencia directa

Se seleccionan los códigos de dispersión SS0 y SS1 para minimizar la «correlación no deseada» máxima, como se define a continuación:

- autocorrelación del código con su versión retardada;
- correlación del código con otras secuencias.

La evaluación se efectúa no sólo para las señales alineadas en frecuencia, sino también para las señales con diferencia Doppler.

Los códigos seleccionados son SS0 y SS1, como se muestra en el Cuadro A4-11.

El primer piloto y los símbolos MDP-2 se dispersan con una secuencia de 8 bits hasta alcanzar una velocidad de chip de 19,2 kchip/s para adaptarse a un canal de 50 kHz. Se utiliza la secuencia de dispersión SS0 del Cuadro A4-11.

CUADRO A4-11

Secuencias de dispersión

| Nombre de secuencia | Número de chip | | | | | | | |
|---------------------|----------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| SS0 (0b1001010) | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 |
| SS1 (0b10100011) | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 |
| SS2 (0b01101100) | -1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 |
| SS3 (0b 01111001) | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 |

2.6.5 Encabezamiento de la trama PL

El encabezamiento está modulado con MDP-2 y dispersado de la misma manera que la palabra de sincronización descrita anteriormente. En el encabezamiento de la trama PL se definen los siguientes parámetros asociados a cada trama PL:

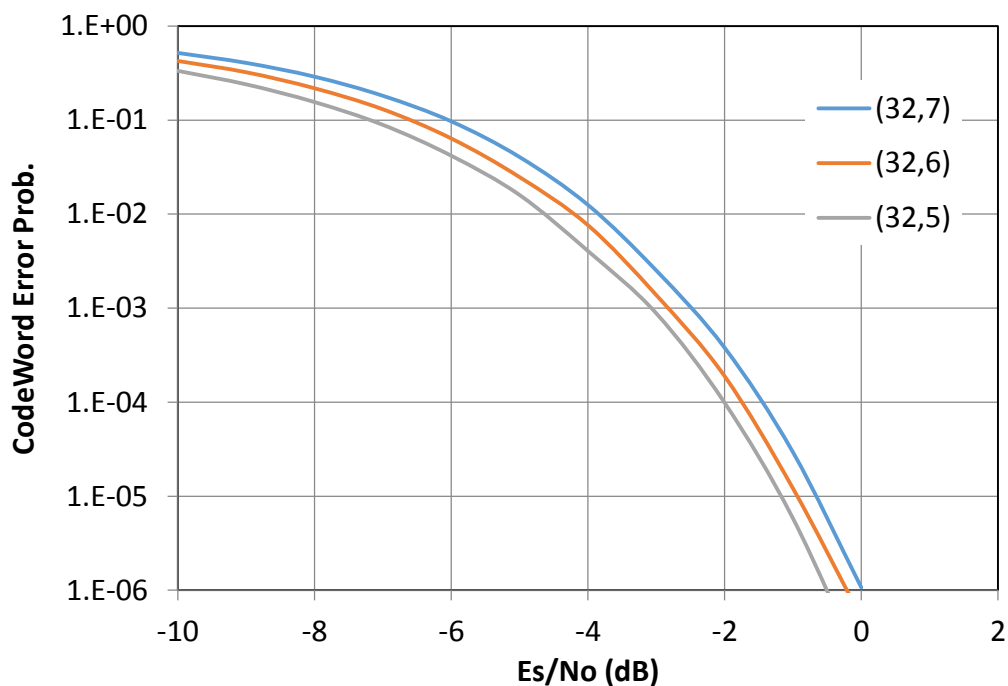
Duración de la trama PL (como múltiplo entero de una duración de subintervalo)

Número de subintervalos de datos (N) por trama PL:

- velocidad de símbolos;
- tipo de modulación;
- tipo de FEC;
- tasa de FEC;
- tipo de intercalador;
- tipo de aleatorizador;
- factor de dispersión (1 o superior);
- secuencia de dispersión (1 o según se haya definido).

El encabezamiento contiene 7 bits para definir hasta 128 formatos de trama PL. El encabezamiento de la trama PL se codifica utilizando la corrección de errores en recepción en cuadratura ortogonal (32,7). En la Fig. A4-9 se muestra el funcionamiento de esta FEC.

FIGURA A4-9
Probabilidad de error en el encabezamiento



2.6.6 Codificación de corrección de errores en recepción del segmento de datos

El esquema de codificación FEC aplicado al segmento de datos de las tramas PL es semejante al código FEC de la norma de 3GPP. La definición de FEC es la del Anexo 1, pues se puede aplicar el mismo esquema FEC a VDE-SAT y VDE-terrenal.

2.6.7 Segmentos de datos

Como se muestra en la jerarquía de datos, cada trama PL contiene uno o varios segmentos de datos. Los segmentos de datos contienen símbolos de canal que transportan bits de información codificados. Dentro de las tramas PL se establece la correspondencia entre los bits codificados y un segmento de N datos intercalados.

2.6.8 Aleatorización de la capa física

Antes de la modulación (y de la dispersión, si procede), se han de aleatorizar las muestras de cada trama PL, excluida la palabra SYNC, para dispersar la energía multiplicando las $(I+jQ)$ muestras por una secuencia de aleatorización compleja (C_I+jC_Q) :

$$- \quad I_{\text{SCRAMBLED}} = (I C_I - Q C_Q);$$

$$- \quad Q_{\text{SCRAMBLED}} = (I C_Q + Q C_I).$$

La velocidad de la secuencia de aleatorización se corresponde con la velocidad de símbolos de la trama PL, por lo que no afecta al ancho de banda de la señal ocupado. La secuencia de aleatorización se reinicializará al final de cada trama PL. La secuencia de aleatorización habrá de truncarse en longitud a fin de ajustarse a la longitud de la trama PL (excluida la palabra SYNC).

La secuencia del código de aleatorización estará predefinida en función del formato de la trama PL.

2.6.9 Intercalador de canal

Se considera un intercalador de canal de bloque en el enlace descendente de VDE-SAT a fin de reducir las consecuencias del bloqueo corto de canal (debido, por ejemplo, a la transmisión SIA del buque o a eventos de desvanecimiento rápido). El intercalador de canal se aplica a las palabras código en la salida del codificador.

El intercalador puede aplicarse a bloques de datos por permutación de columna (siempre y cuando los números de las columnas puedan ser un entero potencia de 2). En este caso (desde el punto de vista del transmisor) la memoria del intercalador se escribe por filas y se lee por columnas una vez aplicada una permutación entre columnas. La permutación de columnas propuesta es resultado de la lectura del índice de columnas en orden inverso (reordenación de bits), es decir, que la columna con índice $i_5, i_4, i_3, i_2, i_1, i_0$ se convierte en la columna $i_0, i_1, i_2, i_3, i_4, i_5$, donde i_0, i_1, i_2, i_3, i_4 y i_5 son los bits que representan un número determinado.

En casos más generales (cuando el número de columnas no es un entero potencia de 2), el índice del intercalador puede presentarse como una tabla de examen.

2.6.10 Rampa descendente

La rampa descendente ocurre en el último subintervalo de cada trama PL (como se ve en la Fig. A4-7) y va seguida del tiempo de guarda. La duración total de la rampa descendente y el tiempo de guarda es de 8,88 ms (duración de un subintervalo), mientras que la rampa descendente del 90% al 10% de la potencia debe realizarse en menos de 300 μ s.

2.6.11 Tiempo de guarda

El tiempo de guarda se añade al final de cada trama PL para evitar el solapamiento con las transmisiones de VDE terrenal. El tiempo de guarda dura 8,88 ms, lo que corresponde a la duración de un subintervalo. Este tiempo basta para cubrir el retardo diferencial entre el tiempo de propagación más corto y más largo dentro de la zona de cobertura de un satélite LEO a 600 km de altitud (o menos).

2.7 Formatos de trama PL de enlace descendente de VDE-SAT

Como se muestra en la Fig. A4-7, las tramas PL son las unidades de transmisión autónomas utilizadas en los enlaces ascendente y descendente de VDE-SAT. En esta cláusula se definen los diversos formatos de trama PL utilizados para la señalización y la transmisión de datos en los canales del enlace descendente de VDE-SAT. En el encabezamiento de la trama PL es posible definir 128 formatos de trama PL distintos para los enlaces ascendente y descendente de VDE-SAT.

2.7.1 Formato de trama PL 1

El formato de trama PL 1 se presenta en el Cuadro A4-12.

CUADRO A4-12
Formato de trama PL 1

| | | |
|--|--|------------|
| Formato de enlace descendente | 1 | |
| Función | Acceso múltiple, transmisión unidireccional fiable | |
| Utilización | Tablón de anuncios | |
| Valor de encabezamiento | 01 | hex |
| Ancho de banda de canal | 50 | kHz |
| C/N_0 sin desvanecimiento | 43,0 | dBHz |
| Duración de ráfaga | 90 | intervalos |
| Duración de ráfaga | 2400 | ms |
| Rampa descendente | 0,3 | ms |
| Tiempo de guarda | 8,0 | ms |
| Velocidad de canal | 33,6 | kchip/s |
| Factor de dispersión | 8 | |
| Código de dispersión | SS0 | Cuadro 29 |
| Modulación | MDP-2 | |
| Bits/símbolos de canal | 1 | |
| Tasa de FEC | 0,50 | |
| Tipo de FEC | 3GPP | Anexo 1 |
| Velocidad de la información/usuario | 2,10 | kbits/s |
| Número de usuarios simultáneos | 8 | |
| E_b/N_0 | 9,8 | dB |
| Factor de canal de Rice (C/M) | 10 | dB |
| Ancho de banda de desvanecimiento de canal | 3 | Hz |
| Tasa de errores en las tramas objetivo | 1 | % |
| Duración de la ráfaga piloto y datos | 2371 | ms |
| Duración del piloto | 237,1 | ms |
| Duración de los datos | 2133,9 | ms |
| Número de bits de información | 4480 | bits |
| Número de bits codificados | 8960 | bits |
| Ancho del intercalador de bloque | 128 | bits |
| Altura del intercalador de bloque | 70 | bits |
| Tamaño del intercalador | 8960 | bits |
| Número de bytes de información | 560 | bytes |

2.7.2 Formato de trama PL 2 se muestra en el Cuadro A4-13.

CUADRO A4-13
Formato de trama PL 2

| | | |
|--|--|------------|
| Format de enlace descendente | 2 | |
| Función | Transmisión unidireccional fiable | |
| Utilización | Multidifusión, anuncios, acuse de recibo | |
| Valor de encabezamiento | '02 | hex |
| Ancho de banda de canal | 50 | kHz |
| C/N_0 sin desvanecimiento | 43,0 | dBHz |
| Duración de ráfaga | 90 | Intervalos |
| Duración de ráfaga | 2400 | ms |
| Rampa descendente | 0,3 | ms |
| Tiempo de guarda | 8,0 | ms |
| Velocidad de canal | 19,2 | kchip/s |
| Factor de dispersión | 1 | |
| Modulación | MDP-4 | |
| Bits/símbolos de canal | 2 | |
| Tasa de FEC | 0,25 | |
| Tipo de FEC | 3GPP | Anexo 1 |
| Velocidad de la información/usuario | 9,60 | kbits/s |
| Número de usuarios simultáneos | 1 | |
| E_b/N_0 | 3,2 | dB |
| Format de canal de Rice (C/M) | 10 | dB |
| Ancho de banda de desvanecimiento de canal | 3 | Hz |
| Tasa de errores en las tramas objetivo | 1 | % |
| Duración de ráfaga piloto y datos | 2371 | ms |
| Duración del piloto | 237,1 | ms |
| Duración de los datos | 2133,9 | ms |
| Número de bits de información | 20480 | bits |
| Número de bits codificados | 81920 | bits |
| Ancho del intercalador de bloque | 256 | bits |
| Altura del intercalador de bloque | 320 | bits |
| Tamaño del intercalador | 81920 | bits |
| Número de bytes de información | 2560 | bytes |

2.7.3 Formato de trama PL 3

El formato de trama PL 3 se muestra en el Cuadro A4-14.

CUADRO A4-14

Formato de trama PL 3

| | | |
|--|--|------------|
| Format de enlace descendente | 3 | |
| Función | Canal TDM de caudal elevado | |
| Utilización | Transferencia de segmentos de ficheros | |
| Valor de encabezamiento | '03 | hex |
| Ancho de banda de canal | 50 | kHz |
| C/N_0 sin desvanecimiento | 50,0 | dBHz |
| Duración de ráfaga | 90 | intervalos |
| Duración de ráfaga | 2400 | ms |
| Rampa descendente | 0,3 | ms |
| Tiempo de guarda | 8,0 | ms |
| Velocidad de canal | 19,2 | kchip/s |
| Factor de dispersión | 1 | |
| Modulación | MDP-8 | |
| Bits/símbolos de canal | 3 | |
| Tasa de FEC | 0,50 | |
| Tipo de FEC | 3GPP | Anexo 1 |
| Velocidad de la información/usuario | 28,80 | kbits/s |
| Número de usuarios simultáneos | 1 | |
| E_b/N_0 | 5,4 | dB |
| Formato de canal de Rice (C/M) | 10 | dB |
| Ancho de banda de desvanecimiento de canal | 3 | Hz |
| Tasa de errores en las tramas objetivo | 1 | % |
| Duración de ráfaga piloto y datos | 2371 | ms |
| Duración del piloto | 237,1 | ms |
| Duración de los datos | 2133,9 | ms |
| Número de bits de información | 61448 | bits |
| Número de bits codificados | 122896 | bits |
| Ancho del intercalador de bloque | 512 | bits |
| Altura del intercalador de bloque | 241 | bits |
| Tamaño del intercalador | 123392 | bits |
| Número de bytes de información | 7681 | bytes |

3 Capa de enlace de VDE-SAT

3.1 Encapsulación de datos

Los segmentos de datos de cada trama PL contienen múltiples datagramas encapsulados de longitud variable. Cada datagrama contiene los siguientes campos de encapsulación:

- tipo de datagrama (1 byte);
- tamaño de datagrama (3 bytes);
- ID de barco (4 bytes);
- ID de transacción (4 bytes, opcional);
- número de secuencia de datagrama (2 bytes, para datagramas multisegmento);
- ID de fuente (8 bytes, opcional);
- carga útil de datagrama (variable);
- relleno de datos (variable, inferior a 8 bits);
- CRC (4 bytes).

3.2 Verificación por redundancia cíclica

Véase el Anexo 1.

3.3 Petición automática de repetición (ARQ)

Los datagramas pueden o no utilizar ARQ en función de la definición de cada tipo de datagrama. Una ARQ solicitará la retransmisión selectiva de un segmento de datagrama perdido específico.

3.4 Acuse de recibo (ACK)

Por el enlace de satélite se acusa recibo de todos los datagramas sin errores CRC.

3.5 Notificación de entrega en extremo (EDN)

Se notificarán a la fuente todos los datagramas entregados satisfactoriamente al destino.

3.6 Fallo de entrega en extremo (EDF)

Se notificarán a la fuente todos los datagramas no entregados satisfactoriamente una vez expirado el temporizador o alcanzado el límite de reintentos.

3.7 Canales físico y lógico

Los protocolos VDE-SAT utilizan varios canales para transportar datos. Estos canales se dividen en canales físicos y canales lógicos. Todos los satélites transmiten un tablón de anuncios donde se define la configuración de esos canales.

3.7.1 Canales físicos

Los canales físicos (PC) están determinados por la frecuencia central y el ancho de banda.

3.7.2 Canales lógicos

Los canales lógicos (LC) se dividen en canales de señalización y canales de datos, como se describe a continuación.

3.8 Canales lógicos de señalización

Se utilizan los siguientes canales de señalización de enlace descendente:

- Canal de señalización del tablón de anuncios (BBSC);
- canal de señalización de anuncios (ASC);
- canal de datos de multidifusión (MDC);
- canal de datos de unidifusión (UDC).

3.8.1 Canal de señalización del tablón de anuncios

En el tablón de anuncios se definen los parámetros de señalización de la red, como los canales de señalización (canales de control) y el/los canal(es) de datos, las versiones del protocolo y la configuración futura de la red.

Un canal lógico se define por la función, la frecuencia central, el formato de trama PL y el inicio del primer intervalo. Los canales lógicos suelen repetirse a cada trama, a menos que se haya modificado la configuración de la red para optimizar la capacidad.

También se facilitan los parámetros del satélite y el ID de red. También puede facilitarse información sobre otros satélites y redes. La información del tablón de anuncios no cambia a menudo y, para un satélite LEO pequeño, basta con recibir el tablón de anuncios una vez por paso y, para la mayoría de los pasos, con repetirlo una vez por minuto es suficiente.

El BBSC utiliza el formato de trama PL 1 definido en el Cuadro A4-12 y debe transmitirse una vez por minuto en los canales exclusivos del enlace descendente de satélite de VDE (canales 2046 y 2086), empezando por el intervalo 0 con una duración de 2,4 s (correspondiente a 90 intervalos). Se utiliza un esquema de acceso múltiple por división de código para que múltiples satélites con cobertura solapada transmitan el tablón de anuncios al mismo tiempo. El barco receptor debe poder recibir el tablón de anuncios de hasta 8 satélites al mismo tiempo.

Todos los mensajes del tablón de anuncios pueden transmitirse por varias tramas. La información esencial del tablón de anuncios se repetirá en cada trama (cada 60 s).

En el Cuadro A4-15 se muestra el contenido del tablón de anuncios. Todos los paquetes empiezan con un paquete de 8 bits, seguido de un campo de 8 bits donde se indica la longitud en bytes. Se utilizan bits de relleno si la trama no está completa. Los últimos 4 bytes son la CRC de 32 bits aplicada a toda la trama PL.

CUADRO A4-15

Construcción del tablón de anuncios

| Nombre | Descripción | Tamaño total (bytes) | Intervalo de repetición (tramas) | Observaciones |
|--------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|---------------|
| ID de red | Nombre de la red, hasta 16 caracteres ASCII | 18 | 1 | |
| ID de satélite | El ID de este satélite en una red. Hasta 256 satélites por red. | 3 | 1 | |
| Versión del tablón de anuncios | Número de versión de este tablón de anuncios. Hasta 256 tramas activas | 3 | 1 | |

| Nombre | Descripción | Tamaño total (bytes) | Intervalo de repetición (tramas) | Observaciones |
|---|--|----------------------|----------------------------------|--|
| Validez de esta versión | Duración de esta versión en número de tramas de 1 minuto. Utiliza 16 bits | 4 | 1 | |
| Modificación futura del estatus del satélite | Paquete con información sobre un cambio planificado de estatus. Desde el inicio del día del calendario juliano del año, número de trama, hoy y trama, nuevo estatus. | 13 | 1 | |
| Frecuencia de copia de seguridad del tablón de anuncios | Número de canal por encima de 156 MHz, resolución de 25 kHz | 3 | 1 | |
| Capacidad de protocolo de satélite | Índice que muestra qué protocolos soporta el satélite | 3 | 1 | |
| Configuración de canal de anuncio/señalización de enlace descendente | Paquete que indica la frecuencia central, el intervalo de inicio, el número de formato de trama PL, el número de canal lógico | 6 | 1 | Se utilizan 8 bits para los intervalos correspondientes al número de intervalo real /10. Una trama puede contener múltiples canales de anuncio para reducir la latencia del protocolo |
| Configuración del canal de datos de enlace descendente | Paquete que indica la frecuencia central, el intervalo de inicio, el número de formato de trama PL, el número de canal lógico | 6 | 1 | Una trama puede contener múltiples canales de datos |
| Configuración del canal de señalización/acceso aleatorio de enlace ascendente | Paquete que indica la frecuencia central, el intervalo de inicio, el número de formato de trama PL, el número de canal lógico | 6 | 1 | Una trama puede contener múltiples canales de señalización de enlace ascendente para reducir la latencia del protocolo |
| Configuración del canal de asignación de demanda de enlace ascendente | Paquete que indica la frecuencia central, el intervalo de inicio, el número de formato de trama PL, el número de canal lógico | 6 | 1 | Una trama puede contener múltiples canales de datos |
| Efeméride de este satélite | Paquete que contiene la efeméride, validez | 25 | Flexible | Puede utilizarse el formato de almanaque GPS |

| Nombre | Descripción | Tamaño total (bytes) | Intervalo de repetición (tramas) | Observaciones |
|-------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|--|
| Efemérides de otros satélites | Paquete que contiene el ID de red, el ID de satélite, el estatus, la efeméride, la validez | 46 | Flexible | Puede utilizarse el formato de almanaque GPS |
| Mensaje de texto libre | Contiene hasta 128 caracteres ASCII | 9 | Flexible | Mensaje del operador de red a todos los barcos, sólo información |

El BBSC soporta que los mensajes se clasifiquen en categorías lógicas por tipos de mensaje.

Los mensajes BBSC de distintas clases pertenecen a una de las siguientes categorías:

1) Configuración estática/estatus del sistema de satélite:

La configuración estática y el estatus del sistema de satélite contiene parámetros como el número de satélite, el número asignado en la constelación (en el caso de las constelaciones de satélites), la efemérides en el formato indicado, la versión de firmware, etc.

2) Información de configuración dinámica del sistema de satélite

a) Información de gestión del BBSC:

La configuración dinámica del sistema de satélite correspondiente a la utilización del BBSC incluye información sobre el BBSC mismo, por ejemplo, si se ha de transmitir en el siguiente paquete de mensaje información sobre la duplexación por división en el tiempo, información de intervalo o de tiempo (función semejante a la de COMSTATE en el SIA), y sobre la atribución del canal físico para la siguiente transmisión (si se cambia de canal, o si se ha de cambiar de canal físico para permitir la compartición de recursos de canal propia o entre sistemas).

b) Configuración de otros canales físicos y lógicos:

Todos los demás parámetros de configuración de todos los demás canales, incluido el canal de señalización de anuncios (ASC), el canal de datos de multidifusión (MDC) y el canal de datos de unidifusión (UDC).

Téngase en cuenta que las asignaciones de categoría secundaria pueden cambiar con frecuencia, por ejemplo durante el tiempo de paso de un satélite (10-15 minutos).

Por mor de eficiencia y para facilitar el procesamiento de la información en el BBSC, todos los tipos de mensajes tienen un nivel de revisión de la configuración, CRL (u otra serie de secuencias numéricas) que indica la actualidad relativa de la información, de manera que los receptores terrenales podrán determinar si ha habido un cambio en la transmisión en curso y, en tal caso, el transceptor recibirá la transmisión de datos completa y actualizará según proceda los parámetros dinámicos, como las definiciones del canal lógico. Si se modifica el nivel de revisión de la configuración, no obstante, los paquetes de datos restantes no se recibirán sin errores y el transceptor cesará las transmisiones de VDES hasta que se reciba sin errores la información de configuración dinámica actualizada.

En caso de que no se modifique el nivel de revisión de la configuración con respecto al estado previamente recibido, el receptor no tendrá que escuchar el recordatorio de la transmisión BBSC.

3.8.1.1 Nota sobre el parámetro nivel de revisión de la configuración

El nivel de revisión de la configuración (CRL) debe situarse muy al principio de cualquier transmisión BBSC de uno o más intervalos. También es posible que haya más de un CRL en transmisiones largas,

por ejemplo, un CRL al principio de una transmisión BBSC que indique el nivel de cambio de todos los mensajes en el BBSC. Sea cual sea su categoría, los mensajes pueden también incluir un CRL para indicar su nivel de actualización.

En la práctica, cada vez que se actualiza un mensaje, se incrementa su CRL y, si el mensaje dentro de un CRL BBSC se incrementa, se incrementa también el CRL de nivel superior.

Este último esquema permite obtener una rápida visión global de los cambios y luego, en un nivel de granularidad inferior, ver en cada tipo de mensaje los cambios efectuados. Este método ofrece ventajas en los canales con desvanecimiento y con baja relación S/N al permitir recibir mensajes sólo parciales, con lo que se alcanza un elevado nivel de confianza en que se conocerá todo cambio en la configuración.

3.8.2 Canal de señalización de anuncio (ASC)

Este canal normalmente transportará anuncios, la información MAC, la atribución de recursos de enlace ascendente/descendente, la ARQ, el ACK y la EDN.

Un gran número de barcos recibe este canal y se utiliza un formato de trama PL de elevado margen.

Para reducir la latencia del protocolo se puede repetir varias veces el ASC (distinto contenido) durante una trama. Los anuncios comprenden datagramas de unidifusión y de multidifusión (radiodifusión).

El ASC utiliza el formato de trama PL 1 ó 2. El formato de los intervalos iniciales se define en el tablón de anuncios.

La información MAC incluye la versión de la red y el control de congestión (intervalo de aleatorización, mantenimiento y nivel de prioridad mínimo).

La atribución de recursos de enlace ascendente facilita a un barco concreto, previa petición de recursos, la información del canal de datos de enlace ascendente y el satélite efectúa una estimación de la $C/(N_0+I_0)$ que utiliza para seleccionar el formato de mayor caudal con el margen de enlace adecuado.

En los Cuadros A4-16 a A4-20 se presentan diversas plantillas de ASC para distintos usos.

CUADRO A4-16

Control de acceso a los medios (inicio de ASC)

| Nombre de campo | Tamaño (bytes) | Observaciones | Información adicional |
|--------------------------------|----------------|---|--|
| Tipo de paquete | 1 | Define el contenido del paquete. Este paquete se dirige a todos los barcos, subdirección 0 | |
| Tamaño de paquete | 1 | Tamaño total de este paquete | El tamaño puede estar implícito en la mayoría de tipos de paquetes, pero algunos tipos de paquetes pueden ser de longitud variable |
| Número de trama | 2 | 1440 tramas en 24 h | |
| Version de red | 1 | Versión definida en el tablón de anuncios. Las versiones antiguas se almacenan y extraen según sea necesario. | |
| Estatus de la red de satélites | 1 | Define la salud del satélite, la ocupación, la capacidad reducida y la elevada latencia | |

CUADRO A4-16 (*fin*)

| Nombre de campo | Tamaño (bytes) | Observaciones | Información adicional |
|---|----------------|---|-----------------------|
| Nivel de prioridad de acceso de enlace ascendente | 1 | Los mensajes de barco tienen distintos niveles de prioridad; los de socorro tienen la mayor prioridad. Sólo se aceptan los mensajes con un nivel de prioridad igual o superior a este número. | |
| Interval de reintento | 1 | Tiempo de espera en intervalos antes de que expire el temporizador de acceso aleatorio. La resolución es de 10 intervalos | |
| Tamaño máximo de mensaje | 1 | En caso de congestión pueden no permitirse mensajes largos. Este campo es un índice del tamaño máximo de ficheros discretos | |

CUADRO A4-17

Anuncio de multidifusión

| Nombre de campo | Tamaño (bytes) | Observaciones | Información adicional |
|-------------------|----------------|---|--|
| Tipo de paquete | 1 | Define el contenido del paquete. Este paquete se dirige a todos los barcos, subdirección 0 | Otros paquetes de multidifusión pueden dirigirse a una zona, clase de terminal o tipo de barco |
| Tamaño de paquete | 1 | Tamaño total de este paquete | El tamaño puede estar implícito en la mayoría de tipos de paquetes, pero algunos tipos de paquetes pueden ser de longitud variable |
| Canal lógico | 1 | Los canales lógicos se definen en el tablón de anuncios, incluida la frecuencia central, el intervalo inicial, el número de intervalo y MODCOD | |
| ID de transacción | 2 | El satélite asigna un ID de transacción a todos los mensajes de enlace ascendente y de enlace descendente. Este ID se utiliza en ACK, ARQ y las notificaciones de entrega en extremo. Algunos mensajes pueden repetirse y este ID permite al terminal descartar los mensajes ya recibidos | |

CUADRO A4-18

Anuncio de mensaje asignado al enlace descendente

| Nombre de campo | Tamaño (bytes) | Observaciones | Información adicional |
|------------------------|-----------------------|---|--|
| Tipo de paquete | 1 | Define el contenido del paquete | |
| Tamaño de paquete | 1 | Tamaño total de este paquete | El tamaño puede estar implícito en la mayoría de tipos de paquetes, pero algunos tipos de paquetes pueden ser de longitud variable |
| ID de barco | 4 | Dirección MAC física del barco | |
| Subdirección del barco | 2 | ID de pasarela de barco y de dispositivo M2M | |
| Canal lógico | 1 | Los canales lógicos se definen en el tablón de anuncios, incluida la frecuencia central, el intervalo inicial, el número de intervalo y MODCOD | |
| ID de transacción | 2 | El satélite asigna un ID de transacción a todos los mensajes de enlace ascendente y de enlace descendente. Este ID se utiliza en ACK, ARQ y las notificaciones de entrega en extremo. Algunos mensajes pueden repetirse y este ID permite al terminal descartar los mensajes ya recibidos | |

CUADRO A4-19

Asignación de recursos de enlace ascendente

| Nombre de campo | Tamaño (bytes) | Observaciones | Información adicional |
|------------------------|-----------------------|--|--|
| Tipo de paquete | 1 | Define el contenido del paquete | |
| Tamaño de paquete | 1 | Tamaño total de este paquete | El tamaño puede estar implícito en la mayoría de tipos de paquetes, pero algunos tipos de paquetes pueden ser de longitud variable |
| ID de barco | 4 | Dirección MAC física del barco | |
| Subdirección del barco | 2 | ID de pasarela de barco y de dispositivo M2M | |
| Canal lógico | 1 | Los canales lógicos se definen en el tablón de anuncios, incluida la frecuencia central, el intervalo inicial, el número de intervalo y MODCOD | |

CUADRO A4-19 (*fin*)

| Nombre de campo | Tamaño (bytes) | Observaciones | Información adicional |
|--------------------|----------------|---|-----------------------|
| Interval de inicio | 1 | Intervalo inicial en que empieza la transmisión de barco. La resolución es de 10 intervalos | |
| ID de transacción | 2 | El satélite asigna un ID de transacción a todos los mensajes de enlace ascendente y de enlace descendente. Este ID se utiliza en ACK, ARQ y las notificaciones de entrega en extremo. Algunos mensajes pueden repetirse y este ID permite al terminal descartar los mensajes ya recibidos | |

CUADRO A4-20

ACK de enlace ascendente

| Nombre de campo | Tamaño (bytes) | Observaciones | Información adicional |
|------------------------|----------------|---|--|
| Tipo de paquete | 1 | Define el contenido del paquete | |
| Tamaño de paquete | 1 | Tamaño total de este paquete | El tamaño puede estar implícito en la mayoría de tipos de paquetes, pero algunos tipos de paquetes pueden ser de longitud variable |
| ID de barco | 4 | Dirección MAC física del barco | |
| Subdirección del barco | 2 | ID de pasarela de barco y de dispositivo M2M | |
| Canal lógico | 1 | Utilizado para apuntar a un mensaje de barco específico. El satélite asigna los ID de transacción | Permite al barco asociar un mensaje con un ID de transacción, utilizado para determinar si se recibe la notificación de entrega en extremo |
| Interval de recepción | 1 | Intervalo en que se recibe un mensaje, también utilizado para apuntar a un mensaje específico | |
| Interval de inicio | 1 | Intervalo inicial en que empieza la transmisión de barco. La resolución es de 10 intervalos | |

CUADRO A4-20 (*fin*)

| Nombre de campo | Tamaño (bytes) | Observaciones | Información adicional |
|-------------------|----------------|---|-----------------------|
| ID de transacción | 2 | El satélite asigna un ID de transacción a todos los mensajes de enlace ascendente y de enlace descendente. Este ID se utiliza en ACK, ARQ y las notificaciones de entrega en extremo. Algunos mensajes pueden repetirse y este ID permite al terminal descartar los mensajes ya recibidos | |

3.8.3 Canal de datos de multidifusión (MDC)

Un gran número de barcos recibe este canal de enlace descendente y se utiliza un formato de trama PL de elevado margen.

3.8.4 Canal de datos de unidifusión (UDC)

Este canal de enlace descendente está atribuido a un barco específico por la duración de un datagrama de unidifusión. Este canal se activa después de que el barco responda a un anuncio y la respuesta incluye información sobre la calidad de la señal recibida, lo que permite al satélite maximizar el caudal.

4 Capa de red

4.1 Protocolos de transferencia de datos de enlace descendente

Se soportarán los siguientes protocolos de enlace descendente:

- transmisión del tablón de anuncios (configuración de red).
- multidifusión (unidireccional) (mapas de hielo, información meteorológica, avisos a navegantes).
- Unidifusión (transferencia de ficheros costa a barco, hasta 100 kBytes).

Los protocolos se muestran en las Figs A4-10 a A4-13.

FIGURA A4-10
Tablón de anuncios con cambio de versión de red

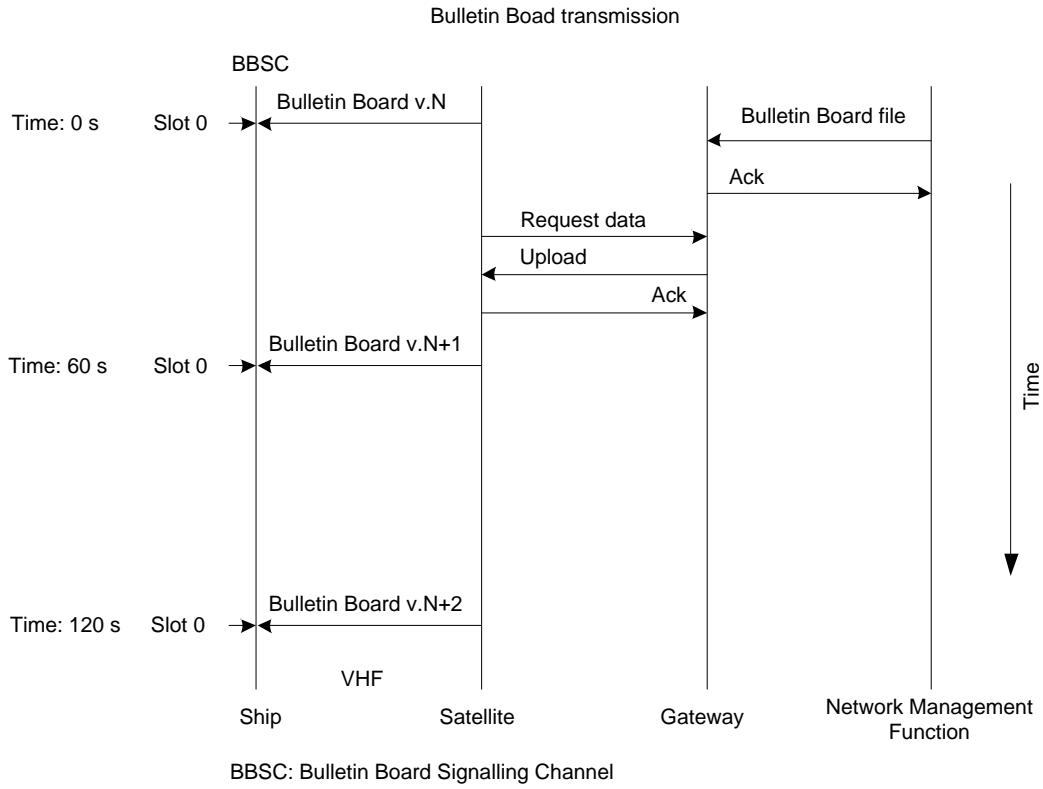
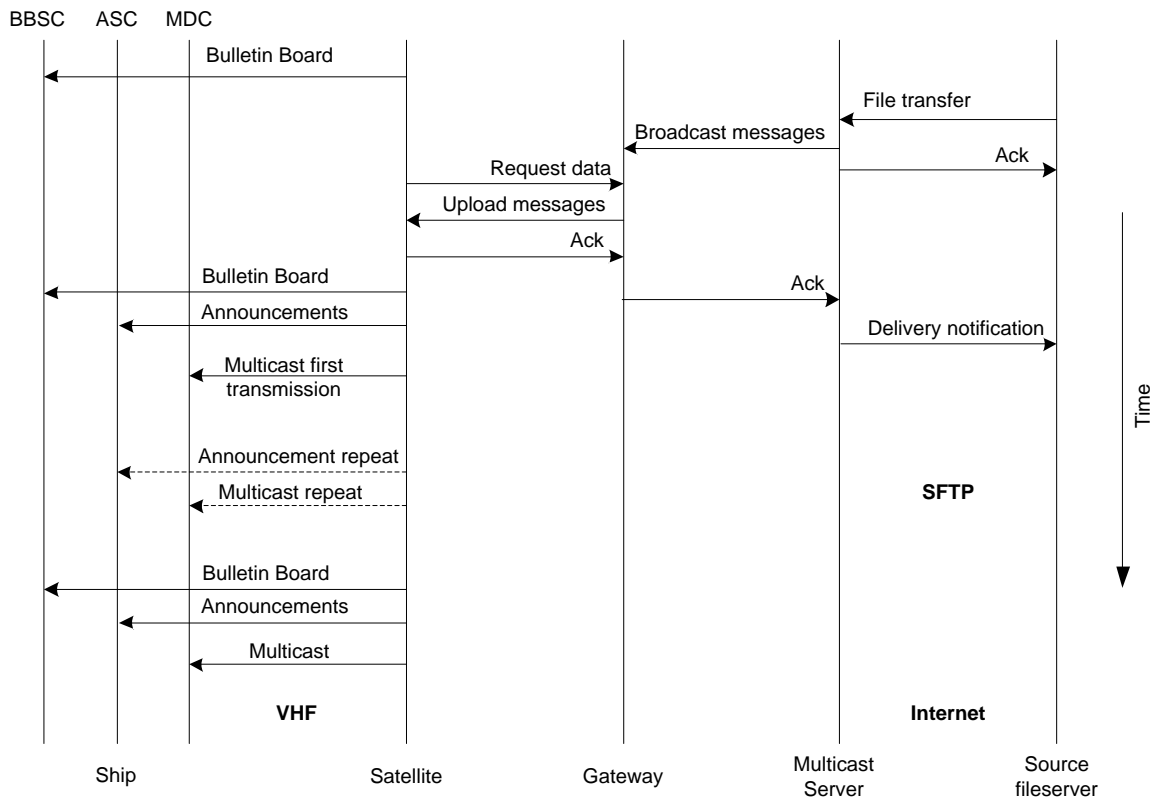


FIGURA A4-11
Protocolo de multidifusión (unidireccional)

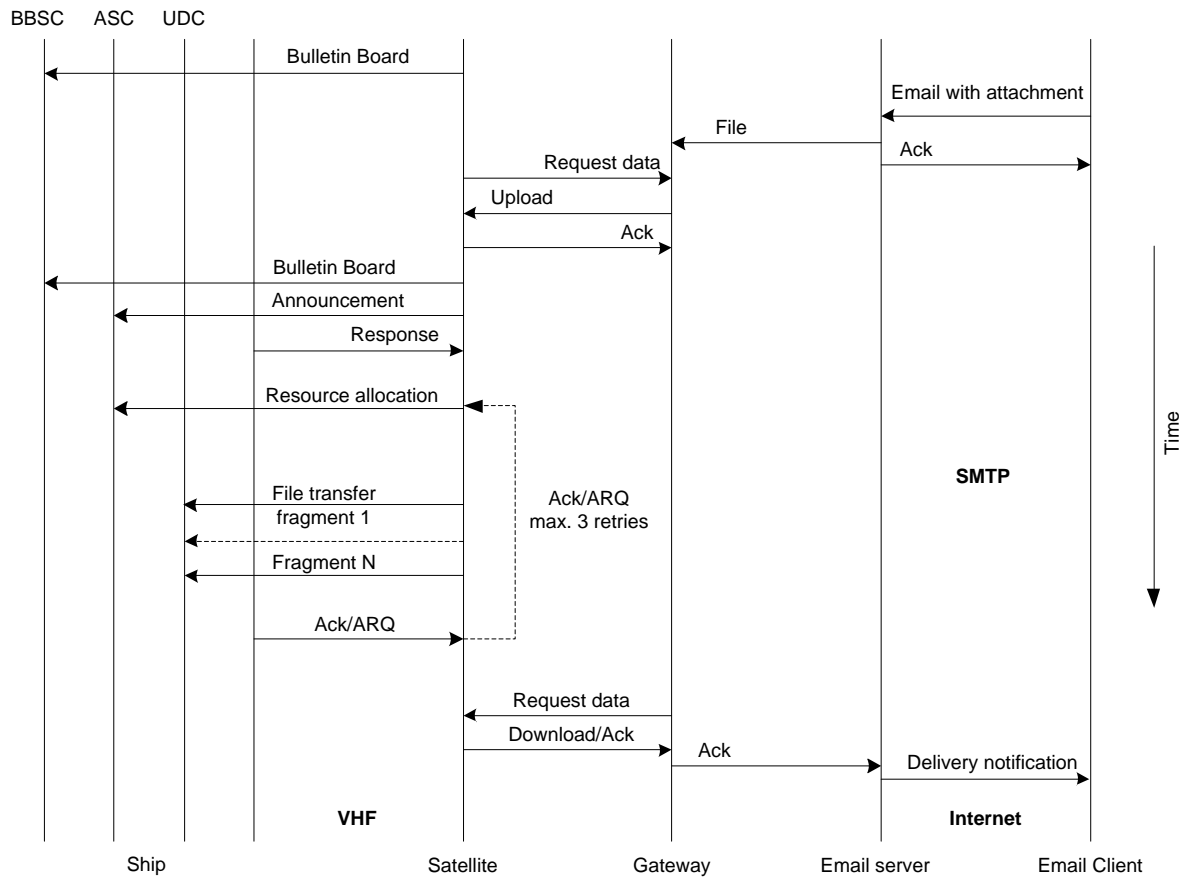
Multicast protocol (one way)



BBSC: Bulletin Board Signalling Channel
 ASC: Announcement Signalling Channel
 MDC: Multicast Data Channel

FIGURA A4-12
Protocolo de unidifusión (transferencia de ficheros) desde la costa

Shore originated unicast protocol

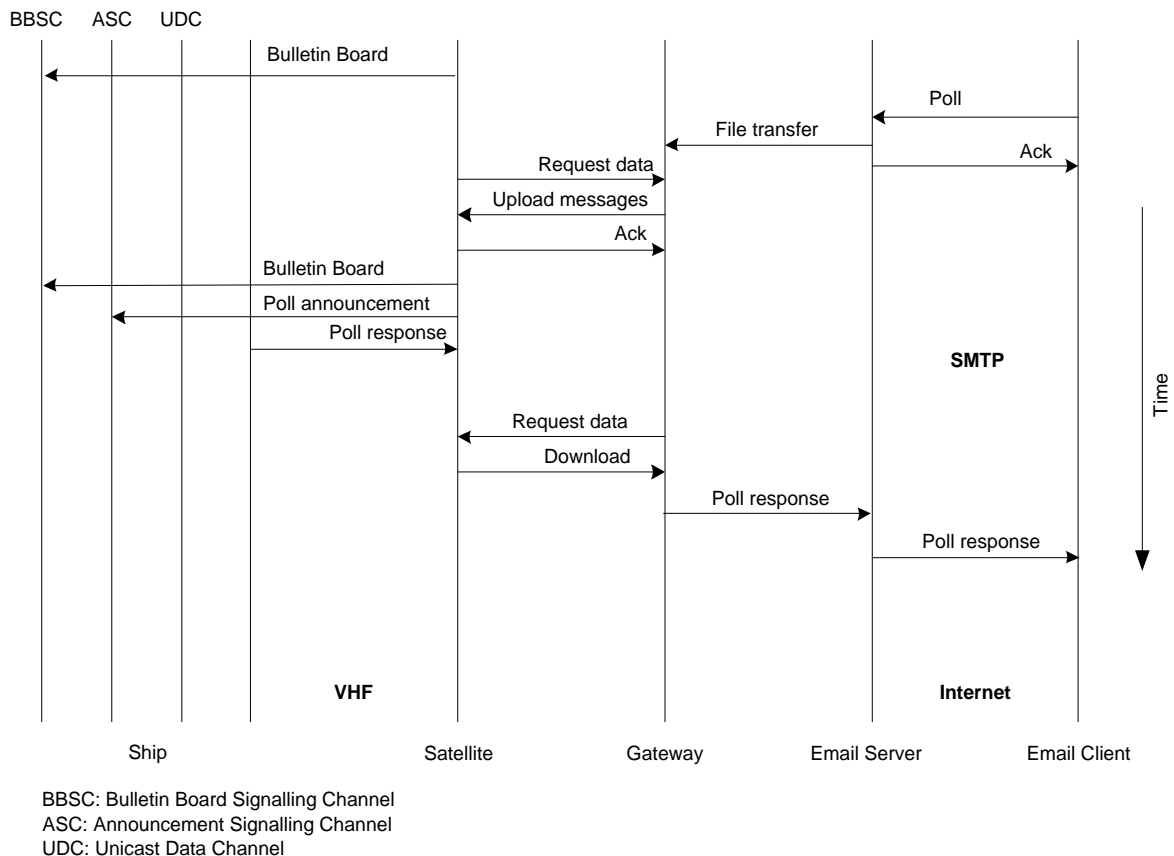


BBSC: Bulletin Board Signalling Channel
 ASC: Announcement Signalling Channel
 UDC: Unicast Data Channel

FIGURA A4-13

Protocolo de sondeo desde la costa

Shore Originated Poll Protocol (Satellite)



5 Capa de transporte

5.1 Protocolos de extremo a extremo

Se utilizan los protocolos Internet existentes, como UDP, SNMP, protocolo de transferencia de fichero seguro (SFTP) y protocolo de transferencia de correo simple (SMTP), como se muestra en las Figuras A4-10 a A4-13.

Se supone que los protocolos IP terrenales se terminan en la pasarela de satélite.

5.2 Direccionamiento físico de barco, pasarela y dispositivo

La mayoría de barcos comerciales utilizan un número OMI de 7 cifras, de los cuales el último es una suma de control, por lo que el sistema OMI puede dar 1 millón de direcciones de barcos. El campo direccionamiento físico VDES de 4 bytes tiene $4,3 \times 10^9$ ID exclusivos.

El número de dispositivos conectados a la red en los barcos crece rápidamente y es necesario direccionar directamente las pasarelas locales y los dispositivos.

Además del campo dirección de 4 bytes, se ha añadido un campo subdireccionamiento de 2 bytes.

El direccionamiento del barco, la pasarela local y el dispositivo se muestra en el Cuadro A4-21. Contrariamente al MMSI, en este esquema de direccionamiento no habrá un campo dedicado ni segmentación.

CUADRO A4-21

Direccionamiento de barco, pasarela y dispositivo

| Campo de direccionamiento | Utilización | Gama |
|--|--|---|
| Dirección física de 32 bits (todos los mensajes) | ID de terminal de barco | 4,3 miles de millones |
| Subdireccionamiento de 16 bits | Para direccionar las pasarelas locales y transductores | Flexible, por ejemplo, 16 pasarelas con 4096 transductores cada una |

5.3 Direccionamiento de barcos, pasarelas y dispositivos en la costa

Puede accederse al VDES desde la costa utilizando Internet y conviene utilizar protocolos normalizados, como el correo electrónico.

Una base de datos en la pasarela permitirá a los usuarios costeros definir sus propios nombres de barco, pasarela y dispositivo significativos.

Anexo 5**Características técnicas del enlace ascendente de satélite VDE en la banda de ondas métricas del servicio móvil marítimo****1 Introducción**

En el presente anexo se describen las características del enlace ascendente de satélite VDE. En este contexto, debe soportar los siguientes servicios:

- Comunicaciones bidireccionales:
 - Obtención de información procedente del barco realizada desde la costa;
 - Solicitud de información procedente de la costa realizada desde el barco;
 - Transferencia de datos de barco a costa.
- Solo transmisión:
 - Recopilación de información procedente de terminales VDES que solo transmiten. Esta situación podría ser periódica o motivada por un acontecimiento. El tablón de anuncios y los canales de señalización de anuncios deberían asignar el intervalo de tiempo y la banda de frecuencias de este servicio.

En el presente anexo, se considera que los satélites de órbita terrestre baja (LEO) a una altitud de 600 km representan típicamente las soluciones de satélite VDE. Cabe señalar que, en función del diseño general del sistema, es posible escoger otras órbitas.

El presente anexo describe la capa física y la capa de enlace del modelo OSI, definido en el Anexo 1. La descripción global de la red y de las capas de transporte se facilita en el Anexo 4.

2 Capa física del enlace ascendente VDE-SAT

2.1 Principales parámetros del enlace ascendente VDE-SAT

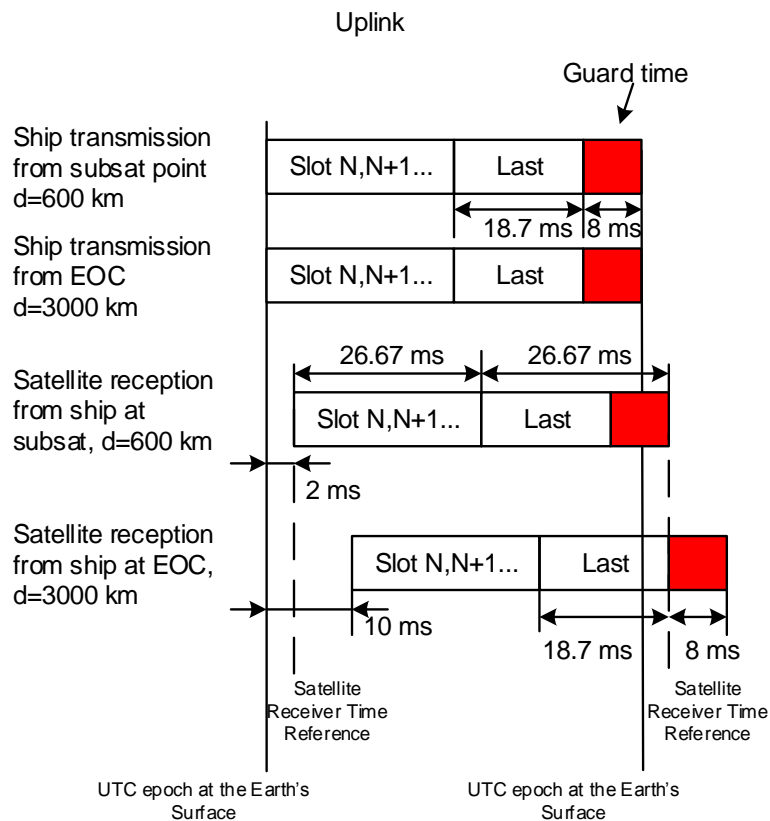
En la presente sección se exponen los supuestos que se consideran ejemplos representativos de los parámetros del sistema del enlace ascendente VDE-SAT en este Anexo.

2.1.1 Distancias del satélite a la superficie

La altura de la órbita determina las variaciones en la distancia del satélite. Por ejemplo, para un LEO a 600 Km, la distancia máxima es de 2 830 km. A efectos de temporización se utilizará una distancia máxima de 3 000 km.

La distancia mínima es igual a la altura de la órbita. Para un satélite LEO a 600 km de altitud, la distancia mínima será de 600 km. Este valor se utiliza para determinar el retardo de propagación mínimo. Tomando estos ejemplos para las distancias mínima y máxima, el retardo de trayecto oscilará entre 2 ms y 10 ms, es decir, una variación de 8 ms, como se muestra en la Fig. A5-1.

FIGURA A5-1
Temporización del enlace ascendente VDE-SAT



2.1.2 Requisitos del transmisor para la estación móvil

Véase el Anexo 1.

2.1.3 Ganancia de antena transmisora de la estación móvil

Véase el Anexo 1.

2.1.4 Análisis del presupuesto del enlace

La C/N_0 del enlace se determina por las pérdidas de trayecto de la p.i.r.e. del satélite, las pérdidas de propagación, la sensibilidad/factor de calidad del receptor y los niveles de interferencia locales.

2.1.5 p.i.r.e. del barco respecto al ángulo de elevación

Véase el Anexo 1.

2.1.6 Ganancia de la antena del satélite

En el Cuadro A5-1 se muestra la ganancia de una antena de satélite Yagi de 3 elementos con una ganancia de cresta de 8 dBi como función del ángulo de elevación.

CUADRO A5-1

Ganancia de la antena del satélite respecto al ángulo de elevación del barco

| Ángulo de elevación del barco | Ángulo de desplazamiento respecto al nadir | Ángulo de desplazamiento respecto al eje de puntería | Ganancia de la antena de satélite |
|-------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| grados | grados | grados | dBi |
| 0 | 66,1 | 0 | 8 |
| 10 | 64,2 | 1,9 | 8 |
| 20 | 59,2 | 6,9 | 8 |
| 30 | 52,3 | 13,8 | 7,8 |
| 40 | 44,4 | 21,7 | 6,9 |
| 50 | 36 | 30,1 | 5,5 |
| 60 | 27,2 | 38,9 | 3,6 |
| 70 | 18,2 | 47,9 | 0,7 |
| 80 | 9,1 | 57 | -2,2 |
| 90 | 0 | 66,1 | -5,5 |

2.1.7 Temperatura de ruido del sistema de satélites

El nivel de ruido del satélite en la entrada del receptor se muestra en el Cuadro A5-2. Sin interferencias externas, la temperatura de ruido del sistema es de 25,7 dBK.

CUADRO A5-2

Temperatura de ruido del sistema de recepción por satélite

| | | |
|---|-------|-----|
| Temperatura de ruido de la antena | 200,0 | K |
| Pérdidas de alimentación | 1,0 | dB |
| Factor de ruido LNA | 2,0 | dB |
| Temperatura de ruido LNA | 159,7 | K |
| Temperatura de ruido de las pérdidas de alimentación en LNA | 56,1 | K |
| Temperatura de ruido de la antena en LNA | 158,9 | K |
| Temperatura de ruido del sistema en LNA | 374,7 | K |
| Temperatura de ruido del sistema en LNA | 25,7 | dBK |

2.1.8 C/N_0 del enlace ascendente

El presupuesto de enlace del enlace ascendente de referencia se muestra en el Cuadro A5-3. Se ha optimizado para un ángulo de elevación del barco de 0 grados.

En el Cuadro A5-3 se puede comprobar que, para ángulos de elevación del barco entre 0 y 65 grados, C/N_0 es mejor que 74 dBHz.

CUADRO A5-3

Presupuesto de enlace del enlace ascendente VDE-SAT, con una potencia transmitida del barco de 6 W

| Ángulo de elevación del barco | Ganancia de la antena del barco | p.i.r.e. del barco | Pérdida de polarización | Distancia | Pérdida de trayecto | Ganancia de la antena de satélite | G/T del satélite | C/N_0 |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------|---------------------|-----------------------------------|------------------|---------|
| grados | dBi | dBW | dB | km | dB | dBi | dB/K | dBHz |
| 0 | 3 | 10,8 | 3 | 2830 | 145,56 | 8 | -17,6 | 73,2 |
| 10 | 3 | 10,8 | 3 | 1932 | 142,25 | 8 | -17,6 | 76,5 |
| 20 | 2,5 | 10,3 | 3 | 1392 | 139,40 | 8 | -17,6 | 78,9 |
| 30 | 1 | 8,8 | 3 | 1075 | 137,16 | 7,8 | -17,8 | 79,4 |
| 40 | 0 | 7,8 | 3 | 882 | 135,44 | 6,9 | -18,7 | 79,2 |
| 50 | -1,5 | 6,3 | 3 | 761 | 134,16 | 5,5 | -20,1 | 77,6 |
| 60 | -3 | 4,8 | 3 | 683 | 133,22 | 3,6 | -22 | 75,2 |
| 70 | -4 | 3,8 | 3 | 635 | 132,58 | 0,7 | -24,9 | 71,9 |
| 80 | -10 | -2,2 | 3 | 608 | 132,21 | -2,2 | -27,8 | 63,4 |
| 90 | -20 | -12,2 | 3 | 600 | 132,09 | -5,5 | -31,1 | 50,2 |

2.1.9 Efectos de propagación

Véase la sección 2.1.10 del Anexo 4.

2.2 Esquemas de modulación de la capa física

El enlace ascendente VDE-SAT soporta diversos esquemas de modulación para maximizar la eficiencia espectral y el caudal. Los métodos de modulación soportados se muestran en el Cuadro A5-4.

CUADRO A5-4

Métodos de modulación del enlace ascendente

| Índice | Bits/símbolos | Tipo de modulación | Correspondencia de bits | Nivel máximo de interferencia del canal adyacente con la peor hipótesis de Doppler |
|--------|---------------|---|-------------------------|--|
| 1 | 2 | MDP-4 y MDP-4O con codificación Gray | Figura A5-2 | Véase el Anexo 1 |
| 2 | 3 | MDP-8 con codificación Gray | Figura A5-3 | |
| 3 | 4 | MDPA-16 | Figura A5-4 | |
| 4 | 2 | Dispersión de espectro con envolvente constante | Véase la sección 2.2.1 | |

FIGURA A5-2
Correspondencia símbolos a bits con MDP-4

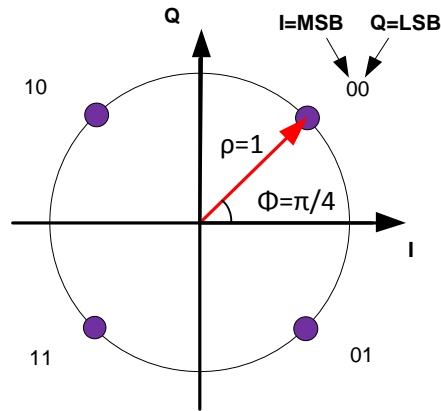


FIGURA A5-3
Correspondencia símbolos a bits con MDP-8

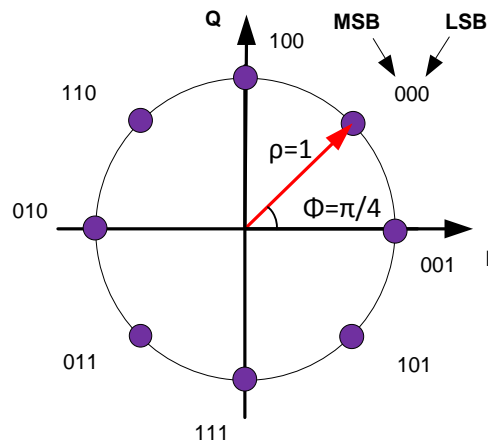
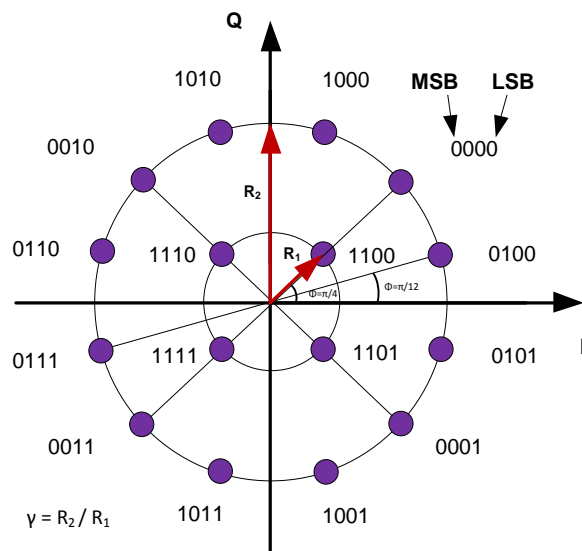


FIGURA A5-4
Correspondencia bits a símbolos con MDPA-16



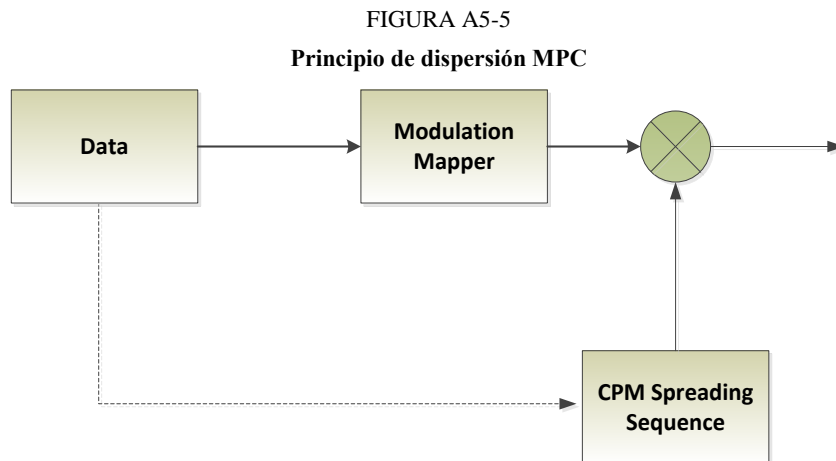
La constelación de modulación MDPA-16 se compone de dos anillos concéntricos de 4 y 12 puntos MDP uniformemente espaciados, situados respectivamente en el anillo interno del radio R_1 y en el anillo externo del radio R_2 .

La relación entre el radio del círculo exterior y el radio del círculo interior ($\gamma = R_2/R_1$) será igual a 3. R_1 se pondrá a $1/\sqrt{7}$ y R_2 se pondrá a $3/\sqrt{7}$ para que la energía media de la señal sea igual a 1.

Como en el caso del SIA, cuando los datos salen al enlace de datos VHF, se agruparán en bytes de 8 bits del principio al fin del cuadro asociado a cada mensaje, de acuerdo con ISO/CEI 3309:1993. Cada byte saldrá con el bit menos significativo.

2.2.1 Dispersión de espectro con envolvente constante

La dispersión de secuencia directa con envolvente constante puede aplicarse según la estrategia de dispersión {RD-3}. Esto permite generar señales de envolvente constante y, al mismo tiempo, utilizar modulaciones lineales (es decir, MPD-2 o MDP-4 para la modulación de datos). En este método, las secuencias de dispersión MPC se seleccionan de manera que los símbolos de dispersión mantengan una fase casi continua incluso durante la transición de un símbolo al siguiente. El principio de dispersión MPC se muestra en la Fig. A5-5.



Para evitar discontinuidades en la fase en las transiciones de símbolos de datos, se propone adaptar la secuencia de dispersión a los datos de modulación. En otras palabras, la secuencia de dispersión MPC en el extremo de cada símbolo se adapta en función del nuevo valor del símbolo de modulación en la entrada, a fin de evitar discontinuidades en la fase. Esta solución provoca una pequeña pérdida en el receptor, ya que este desconoce la parte del extremo del símbolo de la secuencia de dispersión MPC empleada. Para un factor de dispersión de 16 o superior, la pérdida por correlación resultante experimentada por el receptor por este motivo es inferior a 0,25 dB. Las pérdidas en la calidad de funcionamiento respecto de la dispersión convencional son, así, muy residuales a condición de que el factor de dispersión sea igual o superior a 16.

Las secuencias de dispersión MPC se calculan y optimizan fuera de línea y, a continuación, se almacenan en la memoria de los terminales y los receptores. Un único código de dispersión es suficiente para todos los usuarios del sistema. De este modo, no es necesario almacenar múltiples secuencias de dispersión, sino una sola.

A continuación, se aplica la secuencia de dispersión almacenada, empezando por el preámbulo y siguiendo por la parte de datos (como se muestra en la Fig. A5-6). Conviene señalar que la secuencia de dispersión real depende en parte, de hecho, de los símbolos de modulación a fin de garantizar la continuidad de la fase de la señal cuando cambia el símbolo de modulación (Fig. A5-5). Las muestras de dispersión se calculan sobre la base de los símbolos de modulación

actual y anterior. Para una modulación MDP-4, existen cuatro posibles valores para las diferencias de fase entre estos dos símbolos. Un índice de 0 a 3 puede indicar posibles diferencias de fase, y se utiliza para determinar cuál de las cuatro posibles secuencias de dispersión se emplea realmente para calcular la señal de salida. La Fig. A5-7 muestra las propiedades espectrales de potencia del esquema de modulación propuesto (con un factor de dispersión de 16). A causa de sus propiedades de envolvente constante, este esquema de modulación puede funcionar con un amplificador de potencia del transmisor al borde de la saturación, manteniendo al mismo tiempo una potencia de fuga baja a los canales adyacentes.

FIGURA A5-6

Propuesta de dispersión en la MPC

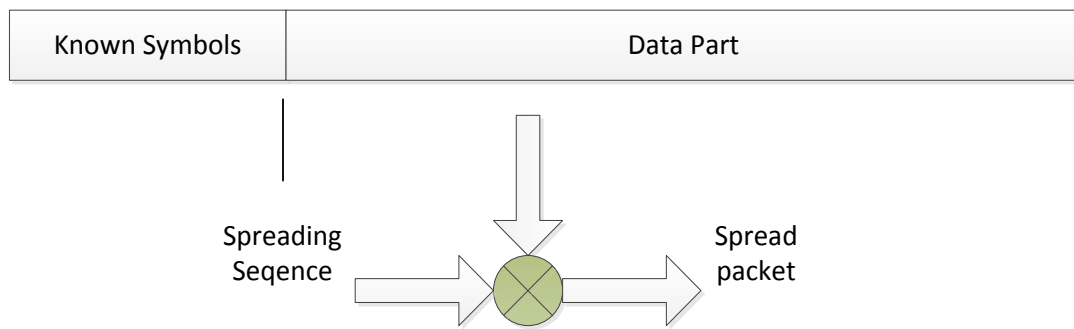
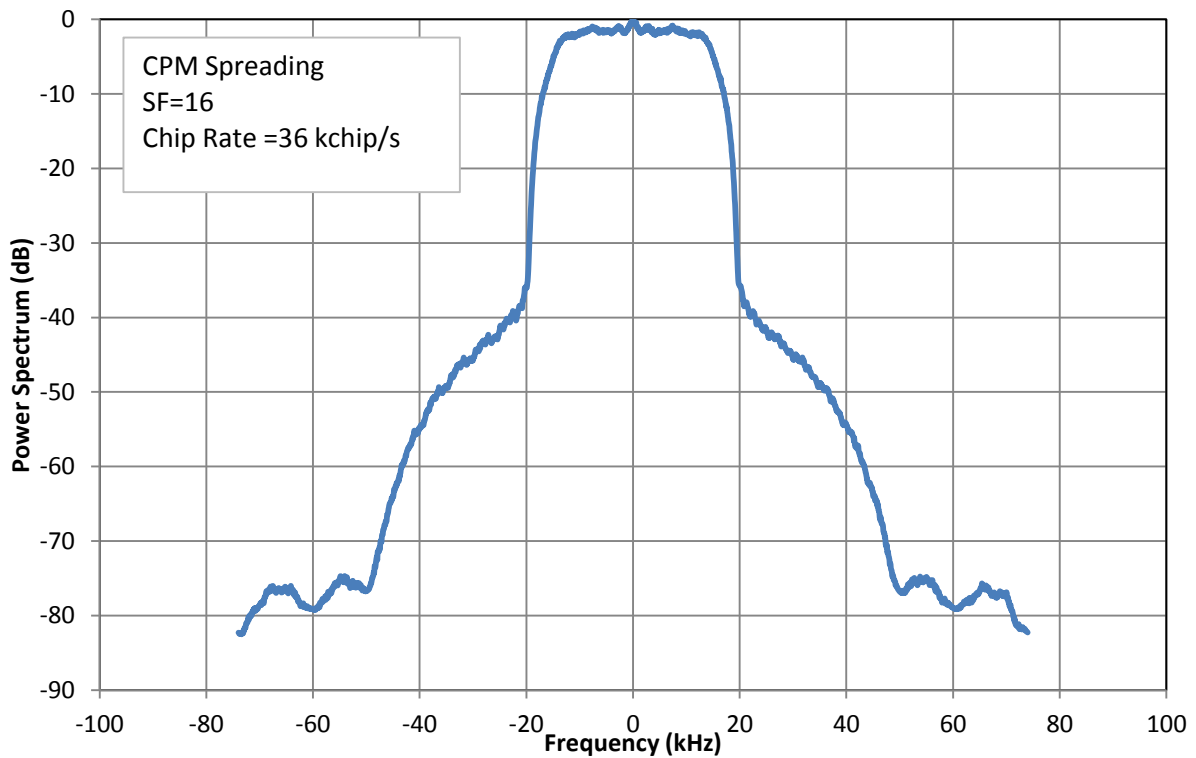


FIGURA A5-7

Propiedades espectrales de potencia con espectro dispersado con envolvente constante



2.3 Conformación de la banda de base y modulación en cuadratura

Los símbolos de banda de base pasarán por un filtro de raíz cuadrada del coseno alzado. El factor de caída debería ser $\alpha = 0,25$ o $\alpha = 0,20$. Conviene señalar que la conformación no es aplicable a la dispersión de la MPC.

2.4 Precisión de la transmisión

2.4.1 Precisión de la temporización de símbolos (en la salida del satélite)

La precisión de la temporización de la señal de transmisión en el satélite deberá ser mejor que 20 ppm.

2.4.2 Fluctuación de fase de la temporización del transmisor

La fluctuación de fase de la temporización debe ser mejor que el 5% del intervalo de símbolo (valor de cresta).

2.4.3 Precisión de la transmisión de intervalo en la salida del satélite

La precisión de la transmisión del intervalo debe ser mejor que 100 μ s (cresta) en relación con, por ejemplo, la temporización de referencia del GNSS.

2.5 Satélites semidúplex y dúplex completo

Véase la sección 2.5 del Anexo 4.

2.6 Jerarquía de tramas

La estructura de tramas VDES es idéntica y está sincronizada en el tiempo en la superficie de la Tierra a UTC (como en el SIA). La jerarquía de tramas se muestra en el Anexo 6.

2.6.1 Trama de la capa física del enlace ascendente (trama PL)

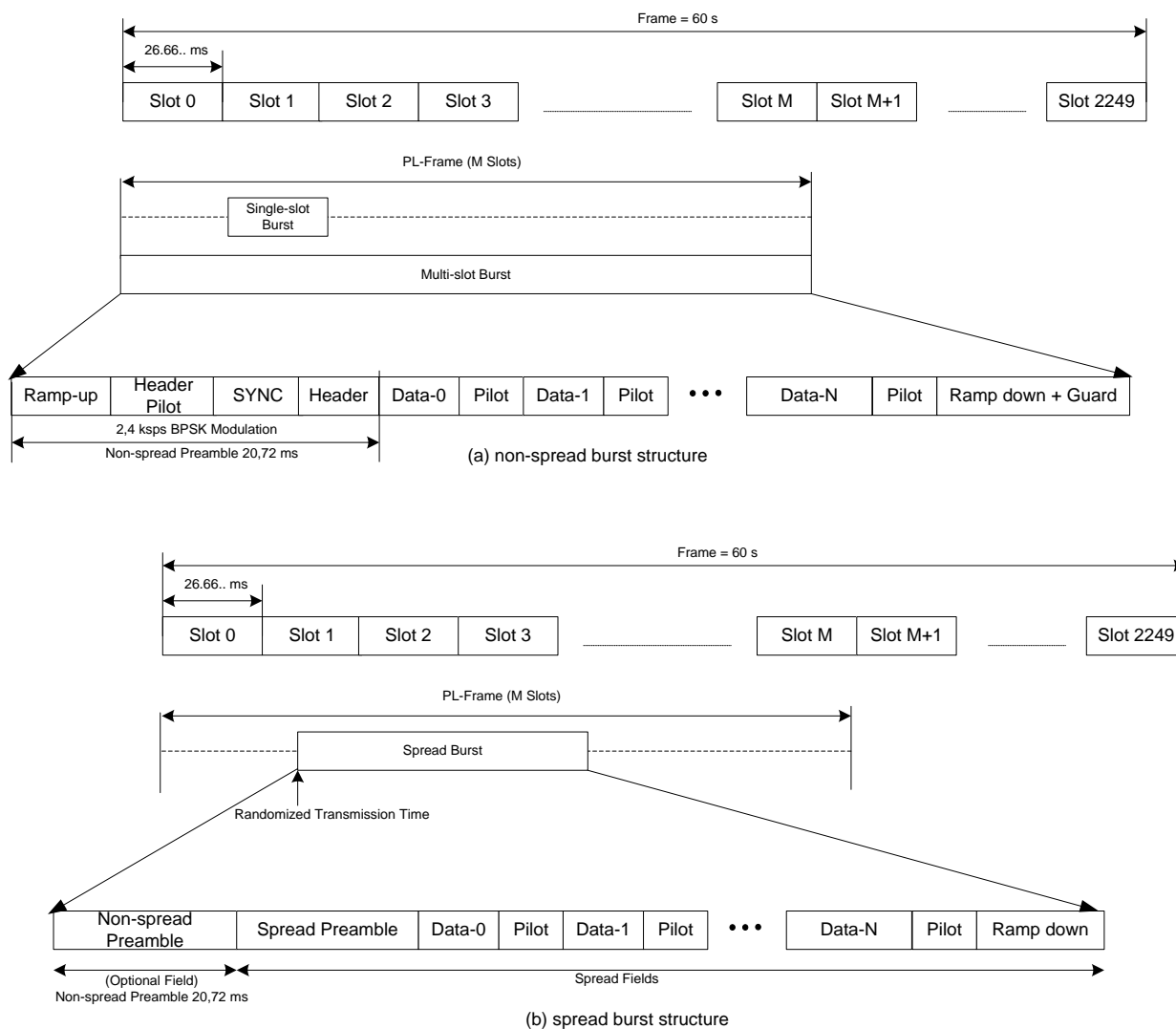
La trama de la capa física del enlace ascendente (trama PL) hace referencia a un lapso de tiempo en el que el satélite espera recibir la señal del enlace ascendente VDE-SAT. El tamaño de la trama PL se define en función de los formatos de la trama PL empleados para el enlace ascendente VDE-SAT. Los intervalos actuales de la trama PL son 800 ms y 2,4 s.

2.6.2 Estructura de la ráfaga

En el caso del enlace ascendente VDE-SAT, se entiende por ráfaga la porción activa de la trama PL. La Fig. A5-8 ilustra la estructura de ráfaga para formas de onda dispersadas y no dispersadas.

FIGURA A5-8

Estructura de ráfaga del enlace ascendente VDE-SAT (a) sin dispersión (b) con dispersión



2.6.3 Tiempo de guarda y rampa ascendente

La rampa ascendente de -30 dBc a $-1,5$ dBc de la potencia deberá llevarse a cabo en un tiempo igual o inferior a $300 \mu\text{s}$ para una ocupación de canal de 50 kHz. De este modo, se cumplen los requisitos de interferencia del canal adyacente.

Puede no ser necesario observar un tiempo de guarda al principio de una ráfaga; aun así, se ha facilitado para prever la futura expansión del piloto, la palabra de sincronización y el encabezamiento de formato de la trama PL.

2.6.4 Preámbulo

En el caso de ráfagas no dispersadas y, optativamente, en el de ráfagas dispersadas, se emplea un preámbulo de formato fijo como el que se muestra en la Fig. A5-8. Se compone de un piloto CW (portadora no modulada), una palabra de sincronización única y un encabezamiento de formato. La duración del preámbulo se muestra en el Cuadro A5-5.

CUADRO A5-5

Duración del preámbulo

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-------------------------------------|-------|----------|
| Rampa ascendente | 0,30 | ms |
| Velocidad de símbolos | 2,4 | ksym/s |
| Modulación | MDP-2 | |
| Duración del piloto CW | 4 | símbolos |
| Duración del piloto CW | 1,67 | ms |
| Tamaño de la palabra única (SYNC) | 13 | bits |
| Duración de la palabra única (SYNC) | 5,42 | ms |
| Tamaño del encabezamiento | 32 | bits |
| Duración del encabezamiento | 13,33 | ms |

2.6.5 Piloto de sincronización

Regularmente, se insertan símbolos piloto (uno o varios) entre los símbolos de datos. El número de símbolos conocidos por campo piloto y la distancia (en símbolos) entre dos campos piloto consecutivos se define caso por caso (para cada formato de trama PL).

2.6.6 Palabra de sincronización única

El formato del encabezamiento y la palabra de sincronización de la trama PL es fijo para todas las transmisiones. (Se definen como parte del preámbulo no dispersado y, en el caso de la ráfaga dispersada, se consideran como un campo opcional, tal y como se muestra en la Fig. A5-8). La palabra exclusiva en código Barker de 13 bits, tal y como se define en el Anexo 4 (Cuadro A4-10), se modula con MPD-2 a una velocidad de símbolos de 2,4 ksym/s.

2.6.7 Encabezamiento de la trama PL

El encabezamiento está modulado con MPD-2 y dispersado de la misma manera que la palabra de sincronización descrita anteriormente. en el encabezamiento de la trama PL se definen los parámetros siguientes, asociados a cada trama PL:

- Duración de la trama PL (como múltiplo entero de una duración de intervalo);
- Duración de ráfaga;
- Número de intervalos de datos (M) por trama PL;
- Velocidad de símbolos;
- Tipo de modulación;
- Tipo de FEC;
- Tasa de FEC;
- Tipo de intercalador;
- Tipo de aleatorizador;
- Factor de dispersión (1 o superior);
- Secuencia de dispersión (1 o según el valor definido).

El encabezamiento contiene 7 bits para definir hasta 128 formatos de trama PL. El encabezamiento de la trama PL se codifica a 32 bits. Se modula con MPD-2 a una velocidad de símbolos de 2,4 ksym/s. Véase el Anexo 4 para más detalles.

2.6.8 Dispersión de secuencia directa

En la Fig. A5-8 (b) se muestran las ráfagas de dispersión VDE-SAT. La ráfaga de dispersión puede contener, optativamente, un campo no dispersado similar al de una ráfaga no dispersada. Este campo opcional contendría símbolos conocidos, SYNC y un encabezamiento de trama PL, todos ellos modulados con MPD-2 y a una velocidad de símbolos de 2,4 ksym/s.

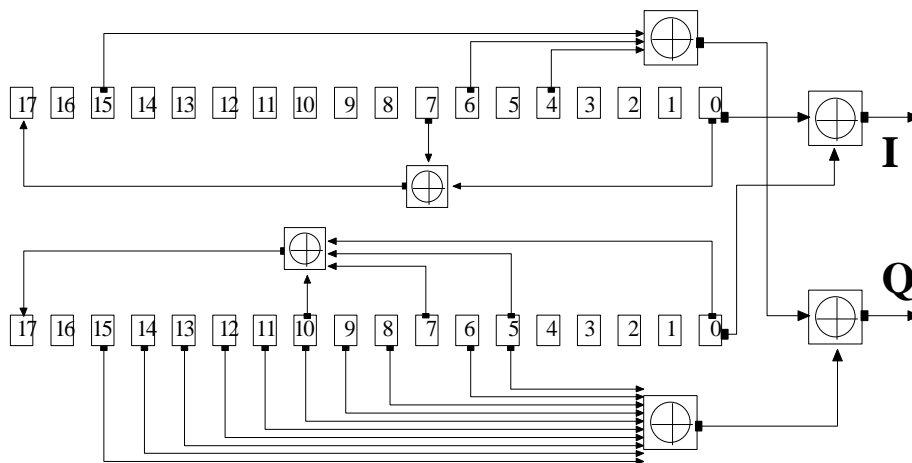
Una ráfaga dispersada debería transportar un preámbulo dispersado que permita detectar la ráfaga en unas condiciones de $C/(N_0+I_0)$ muy bajas. El dispersión también afecta a los campos de datos y a los campos piloto.

Cada campo piloto contiene uno o más símbolos MPD-4 conocidos. Las distancias de los campos piloto se definen de acuerdo con el formato de la trama PL.

El tiempo de transmisión de una ráfaga dispersada se selecciona aleatoriamente a partir de la duración de la trama PL (manteniendo un margen que permita que toda la ráfaga encaje con el intervalo de la trama PL). El tamaño real de la trama PL y el de la ráfaga dependen del formato de la trama PL.

En el caso del enlace ascendente VDE-SAT, los códigos de dispersión deberían elegirse a partir de una secuencia de pseudoruido larga. Para este enlace, se recomienda adoptar una estrategia de dispersión similar a la utilizada en el enlace descendente de la norma 3GPP. El código de dispersión complejo se muestra en la Fig. A5-9, es decir, que se ha obtenido a través de un código GOLD largo que se emplea para generar las secuencias de aleatorización I y Q (la secuencia Q se obtiene mediante una fase distinta de ese mismo código GOLD).

FIGURA A5-9
Generación de un código de aleatorización complejo



2.6.9 Codificación de corrección de errores en recepción del segmento de datos

El esquema de codificación FEC aplicado al segmento de datos de las Tramas PL es semejante al código FEC de la norma 3GPP. La definición de FEC es la del Anexo 1, pues se puede aplicar el mismo esquema FEC a VDE-SAT y VDE-terrenal.

2.6.10 Segmentos de datos

Tal y como se muestra en la jerarquía de tramas, cada trama PL contiene uno o varios segmentos de datos. Los segmentos de datos contienen símbolos de canal que transportan bits de información codificados. Dentro de las tramas PL se establece la correspondencia entre los bits codificados y un segmento de un número N de datos intercalados.

2.6.11 Aleatorización de la capa física

Antes de la modulación (y de la dispersión, si procede), se han de aleatorizar las muestras de cada trama PL, excluida la palabra SYNC, para dispersar la energía multiplicando las $(I + jQ)$ muestras por una secuencia de aleatorización compleja $(C_I + jC_Q)$:

$$- \quad I_{\text{SCRAMBLED}} = (I C_I - Q C_Q);$$

$$- \quad Q_{\text{SCRAMBLED}} = (I C_Q + Q C_I).$$

La velocidad de la secuencia de aleatorización se corresponde con la velocidad de símbolos de la trama PL, por lo que no afecta al ancho de banda de la señal ocupado. La secuencia de aleatorización debe reiniciarse al final de cada ráfaga. La secuencia de aleatorización habrá de truncarse para adaptarse a la longitud de la ráfaga (excluida la palabra SYNC).

La secuencia del código de aleatorización debe definirse previamente en función del formato de la trama PL.

2.6.12 Intercalador de canal

Se considera un intercalador de canal de bloque en el caso de VDE-SAT a fin de reducir las consecuencias del bloqueo corto de canal (por ejemplo, debido a la transmisión SIA desde un barco o a eventos de desvanecimiento rápido). El intercalador de canal se aplica a las palabras código en la salida del codificador.

El intercalador es un intercalador por bloques compuesto por N_r filas y N_c columnas. En este caso (desde el punto de vista del transmisor), la memoria del intercalador se escribe por filas y se lee por columnas una vez aplicada una permutación entre columnas. La permutación de columnas propuesta es el resultado de leer el índice de columnas en orden inverso (reordenación de bits), es decir, la columna con el índice $i_5, i_4, i_3, i_2, i_1, i_0$ se transforma en la columna $i_0, i_1, i_2, i_3, i_4, i_5$, donde i_0, i_1, i_2, i_3, i_4 e i_5 son los bits que representan un número determinado.

En casos más generales (donde el número de columnas no es un entero potencia de 2), el índice del intercalador puede presentarse como una tabla de examen.

2.6.13 Rampa descendente

La rampa descendente ocurre al final de cada ráfaga (tal y como se muestra en la Fig. A5-8), y va seguida del tiempo de guarda. La duración total de la rampa descendente y el tiempo de guarda es de 8,88 ms, mientras que la rampa descendente del 90% al 10% de la potencia debe realizarse en menos de 300 μ s.

2.6.14 Tiempo de guarda

El tiempo de guarda se añade al final de cada trama PL. El tiempo de guarda es de 8,88 ms. Este intervalo basta para cubrir el retardo diferencial entre el tiempo de propagación más corto y el más largo dentro de la zona de cobertura de un satélite LEO a una altitud de 600 km (o menos).

2.7 Formatos de trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

En la presente sección se definen varios formatos de trama PL que se emplean para la señalización y la transmisión de datos en los canales del enlace ascendente VDE-SAT. Todos los formatos constan de un preámbulo fijo y una parte de datos, tal y como se muestra en la Fig. A5-8. La parte de datos se define en los cuadros que se presentan a continuación. La duración del piloto es de un símbolo después de cada 9 símbolos de datos.

2.7.1 Formato 1 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

El formato 1 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT se muestra en el Cuadro A5-6.

En el formato 2 de la trama PL ascendente se emplea el campo de preámbulo no dispersado opcional. Cada campo piloto se compone de un único símbolo. La distancia entre dos símbolos piloto consecutivos es de 9 símbolos de datos. En total, cada ráfaga consta de 24 símbolos piloto. El campo de preámbulo dispersado se compone de 14 símbolos conocidos.

CUADRO A5-6

Formato 1 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

| | | |
|---|--|------------|
| Formato del enlace ascendente | 1 | |
| Función | Acceso aleatorio a la dispersión por secuencia directa | |
| Utilización | Solicitud, respuesta, ACK y mensaje breve | |
| Valor del encabezamiento | 41 | hex |
| Ancho de banda del canal | 50 | kHz |
| Intervalos disponibles para RA | 30 | intervalos |
| C/N_0 sin desvanecimiento | 73,0 | dBHz |
| Duración de ráfaga | 5 | intervalos |
| Duración de ráfaga | 133,33 | ms |
| Rampa descendente | 0,30 | ms |
| Tiempo de guarda | 8,0 | ms |
| Velocidad de canal | 19,2 | kchip/s |
| Factor de dispersión | 8 | |
| Modulación | MDP-4 | |
| Bits/símbolos de canal | 2 | |
| Tasa de FEC | 1/3 | |
| Velocidad de la información/usuario | 1,60 | kbits/s |
| E_b/N_0 | 41,0 | dB |
| Factor del canal de Rice (C/M) | 10 | dB |
| Ancho de banda de desvanecimiento del canal | 3 | Hz |
| Tasa de errores en las tramas objetivo | 1,00 | % |
| Duración del piloto | 9 | ms |
| (dispersión) Duración del preámbulo | 5,83 | ms |
| Duración de los datos | 90 | ms |
| Número de bits de información | 144 | bits |
| Anchura del intercalador de bloque | 16 | bits |
| Altura del intercalador de bloque | 27 | bits |
| Número de bytes de información | 18 | bytes |
| Campo de tipo de paquetes | 1 | bytes |
| Campo de ID del barco | 4 | bytes |
| Dirección corta de destino | 2 | bytes |

CUADRO A5-6 (*fin*)

| | | |
|--|---|-------|
| Campo de intervalo de transmisión de la repetición | 2 | bytes |
| Campo C/N_0 recibida | 1 | bytes |
| Número de secuencia de paquete | 0 | bytes |
| ID de transacción | 0 | bytes |
| CRC | 4 | bytes |
| Carga útil | 4 | bytes |

2.7.2 Formato 2 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

El formato 2 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT se muestra en el Cuadro A5-7.

En el formato 2 de la trama PL ascendente, el campo de preámbulo no dispersado opcional no se utiliza. Cada campo piloto se compone de un único símbolo. La distancia entre dos símbolos piloto consecutivos es de 9 símbolos de datos. En total, cada ráfaga consta de 24 símbolos piloto. El preámbulo dispersado se compone de 64 símbolos conocidos.

CUADRO A5-7

Formato 2 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

| | | |
|---|---|------------|
| Formato del enlace ascendente | 2 | |
| Función | Acceso aleatorio a la dispersión por secuencia directa con envolvente constante | |
| Utilización | Solicitud, respuesta, ACK y mensaje breve | |
| Valor del encabezamiento | 42 | hex |
| Ancho de banda del canal | 50 | kHz |
| Intervalos disponibles para RA | 30 | intervalos |
| C/N_0 sin desvanecimiento | 73,0 | dBHz |
| Duración de ráfaga | 5 | intervalos |
| Duración de ráfaga | 133,33 | ms |
| Rampa descendente | 0,30 | ms |
| Tiempo de guarda | 6,36 | ms |
| Velocidad de canal | 38,4 | kchip/s |
| Factor de dispersión | 16 | |
| Modulación | MPC/MDP-4 | |
| Bits/símbolos de canal | 2 | |
| Tasa de FEC | 1/3 | |
| Velocidad de la información/usuario | 1,60 | kbits/s |
| E_b/N_0 | 41,0 | dB |
| Factor del canal de Rice (C/M) | 10 | dB |
| Ancho de banda de desvanecimiento del canal | 3 | Hz |

CUADRO A5-7 (*fin*)

| | | |
|---|--------|----------|
| Tasa de errores en las tramas objetivo | < 1,00 | % |
| (dispersión) Símbolos del preámbulo | 64 | símbolos |
| (dispersión) Duración del preámbulo | 26,67 | ms |
| Duración de ráfaga del preámbulo, el piloto y los datos | 126,67 | ms |
| Duración del piloto | 10 | ms |
| Duración de los datos | 90 | ms |
| Número de bits de información | 144 | bits |
| Anchura del intercalador de bloque | 16 | bits |
| Altura del intercalador de bloque | 27 | bits |
| Número de bytes de información | 18 | bytes |
| Campo de tipo de paquetes | 1 | bytes |
| Campo de ID del barco | 4 | bytes |
| Dirección corta de destino | 2 | bytes |
| Campo de intervalo de transmisión de la repetición | 2 | bytes |
| Campo C/N_0 recibida | 1 | bytes |
| Número de secuencia de paquete | 0 | bytes |
| ID de transacción | 0 | bytes |
| CRC | 4 | bytes |
| Carga útil | 4 | bytes |

2.7.3 Formato 3 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

El formato 3 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT se muestra en el Cuadro A5-8.

CUADRO A5-8

Formato 3 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

| | | |
|--------------------------------|--|----------------|
| Formato del enlace ascendente | 3 | |
| Función | Acceso aleatorio AMDT (no dispersado), margen elevado | |
| Utilización | Solicitud, respuesta, ACK y mensaje breve | |
| Valor del encabezamiento | 43 | hex |
| Ancho de banda del canal | 50 | kHz |
| Intervalos disponibles para RA | 30 | slots |
| C/N_0 sin desvanecimiento | 73,0 | dBHz |
| Duración de ráfaga | 1 | intervalo s |
| Duración de ráfaga | 26,67 | ms |
| Rampa descendente | 0,30 | ms |
| Tiempo de guarda | 0,0 | ms |

CUADRO A5-8 (*fin*)

| | | |
|--|-------|---------|
| Velocidad de canal | 33,6 | kchip/s |
| Factor de dispersión | 1 | |
| Modulación | MDP-8 | |
| Bits/símbolos de canal | 2 | |
| Tasa de FEC | 3/4 | |
| Velocidad de la información/usuario | 50,40 | kbits/s |
| Número de usuarios simultáneos | 1 | |
| E_b/N_0 | 26,0 | dB |
| Factor del canal de Rice (C/M) | 10 | dB |
| Ancho de banda de desvanecimiento del canal | 3 | Hz |
| Tasa de errores en las tramas objetivo | 1,00 | % |
| Duración de ráfaga del piloto y los datos | 5,65 | ms |
| Duración del piloto | 0,57 | ms |
| Duración de los datos | 5,09 | ms |
| Número de bits de información | 256 | bits |
| Anchura del intercalador de bloque | 24 | bits |
| Altura del intercalador de bloque | 15 | bits |
| Número de bytes de información | 32 | bytes |
| Campo de tipo de paquetes | 1 | bytes |
| Campo de ID del barco | 4 | bytes |
| Dirección corta de destino | 2 | bytes |
| Campo de intervalo de transmisión de la repetición | 2 | bytes |
| Campo C/N_0 recibida | 1 | bytes |
| Número de secuencia de paquete | 0 | bytes |
| ID de transacción | 0 | bytes |
| CRC | 4 | bytes |
| Carga útil | 18 | bytes |

2.7.4 Formato 4 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

El formato 4 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT se muestra en el Cuadro A5-9.

CUADRO A5-9

Formato 4 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

| | | |
|-------------------------------|--|-----|
| Formato del enlace ascendente | 4 | |
| Función | Acceso aleatorio AMDT (no dispersado), alto caudal | |
| Utilización | Solicitud, respuesta, ACK y mensaje breve | |
| Valor del encabezamiento | 44 | hex |
| Ancho de banda del canal | 50 | kHz |

CUADRO A5-9 (*fin*)

| | | |
|--|---------|------------|
| Intervalos disponibles para RA | 30 | intervalos |
| C/N_0 sin desvanecimiento | 73,0 | dBHz |
| Duración de ráfaga | 1 | slots |
| Duración de ráfaga | 26,67 | ms |
| Rampa descendente | 0,30 | ms |
| Tiempo de guarda | 0,0 | ms |
| Velocidad de canal | 33,6 | kchip/s |
| Factor de dispersión | 1 | |
| Modulación | MDPA-16 | |
| Bits/símbolos de canal | 4 | |
| Tasa de FEC | 3/4 | |
| Velocidad de la información/usuario | 100,80 | kbits/s |
| Número de usuarios simultáneos | 1 | |
| E_b/N_0 | 23,0 | dB |
| Factor del canal de Rice (C/M) | 10 | dB |
| Ancho de banda de desvanecimiento del canal | 3 | Hz |
| Tasa de errores en las tramas objetivo | 1,00 | % |
| Duración de ráfaga del piloto y los datos | 5,65 | ms |
| Duración del piloto | 0,57 | ms |
| Duración de los datos | 5,09 | ms |
| Número de bits de información | 512 | bits |
| Anchura del intercalador de bloque | 32 | bits |
| Altura del intercalador de bloque | 22 | bits |
| Número de bytes de información | 64 | bytes |
| Campo de tipo de paquetes | 1 | bytes |
| Campo de ID del barco | 4 | bytes |
| Dirección corta de destino | 2 | bytes |
| Campo de intervalo de transmisión de la repetición | 2 | bytes |
| Campo C/N_0 recibida | 1 | bytes |
| Número de secuencia de paquete | 0 | bytes |
| ID de transacción | 0 | bytes |
| CRC | 4 | bytes |
| Carga útil | 50 | bytes |

2.7.5 Formato 5 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT

El formato 5 de la trama PL del enlace ascendente VDE-SAT se muestra en el Cuadro A5-10.

CUADRO A5-10

Formato 5 de la trama PL del enlace ascendente

| | | |
|---|--|------------|
| Formato del enlace ascendente | 5 | |
| Función | asignación por demanda MDT (no dispersado) | |
| Utilización | Fragmentos largos de archivos por paquetes | |
| Valor del encabezamiento | 45 | hex |
| Ancho de banda del canal | 50 | kHz |
| Intervalos disponibles para RA | N/A | s |
| C/N_0 sin desvanecimiento | 73,0 | dBHz |
| Duración de ráfaga | 30 | intervalos |
| Duración de ráfaga | 800 | ms |
| Rampa descendente | 0,30 | ms |
| Tiempo de guarda | 8,0 | ms |
| Velocidad de canal | 33,6 | kchip/s |
| Factor de dispersión | 1 | |
| Modulación | MDP-16 | |
| Bits/símbolos de canal | 4 | |
| Tasa de FEC | 3/4 | |
| Velocidad de la información/usuario | 100,80 | kbits/s |
| Número de usuarios simultáneos | 1 | |
| E_b/N_0 | 23,0 | dB |
| Factor del canal de Rice (C/M) | 10 | dB |
| Ancho de banda de desvanecimiento del canal | 3 | Hz |
| Tasa de errores en las tramas objetivo | 1,00 | % |
| Duración de ráfaga del piloto y los datos | 770,98 | ms |
| Duración del piloto | 77,10 | ms |
| Duración de los datos | 693,89 | ms |
| Número de bits de información | 69936 | bits |
| Anchura del intercalador de bloque | 360 | bits |
| Altura del intercalador de bloque | 260 | bits |
| Número de bytes de información | 8742 | bytes |
| Campo de tipo de paquetes | 1 | bytes |
| Campo de ID del barco | 4 | bytes |
| Dirección corta de destino | 0 | bytes |

CUADRO A5-10 (*fin*)

| | | |
|--|------|-------|
| Campo de intervalo de transmisión de la repetición | 0 | bytes |
| Campo C/N_0 recibida | 1 | bytes |
| Número de secuencia de paquete | 0 | bytes |
| ID de transacción | 4 | bytes |
| CRC | 4 | bytes |
| Carga útil | 8728 | bytes |

3 Capa del enlace de VDE-SAT

3.1 Encapsulación de los datos

Los segmentos de datos de cada trama PL contienen múltiples datagramas encapsulados de longitud variable. Cada datagrama contiene los siguientes campos de encapsulación:

- Tipo de datagrama (1 byte);
- Tamaño de datagrama (3 bytes);
- Destino (variable, hasta 254 bytes, opcional);
- ID de la transacción (4 bytes, opcional);
- Número de secuencia de datagrama (2 bytes, para datagramas multisegmento);
- ID de la fuente (6 bytes, opcional);
- Carga útil de datagrama (variable);
- Relleno de datos (variable, menos de 8 bits);
- CRC (4 bytes).

3.2 Verificación por redundancia cíclica

Véase el Anexo 1.

3.3 Petición automática de repetición (ARQ)

Los datagramas pueden o no utilizar ARQ en función de la definición de cada tipo de datagrama. Una ARQ solicitará la retransmisión selectiva de un segmento de datagrama perdido específico.

3.4 Acuse de recibo (ACK)

Por el enlace por satélite se acusa recibo de todos los datagramas sin errores CRC.

3.5 Notificación de entrega en extremo (EDN)

Se notificarán a la fuente todos los datagramas entregados satisfactoriamente al destino.

3.6 Fallo de entrega en extremo (EDF)

Se notificarán a la fuente todos los datagramas no entregados satisfactoriamente una vez expirado el temporizador o alcanzado el límite de reintentos.

3.7 Canales físicos y lógicos

Los protocolos VDE-SAT utilizan varios canales para el transporte de datos. Estos canales se dividen en canales físicos y canales lógicos. Cada satélite transmite un tablón de anuncios donde se define la configuración de estos canales.

3.8 Canales físicos

Los canales físicos (PC) están determinados por la frecuencia central y la anchura de banda.

3.8.1 Canales lógicos

Los canales lógicos (LC) se dividen en canales de señalización y canales de datos, tal y como se describe a continuación.

3.9 Canales lógicos de señalización

Se emplean los siguientes canales de señalización de enlace ascendente:

- Petición de recurso de acceso aleatorio;
- Respuesta a anuncios;
- Acuse de recibo;
- Petición automática de repetición.

3.9.1 Petición de recurso de acceso aleatorio (RQSC)

Los barcos utilizan este canal para acceder a la red. La selección del tiempo de transmisión a partir de los intervalos atribuidos al canal en el tablón de anuncios es aleatoria. El canal para anuncios del enlace descendente proporciona parámetros de control de congestión, como el intervalo de reintento y la prioridad de los mensajes.

La petición incluye una estimación de C/N_0 del enlace descendente y el tamaño del mensaje.

3.9.2 Canal de respuesta a anuncios (ARSC)

Los barcos utilizan este canal para informar al satélite de que están preparados para recibir un mensaje. La respuesta incluye una estimación de C/N_0 del enlace descendente.

3.9.3 Acuse de recibo (ACK)

Los barcos utilizan este canal para informar al satélite de que se ha recibido correctamente el mensaje (correspondencia CRC).

3.9.4 Canal de señalización de petición automática de repetición (ARQSC)

Los barcos utilizan este canal para informar al satélite de que no se ha recibido correctamente un mensaje (fallo CRC). Pueden solicitar que se vuelva a transmitir todo el mensaje o hasta cuatro fragmentos. El acuse de recibo incluye una estimación de C/N_0 del enlace descendente.

3.10 Canales lógicos de datos

Se utilizan los siguientes canales de datos:

- Mensajería breve y acceso aleatorio;
- Asignación (específica) a la transferencia de datos.

3.10.1 Canal de mensajería breve y acceso aleatorio (RADC)

Este canal se emplea para los mensajes breves que caben en una única transmisión. El envío terrenal puede requerir hasta 254 bytes, y cada barco utiliza, en consecuencia, una tabla de consulta de 2 bytes en la estación terrena costera para la traducción de direcciones.

3.10.2 Canal asignado a la transferencia de datos (ADTC)

El satélite asigna este canal después de una solicitud de recurso procedente de un barco. Está pensado para mensajes más largos y está optimizado para alcanzar un caudal mayor.

4 Capa de red

4.1 Protocolos de transferencia de datos de enlace ascendente

Se soportarán los protocolos siguientes:

- Transferencia de datos en paquete único desde barcos;
- Transferencia de datos en multipaquetes desde barcos.

Los protocolos se muestran en las Figs A5-10 a A5-12.

FIGURA A5-10

Transferencia de datos en paquete único desde barcos

Ship originated Single Packet data Transfer

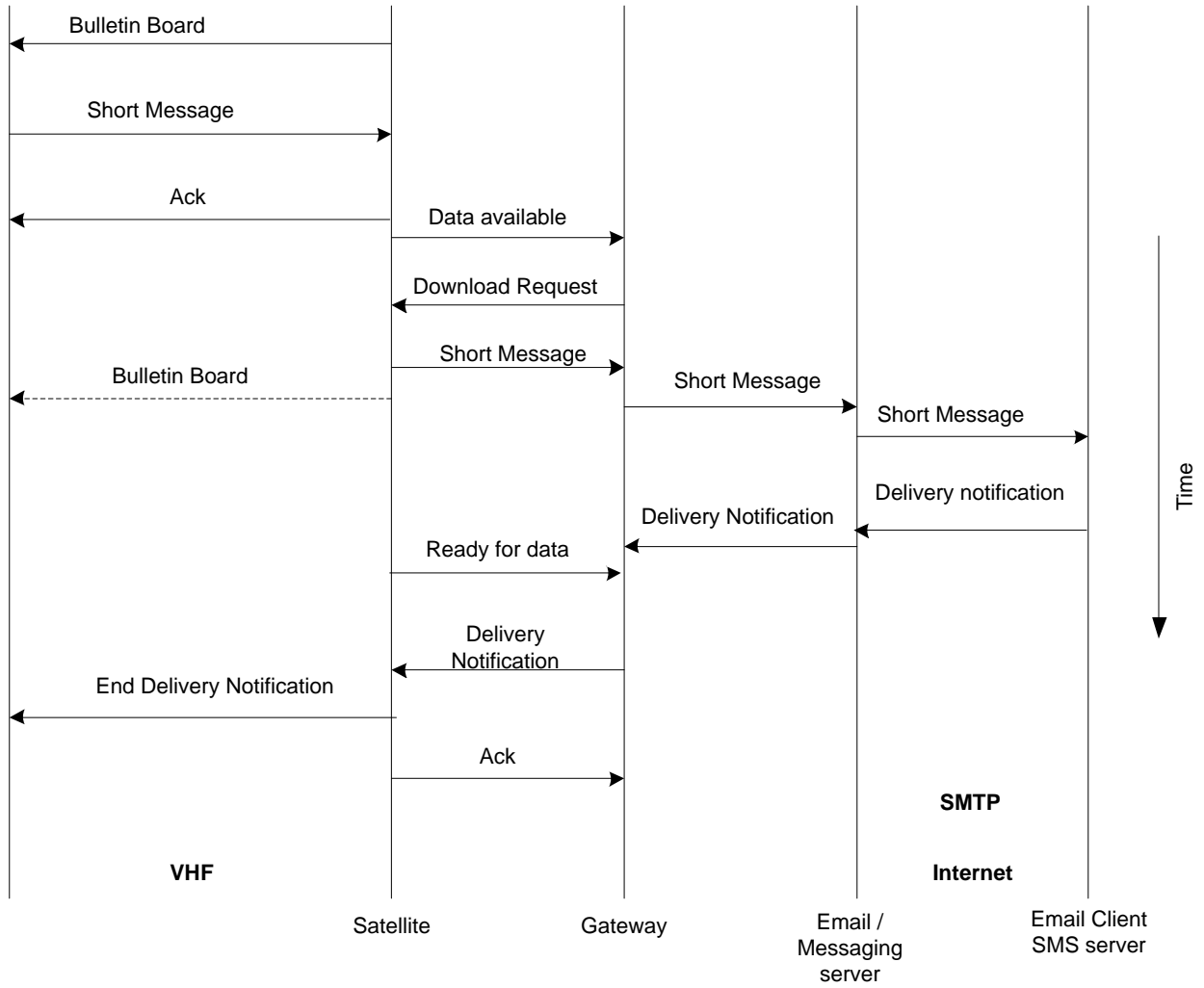


FIGURA A5-11
Transferencia de datos en multipaquetes desde barcos

Ship originated Multi-Packet data Transfer

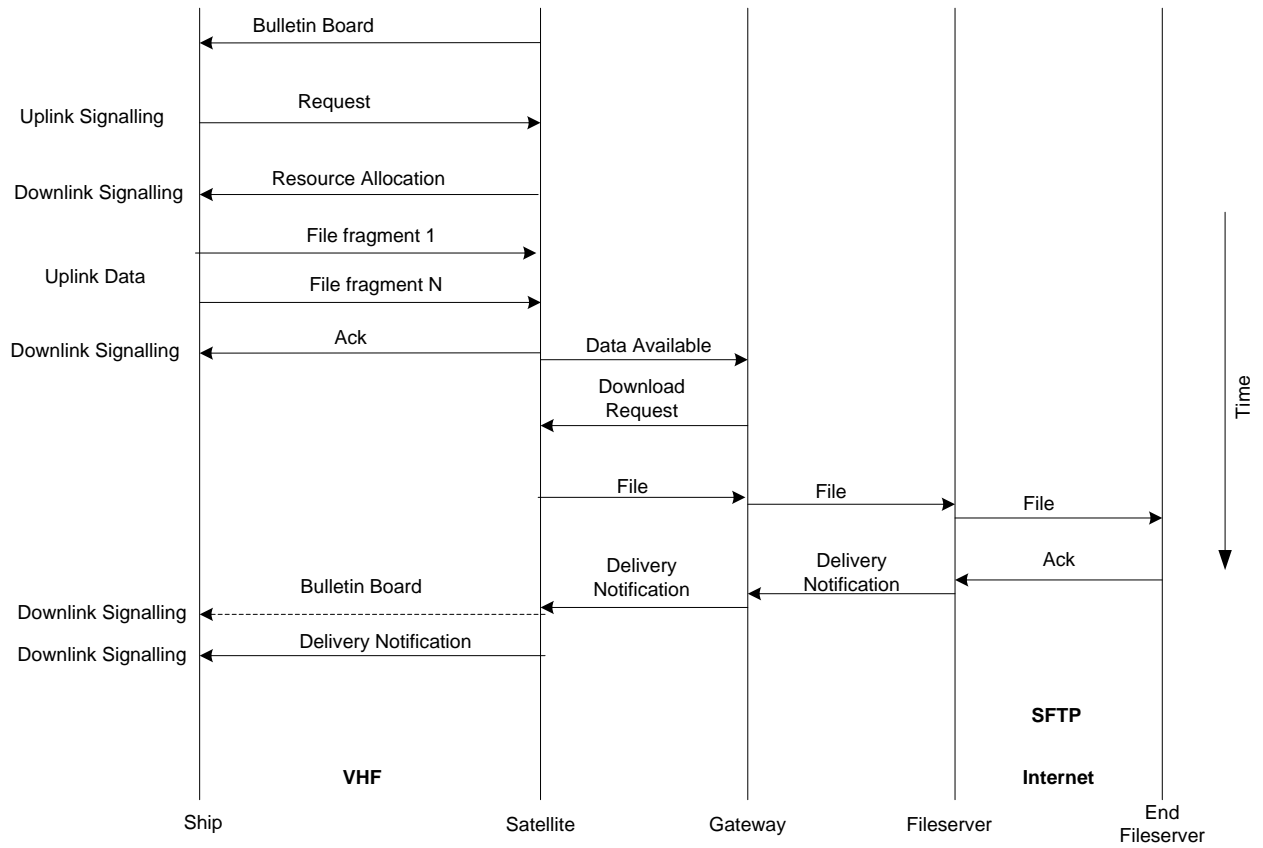
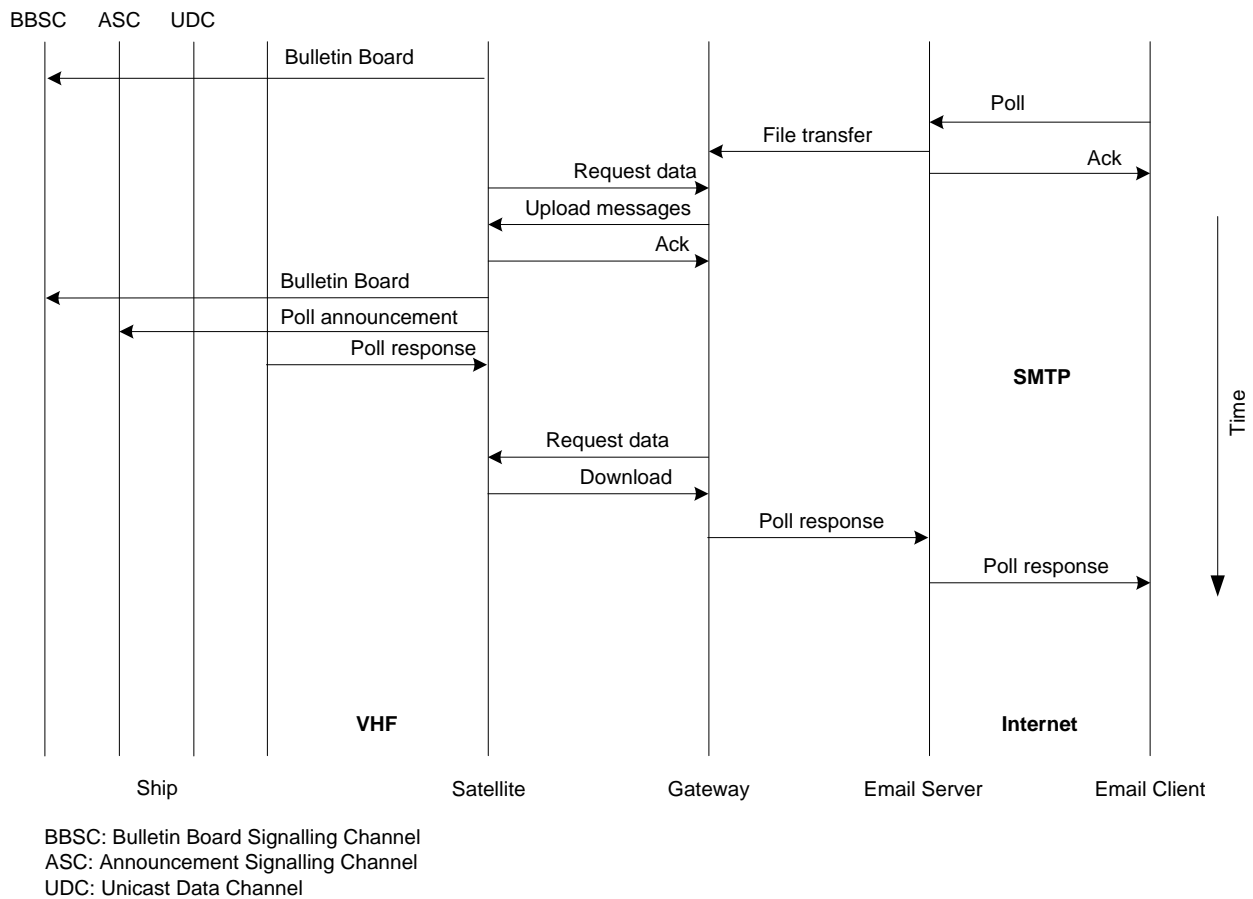


FIGURA A5-12
Protocolo de petición desde la costa
 Shore Originated Poll Protocol (Satellite)



5 Capa de transporte

Véase el Anexo 4.

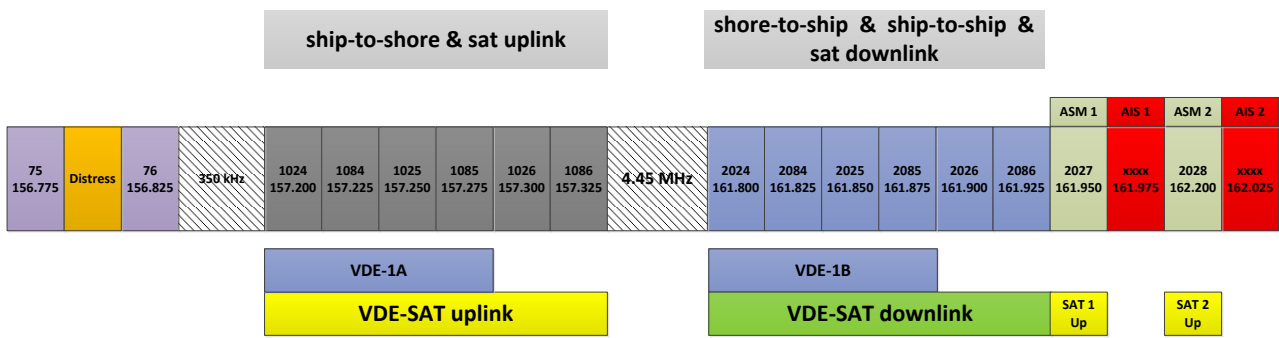
Anexo 6

Método de compartición de recursos para los servicios VDES terrenales y por satélite

1 Introducción

En el presente Anexo se describe cómo compartir recursos (en el tiempo y en la frecuencia) para que los diferentes servicios VDE terrenales y por satélite puedan utilizar el espectro de ondas métricas (VHF) disponible. La atribución de espectro al VDES se basa en el plan de utilización de frecuencias ilustrado en la Fig. A6-1.

FIGURA A6-1
Atribución de espectro al VDES



donde:

- Los servicios barco a costa y barco a satélite (enlace ascendente VDE-SAT) comparten cuatro canales, a saber 1024, 1084, 1025 y 1085;
- Se reservan dos canales, 1026 y 1086, exclusivamente para las comunicaciones barco a satélite;
- Los servicios costa a barco, barco a barco y satélite a barco (enlace descendente VDE-SAT) comparten los canales 2024, 2084, 2025 y 2085;
- Se reservan dos canales 2026 and 2086 exclusivamente para las comunicaciones satélite a barco.

El VDE-SAT es un mecanismo efectivo para ampliar el VDES a zonas sin cobertura VHF costera. Ahora bien, debido a que la huella del satélite es grande, la señal del enlace descendente de VDE-SAT podría causar interferencia al VDE terrenal en las zonas costeras cuando se tiene visibilidad del satélite. Análogamente, las señales VDE barco a costa terrenales pueden interferir la recepción por satélite del enlace ascendente VDE-SAT cuando el satélite VDE está dentro del campo de visión.

El método de compartición de recursos descrito en este Anexo se basa en las características de los sistemas VDE terrenales y VDE por satélite, en particular en la utilización de los canales de señalización de anuncios y del boletín de anuncios, como se define en los Anexos 3, 4 y 5.

2 Principios de compartición de recursos VDES

2.1 Estructura de trama común frecuencia-tiempo

La temporización de transmisión de todos los componentes VDES (es decir, AIS, ASM, VDE-SAT y VDE terrenal), se define a partir de una estructura de trama común que se sincroniza con el tiempo UTC sobre la superficie de la tierra.

Cada trama tiene una duración es de 60 segundos y consta de 2 250 intervalos.

Todos los transmisores VDES deben sincronizarse con esta estructura de trama común y utilizar idéntico direccionamiento de los componentes de la trama (es decir, subtramas e intervalos), de modo que cada intervalo pueda identificarse inequívocamente por trama. La trama 0 comienza en 00:00:00 UTC y hay 1440 tramas distintas en un día. Se debe tener en cuenta el efecto de los segundos intercalares a fin de evitar la propagación de errores.

Los límites de trama y de intervalo deben respetarse con independencia de la banda de frecuencia asignada al servicio VDE.

Se debe compensar o tener en cuenta la incertidumbre debida al retardo de propagación y al efecto Doppler (véanse, por ejemplo, el Anexo 3 donde se define el periodo de guarda y el Anexo 4 sobre las bandas de guarda)

2.2 Prioridad del SIA

Sabiendo que durante las transmisiones las estaciones móviles VDES con una sola antena sufren una disminución de la sensibilidad del receptor, hay que cerciorarse de que la transmisión del SIA tenga la prioridad más alta.

2.3 Coordinación con ASM

Al igual que todos los componentes VDES, la transmisión de mensajes ASM también respecta una estructura de trama común.

En el caso de los canales ASM y de las comunicaciones VDE barco a barco en la banda VDE-1B, las transmisiones se efectúan utilizando la selección de posibles intervalos, como se describe en la sección 3.3.1.2 del Anexo 2.

2.4 Zona de control VDES de la estación costera

Las asignaciones de recursos VDES en las proximidades de una estación costera se supervisan y controlan mediante una estación costera. Las estaciones costeras utilizan el tablón de anuncios terrenal (TBB) y los canales de señalización de anuncios (ASC) para coordinar la asignación de recursos dentro de la zona de control. La estación costera puede incorporar información relativa a las comunicaciones por satélite VDE con TBB y ASC. La estación costera puede adquirir la información sobre el satélite VDE directamente por medio del enlace descendente del satélite VDE (el tablón de anuncios del satélite y los ASC) o en coordinación con los proveedores de servicios por satélite.

Existen intervalos y bandas de frecuencias destinados a TBB y ASC que están reservados para comunicar la información solicitada a cada buque situado en la zona de control de la estación costera. La asignación por omisión (o inicial) se describe en la sección 4 del presente Anexo.

2.5 Asignación de recursos de VDE-SAT

Cada satélite debe utilizar el tablón de anuncios y los canales de anuncios (definidos en el Anexo 4) para comunicar las asignaciones de recursos de VDE-SAT (tanto en el enlace descendente como en el ascendente) para los buques situados dentro de la zona de cobertura.

Existen intervalos y bandas de frecuencias destinados al tablón de anuncios y a los canales de anuncios que están reservados para comunicar la información solicitada a cada buque que se encuentra dentro del campo de visión del satélite.

Dado que la cobertura del satélite puede comprender varias zonas de control de estaciones costeras, la asignación de recursos VDE-SAT debe respetar todos los requisitos de las zonas de control costeras que se encuentran dentro del campo de visión en cualquier instante determinado. Dentro de cada órbita de satélite la información sobre la asignación de recurso debe actualizarse con arreglo a las zonas de control de la estación costera que se encuentren dentro del campo de visión del satélite.

La atribución de recursos por omisión (o inicial) VDE-SAT, definida en la sección 4 *infra*, sirve de punto de partida para la compartición de recursos.

3 Definición de jerarquía de tramas

En la Fig. A7-2 se muestra la jerarquía de tramas, cuya definición es independiente del ancho de banda asignado al canal VDE

3.1 intervalo de tiempo:

El intervalo de tiempo es de aproximadamente 26,667 ms ($60\ 000 / 2\ 250 = 80/3 \approx 26.667$).

3.2 Hexaintervalo:

Un hexaintervalo (HS) consiste en seis intervalos de tiempo y tiene una duración de 160 ms.

Los HS deben enumerarse de manera cíclica de 0 a 4. El HS debe incrementarse cada 6 intervalos de tiempo.

3.3 Numeración de intervalos de tiempo

Los intervalos de tiempo dentro de un hexaintervalo deben enumerarse de 0 a 5 y se hace referencia a un intervalo de tiempo en concreto mediante su número de intervalo de tiempo (TN).

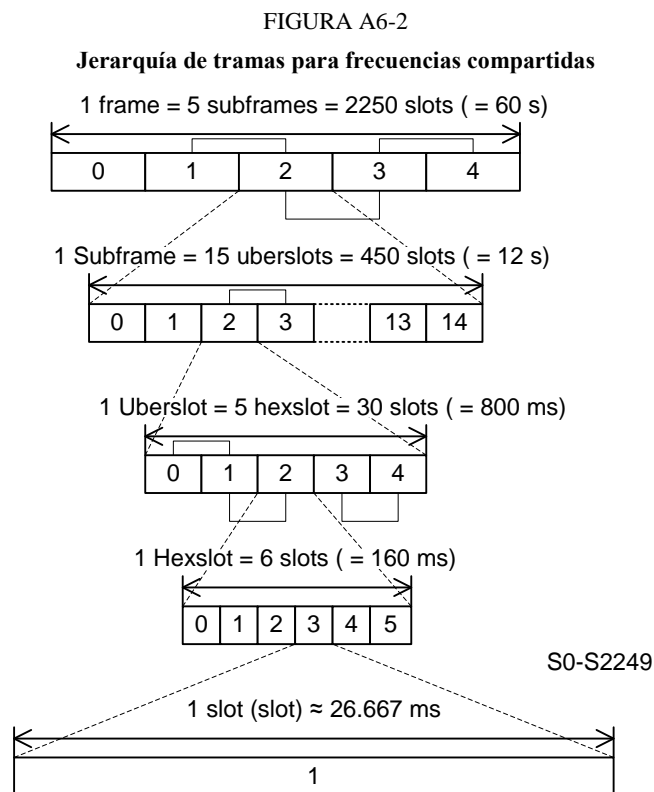
3.4 Superintervalo

Un superintervalo (SU) consta de cinco hexaintervalos y tiene una duración de 800 ms.

El US se enumera mediante el número de SU. Los SU se deben enumerar de manera cíclica de 0 a 14. El SU se debe incrementar cada vez que el hexaintervalo vuelve a 0.

3.5 Subtrama

Una subtrama está formada por 15 US y debe tener una duración de 12 segundos. La subtrama se enumera mediante el número de subtrama. La trama PL debe enumerarse de manera cíclica de 0 a 4. La subtrama se debe incrementar cada vez que el US vuelve a cero 0.



1 trama = 5 subtramas = 2250 intervalos ; 1 subtrama = 15 superintervalos = 450 intervalos; 1 superintervalo = 5 hexaintervalos = 30 intervalos; 1 hexaintervalo= 6 intervalos; 1 intervalo (intervalo)

4 Compartición de frecuencias entre el VDE terrenal y el enlace descendente VDE-SAT

En la Fig. A6-3 se ilustra el método de coordinación de frecuencias e intervalos de tiempo entre el VDE costa a barco y barco a barco y los sistemas del enlace descendente del satélite.

Según el plan de utilización de frecuencias, los canales 2026 y 2086 se destinan al enlace descendente de VDE por satélite. Dentro de estas bandas VDE-SAT exclusivas, hay intervalos de tiempo asignados al tablón de anuncios y a los canales de señalización de anuncios. En la Fig. A6-3 se muestra la posición de estos intervalos en cada trama. En cada subtrama hay 90 intervalos consecutivos (1/5 de la duración de una subtrama) asignados a canales de señalización y al tablón de anuncios (la asignación se repite 5 veces en cada trama). Las demás asignaciones de intervalos en las bandas de frecuencia exclusivas de VDE-SAT se gestionan en función del tablón de anuncios y de los canales de señalización de anuncios.

La asignación puede variar dinámicamente (con arreglo a la cobertura del satélite o la demanda temporal).

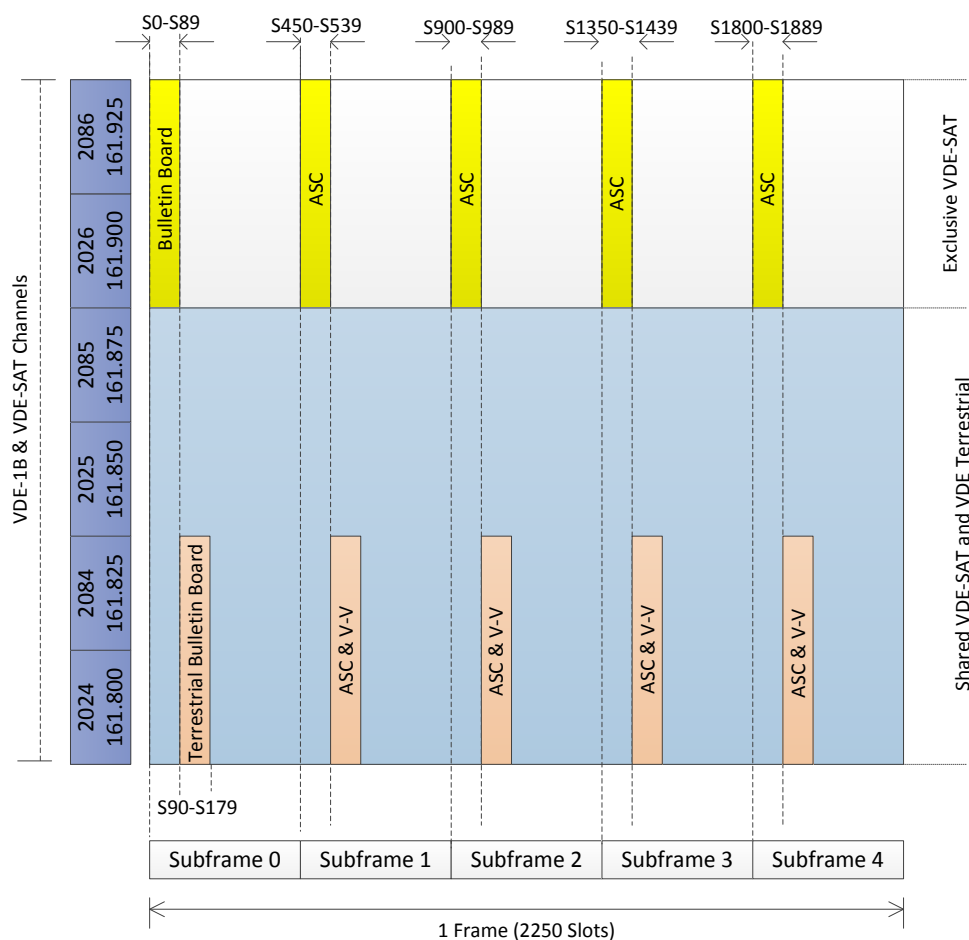
Los canales 2024, 2084, 2025 y 2085 se comparten entre el enlace descendente el VDE-SAT y el VDE terrenal. La asignación de recursos puede variar dependiendo de la zona de cobertura del satélite y de las zonas de control costeras.

En los canales 2024 y 2084 hay intervalos de tiempo asignados al canal de señalización terrenal y al tablón de anuncios terrenal, como se indica en la Fig. A6-3. El enlace descendente VDE-SAT no debería utilizar esos intervalos. En cada subtrama se asignan 90 intervalos para señalización. Los mismos intervalos de tiempo se consideran para la comunicación barco a barco, cuando éstos se encuentra fuera de la zona de control de una estación VDE costera.

La estación costera puede asignar todos los intervalos de VDE-1B a servicios terrenales cuando no haya ningún satélite VDE transmitiendo en el campo de visión.

FIGURA A6-3

Compartición de recursos entre el enlace descendente VDE-SAT y el VDE terrenal



4.1 Configuración inicial de compartición de recursos

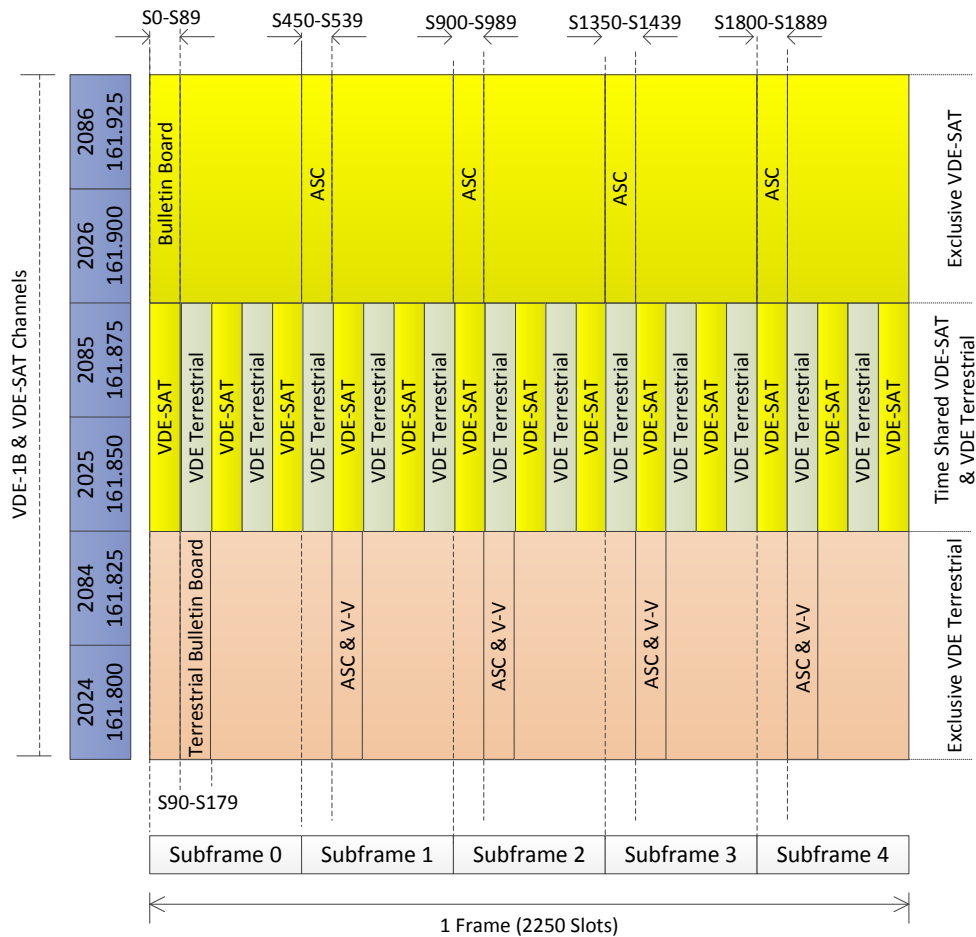
La compartición de recursos entre el enlace descendente VDE-SAT y el VDE costa a barco y barco a barco se basa en el tablón de anuncios y los canales de anuncios de las estaciones costeras y de satélite. La configuración inicial de la compartición de recursos consiste en que las entidades terrenales y por satélite adopten una asignación estática en tiempo y en frecuencia. Esta configuración inicial se ilustra en la Fig. A6-4, donde:

- Los canales 2024 y 2084 se utilizan exclusivamente para VDE terrenal, manteniendo la asignación de señalización inicial descrita anteriormente (Fig. A6-3).
- los canales 2026 y 2086 se utilizan exclusivamente para el enlace descendente VDE-SAT, manteniendo la asignación de señalización original descrita anteriormente (Fig. A6-3).
- Los canales 2025 y 2085 se comparten en el tiempo entre el enlace descendente VDE-SAT y los servicios VDE terrenales. La compartición en el tiempo se basa en intervalos de tiempo de 2,4 s (90 intervalos) asignados periódicamente a servicios VDE-SAT y VDE terrenales (como se indica en la Fig. A6-4).

Este método de compartición de recursos debe utilizarse como punto de partida para la compartición de recursos VDES o cuando no haya coordinación entre la costa y el satélite.

FIGURA A6-4

Compartición inicial de recursos entre el enlace descendente VDE-SAT y el VDE terrenal



5 Compartición entre diferentes sistemas de satélites VDE

La compartición entre dos o más sistemas de satélites se organiza mediante el tablón de anuncios, que envían los satélites en la banda del enlace descendente VDE-SAT (canales 2026 y 2086), como se describe en el Anexo 6.

El tablón de anuncios contiene como mínimo la siguiente información:

- ID del satélite y la constelación;
- efemérides del satélite;
- características de la comunicación del enlace descendente: código de dispersión (si lo hubiere), intervalos de tiempo para difusión, intervalos de tiempo para otras comunicaciones, volumen de datos volcados hacia el enlace descendente; y
- características de la comunicación del enlace ascendente: código de dispersión (si lo hubiere), intervalos de tiempo disponibles para interrogación, intervalos de tiempo disponibles para el enlace ascendente, volumen de carga del canal de comunicación global, etc.

Escuchando el boletín de anuncios (que se transmite cada minuto), las embarcaciones pueden determinar:

- cuándo un satélite estará visible y su identificación;
- cuándo un satélite estará pronto visible (a partir de los datos de efemérides);

- las características de transmisión del satélite A (Doppler y retardo, a partir de los datos de efemérides);
- qué datos recibirá el barco (enlace descendente de difusión relacionado con la seguridad y la protección) y cuándo se transmitirán; y
- cuándo puede iniciar una comunicación de datos para el enlace ascendente o descendente y globalmente en qué parte de la trama comenzara la comunicación iniciada.

El canal físico utilizado para el tablón de anuncios debe permitir la detección de señales solapadas que se reciben de varios satélites. La utilización de la dispersión de secuencia directa, definida en el Anexo 4 (formato de trama PL 1) permite detectar hasta 8 señales solapadas.

6 Compartición de recursos entre el VDE-1A terrenal y el enlace ascendente VDE-SAT

A bandas de frecuencia inferiores, los canales 1026 y 1086 están destinados al enlace ascendente VDE-SAT mientras que los canales 1024, 1084, 1025 y 1085 se comparten para las comunicaciones terrenales y por satélite.

Los canales exclusivos del enlace ascendente VDE-SAT pueden utilizarse para el acceso dedicado (demanda asignada) o aleatorio al satélite. Dado que estos dos canales no reciben interferencia VDE terrenal, deben utilizarse para mensajes de mayor prioridad (seguridad, socorro, acuse de recibo, etc.).

La coordinación entre el VDE terrenal (barco a costa) y el enlace ascendente VDE-SAT se efectúa mediante el canal de señalización del tablón de anuncios, definido en el enlace descendente VDE-SAT.

La utilización de la dispersión de secuencia directa para el canal ascendente VDE-SAT puede mejorar la robustez en presencia de señales interferentes VDE barco a costa.

Anexo 7

Consideraciones de diseño iniciales para validar el concepto de VDES

1 Introducción

En el presente Anexo figura información adicional sobre las consideraciones técnicas de VDES. Se indican aspectos de los componentes VDE terrenales y de satélite, comprendidas las opciones del esquema de acceso, el diseño de la antena y la compartición de sistemas.

En el presente anexo se incluye todo el material inicial utilizado al preparar los Anexos 2 a 6.

2 Resumen de la capacidad operativa y el rendimiento

En el presente Anexo se demuestran la siguiente capacidad operativa y rendimiento:

- protección del SMSSM y del SIA, es decir, reconociendo que los sistemas del VDES no deben degradar las funciones de llamada selectiva digital, del SIA ni de las comunicaciones vocales de socorro y seguridad (canal 16);
- alivio de la congestión VDL del SIA;
- transferencia de datos ASM en bruto a 28,8 kbits/s;

- transferencia de datos VDE en bruto barco a barco, barco a costa y costa a barco a 307,2 kbits/s;
- transferencia de datos VDE en bruto por satélite hasta 240 kbits/s;
- enlace descendente VDE por satélite que satisface los requisitos de la máscara de DFP;
- servicio VDE costa a barco y barco a costa de hasta 85 km (46 NM);
- esquema de compartición y acceso al canal que organizan los enlaces y reducen los conflictos;
- plena funcionalidad VDES terrenal y por satélite desde una sola antena de a bordo.

3 Consideraciones técnicas para los esquemas de acceso del sistema de intercambio de datos en ondas métricas (VHF)

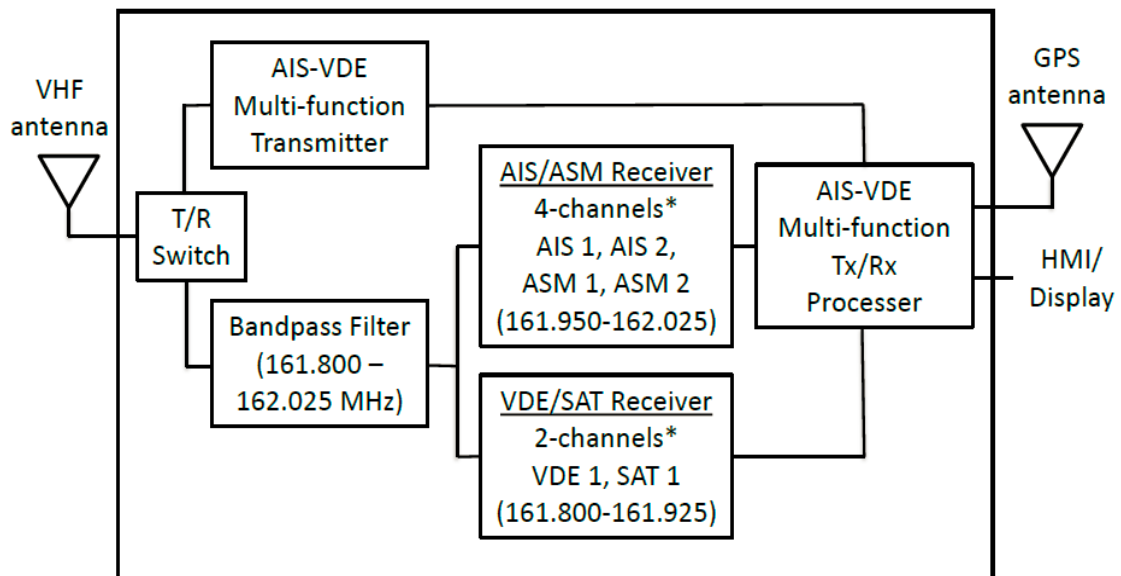
En esta sección se indican consideraciones técnicas para el diseño de esquemas de acceso para VDE terrenal, VDE por satélite y la interacción entre estos dos componentes VDES.

Como se observa en la Fig. A1-1, en enlace descendente del satélite comparte el espectro con los enlaces terrenales barco a barco y costa a barco, mientras que el enlace ascendente por satélite comparte el espectro con el enlace terrenal barco a costa. Así, se deben tener en cuenta los esquemas de acceso a fin de mitigar los posibles conflictos entre los enlaces.

4 Acceso múltiple por división en el tiempo para el servicio de intercambio de datos en ondas métricas (VHF) terrenal

El servicio VDES terrenal consta de mensajes ASM, VDE barco a costa, VDE costa a barco y VDE barco a barco. En la Fig. A7-1 se ilustra un ejemplo de transceptor VDES de a bordo. Obsérvese que en este ejemplo, todos los receptores, los del SIA inclusive, están protegidos contra el bloqueo respecto de las radiocomunicaciones VHF de a bordo mediante un filtro pasa banda que atenúa las señales procedentes la parte inferior de la banda del Apéndice 18 del RR. Este problema de bloqueo del receptor SIA, junto con el hecho de que el SIA puede compartir la misma antena con otras funciones VDES, es un incentivo para los fabricantes que consideren este tipo para sus diseños de sistemas VDES.

FIGURA A7-1
Ejemplo de transceptor del sistema de intercambio de datos en VHF



* For example, SDR (software defined radio) technology may be used.

4.1 Esquema de acceso múltiple por división en el tiempo

4.1.1 Esquema de acceso múltiple por división en el tiempo para canales de mensajes específicos de la aplicación del sistema de intercambio de datos en VHF

Obsérvese que en la Recomendación UIT-R M.1371 se especifican los esquemas de acceso para mensajes SIA, AMDTI inclusive, en los canales SIA. También se especifica la estructura para ASM y las opciones de contenido para estos mensajes. El VDES proporciona canales ASM para aliviar la congestión de los canales SIA. En el VDES, el esquema de acceso para utilizar canales ASM podría consistir inicialmente en AMDT con detección de portadora (AMDTDP) para la primera transmisión en una trama, seguido de AMDTI para las siguientes transmisiones en esa trama. Este esquema mitiga transmisiones simultáneas de barcos y/o estaciones costeras en canales ASM. La transmisión de mensajes ASM no debe rebasar más de cinco intervalos contiguos.

4.1.2 Esquema de acceso múltiple por división en el tiempo para el enlace barco a costa del sistema de intercambio de datos en VHF

El esquema de acceso TDMA para el enlace VDE1-A barco a costa podría consistir en la reserva mediante AMDTI desde un ASM en cualquiera de los canales ASM, como se describe en la sección 4.1.1. Toda transmisión VDE1-A barco a costa no debe rebasar más de cinco intervalos contiguos.

4.1.3 Esquema de acceso múltiple por división en el tiempo para el enlace barco a barco del sistema de intercambio de datos en VHF

El esquema de acceso TDMA para el enlace VDE1-B barco a barco podría ser el mismo que el de los canales ASM, es decir, inicialmente mediante AMDTDP para la primera transmisión en una trama, y después AMDTI para las siguientes transmisiones en esa trama. Este esquema reduce el número de transmisiones simultáneas de barco a barco. Toda transmisión VDE1-B barco a barco no debe rebasar cinco intervalos contiguos.

4.1.4 Esquema de acceso múltiple por división en el tiempo para el enlace costa a barco del sistema de intercambio de datos en VHF

El esquema de acceso TDMA para el enlace VDE1-B costa a barco podría ser el mismo que el del enlace VDE1 barco a costa, es decir, por reserva mediante AMDTI desde un ASM en cualquiera de los canales ASM. Esto es necesario porque la estación costera suele tener una zona de cobertura más amplia que los barcos y ha de tener acceso prioritario al canal VDE1 en su zona de cobertura. Toda transmisión VDE1-B costa a barco no debe rebasar más de cinco intervalos contiguos.

4.2 Opciones de compartición para los servicios de intercambio de datos en VHF terrenales y por satélite

4.2.1 Enlaces de intercambio de datos en VHF terrenales en el tramo superior (VDE1-B) y enlace descendente del intercambio de datos en VHF por satélite

En el Cuadro A4-1 se indica la DFP en la superficie de la Tierra del enlace descendente del satélite en diversos ángulos de elevación de 0^0 a 90^0 . Aunque se seleccione la máscara DFP para minimizar la interferencia al servicio móvil terrestre y maximizar la recepción por estaciones de barco VDES, podría producirse un aumento del ruido de fondo en la recepción de los enlaces VDES terrenales durante transmisiones del enlace descendente VDE por satélite cuando éste se encuentra en el campo de visión.

Se han de considerar los siguientes problemas al compartir frecuencias entre VDE1-B y el enlace descendente VDE-SAT:

- cuando los transceptores VDES de a bordo son símplex no pueden recibir y transmitir al mismo tiempo.
- al aumentar el ruido de fondo, los niveles de transmisión del enlace descendente VDE-SAT afectarán posiblemente a la recepción VDES barco a barco y costa a barco.
- las transmisiones VDES barco a barco y costa a barco, dependiendo de la distancia, podrán interferir la recepción del enlace descendente VDE-SAT debido a la interferencia cocanal.

4.2.1.1 Acceso múltiple por división de frecuencia

El acceso múltiple por división de frecuencias (AMDF) se efectúa utilizando solamente los 50 kHz superiores del enlace descendente VDE-SAT, es decir, los dos canales 2026 y 2086. El AMDF reducirá los dos últimos problemas antes mencionados. Comparado con otras técnicas que se proponen más abajo, el AMDF es la más fácil de poner en práctica. Ahora bien, daría lugar a una redundancia de ancho de banda de 1/3, triplicaría las transmisiones del enlace descendente VDE-SAT para la misma carga útil y no mitigaría el primer problema antes indicado.

4.2.1.2 Acceso múltiple por división en el tiempo

El método AMDT para los servicios costa a barco/barco a barco y para el enlace descendente VDE-SAT permitirá utilizar plenamente el espectro asignado a cada servicio mediante la compartición en el dominio del tiempo. La compartición en el dominio del tiempo puede mitigar los tres problemas indicados más arriba en la sección 4.2.1. No obstante, dificultaría de diseño de los componentes VDE-SAT y afectaría al caudal del enlace descendente VDE-SAT.

La estructura de intervalo AMDT basada en SIA (2250 intervalos/minuto/trama) y los esquemas de acceso (AMDTTI, CSTDMA and FATDMA) que se utilizan para VDES se definen en la Recomendación UIT-R M.1371. Este esquema de organización AMDT protege la integridad del AIS y se utiliza para organizar y sincronizar las transmisiones ASM y VDE.

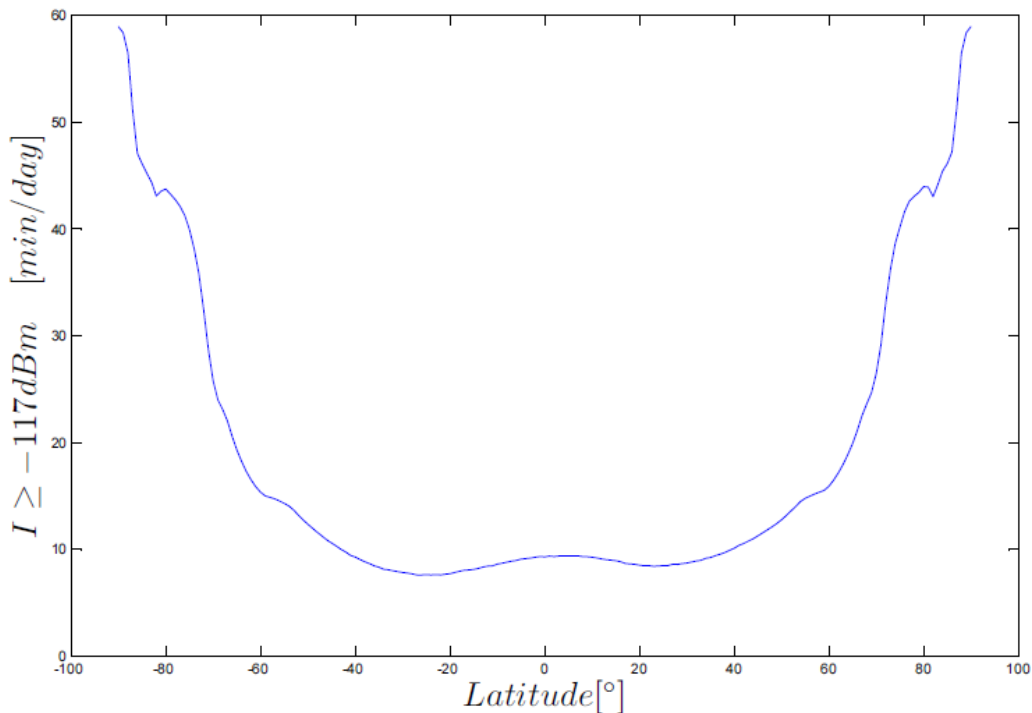
4.2.1.3 Plena reutilización de frecuencias (transmisión simultánea)

En este método, los componentes terrenales y por satélite pueden utilizar simultáneamente los canales 2024, 2084, 2025 y 2085. El enlace descendente VDE-SAT utilizará además los canales 2026 y 2086. El enlace descendente VDE-SAT podría difundir constantemente a fin de maximizar la divulgación de datos a numerosos barcos en su campo de visión. Esto permitiría crear receptores VDE-SAT más eficientes. La interferencia causada por el enlace descendente de VDE-SAT en el VDE terrenal podría, en principio, compensarse mediante la utilización de un esquema de codificación protegido en el enlace terrenal, sólo mientras pasa el satélite.

Una situación más probable es la de satélites en órbita terrestre baja en un órbita polar, en cuyo caso la interferencia del satélite podría limitarse a menos de 15 minutos al día y por satélite en ubicaciones geográficas con latitudes comprendidas entre ± 50 grados, como se muestra en la Fig. A7-2.

FIGURA A7-2

Tiempo durante el cual el nivel de la señal rebasa los -117 dBm en función de la posición geográfica



4.2.2 Intercambio de datos en VHF terrenal (VDE1-A) y enlace ascendente del intercambio de datos en VHF por satélite

Debido a gran campo de visión, los satélites que pasan recibirán simultáneamente varios mensajes que colisionan entre sí procedentes de distintos enlaces VDE terrenales (barco a costa) que causarán interferencia a los enlaces barco a satélite (canales 1024, 1084, 1025 y 1085). Cabe prever los siguientes esquemas de acceso múltiple para mitigar/minimizar la incidencia del enlace VDE terrenal en el enlace ascendente VDE del satélite.

4.2.2.1 Acceso múltiple por división de frecuencia

El esquema de acceso múltiple por división de frecuencia separa los canales por satélite en dos grupos: canales 1024, 1084, 1025 y 1085 que están sujetos a interferencia terrenal y se consideran canales del enlace ascendente por satélite de una o varias portadoras. Se seleccionarán formas de onda muy robustas para estos canales a fin de permitir reducir la interferencia causada por el VDE terrenal.

El segundo grupo de portadoras se considera que ocupan los canales 1026 y 1086 donde no hay transmisiones VDE terrenales.

4.2.2.2 Acceso múltiple por división en el tiempo

El enlace ascendente VDE-SAT tiene la misma estructura de trama que el VDE terrenal que ocupa los canales VDE1-A. Hay intervalos de tiempo preasignados destinados a la transmisión por satélite que impiden la interferencia procedente de cualquier enlace terrenal VDE.

En la Recomendación UIT-R M.1371 se especifican los esquemas de acceso para los mensajes SIA, AMDTI inclusive, por los canales SIA y la estructura para ASM con contenido diverso. El VDES ofrece canales ASM destinados a aliviar la congestión en los canales SIA. En el VDES, el esquema de acceso para utilizar canales ASM podría ser inicialmente AMDTDP (AMDT con detección de portadora) para la primera transmisión en una trama y AMDTI para las siguientes transmisiones en

dicha trama. Este esquema mitiga las transmisiones simultáneas de estaciones costeras y/o de barcos en los canales ASM.

4.2.2.3 Plena reutilización de frecuencias

Los componentes terrenales y por satélites pueden transmitir simultáneamente en los canales 1024, 1084, 1025 y 1085. El enlace ascendente VDE-SAT utilizará adecuadamente las formas de onda designadas que ocupan los canales del enlace ascendente VDE-SAT a fin de minimizar el efecto de la interferencia causada por las transmisiones VDE terrenales.

5 Intercambio de datos en VHF – terrenal

5.1 Formas de onda para el intercambio de datos en VHF

5.1.1 Formas de onda de transmisión para los enlaces del intercambio de datos en ondas métricas terrenal

Las formas de onda aprobadas por la UIT para la transmisión de datos con eficiencia de espectro en la banda marítima de ondas métricas (VHF) se describe en la Recomendación UIT-R M.1842. Estas formas de onda se han probado en el servicio móvil terrestre y en ensayos marítimos, a fin de proporcionar un servicio de datos robusto y mitigar la degradación debida a trayectos múltiples a distancias de propagación extendidas en entornos electromagnéticos intensos. En el Cuadro A7-1 infra se compara el rendimiento entre la norma SIA actual, Recomendación UIT-R M.1371, y las nuevas aplicaciones introducidas por los enlaces VDES terrenales, ASM y VDE. Obsérvese que la eficiencia de espectro del SIA es muy inferior al VDES, pero la modulación SIA presenta un mayor rechazo cocanal, lo que permite una mayor diferenciación y mejora la seguridad de la navegación de los barcos. Cada tipo de modulación se ha concebido para ajustarse lo mejor posible a la aplicación designada (SIA, ASM y VDE).

Las predicciones del alcance de propagación para los enlaces terrenales se indican en el Anexo 3 de conformidad con la norma de la UIT sobre propagación, la Recomendación UIT-R P.1546-5.

CUADRO A7-1

Formas de onda de transmisión normalizadas por la UIT para el sistema de identificación automática, los mensajes específicos de la aplicación y los enlaces del intercambio de datos en VHF terrenal

| | Canales de 25 kHz para el SIA | Canales de 25 kHz para ASM | Canales de 100 kHz para VDE |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Norma de la UIT | UIT-R M.1371 | UIT-R M.1842-1 Anexo 1 | UIT-R M.1842-1 Anexo 4 *** |
| Modulación digital | GMSK, monoportadora | $\pi/4$ DQPSK, monoportadora | MDP-4, 32 multiportadoras, separación de 2,7 kHz |
| Velocidad de datos (en bruto)* | 9,6 kbits/s (1X) | 28,8 kbits/s (3X) | 307,2 kbits/s (32X) |
| Sensibilidad** | -107 dBm (mínima) -112 dBm (típica) | -107 dBm (mínima) -112 dBm (típica) | -98 dBm (barcos) -103 dBm (estaciones de base) |
| Rechazo cocanal (CCR)** | 10 dB | 19 dB | 19 dB |

CUADRO A7-1 (*fin*)

| | | | |
|----------------------|---|--|---|
| Tipos de mensaje AIS | 1, 2, 3, 5, 18, 19, 27 ... | 6, 7, 8, 12, 13, 14, 25, 26 y ASM | Mensajes VDE |
| Motivos | Selección óptima (mejor CCR) para informes de la posición en el contexto de seguridad de la navegación barco a barco. | Mayor velocidad de transmisión de datos (3X) que el SIA. Menor CCR (+9 dB) y discriminación de alcance que el SIA. | Velocidad de transmisión de datos mucho mayor (32X) que el SIA. Menor CCR (+9 dB) y discriminación de alcance que el SIA. |

* Estos valores son para velocidades de transmisión radioeléctrica de bits en bruto. Las velocidades de datos serán inferiores si se emplea codificación, estructura de paquetes y corrección de errores en recepción (FEC).

** Estos valores se basan en las normas publicadas. En el caso del SIA, la norma es CEI 61993-2 y para el VDE la norma es ETSI EN 300 392-2 versión 3.4.1, que remite a la aplicación móvil terrestre TETRA.

*** Si se requiere mayor robustez, se puede aplicar el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R M.1842-1.

5.1.2 Forma de onda de transmisión para canales de mensajes específicos de la aplicación de 25 kHz

En la transmisión de ASM en canales de 25 kHz debe aplicarse la modulación $\pi/4$ DQPSK monoportadora, como se describe en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R M.1842-1. La corrección FEC es necesaria, por cuanto los mensajes ASM no se repiten como en los informes de posición del SIA (que no dispone de FEC). Se recomienda esta forma de onda, ya que tiene una sensibilidad elevada, una relación de potencia entre canales adyacentes (ACPR) de 70 dB y alcanza una velocidad de datos de 28,8 kbits/s.

- Se genera mediante modulación de fase con una rotación entre símbolos de $\pi/4$ radianes. Produce así una envolvente de amplitud con una relación de potencia de cresta a potencia media (PAPR) bastante moderada;
- Las características para la detección por satélite son excelentes, como requiere el plan de canales.

5.1.3 Forma de onda de transmisión para canales de 100 kHz del intercambio de datos en VHF

La transmisión de VDE por canales de 100 kHz debe ser MDP-4, 32 multiportadoras, con una separación de 2,7 kHz y una velocidad de datos de 307,2 kbits/s como se describe en el Anexo 4 a la Recomendación UIT-R M.1842-1. Este esquema multiportadora no es MDFO (acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal) dado que la separación de portadoras es de 2,7 kHz lo que ofrece mayor margen entre portadoras que MDFO, que requeriría una separación de 2,4 kHz. Esta forma de onda consta de 32 multiportadoras. Cada portadora se modula con MDP-4 para general símbolos de 4 bits a 2 400 símbolos/s (2 400 symbols/s/portadora x 4 bits/símbolo = 9 600 bits/s/portadora).

La larga duración de símbolos (2 400 symbols/s = 416,7 μ s/symbol) se ha concebido para mitigar la interferencia multitrayecto entre símbolos, dado que se ha detectado (ref: Informe UIT-R M.2317) que las reflexiones en el entorno de canales marítimos de 100 kHz se encuentran principalmente en los primeros 10,4 μ s. Obsérvese que también se encuentran otras reflexiones posteriormente, algunas llegan hasta 50 μ s. A título comparativo, obsérvese que el SIA utiliza GMSK para generar símbolos de 2 bits a 4 800 símbolos/s (9 600 bits/s) y sus excelentes características de propagación han quedado demostradas en el práctica.

Las técnicas de modulación, codificación y aleatorización descritas en EN 300 392-2 v.3.4.1 se combinan a fin de reducir la envolvente de amplitud PAPR ($PAPR \leq 10dB$) y disminuir así las

dificultades de diseño del transmisor de potencia RF. Se disponen de técnicas de diseño analógicas – por ejemplo el amplificador Doherty (DA) – y digitales – por ejemplo seguimiento de envolvente (ET) y predistorsión digital (DPD) – de los amplificadores de potencia RF a fin de ofrecer una eficiencia superior al 50% con esta forma de onda. A título comparativo, los amplificadores de potencia del SIA utilizados en los barcos y estaciones de base tienen también una eficiencia del 50% aproximadamente. En el siguiente enlace puede consultarse un informe técnico en el que se describen estas y otras técnicas para amplificadores de potencia muy eficiente, con pruebas reales: <http://www.microwavejournal.com/articles/21965-modern-high-efficiency-amplifier-design-envelope-tracking-doherty-and-outphasing>

Obsérvese que con el método de diseño analógico utilizando amplificadores Doherty se logra una eficiencia superior al 50% y la patente original para esta tecnología ya ha expirado. La infraestructura celular terrenal ya emplea amplificadores Doherty de estado sólido que producen la gama de niveles de potencia necesarios para transceptores VDES de a bordo (12,5 W) y estaciones de base VDES (50 W).

5.2 Opciones de antena para las estaciones terrenales del sistema de intercambio de datos en VHF

En la Fig. A7-3 *infra* se caracterizan las opciones de antena disponibles para estaciones VDES terrenales. Dado que la antena de a bordo debe recibir datos del enlace descendente del satélite VDES a ángulos de elevación elevados, se selecciona la opción 0 dBd (2,1 dBi). A fin de lograr la recepción óptima del satélite, esta antena debe colocarse a la mayor altura posible, preferiblemente en un mástil de extensión, a bordo del barco con el fin de minimizar las obstrucciones desde la antena hacia el horizonte. En el caso de la estación de base VDES terrenal, se selecciona la opción 6 dBd (8 dBi). Estas dos antenas se utilizan en las predicciones de la gama de propagación del Anexo 2.

En la Fig. A7-4 se presenta la máscara de la ganancia de la antena receptora en función de la elevación que permitiría recibir la señal del satélite a un nivel de potencia constante a la entrada del receptor para una amplia gama de ángulos de elevación, teniendo en cuenta las restricciones de DFP impuestas al enlace descendente VDE-SAT (ref. Cuadro A4-1 del Anexo 1). Si bien esta máscara no representa el diagrama de las antenas disponibles comercialmente, puede servir de orientación a la hora de diseñar una antena para mejorar la recepción por satélite. La misma máscara es también aplicable al diseño de la antena de a bordo para el enlace VDE terrenal, debido a su gran directividad en la horizontal. En el Anexo 3 se explica con mayor detalle la selección de esta máscara.

FIGURA A7-3

Opciones de antena para estaciones de a bordo del sistema de intercambio de datos en VHF

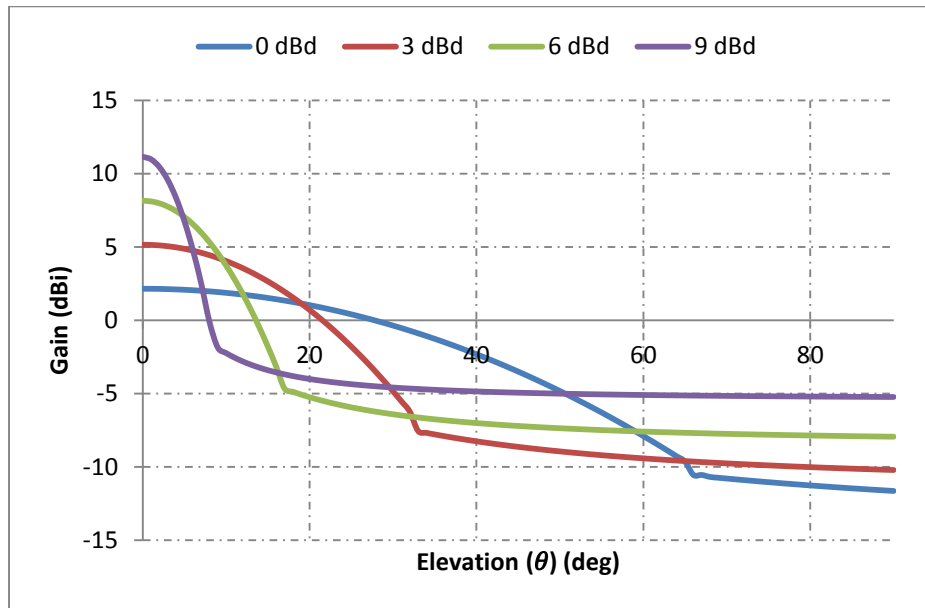
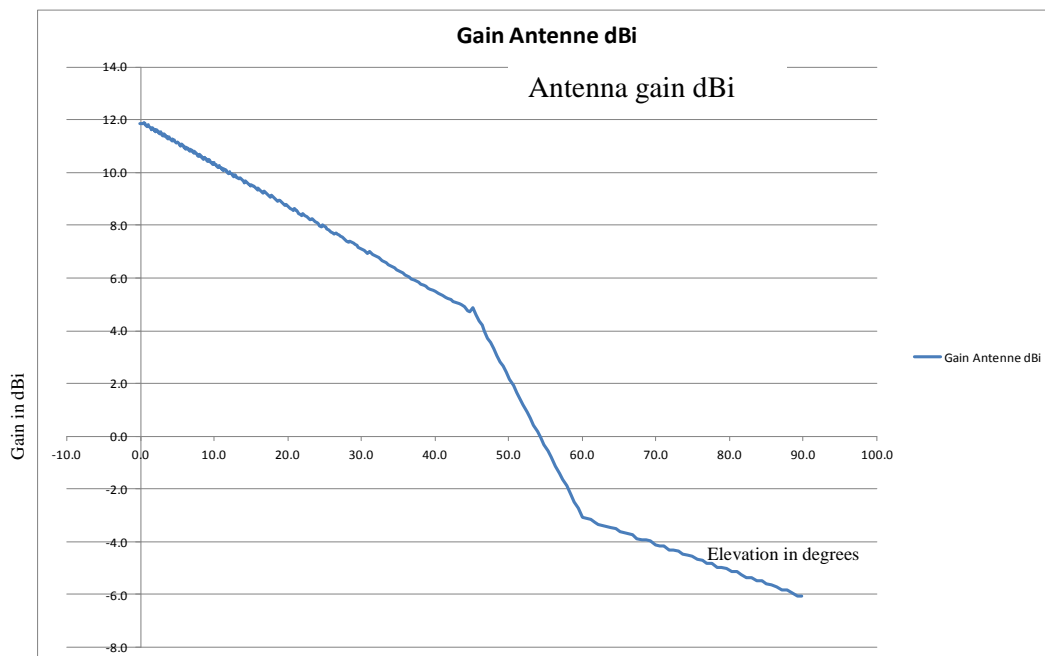


FIGURA A7-4

Máscara para la antena «ideal»



6 Intercambio de datos en VHF por satélite

El intercambio de datos en VHF por satélite debe utilizar los canales designados para satélites en el Cuadro A1-1 del Anexo 1 y debe estar en consonancia con la presente Recomendación. A continuación se describe más detalladamente.

6.1 Consideraciones generales

6.1.1 Componente de satélite del sistema de intercambio de datos en VHF

El componente de satélite del intercambio de datos en VHF (VDE) es un mecanismo efectivo de ampliar el VDES a zonas sin cobertura costera en VHF. En adelante, el componente de satélite se designa mediante VDE-SAT.

Las comunicaciones por satélite son capaces de suministrar información en modo difusión, multidifusión y unidifusión a numerosos barcos, es decir, pueden comunicar con muchos barcos utilizando solamente un mínimo de recurso de espectro radioeléctrico.

El VDE-SAT ofrece un canal de comunicación que es complementario de los componentes terrenales del sistema VDES (es decir, coordinado con las funcionalidades VDE terrenal, ASM y SIA y sus respectivos sistemas de apoyo).

6.1.2 Aplicaciones

Los continuos intercambios con la comunidad marítima permitirán conocer mejor las prioridades, la calidad del servicio, la seguridad, la integridad y otros requisitos de los futuros servicios VDES.

Existen numerosos barcos de tamaño más pequeño que no disponen de equipos de comunicación por satélite a bordo, pero que sí disponen de equipos receptores ordinarios VHF/SIA que podrían beneficiarse de los servicios antes mencionados. En particular, se beneficiarían los buques en zonas con limitada infraestructura costera.

Mediante la tecnología de recepción por satélite de bajo coste, el VDE-SAT puede dirigirse a un gran número de barcos y dar servicio a buques pequeños, de pesca y de recreo.

6.2 Arquitectura general, características operativas e hipótesis

6.2.1 Arquitectura

La arquitectura del sistema de intercambio de datos en VHF se muestra en la Fig. A7-5 *infra*. El VDE-SAT está integrado por uno o varios satélites que transmiten y reciben en las bandas marítimas VHF, que constituyen el segmento espacial.

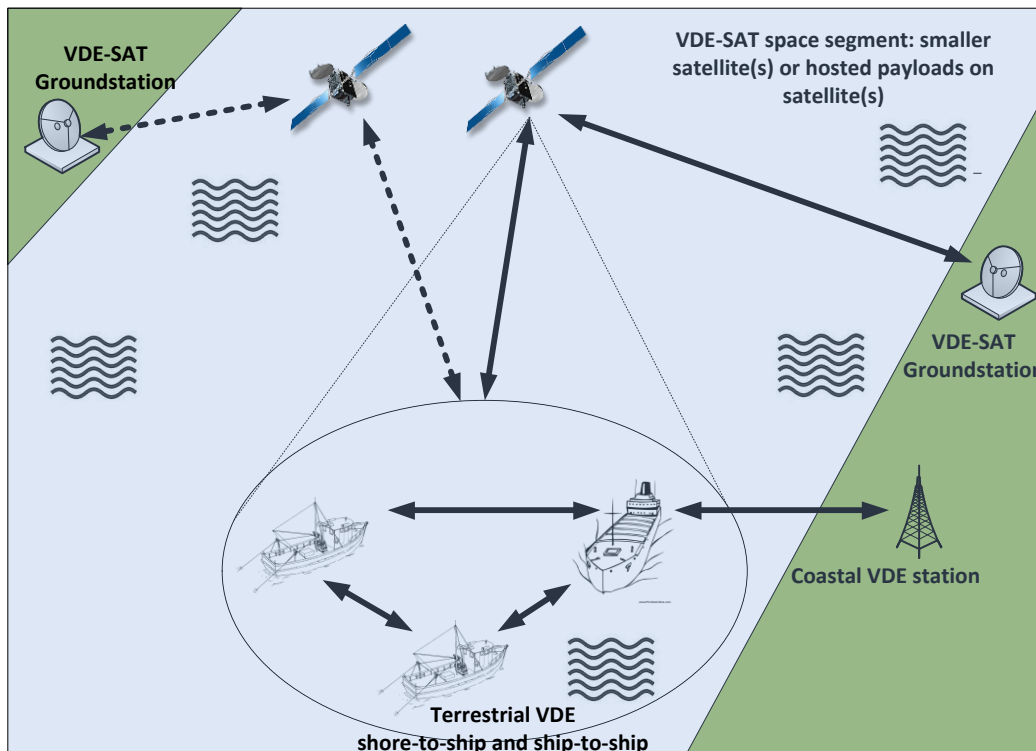
Debido a las frecuencias utilizadas, es probable que VDE-SAT consista en satélites de órbita terrestre baja (LEO) o media (MEO). El VDE-SAT también podría constar de cargas útiles situadas en vehículos espaciales sobre dichas órbitas.

Los terminales de usuario VDE-SAT pueden estar integrados en equipos VDES de a bordo, que se denomina segmento de usuario. Estos terminales podrían integrarse en el equipo VDE terrenal junto con las funcionalidades ASM y SIA. También cabe considerar la posibilidad de utilizar terminales VDE-SAT receptores únicamente: esta sería una forma costoeiciente de distribuir información marítima a barcos más pequeños fuera de la cobertura VHF terrenal, por ejemplo en zonas con limitada infraestructura costera.

Habrá un segmento en tierra que constará de una o varias estaciones en tierra que se comunican con los barcos para enviar y recibir información que luego se procesa o divulga por el segmento espacial. La comunicación entre la estación VDE costera, el proveedor de información marítima, la estación VDE-SAT en tierra y el enlace de conexión no forman parte de la arquitectura VDES.

FIGURA A7-5

Arquitectura del componente de satélite del intercambio de datos en VHF



6.2.2 Características operativas

El VDE-SAT debe complementar el VDE terrenal en zonas sin cobertura VDE terrenal, es decir, en alta mar.

El VDE-SAT debe proporcionar capacidad de enlace descendente (es decir, permitir la transmisión de información desde una estación terrena hacia uno o varios barcos). Obsérvese que VDE-SAT utilizará probablemente su capacidad específica de unidifusión, multidifusión o difusión, que es inherente al enlace descendente de los satélites.

El VDE-SAT debe proporcionar capacidad de enlace ascendente (es decir, permitir a un barco que envíe información al satélite, para su posterior retransmisión a una estación en tierra).

Como el VDE-SAT estará integrado por satélites LEO o MEO, se habrán de tomar las disposiciones necesarias para tener en cuenta las interrupciones del contacto entre el barcos y un satélite en concreto. Asimismo, si se solapan múltiples huellas de carga útil o de satélites VDE-SAT, será necesario también algún tipo de coordinación entre sí.

Se propone que el VDE-SAT permita la prioridad, apropiación y precedencia para diferentes servicios; para ello se puede recurrir a diferentes enlaces descendentes.

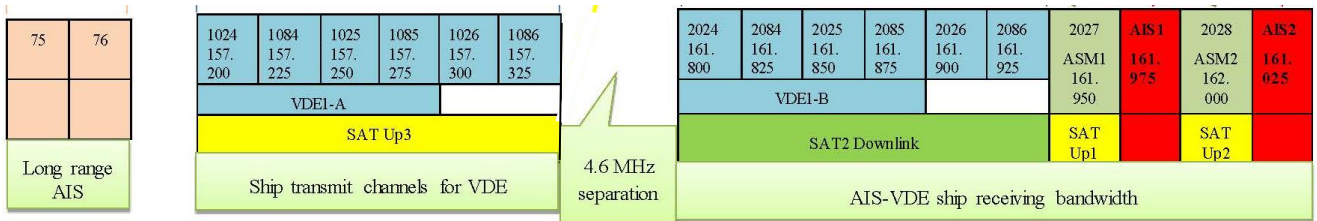
6.3 Características técnicas

6.3.1 Canales y espectro del intercambio de datos en VHF por satélite

El enlace descendente del VDE-SAT debe utilizarse para enviar datos desde el satélite a los buques en modo difusión, multidifusión o unidifusión. El VDE-SAT también debe proporcionar un enlace ascendente de datos desde los buques a los satélites utilizado uno o varios esquemas de acceso múltiple. El sistema de intercambio de datos en VHF por satélite utiliza la atribución de canales que se ilustra en la Fig. A7-6.

FIGURA A7-6

Atribución de canales del sistema de intercambio de datos en VHF



6.3.1.1 Enlace descendente del SAT

El espectro de frecuencia del enlace descendente del satélite consta de seis canales de 25 kHz (2024 a 2086). Estos canales pueden agruparse en un solo canal de 150 kHz a fin de reducir la banda de guarda (necesaria debido al efecto Doppler de desplazamiento de frecuencias de las señales recibidas de los satélites LEO), aumentar el caudal y, lo que es más importante aún, mejorar la eficiencia energética del amplificador de potencia del satélite (evitando la transmisión multiportadora que normalmente requiere mayor reducción de potencia de salida) (véase la sección 5.1.3).

Debido al límite de DFP impuesto al enlace descendente del VDE-SAT (a efectos de la compartición de frecuencias con el servicio móvil terrestre) se aplica al protocolo VDE-SAT cierto nivel de redundancia (en la forma de repetición de tramas, corrección de errores en recepción o redundancia en capas superiores) con el fin de reducir los errores y aumentar la probabilidad de detección.

La señal del enlace descendente de VDE-SAT también incluye la repetición de símbolos conocidos (por ejemplo, pilotos, preámbulo, postámbulos) para facilitar la detección de señales y la sincronización, así como reducir la posible interferencia y la estimación de canales. A fin de evitar líneas espectrales no deseadas dentro de la banda, se aleatorizan los símbolos de datos con una secuencia conocida. En el ejemplo de la sección 6.4.2.19 se llega a la conclusión de que es posible alcanzar una velocidad de datos en el enlace descendente de 240 kbits/s.

El nivel de señal generado por el satélite debe mantenerse por debajo del límite de la máscara de DFP (respecto de la superficie de la Tierra) especificado en el Cuadro A7-2 *infra*. Obsérvese que este cuadro se basa en la coordinación con los servicios VHF terrenales y que el nivel de DFP se refiere a la componente vertical de la radiación perpendicular a la Tierra.

CUADRO A7-2

Máscara de densidad de flujo de potencia

$\theta^\circ = \text{ángulo de elevación entre la tierra y el satélite}$

$$PFD(\theta^\circ)_{(dBW/(m^2 * 4 \text{ kHz}))} = \begin{cases} -149 + 0,16 * \theta^\circ & 0^\circ \leq \theta < 45^\circ; \\ -142 + 0,53 * (\theta^\circ - 45^\circ) & 45^\circ \leq \theta < 60^\circ; \\ -134 + 0,1 * (\theta^\circ - 60^\circ) & 60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ. \end{cases}$$

Esta máscara de DFP garantiza que el enlace descendente del satélite no cause interferencia perjudicial a los servicios no marítimos terrenales que comparten la misma frecuencia (garantizando los requisitos portadora-interferencia dentro de la banda de los receptores del servicio terrenal).

6.3.1.2 Enlace ascendente SAT 3

Para el enlace ascendente de datos se utiliza el espectro de frecuencia correspondiente a los 6 canales VDE inferior (comenzando por el canal 1024). Comparados con los canales del SIA y con el SIA de largo alcance, estos 6 canales ofrecen una capacidad considerable de enlace ascendente de datos por satélite.

El protocolo del esquema de acceso para el enlace ascendente de datos por satélite se diseña para tomar en consideración todo el campo de visión del satélite y maximizar la probabilidad de detectar mensajes evitando las colisiones entre mensajes.

6.3.2 Motivos de la atribución de canales para el intercambio de datos en VHF por satélite

El plan de frecuencias para todo el VDES, ilustrado en la Fig. A7-6 *supra*, facilita una implementación realista del sistema propuesto de modo que coexista y complemente el actual SIA. En lo que respecta al plan de frecuencias, cabe destacar los siguientes aspectos:

- Los requisitos VDES hacen que la recepción de frecuencias a bordo del barco se concentre en una gama limitada de 250 kHz en la parte superior de la banda VHF marítima. De este modo se pueden realizar receptores de a bordo VDES eficientes, mediante la reducción del ancho de banda del filtro de entrada, lo que reduce las posibles degradaciones debidas a otras actividades en la banda VHF marítima;
- El enlace descendente VDE-SAT comparte la misma gama de frecuencias que el VDE terrenal y el SIA, lo que permite compartir la misma antena y el mismo diseño de del terminal receptor;
- Las frecuencias de recepción por satélite y costera de las señales VDE procedentes de barcos ocupan la parte inferior de la banda VHF marítima. Así se dispone de un servicio complementario cerca de la costa y en alta mar, compartiendo el mismo espectro. La separación de frecuencias entre la parte superior e inferior del espectro (una separación de 4,6 MHz) ofrece un nivel aceptable de aislamiento entre la cadena de receptores VDES y los transmisores VDE de a bordo;
- La separación de frecuencias entre el enlace ascendente y descendente permite ubicar el transmisor y el receptor VDE-SAT en el mismo satélite, lo que permite una mayor eficacia en las misiones de satélites (es decir, reduce el número de satélites y mejora la eficiencia y la posible interactividad).

6.4 Ejemplo de sistema de intercambio de datos en VHF por satélite

El siguiente ejemplo de VDES por satélite cumple la máscara de DFP angular y los requisitos especificados en la presente Recomendación.

6.4.1 Determinar las características orbitales del satélite del sistema de intercambio de datos en VHF

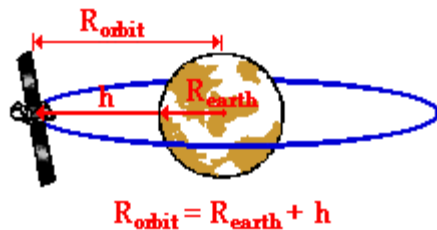
A continuación se examina la implementación del VDES por satélite. Para esta aplicación es necesario conocer las características orbitales del satélite, que se determinan del modo siguiente.

6.4.1.1 Determinar la órbita del satélite

En este ejemplo el satélite del VDES utiliza una órbita polar a una altura de 550 km sobre la superficie de la Tierra. La velocidad, la aceleración y el periodo orbital del satélite se determinan a partir de: $M_{\text{Tierra}} = 5,98 \times 10^{24}$ kg, $R_{\text{Tierra}} = 6,7 \times 10^6$ m.

En la Fig. A7-7 se muestra la órbita del satélite y los parámetros conocidos y desconocidos.

FIGURA A7-7
Características orbitales del satélite



Conocido:

$$R = R_{\text{Tierra}} + \text{altura} = 6,92 \times 10^6 \text{ m}$$

$$M_{\text{Tierra}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$G = 6,673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$$

Desconocido:

v

a

T

El radio de la órbita del satélite puede determinarse a partir del radio de la Tierra y la altura del satélite respecto de la Tierra. Como se muestra en la Fig. A7-7, el radio de la órbita de un satélite es igual a la suma del radio de la Tierra y la altura sobre la superficie de la Tierra. Estos dos valores se suman para obtener el radio de la órbita. En primer lugar, se convierte la altitud de 550 km a $0,550 \times 10^6 \text{ m}$ y luego se suma el radio de la Tierra.

Se determina la velocidad del satélite:

$$v = \text{SQRT}((G \times M_{\text{Central}}) / R)$$

$$v = \text{SQRT}((6,673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) \times (5,98 \times 10^{24} \text{ kg}) / (6,92 \times 10^6 \text{ m}))$$

$$v = 7,594 \times 10^3 \text{ m/s}$$

Se determina la aceleración del satélite:

$$a = (G \times M_{\text{central}}) / R^2$$

$$a = (6,673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) \times (5,98 \times 10^{24} \text{ kg}) / (6,92 \times 10^6 \text{ m})^2$$

$$a = 8,333 \text{ m/s}^2$$

Se determina el periodo orbital del satélite:

$$T = \text{SQRT}((4 \times \pi^2 \times R^3) / (G \times M_{\text{central}}))$$

$$T = \text{SQRT}((4 \times (3,1415)^2 \times (6,92 \times 10^6 \text{ m})^3) / (6,673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) * (5,98 \times 10^{24} \text{ kg}))$$

$$T = 5725,7 \text{ s} = 1,59 \text{ h.}$$

6.4.2 Características del enlace descendente y de la antena del satélite del sistema de intercambio de datos en VHF

Se utiliza una antena Yagi-Uda directiva y con polarización vertical para la comunicación con las antenas verticales de los barcos y para guardar conformidad con la máscara angular de DFP.

6.4.2.1 Determinar de la rotación de la Tierra en el ecuador entre cada órbita del satélite:

El periodo de la Tierra T_T es aproximadamente de 24 horas ($86,4 \times 10^3 \text{ s}$), el radio de la Tierra R_T es $6,37 \times 10^6 \text{ m}$ y la circunferencia de la Tierra (distancia alrededor del ecuador) es $C_{\text{Tierra}} = 2 \times (3,1415) \times (6,37 \times 10^6 \text{ m}) = 40,0239 \times 10^6 \text{ m}$. Por consiguiente, en cada pasada del satélite, la Tierra habrá rotado alrededor del ecuador $ROT_{\text{ecuador}} = C_{\text{Tierra}} \times T / T_T = 40,0239 \times 10^6 \text{ m} \times 5725,7 \text{ s} / 86,4 \times 10^3 \text{ s} = 2,6524 \times 10^6 \text{ m} = 2652,4 \text{ km}$.

6.4.2.2 Determinar la distancia oblicua al horizonte de la Tierra:

La distancia oblicua D_T desde el satélite al horizonte de la Tierra es $D_s = \text{SQRT}(R^2 - RT^2) = \text{SQRT}((6,92 \times 10^6 \text{ m})^2 - (6,37 \times 10^6 \text{ m})^2) = 2,7036 \times 10^6 \text{ m} = 2703,6 \text{ km}$.

6.4.2.3 Determinar el ángulo oblicuo de inclinación hacia abajo respecto del horizonte de la Tierra:

El ángulo de inclinación hacia abajo del satélite respecto del horizonte de la Tierra es:

$$\theta_d = 90^\circ - \text{sen}^{-1}(R_T / R) = 90^\circ - \text{sen}^{-1}(6,37 \times 10^6 \text{ m} / 6,92 \times 10^6 \text{ m}) = 90^\circ - 67^\circ = 23 \text{ grados.}$$

6.4.2.4 Determinar la anchura del trayecto de cobertura de la antena

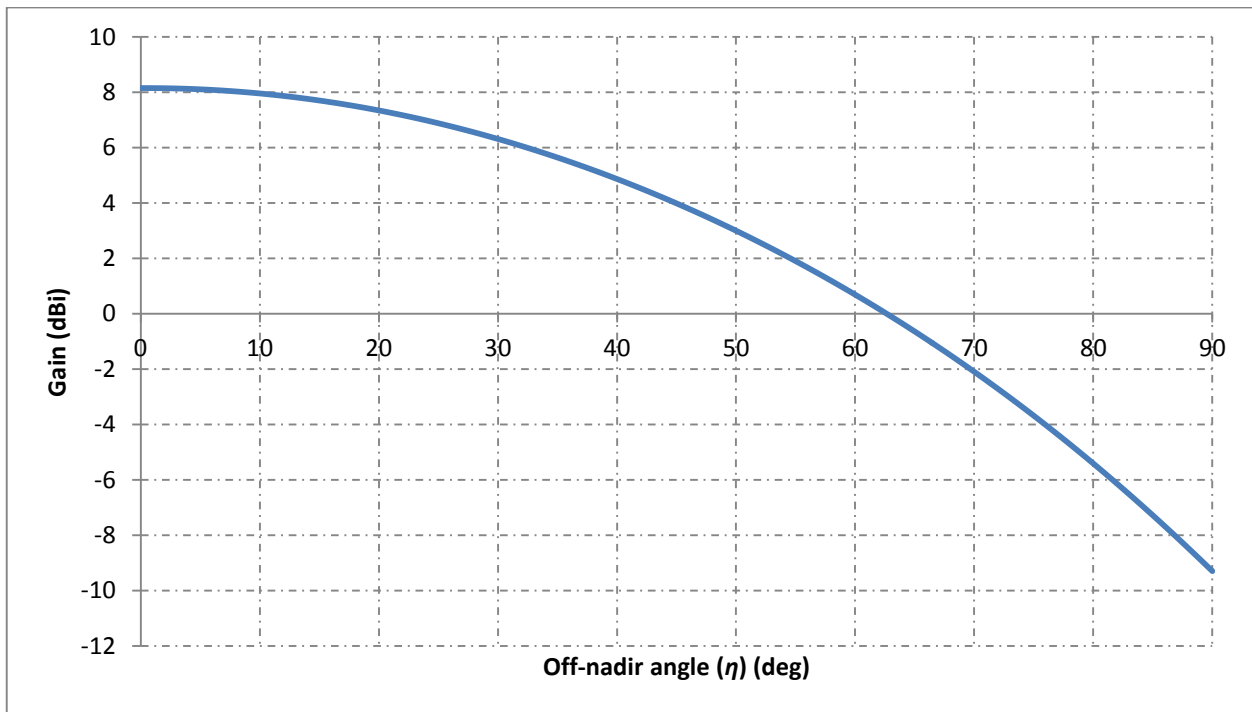
En la Fig. A7-8 se muestra el diagrama de antena del satélite VDES de ejemplo. La apertura del haz (+/- 3 dB) de la antena es 80 grados. La anchura del trayecto de cobertura de la antena del satélite es:

$$W_c = 2(D_s \cos(90^\circ - \theta_a/2))$$

$$W_c = 2 \times 2,7036 \times 10^6 \text{ m} \times \cos(90^\circ - 80^\circ/2) = 3,4757 \times 10^6 \text{ m} = 3475,6 \text{ km.}$$

Nota: de §4.2.1 se desprende que $ROT_{\text{ecuador}} = 2\ 652,4 \text{ km}$, esta apertura de haz de la antena ($\theta_a = 80^\circ$) es lo suficientemente ancha para obtener una cobertura contigua en la Tierra mediante un satélite cada 24 horas. La antena Yagi-Uda con polarización vertical apunta hacia adelante con un ángulo de inclinación hacia abajo optimizado para ofrecer la componente vertical de radiación necesaria para la recepción por antenas de dipolo verticales situadas en los barcos.

FIGURA A7-8
Ejemplo de diagrama de antena del satélite VDES



6.4.2.5 Determinar el máximo desplazamiento de frecuencia (f_d) Doppler entre el satélite y los barcos situados en la zona de cobertura de la antena del satélite

El máximo desplazamiento de frecuencia (f_d) Doppler entre el satélite y el barco se produce cuando la velocidad relativa entre ambos es máxima, es decir, cuando el barco está situado en el horizonte de la Tierra desde el satélite. Obsérvese que el satélite sólo da cobertura en el sentido hacia adelante y que el diagrama de antena del satélite abarcará a los barcos situados en la gama de 23 grados (horizonte de la Tierra) hacia abajo desde el vector velocidad del satélite. Por consiguiente, el máximo desplazamiento Doppler es $f_d (\text{máx}) = f_{\text{VDES}} (v/c) \times \cos \theta_d = 162 \times 10^6 (7,594 \times 10^3)/(3 \times 10^8) \times \cos$

$23^\circ = 3\,775$ Hz. La frecuencia del transmisor del satélite debe reducirse en la mitad de f_d (max) para ofrecer una gama de $\pm 1887,5$ Hz en la zona de cobertura.

Determinar el ángulo de inclinación hacia abajo óptimo de la antena del satélite VDES para dar cobertura a los barcos en el sentido hacia adelante

De las características de la antena del satélite VDES de la Fig. A7-8 se desprende que la respuesta es plana hasta aproximadamente 12° . Esto permite una inclinación adicional hacia debajo de 12° por debajo del horizonte de 23° a fin de lograr un ángulo de inclinación hacia abajo óptimo total de 35° por debajo de la línea tangente al trayecto orbital del satélite. De este modo se obtiene una componente de radiación vertical suficiente para los barcos situados en la zona de cobertura.

6.4.2.6 Examinar los límites de la máscara angular de densidad de flujo de potencia para la transmisión por el satélite del sistema de intercambio de datos en VHF

La máscara angular de DFP (la máxima DFP permitida en dB ($W/(m^2 \times 4$ kHz)) en función del ángulo de elevación con respecto a la superficie de la Tierra) figura en el Cuadro A7-2 de la sección 6.3.1. Téngase en cuenta que la máscara de DFP a 0° de elevación (horizonte) es -149 dB ($W/(m^2 \times 4$ kHz)), a 45° es -142 dB ($W/(m^2 \times 4$ kHz)), a 60° es -134 dB ($W/(m^2 \times 4$ kHz)) y a 90° (vertical) es -131 dB ($W/(m^2 \times 4$ kHz)).

Sírvase considerar que, habida cuenta de que el nivel de la máscara de DFP hace referencia al componente vertical de la radiación normal hacia la superficie de la Tierra, la pérdida debida a la polarización (≈ 3 dB en un ángulo de elevación de 45°), con arreglo a la relación angular entre el eje vertical de la antena del satélite y la superficie de la Tierra, debe tenerse presente a la hora de determinar la potencia del transmisor del satélite VDES.

6.4.2.7 Determinar los niveles de densidad de flujo de potencia a 0° , 10° , 30° , 60° y 90° de elevación, en el supuesto de que el nivel de densidad de flujo de potencia a 45° sea -142 dB ($W/(m^2 \times 4$ kHz))

En la presente sección se confirma que el ángulo de elevación de 45° es el punto de aproximación máxima (CPA) entre la máscara de DFP y la señal radiada de enlace descendente espacio-tierra del VDES real.

Al calcular las distancias oblicuas y los ángulos de elevación cabe tener presente, de cálculos anteriores, que la distancia oblicua desde el satélite al horizonte de la Tierra es de 2703,6 km. Los resultados de estos cálculos figuran en el Cuadro A7-3 *infra*. Téngase en cuenta que el «ángulo orbital» (a saber, el ángulo de rotación de la órbita del satélite por encima de la Tierra) se utiliza como referencia para los cálculos geométricos (ángulos y distancias) y el control del tiempo (tiempo transcurrido desde el horizonte hasta el punto de rotación).

La distancia oblicua existente entre el satélite y una estación terrena se determina a partir de la ley de los cosenos ($c = \text{SQRT}(a^2 + b^2 + c^2 - 2ab \cos(C))$), siendo c = la distancia oblicua, $a = R_e + h$, $b = R_e$ y C = el ángulo orbital del satélite. Los cálculos comienzan con $C = 23^\circ$ (ángulo con respecto al horizonte) y prosiguen con $C = 0^\circ$ (posición directamente superior/inferior), de conformidad con los datos expuestos en el Cuadro A7-3.

Con miras a determinar los ángulos de elevación, es preciso calcular los ángulos de referencia a partir de la ley de los cosenos inversos ($C = \cos^{-1}((a^2 + b^2 + c^2)/(2ab))$) siendo C = el ángulo de referencia entre la distancia oblicua (línea de observación) y el radio de la Tierra (línea que va desde la estación terrena hasta el centro de la tierra), a = la distancia oblicua, b = el radio de la Tierra y $c = R_e + h$. Los ángulos de elevación para las estaciones terrenas se determinan restando 90° a los ángulos de referencia, de conformidad con los datos expuestos en el Cuadro A7-3.

6.4.2.8 Determinar los niveles de referencia con respecto al ángulo de elevación de 45°

De acuerdo con el Cuadro A7-2, la distancia oblicua al satélite a 45° de elevación es de 748,3 km y la DFP a 45° de elevación se ajusta al límite de la máscara de $-142 \text{ dB (W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$. Puesto que el ángulo relativo de la antena del satélite (inclinado 35° hacia abajo) en esa dirección es de aproximadamente $(45^\circ - 35^\circ) = 10^\circ$, la ganancia de la antena del satélite en esa dirección, en virtud de la Fig. A7-19, es de 8 dB. Estos fueron utilizados como valores de referencia (los niveles de referencia de 0 dB) para calcular los niveles de DFP en los ángulos de elevación restantes.

6.4.2.9 Determinar el nivel de densidad de flujo de potencia para el ángulo de elevación de 0°

La distancia oblicua a 0° de elevación (horizonte) es 2703,6 km; el ángulo relativo del satélite con respecto al horizonte es -23° ; el ángulo relativo de la antena del satélite con una inclinación de 35° hacia abajo es $(35^\circ - 23^\circ) = 12^\circ$; y la ganancia, en virtud de la Fig. A7-19, es de 8 dB. Dado que la pérdida de alcance relativa es $(20 \log (748,3/2703,6)) = -11,2 \text{ dB}$, la DFP a 0° es 11,2 dB por debajo del nivel establecido a 45° $(-142 - 11,2) = -153,2 \text{ dB (W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$, a saber, $(-149 - (-153,2)) = 4,2 \text{ dB}$ por debajo del límite de la máscara de 0°.

6.4.2.10 Determinar el nivel de densidad de flujo de potencia para el ángulo de elevación de 10°

La distancia oblicua a 10° es 1818,4 km; el ángulo relativo del satélite con respecto al horizonte es -23° ; el ángulo relativo de la antena del satélite con una inclinación de 35° hacia abajo es $(35^\circ - 23^\circ - 10^\circ) = 2^\circ$; la ganancia, en virtud de la Fig. A7-19, es de 8 dB (igual que la ganancia de referencia); la pérdida de alcance relativa es de $20 \log (748,3/1818,4) = -7,7 \text{ dB}$; y, por tanto, la DFP a 10° es $(-142 - 7,7) = -149,7 \text{ dB(W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$, a saber, 2,3 dB por debajo del límite de la máscara de 10° de $-147,4 \text{ dB(W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$.

6.4.2.11 Determinar el nivel de densidad de flujo de potencia para el ángulo de elevación de 30°

La distancia oblicua a 30° de elevación es 993,5 km; el ángulo relativo del satélite con respecto al horizonte es -23° ; el ángulo relativo de la antena del satélite con una inclinación de 35° hacia abajo es $(35^\circ - 30^\circ) = 5^\circ$; la ganancia, en virtud de la Fig. A7-19, es de 8 dB (igual que la ganancia de referencia); la pérdida de alcance relativa es de $20 \log (748,3/993,5) = -2,5 \text{ dB}$; y, por tanto, la DFP a 30° es $(-142 - 2,5) = -144,5 \text{ dB(W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$, a saber, 0,3 dB por debajo del límite de la máscara de 30° de $-144,2 \text{ dB(W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$.

6.4.2.12 Determinar el nivel de densidad de flujo de potencia para el ángulo de elevación de 60°

La distancia oblicua a 60° de elevación es 632,7 km; el ángulo relativo del satélite con respecto al horizonte es -23° ; el ángulo relativo de la antena del satélite con una inclinación de 35° hacia abajo es $(35^\circ - 60^\circ) = -18^\circ$; la ganancia, en virtud de la Fig. A7-19, es de 7,5 dB (0,5 dB por debajo del valor de referencia); la pérdida de alcance relativa es $20 \log (748,3/632,7) = +1,5 \text{ dB}$ (1,5 dB por encima del valor de referencia); y, por tanto, la DFP a 60° es $(-142 - 0,5 + 1,5) = -141,0 \text{ dB(W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$, a saber, 7,0 dB por debajo del límite de la máscara de 60° de $-134,0 \text{ dB(W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$.

6.4.2.13 Determinar el nivel de densidad de flujo de potencia para el ángulo de elevación de 90°

La distancia oblicua a 90° de elevación (vertical) es la altura del satélite, o sea, 550 km; la ganancia de la antena del satélite en esa dirección, en virtud de la Fig. A7-19, con una inclinación de 35° hacia abajo es la ganancia a $(35 - 90^\circ) = -55 \text{ grados}$, es decir, 2 dB (6 dB por debajo del valor de referencia); la pérdida de alcance relativa es $20 \log (748,3/550) = +2,7 \text{ dB}$ (2,7 dB por encima del valor de referencia); y, por tanto, la DFP a 90° es $(-142 - 6 + 2,7) = -145,3 \text{ dB(W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$, a saber, 14,3 dB por debajo del límite de la máscara de 90° de $-131 \text{ dB(W/(m}^2 \times 4 \text{ kHz))}$.

Las valores de DFP para los ángulos de elevación comprendidos entre 0° y 90° figuran en el Cuadro A7-3 *infra*.

CUADRO A7-3

Densidad de flujo de potencia para distintos ángulos de elevación

| Ángulo orbital (grados) | Tiempo transcurrido desde el horizonte (segundos) | Distancia oblicua (km) | Ángulo de referencia (grados) | Ángulo de elevación (grados) | DFP (real/máscara/margen, en dB(W/(m ² x 4 kHz))) |
|-------------------------|---|------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|
| 23 | 0 | 2703,6 | 90 | 0 | -153,2/-149/4,2 |
| 22 | 15,9 | 2592,7 | 90,5 | 0,5 | -152,8/-148,9/3,9 |
| 21 | 31,8 | 2481,6 | 91,0 | 1,0 | -152,4/-148,8/3,6 |
| 20 | 47,7 | 2370,5 | 93,2 | 3,2 | -152/-148,5/3,5 |
| 19 | 63,6 | 2259,6 | 94,4 | 4,4 | -151,6/-148,3/3,3 |
| 18 | 79,5 | 2148,8 | 95,6 | 5,6 | -151,2/-148,1/3,1 |
| 17 | 95,4 | 2038,3 | 97,0 | 7,0 | -150,7/-147,9/2,8 |
| 16 | 111,3 | 1928,1 | 98,4 | 8,4 | -150,2/-147,7/2,5 |
| 15 | 127,2 | 1818,4 | 100,0 | 10,0 | -149,7/-147,4/2,3 |
| 14 | 143,1 | 1709,2 | 101,6 | 11,6 | -149,2/-147,1/2,1 |
| 13 | 159,0 | 1600,6 | 103,5 | 13,5 | -148,6/-146,8/1,8 |
| 12 | 175,0 | 1493,0 | 105,5 | 15,5 | -148/-146,5/1,5 |
| 11 | 190,9 | 1386,5 | 107,8 | 17,8 | -147,4/-146,1/1,3 |
| 10 | 206,8 | 1281,4 | 110,3 | 20,3 | -146,7/-145,8/0,9 |
| 9 | 222,7 | 1178,1 | 113,2 | 23,2 | -145,9/-145,3/0,6 |
| 8 | 238,6 | 1077,3 | 116,6 | 26,6 | -145,2/-144,7/0,5 |
| 7.145 | 252,2 | 993,5 | 120,0 | 30,0 | -144,5/-144,2/0,3 |
| 7 | 254,5 | 979,6 | 120,6 | 30,6 | -144,3/-144,1/0,2 |
| 6 | 270,4 | 886,3 | 125,3 | 35,3 | -143,5/143,35/0,15 |
| 5 | 286,3 | 798,7 | 131,0 | 41,0 | -142,5/-142,4/0,1 |
| 4.38 | 296,1 | 748,3 | 135,0 | 45,0 | -142/-142/0 (valor de referencia) |
| 4 | 302,2 | 719,2 | 137,8 | 47,8 | -141,7/-140,5/1,2 |
| 3 | 318,1 | 650,6 | 146,2 | 56,2 | -141,5/-136,1/5,4 |
| 2.7 | 322,9 | 632,7 | 150,0 | 60,0 | -141/-134/7 |
| 2 | 334,0 | 596,8 | 156,1 | 66,1 | -141,8/-133,4/8,4 |
| 1 | 349,9 | 562,1 | 167,6 | 77,6 | -143,1/-132,2/10,9 |
| 0 | 365,8 | 550,0 | 180 | 90 | -145,3/-131/14,3 |

Notas del Cuadro A7-3:

- 1) Cuando el nivel de DFP se ajusta al límite de la máscara de -142 dB (W/(m² × 4 kHz)) en un ángulo de elevación de 45°, los niveles de DFP correspondientes a todos los demás ángulos de elevación se hallan por debajo de la máscara.
- 2) El nivel máximo de DFP es -141 dB (W/(m² × 4 kHz)) en un ángulo de elevación de 60°, es decir, un valor situado 7 dB por debajo del nivel de límite de la máscara de -134 dB (W/(m² × 4 kHz)).

6.4.2.14 Examinar las características de la antena y el receptor de a bordo del sistema de intercambio de datos en VHF

Las características de la antena y el receptor de a bordo se toman en consideración, junto con los niveles de densidad de flujo de potencia radiada del satélite, para determinar el rendimiento del modelo de enlace descendente de satélite VDES.

6.4.2.15 Especificar las características de la antena de a bordo del sistema de intercambio de datos en VHF

Las antenas de a bordo disponibles constan de elementos de dipolo vertical apilados de diferentes longitudes y valores de ganancia (véase la Fig. A7-3 de la sección 5.3 *supra*). Este análisis parte de una antena de 0 dBd, por ser la que posee la mejor calidad de funcionamiento en los ángulos de elevación necesarios para la detección por satélite.

6.4.2.16 Determinar las características del receptor de a bordo del sistema de intercambio de datos en VHF

Con objeto de determinar un valor de referencia de C/N (relación portadora/ruido) para el modelo de receptor VDES de a bordo, cabe tomar en consideración las características del receptor VDES de a bordo y los niveles de coordinación para el servicio terrenal, así como los parámetros que figura en el Cuadro A7-4 *infra*.

CUADRO A7-4

Parámetros para evaluar los niveles de coordinación del UIT-R y calcular la C/N en un receptor VDES

Potencia recibida (con respecto a la antena receptora) por un receptor VHF de a bordo (el canal de referencia es de 25 kHz):

Potencia recibida (fórmula lineal): $P_r = GE^2c^2/480\pi^2f^2$, siendo

G = ganancia de una antena dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) = 1,64

E = intensidad de campo = 4×10^{-6} V/m ($4 \mu\text{V/m} = +12 \text{ dB}\mu$)

c = velocidad de la luz en el espacio libre = 3×10^8 m/s

f = frecuencia del enlace descendente del VDES = $161,9 \times 10^6$ (161,9 MHz)

λ = 1,852 m (a 161,9 MHz)

$P_r = 19,02 \times 10^{-15}$ W = -137,2 dBW = -107,2 dBm

La fórmula logarítmica también puede utilizarse para calcular P_r (dBm):

P_r (dBm) = $42,8 - 20\log F + 20\log E + G$, siendo

G = ganancia de la antena en dBi = 2,1 dBi (2,1 dB con respecto a una antena isotrópica)

F = frecuencia en MHz = 161,9

P_r (dBm) = $42,8 - 44,1 - 108 + 2,1 = -107,2$ dBm (-137,2 dBW)

DFP = dB(E) - 153,72 = $12 - 153,72 = -141,72$ dB(W/(m² x 4 kHz)) de una fuente con polarización vertical

A_e = área efectiva de una antena dipolo = $0,13\lambda^2 = 0,446$ m²

P_r (canal de 25 kHz) = DFP + $10\log A_e + 10\log(25/4) = -141,7 - 3,5 + 8 = -137,2$ dBW = -107,2 dBm

Potencia recibida por un receptor VHF de a bordo (el canal de referencia es de 150 kHz):

Ruido de fondo en una anchura de banda de 150 kHz: $kTB = 10\log((1,38 \times 10^{-23})(290)(150 \times 10^3)) = -152,2$ dBW

Potencia de la portadora recibida (referencia) en una anchura de banda de 150 kHz: $C = 10\log((19,02 \times 10^{-15})(150/25)) = -129,4$ dBW

CUADRO A7-4 (*fin*)

Al aplicar los ajustes relativos a la pérdida en el cable (2dB) y el factor de ruido del receptor (4 dB), la C/N se calcula como sigue:

C/N (en una anchura de banda de 150 kHz): $C/N_{ref} = (-129,4-2) - (-152,2 +4) = 16,8$ dB (antena receptora de 0 dBd, 00 de elevación)

NOTA: Estos cálculos sirven para confirmar la aplicabilidad de los parámetros y niveles de referencia.

6.4.2.17 Determinar los valores de la relación portadora ruido frente al ángulo de elevación para el receptor de a bordo del sistema de intercambio de datos en VHF

De acuerdo con el nivel de referencia de C/N (C/N_{ref}) del Cuadro A7-4, cabe determinar la C/N para los valores de DFP y los ángulos de elevación que figuran en el Cuadro A7-3, teniendo en cuenta los valores de ganancia angular de la antena de a bordo para la antena de 0 dBd de la Fig. A7-3. En lo que atañe a esta antena, $G_a = 2,1$ dBi en un ángulo de elevación de 0° .

$C/N = C/N_{ref} - (-142 - DFP - (2,1 - G_a))$, siendo G_a = ganancia de la antena de a bordo en el ángulo de elevación.

- En un ángulo de elevación de 0° , $C/N = 16,8 - (-142 - (-153,2) - (2,1-2,1)) = 5,6$ dB
- En un ángulo de elevación de 10° , $C/N = 16,8 - (-142 - (-149,7) - (2,1-1,9)) = 8,9$ dB
- En un ángulo de elevación de 30° , $C/N = 16,8 - (-142 - (-144,5) - (2,1-(-0,3))) = 11,9$ dB
- En un ángulo de elevación de 45° , $C/N = 16,8 - (-142 - (-142) - (2,1-(-3,5))) = 11,2$ dB
- En un ángulo de elevación de 60° , $C/N = 16,8 - (-142 - (-141) - (2,1 - (-7,6))) = 8,1$ dB
- En un ángulo de elevación de 90° , $C/N = 16,8 - (-142 - (-145,3) - (2,1-(-11,6))) = -0,2$ dB

Los valores de C/N para los ángulos de elevación comprendidos entre 0^0 y 90^0 figuran en el Cuadro A7-5 *infra*.

CUADRO A7-5

Relación portadora/ruido y densidad de flujo de potencia para distintos ángulos de elevación

| Ángulo orbital (grados) | Tiempo transcurrido desde el horizonte (segundos) | Distancia oblicua (km) | Ángulo de elevación (grados) | DFP (real/máscara/margen, en dB(W/(m ² x 4 kHz))) | C/N Receptor de a bordo (dB) |
|-------------------------|---|------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| 23 | 0 | 2703,6 | 0 | -153,2/-149/4,2 | 5,6 |
| 22 | 15,9 | 2592,7 | 0,5 | -152,8/-148,9/3,9 | 6 |
| 21 | 31,8 | 2481,6 | 1,0 | -152,4/-148,8/3,6 | 6,4 |
| 20 | 47,7 | 2370,5 | 3,2 | -152/-148,5/3,5 | 6,8 |
| 19 | 63,6 | 2259,6 | 4,4 | -151,6/-148,3/3,3 | 7,2 |
| 18 | 79,5 | 2148,8 | 5,6 | -151,2/-148,1/3,1 | 7,6 |
| 17 | 95,4 | 2038,3 | 7,0 | -150,7/-147,9/2,8 | 8 |
| 16 | 111,3 | 1928,1 | 8,4 | -150,2/-147,7/2,5 | 8,5 |
| 15 | 127,2 | 1818,4 | 10,0 | -149,7/-147,4/2,3 | 8,9 |
| 14 | 143,1 | 1709,2 | 11,6 | -149,2/-147,1/2,1 | 9,4 |
| 13 | 159,0 | 1600,6 | 13,5 | -148,6/-146,8/1,8 | 9,7 |

| Ángulo orbital (grados) | Tiempo transcurrido desde el horizonte (segundos) | Distancia oblicua (km) | Ángulo de elevación (grados) | DFP (real/máscara/margen, en dB(W/(m ² x 4 kHz))) | C/N Receptor de a bordo (dB) |
|-------------------------|---|------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| 12 | 175,0 | 1493,0 | 15,5 | -148/-146,5/1,5 | 10,2 |
| 11 | 190,9 | 1386,5 | 17,8 | -147,4/-146,1/1,3 | 10,8 |
| 10 | 206,8 | 1281,4 | 20,3 | -146,7/-145,8/0,9 | 10,9 |
| 9 | 222,7 | 1178,1 | 23,2 | -145,9/-145,3/0,6 | 11,5 |
| 8 | 238,6 | 1077,3 | 26,6 | -145,2/-144,7/0,5 | 11,8 |
| 7,145 | 252,2 | 993,5 | 30,0 | -144,5/-144,2/0,3 | 11,9 |
| 7 | 254,5 | 979,6 | 30,6 | -144,3/-144,1/0,2 | 11,9 |
| 6 | 270,4 | 886,3 | 35,3 | -143,5/143,35/0,15 | 11,9 |
| 5 | 286,3 | 798,7 | 41,0 | -142,5/-142,4/0,1 | 11,7 |
| 4,38 | 296,1 | 748,3 | 45,0 | -142/-142/0 (valor de referencia) | 11,2 |
| 4 | 302,2 | 719,2 | 47,8 | -141,7/-140,5/1,2 | 11,0 |
| 3 | 318,1 | 650,6 | 56,2 | -141,5/-136,1/5,4 | 8,6 |
| 2,7 | 322,9 | 632,7 | 60,0 | -141/-134/7 | 8,1 |
| 2 | 334,0 | 596,8 | 66,1 | -141,8/-133,4/8,4 | 4,4 |
| 1 | 349,9 | 562,1 | 77,6 | -143,1/-132,2/10,9 | 2,4 |
| 0 | 365,8 | 550,0 | 90 | -145,3/-131/14,3 | -0,2 |

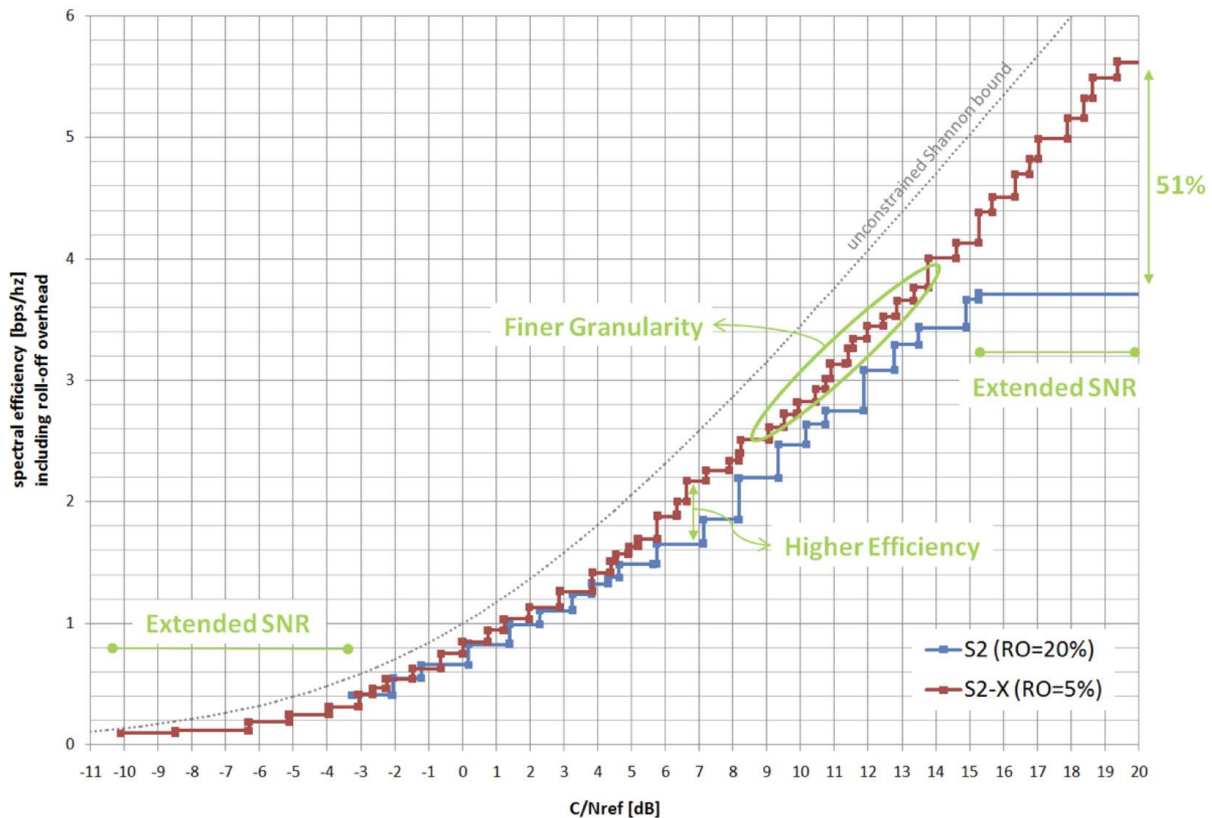
6.4.2.18 Determinar la velocidad de datos para ángulos de elevación de entre 0° y 60° mediante el uso de las normas sobre radiodifusión de vídeo digital por satélite

Las normas en materia de radiodifusión de vídeo digital por satélite (DVB-S) tienen por objeto permitir el máximo aprovechamiento de la anchura de banda disponible con una relación portadora/ruido de baja a moderada. Las eficiencias espectrales fruto de las normas DVB-S2X y DVB-S2 se muestran en la Fig. A7-9 *infra*.

La norma DVB-S2X se fundamenta en la consagrada especificación DVB-S2, utiliza el potente y empírico esquema de LDPC FEC, en combinación con el BCH FEC como código externo, e introduce los siguientes elementos adicionales:

- porcentajes de caída más bajos del 5% y el 10% (más el 20%, el 25% y el 35% en la norma DVB-S2);
- una gradación más exacta y una ampliación del número de esquemas de modulación y codificación;
- nuevas opciones de constelación para los canales lineales y no lineales;
- más opciones de aleatorización para las situaciones críticas de interferencia en el mismo canal;
- agrupaciones de canales de hasta 3 canales;
- apoyo al funcionamiento con una SNR muy baja, de hasta -10 dB, y
- la opción de supertrama.

FIGURA A7-9
Resultados de las normas DVB-S2X y DVB-S2



6.4.2.19 Conclusión

De la Fig. A7-9 *supra* se colige que, al aplicar el sistema de transmisión estipulado en la norma DVB-S2X al enlace descendente del satélite VDES, se obtiene una eficiencia espectral de 1,6 bps/Hz y una velocidad de datos de 240 kbits/s en una anchura de banda 150 kHz para una $C/N \geq 5$ dB, lo cual, de acuerdo con el Cuadro A7-5, incluye ángulos de elevación de 0° a 60° .

7 Predicciones relativas al alcance de la propagación de los enlaces terrenales del sistema de intercambio de datos en VHF

7.1 Introducción

El presente Anexo reviste un carácter informativo. Las excelentes características de propagación del SIA están bien arraigadas y cuentan con un amplio reconocimiento. Se espera que el ASM tenga un funcionamiento similar al del SIA. A continuación, se detallan las predicciones relativas al alcance de la propagación de los enlaces VDE de barco a costa y de costa a barco de 100 kHz.

7.1.1 Aplicación de barco a costa

7.1.1.1 Bases para la evaluación de la cobertura

La presente evaluación la cobertura se basa en la Recomendación UIT-R P.1546-5 (en el supuesto de que no se trate de propagación por conductos), habida cuenta la altura de la antena y del trayecto de propagación marítimo:

| | |
|---|---|
| Altura de la antena (estación de base): | 75 m (véanse las distintas alturas en el gráfico) |
| Potencia del transmisor del barco: | 12,5 W |

| | |
|--|--|
| Ganancia de la antena transmisora del barco: | 2 dBi (0 dBd) |
| Ganancia de la antena receptora de la costa: | 8 dBi (6 dBd) |
| P_r : | -103 dBm (sensibilidad de la estación VDE de la costa) |

7.1.1.2 Finalidad de las curvas de propagación de la Recomendación UIT-R P.1546-5

En la Recomendación UIT-R P.1546-5 se prescribe el uso de las curvas de propagación (véase el § 3 del Anexo 5 y la Fig. 4 del Anexo 2 a la Recomendación UIT-R P.1546-5, así como las Figs A7-10 y A7-11 del presente Anexo), en el supuesto de que no se trate de propagación por conductos y de que la superficie terrestre/marítima sea lisa. Este análisis puede servir como punto de referencia para la realización de mediciones de prueba sobre el terreno, que suelen incluir algunos conductos, en función del clima, las condiciones atmosféricas y otros factores.

7.1.1.3 Determinar la altura de la antena transmisora/de base, h_1

En la Recomendación UIT-R P.1546-5 se especifica la altura de la antena transmisora/de base, h_1 , que se ha de utilizar en el cálculo, dependiendo del tipo y la longitud del trayecto (véase el §3 del Anexo 5). En el caso de trayectos marítimos, h_1 es la altura de la antena sobre el nivel del mar; en el caso de trayectos terrestres, h_1 es la altura por encima del nivel medio del terreno.

Nota: La altura de antena de referencia para una estación de barco, h_2 , es 10 m.

7.1.1.4 Determinar la intensidad de campo mínima (umbral de sensibilidad) en el emplazamiento de recepción de la base de intercambio de datos en VHF

Para las comunicaciones de barco a costa:

Potencia recibida (fórmula lineal): $P_r = G_r E_r^2 c^2 / 480 \pi^2 f^2$

Reorganizado: $E_r = \sqrt{(480 \pi^2 f^2 P_r / G_r c^2)}$, siendo

E_r = intensidad de campo en V/m

G_r = ganancia de la antena receptora = 6,3 = 8 dBi

c = velocidad de la luz en el espacio abierto = 3×10^8 m/s

f = frecuencia del VDE de barco a costa = $1,57 \times 10^8$ (157 MHz)

$P_r = 5 \times 10^{-14}$ watts = -133 dBW = -103 dBm

Por consiguiente,

$E_r = 3,21 \times 10^{-6} = 3,21 \mu\text{V/m} = +10,1\text{dB} \mu\text{V/m}$

La fórmula logarítmica también puede utilizarse para calcular P_r (dBm):

P_r (dBm) = $42,8 - 20 \log F + 20 \log E + G$, siendo

G = ganancia de la antena en dBi = 8 dBi

F = frecuencia en MHz = 157

P_r (dBm) = $42,8 - 43,9 - 109,9 + 8 = -103$ dBm (-133 dBW)

7.1.1.5 Determinar la distancia al límite de cobertura +10,1 dB μ (-103 dBm) para un trayecto de propagación marítimo

Cálculo de la potencia radiada aparente (p.r.a.):

$P_s = P_t + G$

$P_t = 10 \log 12,5 - 30 = -19$ dBkW (19 dB por debajo de 1 kW)

$G = 2 \text{ dBi} = +0 \text{ dBd}$ (0 dB con respecto a una antena dipolo)

Por consiguiente $P_s = -19 + 0 = -19 \text{ dBkW}$ p.r.a.

$F_e = F - P_s$ (escala vertical de referencia para el gráfico de propagación de la Fig. A7-10)

$F = +10,1 \text{ dB}\mu$

$P_s = -19 \text{ dBkW}$

Por consiguiente $F_e = 10,1 - (-19) = +29,1 \text{ dB}$

7.1.1.6 Determinar el alcance de la cobertura de barco a costa por trayecto marítimo de la Fig. A7-10

El alcance $+10,1 \text{ dB}\mu$ (-103 dBm) asciende a 85 km, a saber, 46 millas náuticas ($h_1 = 75 \text{ m}$).

7.1.1.7 Determinar los valores de información de la intensidad de campo de la señal recibida respecto de otras distancias

En el párrafo anterior, se determina el punto de referencia, a saber: información de la intensidad de campo de la señal recibida (RSSI) = -103 dBm a una distancia de 85 km (46 millas náuticas). Con respecto a otras distancias, el valor de RSSI se determina a partir de la curva de propagación (véase la Fig. A7-10) para una altura de antena supuesta de 75 m. Los valores de RSSI en incrementos de 10 dB por encima del umbral de sensibilidad figuran en el Cuadro A7-6 *infra*.

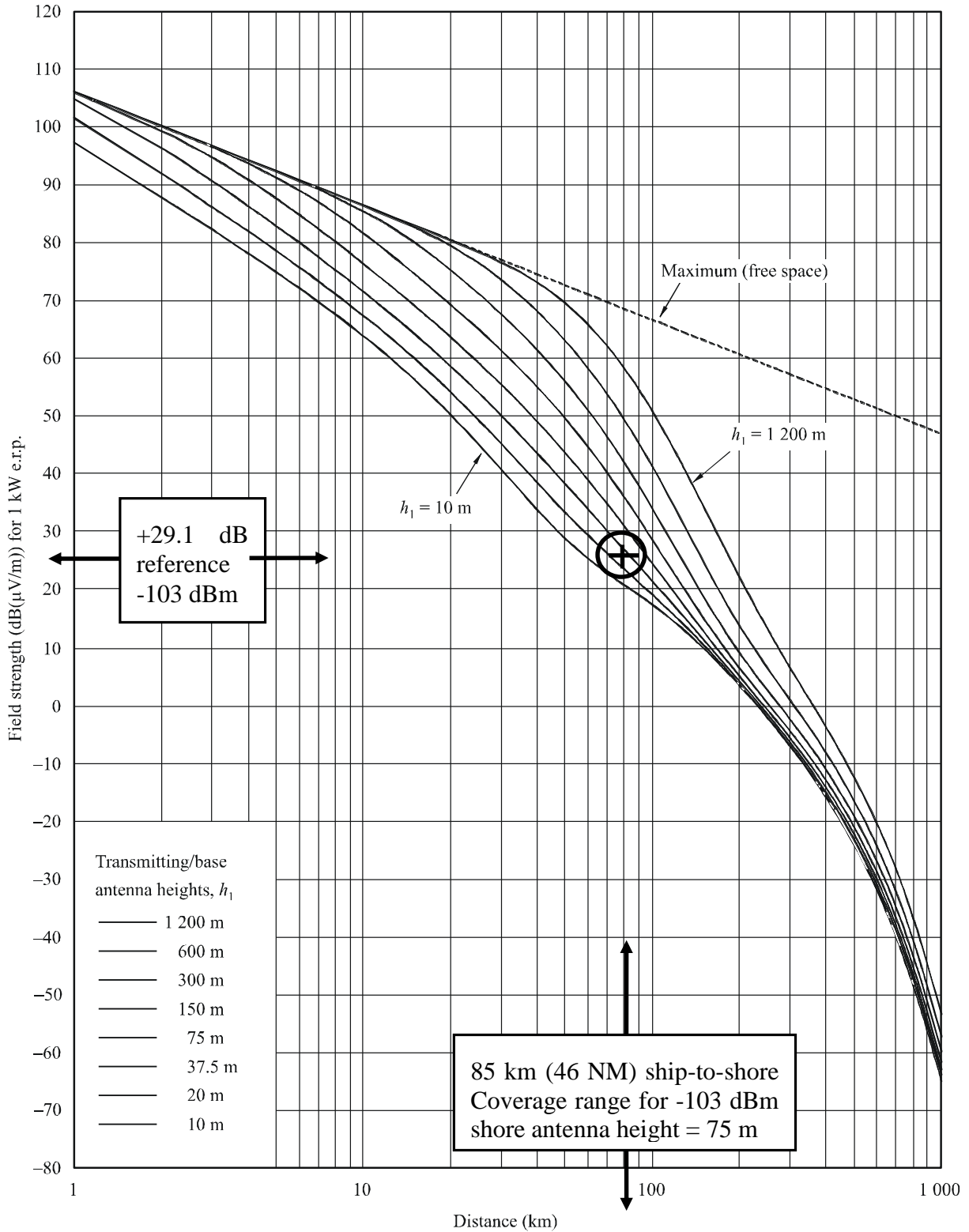
CUADRO A7-6

Valor de información de la intensidad de campo de la señal recibida en la estación de base de intercambio de datos en VHF frente a la distancia de barco a costa

| | |
|----------|----------------------------|
| -103 dBm | 85 km (46 millas náuticas) |
| -93 dBm | 60 km |
| -83 dBm | 40 km |
| -73 dBm | 25 km |
| -63 dBm | 15 km |
| -53 dBm | 8 km |
| -43 dBm | 4.5 km |

FIGURA A7-10

100 MHz, sea path, 50% time



50% of locations

$h_2 = 10$ m

1546-04

7.1.2 Aplicación de costa a barco

7.1.2.1 Bases para la evaluación de la cobertura

Respecto de la sección 2 *supra*, cabe considerar los niveles de la señal en dirección inversa, es decir, de costa a barco, en el emplazamiento de recepción de la nave, con un transmisor en la costa cuya potencia sea de 50 W y una frecuencia de costa a barco de 162 MHz:

| | |
|--|---|
| Altura de la antena (estación de base VDES): | 75 m (véanse las distintas alturas en el gráfico) |
| Potencia del transmisor VDES en la costa: | 50 W (en la base de la antena de la costa) |
| Ganancia de la antena transmisora de la costa: | 8 dBi (6 dBd) |
| Ganancia de la antena receptora del barco: | 2 dBi (0 dBd) |
| P_r : | -98 dBm (sensibilidad de la estación VDE del barco) |

7.1.2.2 Determinar la intensidad de campo mínima (umbral de sensibilidad) en el emplazamiento de recepción de intercambio de datos en VHF del barco

Para las comunicaciones de costa a barco:

Potencia recibida (fórmula lineal): $P_r = G_r E_r^2 c^2 / 480 \pi^2 f^2$

Reorganizado: $E_r = \sqrt{(480 \pi^2 f^2 P_r / G_r c^2)}$, siendo

E_r = intensidad de campo en V/m

G_r = ganancia de la antena receptora = 1,62 = 2,1 dBi

c = velocidad de la luz en el espacio abierto = 3×10^8 m/s

f = frecuencia del VDE de costa a barco = $1,62 \times 10^8$ (162 MHz)

$P_r = 1,58 \times 10^{-13}$ W = -128 dBW = -98 dBm

Por consiguiente, $E_r = 11,61 \times 10^{-6}$ V/m = 11,61 μ V/m = +21,3 dB μ V/m

La fórmula logarítmica también puede utilizarse para calcular P_r (dBm):

P_r (dBm) = 42,8 - 20logF + 20logE + G, siendo

G = ganancia de la antena en dBi = 2,1 dBi

F = frecuencia en MHz = 162

P_r (dBm) = 42,8 - 44,1 - 98,7 + 2,1 = -98 dBm (-128 dBW)

7.1.2.3 Determinar la distancia al límite de cobertura +21.3 dB μ (-98 dBm) para un trayecto de propagación marítimo

Cálculo de la potencia radiada aparente:

$P_s = P_t + G$

$P_t = 10 \log 50 - 30 = -13$ dBkW (13 dB por encima de 1 kW)

G = 8 dBi = +6 dBd (6 dB con respecto a una antena dipolo)

Por consiguiente $P_s = -13 + 6 = -7$ dBkW p.r.a.

$F_e = F - P_s$ (escala vertical de referencia para el gráfico de propagación de la Fig. A7-11)

F = +21,3 dB μ

$P_s = -7$ dBkW

Por consiguiente $F_e = 21,3 - (-7) = +28,3$ dB

Nota: Este valor de F_e tiene un margen de 1 dB respecto del valor calculado en la sección 7.1.1.5, debido a que la reducida sensibilidad de la estación del barco se ve compensada por una potencia y una ganancia de antena superiores en la estación de base de la costa.

7.1.2.4 Determinar el alcance de la cobertura de costa a barco por trayecto marítimo de la Fig. A7-11

El alcance +28,3 dB μ (-98 dBm) asciende a 85 km, a saber, 46 millas náuticas ($h_1 = 75$ m). La distancia es idéntica a la del alcance de la cobertura de barco a costa, por tanto, se obtiene una cobertura bidireccional equilibrada e ideal, que confirma las opciones propuestas con respecto a los valores de potencia de las antenas y el transmisor de las estaciones VDE situadas en los barcos y en la costa.

7.1.2.5 Determinar los valores de información de la intensidad de campo de la señal recibida respecto de otras distancias

En la sección 7.1.1.6 *supra*, se determina el punto de referencia, a saber: RSSI = -98 dBm a una distancia de 85 km (46 millas náuticas). Con respecto a otras distancias, el valor de RSSI se determina a partir de la curva de propagación (véase la Fig. A7-11) para una altura de antena supuesta de 75 m. Los valores de RSSI en incrementos de 10 dB por encima y por debajo del umbral de sensibilidad de -98 dBm para el receptor VDE de a bordo figuran en el Cuadro A7-7 *infra*.

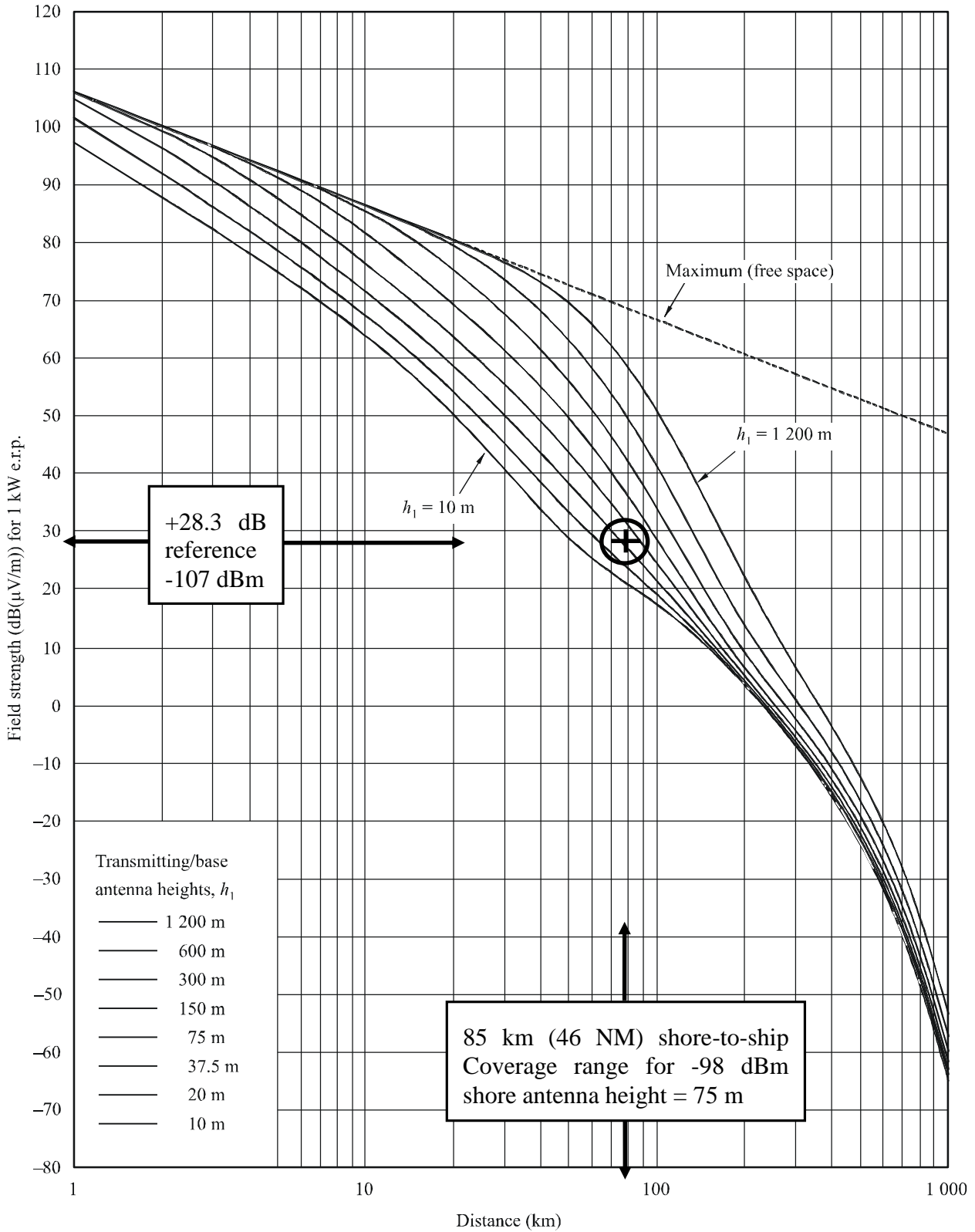
CUADRO A7-7

Valor de información de la intensidad de campo de la señal recibida en la estación de intercambio de datos en VHF del barco frente a la distancia de costa a barco

| | |
|----------|----------------------------|
| -118 dBm | 170 km |
| -108 dBm | 130 km |
| -98 dBm | 85 km (46 millas náuticas) |
| -88 dBm | 60 km |
| -78 dBm | 40 km |

FIGURA A7-11

100 MHz, sea path, 50% time



50% of locations

$h_2 = 10\text{ m}$

8 Ejemplo de implantación del enlace descendente de satélite de intercambio de datos en VHF y análisis del mismo

8.1 Introducción

En el presente Anexo informativo se facilita un ejemplo de implantación del componente de enlace descendente del satélite de intercambio de datos en VHF (VDE-SAT) y se presentan los resultados obtenidos.

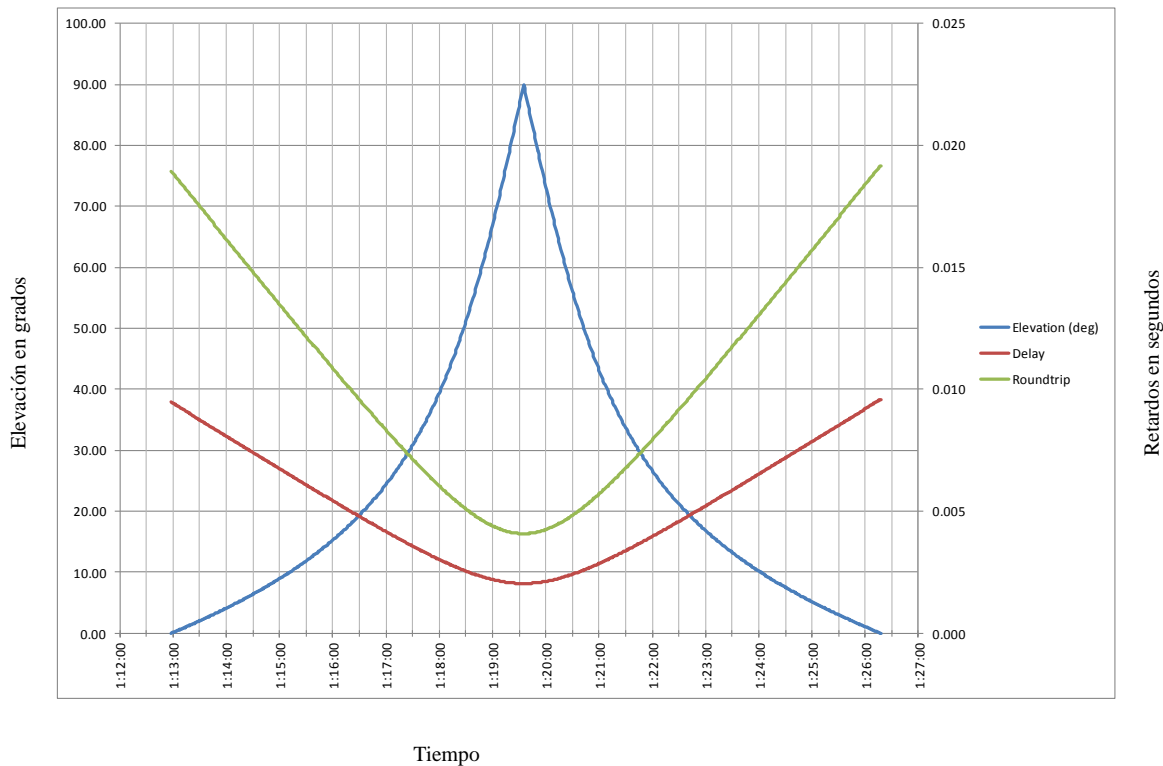
8.2 Características orbitales del satélite de intercambio de datos en VHF

El vehículo espacial recorre una órbita circular de 600 km y 68° de inclinación, de conformidad con la normativa en materia de desechos orbitales y retiro seguro de la órbita una vez concluida la vida útil del vehículo en cuestión. El satélite cuenta con mecanismos de control de actitud, a fin de garantizar que la antena sea estable y apunte en dirección al nadir (es decir, en dirección del satélite a la Tierra).

De acuerdo con las consideraciones que anteceden, la Fig. A7-12 muestra la elevación (eje izquierdo) del vehículo espacial en función del tiempo, tal y como lo vería un terminal en tierra durante su paso por la vertical. En el eje derecho de la misma figura se representa el retardo de la señal.

FIGURA A7-12

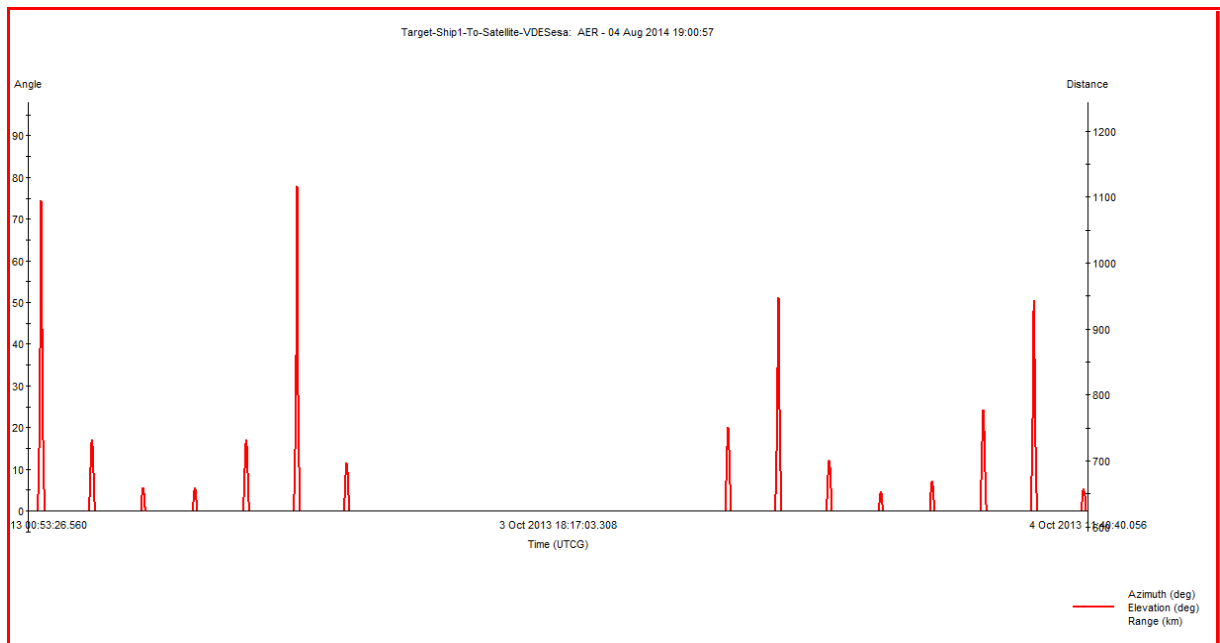
Elevación del satélite y retardo de la señal en la órbita seleccionada como función de tiempo



De conformidad con la Fig. A7-12, el satélite se halla en un ángulo de elevación superior a 30° durante unos 4 minutos y en un ángulo de elevación inferior a 30° durante 9 minutos, desde la adquisición de la señal (AOS) hasta la pérdida de señal (LOS), en un recorrido de aproximadamente 13 minutos de duración. El retardo de ida y vuelta oscila entre 19 ms en el punto más bajo y 4 ms en el cenit (es decir, 90°). Durante ese recorrido, el desplazamiento Doppler varía entre $-3,73$ kHz y $+3,73$ kHz, y la variación Doppler asciende a 47 Hz/s en su punto álgido.

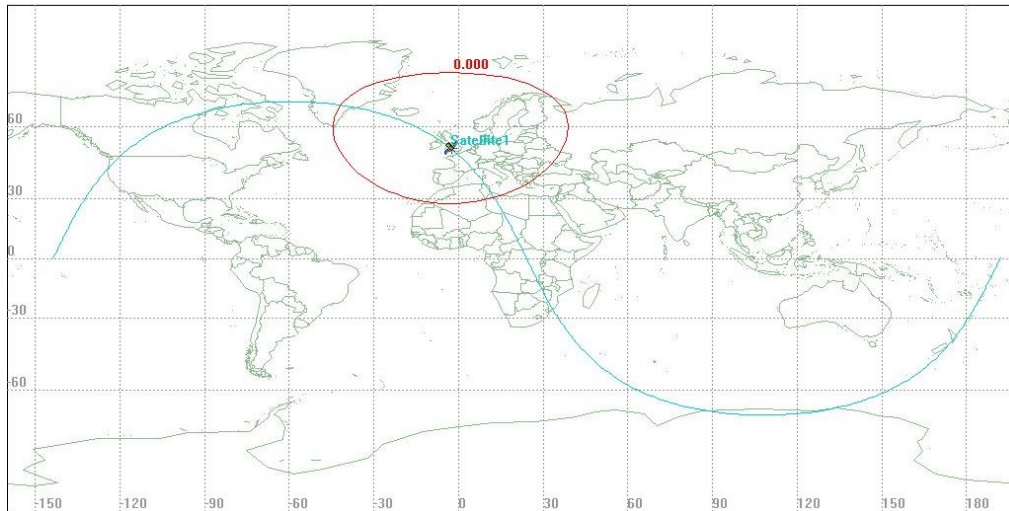
FIGURA A7-13

Esquema de elevación del recorrido del satélite por la órbita seleccionada durante 24 horas



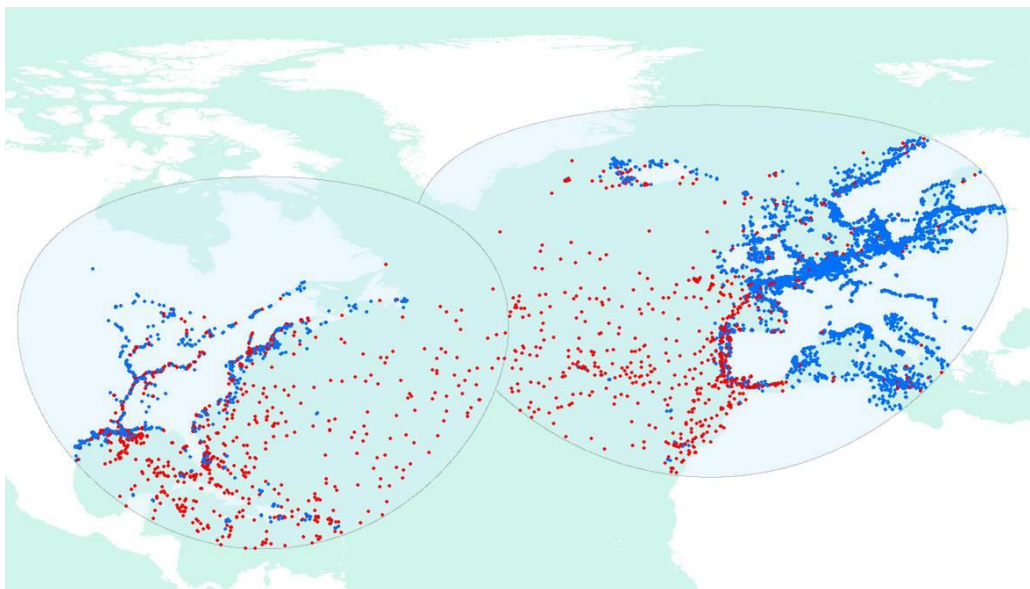
En la Fig. A7-13 se ilustra la elevación del satélite como una función de tiempo, tal como lo vería un terminal terreno en un emplazamiento fijo durante un periodo de 24 horas. Cabe observar que los periodos de contacto son cortos y bajos. En función de la latitud, la duración y el número de periodos de contacto pueden variar (la distancia se proporciona en km).

FIGURA A7-14
Campo de visión del satélite



En la Fig. A7-14 se muestra el campo de visión del satélite. El campo de visión del satélite abarca una amplia área geográfica desde cualquier punto de la órbita. En lo que respecta a dicha área, el cómputo instantáneo medio de barcos es de 22 000, respectivamente, como se evidencia en la Fig. A7-15. El recuento de barcos se lleva a cabo con arreglo a una combinación de datos de equipos de clase A del SIA, recibos por sistemas en tierra y satélites.

FIGURA A7-15
Campo de visión para el recuento instantáneo de naves



En la Fig. A7-15, las señales del SIA recibidas por las estaciones terrenales figuran en color azul y las recibidas por satélite se muestra en color rojo.

8.2.1 Características del enlace descendente del satélite de intercambio de datos en VHF

De conformidad con los datos expuestos en el Cuadro A4-1 del Anexo 4, la máscara de densidad de flujo de potencia que se ha de respetar es la siguiente:

$$PFD(\theta^\circ)_{(dBW/(m^2 * 4 \text{ kHz}))} = \begin{cases} -149 + 0,16 * \theta^\circ & 0^\circ \leq \theta < 45^\circ; \\ -142 + 0,53 * (\theta^\circ - 45^\circ) & 45^\circ \leq \theta < 60^\circ; \\ -134 + 0,1 * (\theta^\circ - 60^\circ) & 60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ. \end{cases}$$

siendo θ el ángulo de llegada de la onda incidente sobre el plano horizontal (en grados).

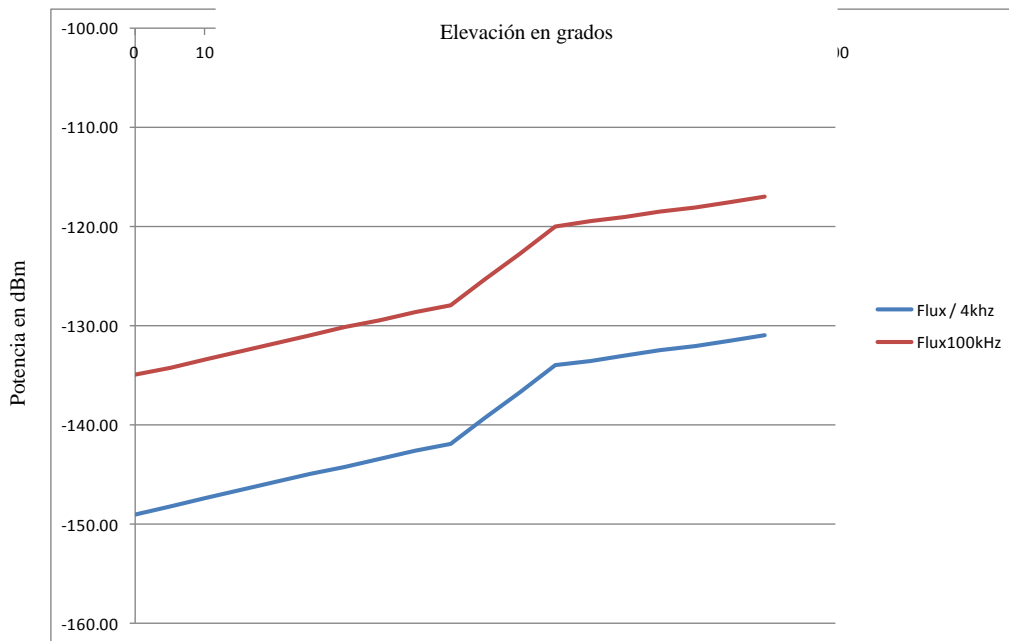
Dicha información se tabula como sigue:

CUADRO A7-8

Tabulación de la máscara de dfp

| | dBW | $\Delta = -36,0 \text{ dB}$ | $\Delta = +14,0 \text{ dB}$ |
|--------------|---------------------|---|---|
| Theta | Flujo /4 kHz | Flujo / 1 Hz | Flujo 100 kHz |
| 0 | -149,00 | -185,00 | -135,00 |
| 5 | -148,20 | -184,20 | -134,20 |
| 10 | -147,40 | -183,40 | -133,40 |
| 15 | -146,60 | -182,60 | -132,60 |
| 20 | -145,80 | -181,80 | -131,80 |
| 25 | -145,00 | -181,00 | -131,00 |
| 30 | -144,20 | -180,20 | -130,20 |
| 35 | -143,40 | -179,40 | -129,40 |
| 40 | -142,60 | -178,60 | -128,60 |
| 45 | -142,00 | -178,00 | -128,00 |
| 50 | -139,35 | -175,35 | -125,35 |
| 55 | -136,70 | -172,70 | -122,70 |
| 60 | -134,00 | -170,00 | -120,00 |
| 65 | -133,50 | -169,50 | -119,50 |
| 70 | -133,00 | -169,00 | -119,00 |
| 75 | -132,50 | -168,50 | -118,50 |
| 80 | -132,00 | -168,00 | -118,00 |
| 85 | -131,50 | -167,50 | -117,50 |
| 90 | -131,00 | -167,00 | -117,00 |

FIGURA A7-16
Máscara de densidad de flujo de potencia



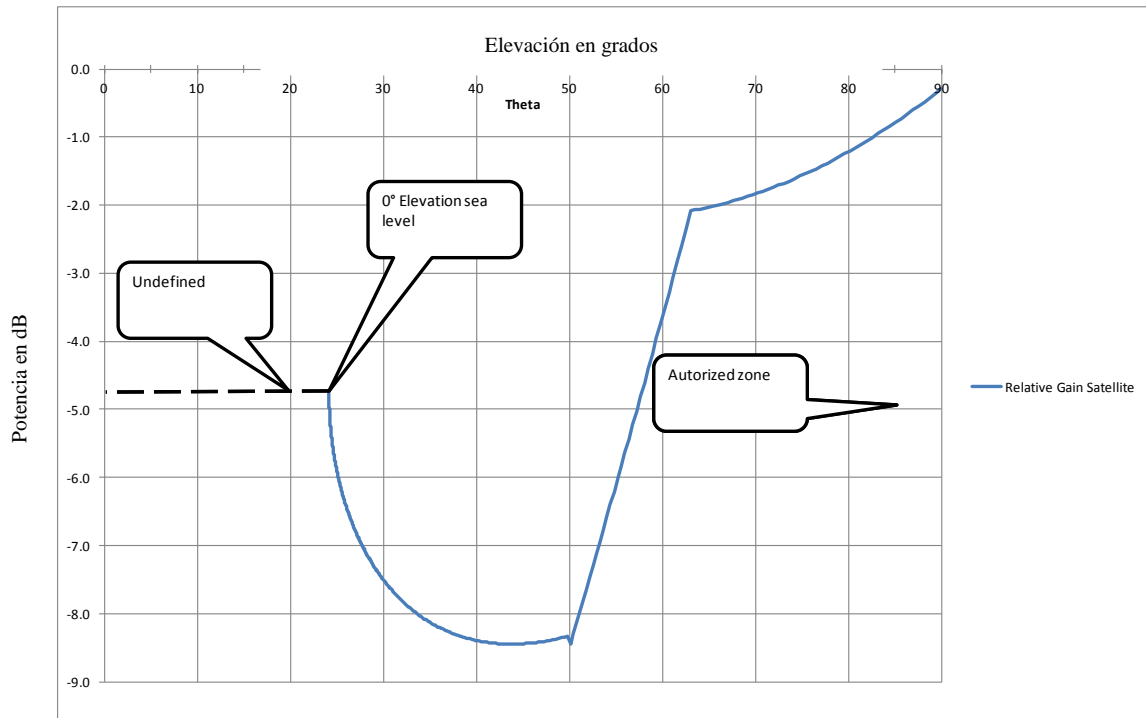
En la Fig. A7-16 se representa la máscara de DFP (en dBm), en función del ángulo de elevación, en anchuras de banda de referencia de 4 kHz y 100 kHz.

La máscara de p.i.r.e. correspondiente que visualiza el satélite equivale a una versión transformada de la máscara de DFP dictada por la disposición geométrica Tierra-satélite.

En la Fig. A7-17 se muestra la máscara de p.i.r.e., que es simétrica en dirección al nadir (ángulo de 90° en la figura).

FIGURA A7-17

Máscara de potencia isotropa radiada equivalente del satélite

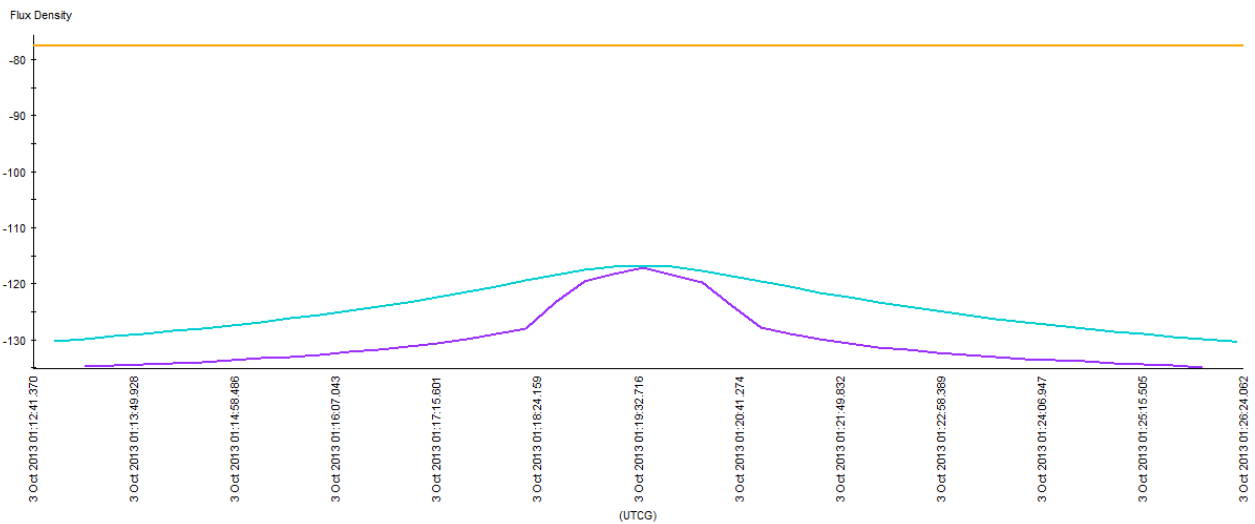


La curva violeta de la Fig. A7-18 representa la DFP en 100 kHz visualizada por un terminal en tierra durante el paso del satélite por la vertical, en el supuesto de que la señal de enlace descendente con polarización circular del satélite se ajuste a la máscara de p.i.r.e. de la Fig. A7-17. En la Fig. A7-18, la potencia de señal de un barco cercano (representado en amarillo) también constituye un punto de referencia. La línea verde representa la realización de una antena en el satélite compatible con la máscara de p.i.r.e.

FIGURA A7-18

Entrada de la portadora del receptor en una antena con una ganancia de 0 dB
Isoflujo y antena transmisora de satélite compensada + barco cercano

Target-Ship1-Receiver-VDEsimple-To-Satellite-VDESesa-Transmitter-VDESiso, Transmitter-VDESisoCorrected, Transmitter-VDESsimpleInterferer - 28 Jul 2014 00:52:57



8.2.2 Características del receptor de intercambio de datos en VHF por satélite

En el extremo del receptor, se considera que la temperatura del sistema del barco oscila entre 630 K (factor de ruido de 3 dB y pérdida en el cable de 2 dB) y 1500 K. Pueden producirse variaciones, sin embargo, no se espera que la temperatura del sistema caiga por debajo de 900 K en una instalación normalizada. La temperatura del sistema tiene en cuenta la fuente de ruido integrada en los diagramas de antena. Aún no se han añadido ciertos «ruidos industriales» a bordo, que se ignorarán en el resto del documento.

8.2.3 Antena receptora «ideal»

En aras de la exhaustividad, la máscara de la antena receptora, la cual permitiría que la señal recibida se mantuviese a un nivel de potencia constante en la entrada del receptor, se calcula y se muestra en función del ángulo de elevación en la Fig. A7-19.

FIGURA A7-19
Máscara de la antena receptora «ideal», el cenit es 90°

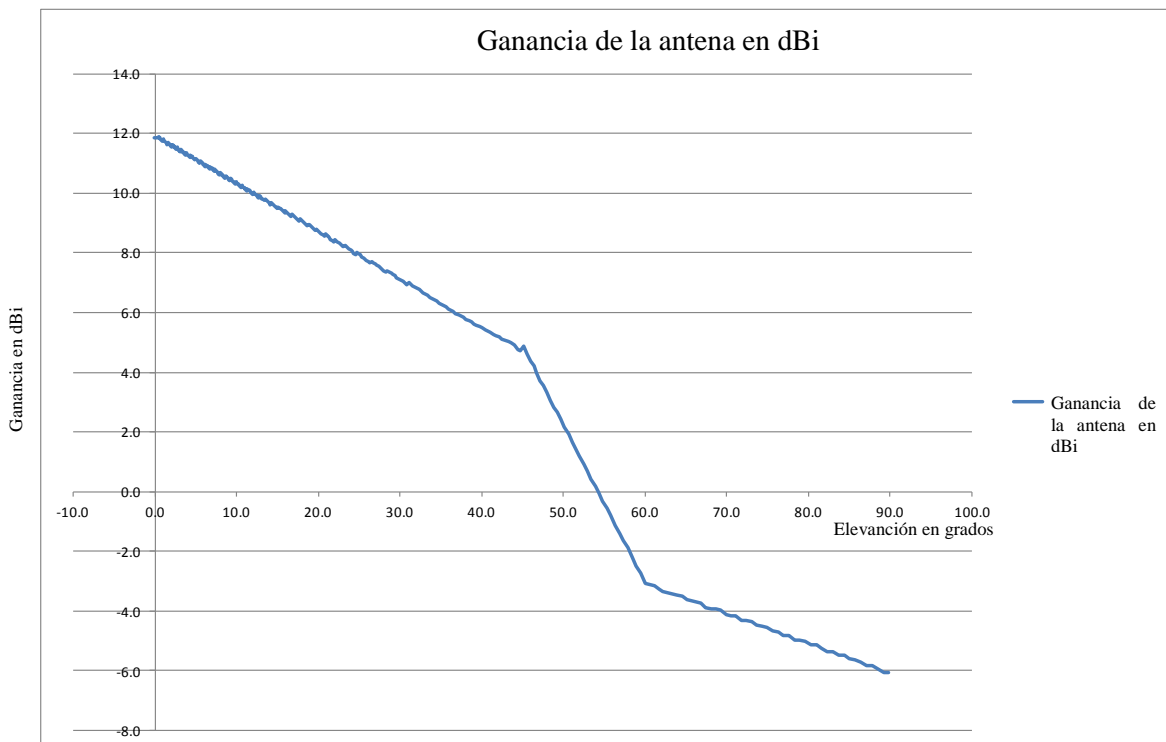
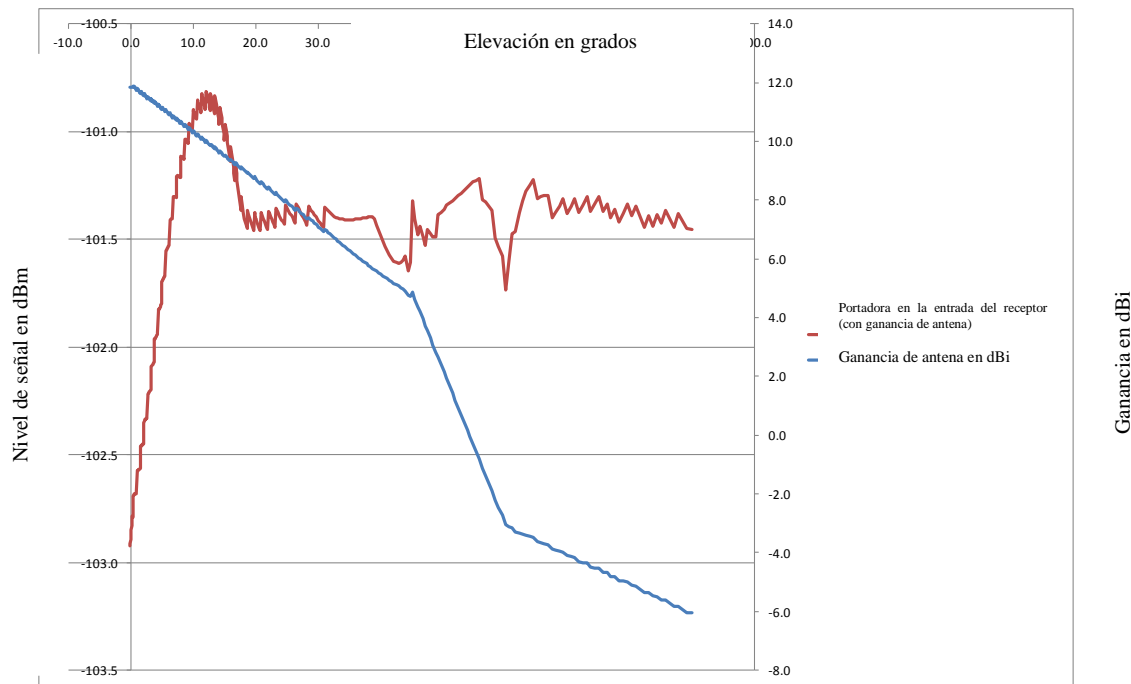


FIGURA A7-20

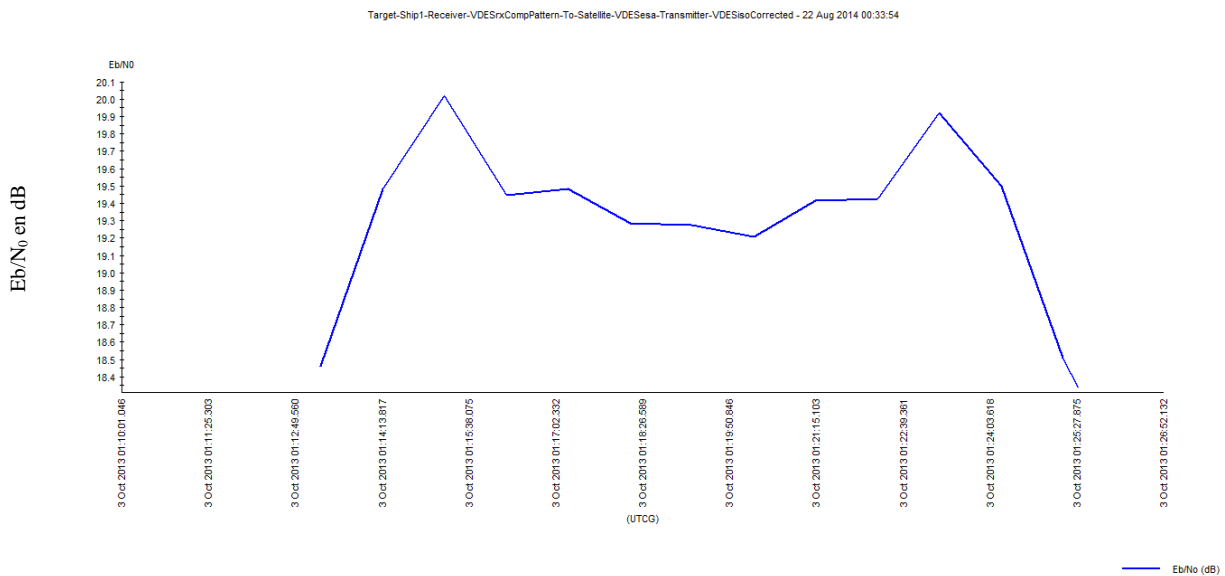
Potencia de la portadora recibida en un receptor con una antena «ideal»



En la Fig. A7-20 se muestra la potencia de la señal recibida (en dBm) en la entrada de un receptor con la antena receptora «ideal», en función del ángulo de elevación. El análisis del enlace se realiza mediante el uso de herramientas informáticas profesionales para las comunicaciones por satélite, que toman en consideración las degradaciones en la propagación de la señal.

No obstante, estas herramientas informáticas no tienen en cuenta la posible pérdida de intensidad de potencia en ángulos de elevación muy bajos ($<1^\circ$). La pérdida de potencia podría ascender a 6 dB, debido al carácter reflectante de la superficie marítima, sobre todo, con polarizaciones circulares u horizontales. Cabe señalar que la potencia de la señal en la entrada del receptor es de unos -101 dBm, una cifra 3 dB inferior a la sensibilidad estipulada en la Recomendación [UIT-R M.1842](#) para la MAQ-16 de las estaciones de barco.

FIGURA A7-21
Diagramas con E_b/N_0 compensada para antenas «ideales»



En la Fig. A7-21 se muestra la correspondiente E_b/N_0 , observada en la portadora de 100 kHz durante el paso del satélite por la vertical, para la antena «ideal».

8.2.4 Antena receptora realista

Se han tomado en consideración cuatro tipos de antena:

- El punto de 0 dBd del diagrama de antena de la Recomendación UIT-R F.1336 y la polarización vertical (antena 1).
- Una antena vertical de $1,25 \lambda$ (antena disponible en el mercado, cuyo diagrama se calcula cuando se instala en la parte superior del puente de un buque cisterna de 200 m de largo), con polarización vertical (antena 2).
- Una antena Turnstile para satélites, con polarización circular dextrógira (RHCP) (antena 3).
- Una antena hemisférica de 0 dBi de ganancia, con polarización vertical (antena 4).

Se han utilizado herramientas informáticas profesionales para las comunicaciones por satélite, a fin de realizar simulaciones encaminadas a determinar el nivel de potencia de la portadora en la entrada del receptor y calcular la E_b/N_0 en los siguientes casos:

- Paso por la vertical;
- Paso lateral;
- Paso lateral a muy baja altura.

En las secciones que figuran a continuación se presentan los resultados correspondientes a las distintas hipótesis.

8.2.4.1 Paso del satélite por la vertical

FIGURA A7-22

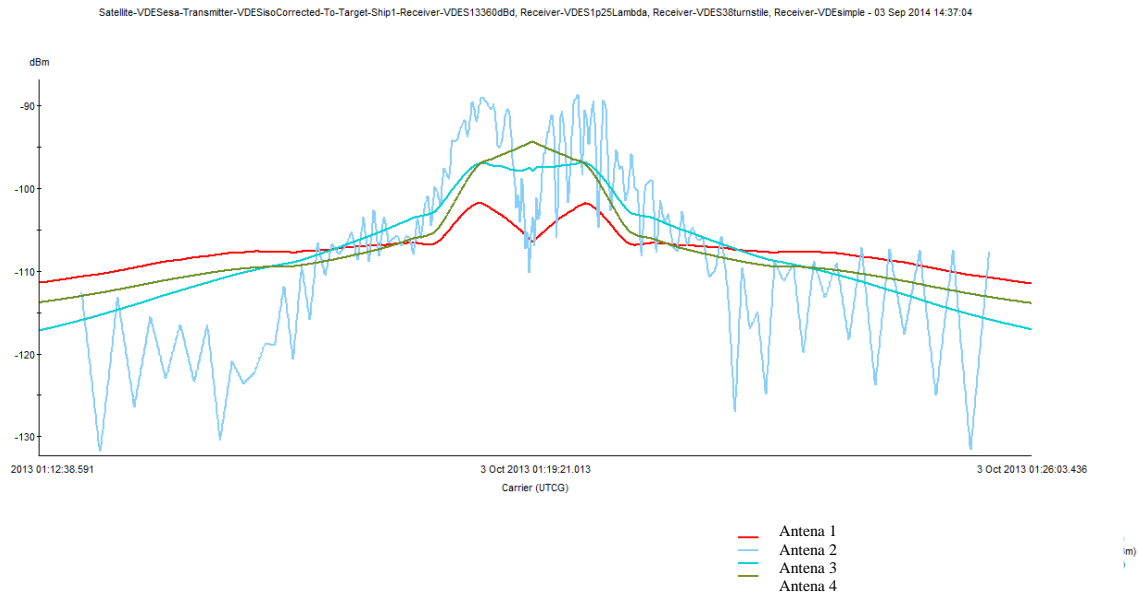
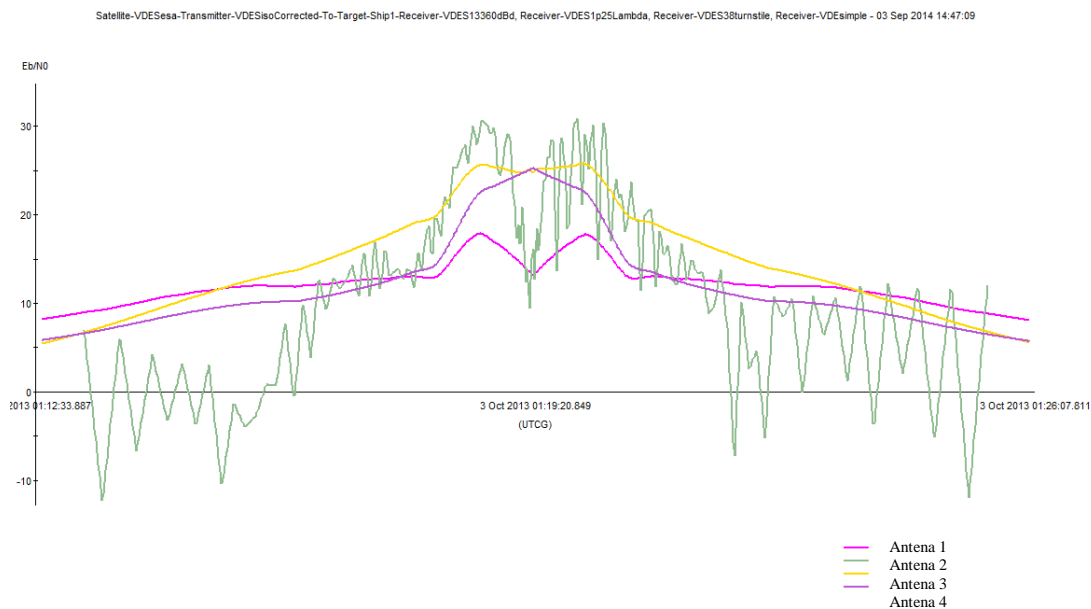
Paso del satélite por la vertical, nivel de la portadora en la entrada del receptor

FIGURA A7-23

Paso del satélite por la vertical, E_b/N_0 en la entrada del demodulador**8.2.4.2 Paso lateral del satélite**

En las siguientes figuras se representa la potencia de la señal y la correspondiente calidad de la señal, calculadas en E_b/N_0 , en el supuesto de que el paso haya tenido lugar a 16° de elevación. Debido a que la intensidad de la señal en el receptor varía con el tiempo (a causa de los cambios de elevación y distancia), la señal puede caer por debajo del umbral de detección.

El uso de una forma de onda altamente robusta (gracias a una combinación de modulación, codificación y estructura de trama) puede mejorar el rendimiento a expensas de la reducción del caudal de tráfico.

FIGURA A7-24

Nivel de la portadora en la entrada del receptor, paso lateral del satélite

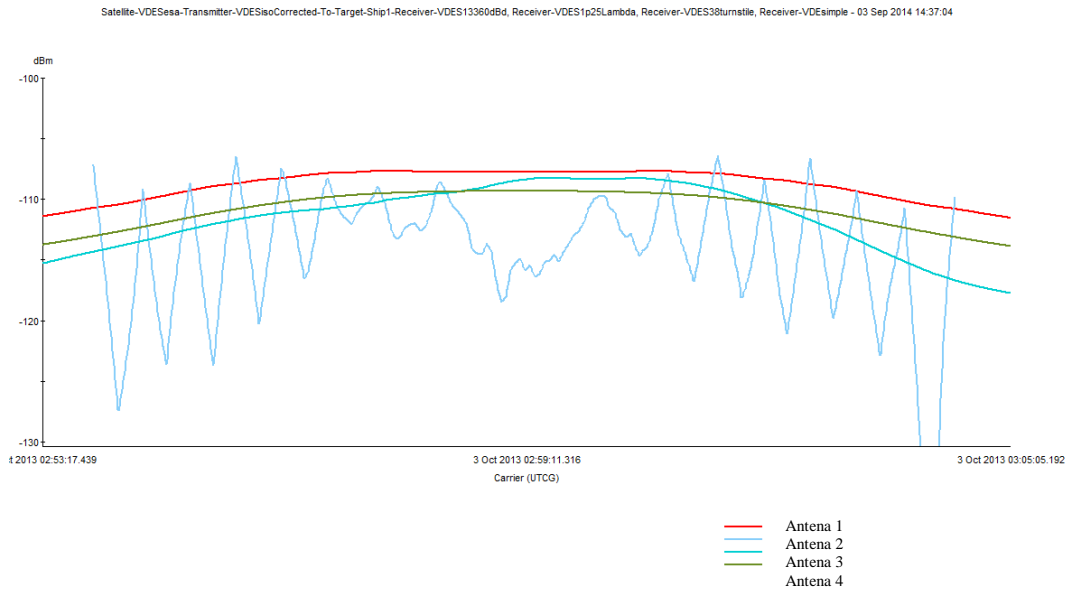
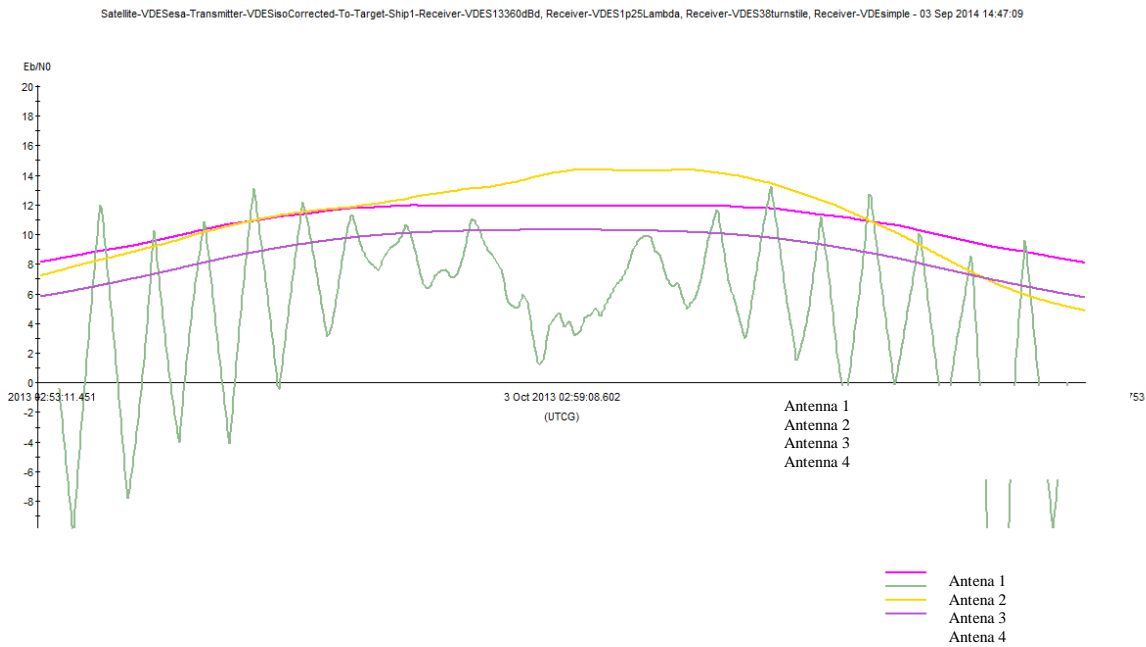


FIGURA A7-25

E_b/N_0 en la entrada del demodulador, paso lateral del satélite



8.2.4.3 Paso lateral del satélite a muy baja altura

En las siguientes figuras se presentan los resultados obtenidos con respecto a un paso lateral del satélite a muy baja altura (menos de 5° de elevación).

FIGURA A7-26

Nivel de la portadora en la entrada del receptor, paso lateral del satélite a muy baja altura

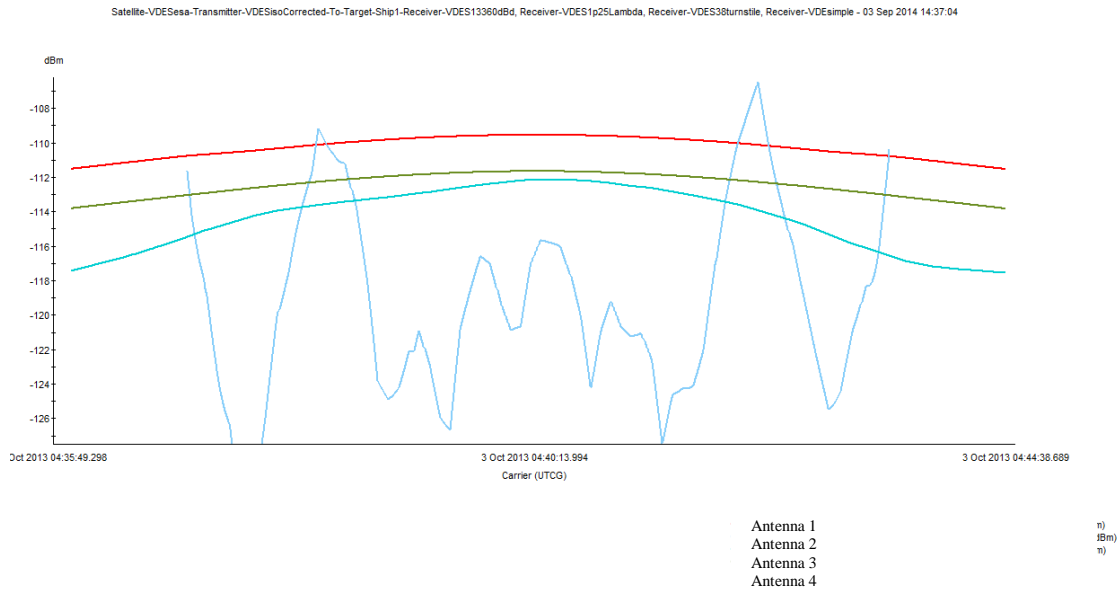
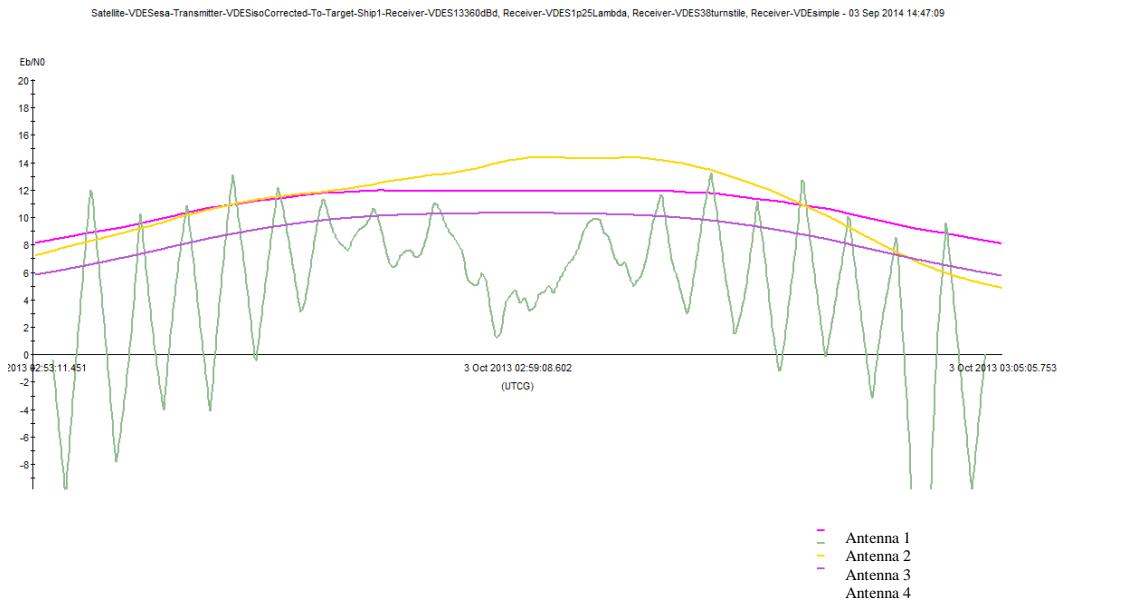


FIGURA A7-27

E_b/N_0 en la entrada del demodulador, paso lateral del satélite



8.2.5 Elegir la forma de onda

Como se muestra en secciones anteriores, en una antena realista, la relación señal/ruido en la entrada del receptor puede variar considerablemente en función del ángulo de elevación. La elección de la modulación de la forma de onda, la codificación y la estructura de trama incide de forma significativa en el caudal de tráfico y la disponibilidad del enlace.

La elección de una transmisión continua o intermitente de la señal repercutirá en la adquisición, seguimiento y el rendimiento general (la velocidad binaria, la probabilidad de error, etc.) de la radiodifusión por satélite VDE. En lo que respecta al sistema, una transmisión basada en intervalos de tiempo (división temporal) puede aumentar la complejidad de las interacciones del sistema híbrido por satélite/terrenal y mermar la eficiencia general. Sin embargo, la coexistencia de sistemas de

radiodifusión VDE por satélite y terrenales de costa a barco y de barco a costa también puede afectar a la capacidad de detección de la señal terrenal.

La elección del esquema de modulación afecta a la eficiencia del amplificador de potencia a bordo del satélite. El uso de la modulación de envolvente casi constante reduce la relación entre la potencia de cresta y la potencia media, y permite que el transmisor sea más eficiente en términos de potencia y funcione con menos distorsión de señal.

Con el fin de facilitar la sincronización y la detección de la señal en el receptor, el uso de símbolos conocidos (como piloto o preámbulo) es esencial para la definición de interfaz aérea.

El recurso a la aleatorización de secuencias de datos (también conocido como método de aleatorización) facilita la sincronización y mitiga la anomalía espectral.

La introducción de una capacidad del sistema que permitiese más de una velocidad de codificación (y más de un esquema de modulación) puede proporcionar una mayor flexibilidad con respecto al dimensionamiento del sistema y la disponibilidad del servicio.

Existe una serie de normas abiertas que contempla especificaciones relativas a la interfaz aérea, tales las normas DVB-S2X, DVB-SH y DVB-RCS2 sobre radiodifusión de vídeo digital por satélite. En dicha normativa se ofrecen soluciones técnicas fundadas como punto de partida para la inclusión de este tipo alternativas en el diseño. Las características de rendimiento de las formas de onda de la norma DVB-RCS2 figuran en el Cuadro A7-8. En la Fig. A7-28 se muestra la eficiencia espectral (bits de información/símbolo) en función de E_s/N_0 para estas formas de onda.

Nota – referencia de DVB-RCS2: ETSI TS 101 545-1 V1.2.1 (2014-04), disponible en: http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/101500_101599/10154501/01.02.01_60/ts_10154501v010201p.pdf

CUADRO A7-9

Rendimiento de la forma de onda en un canal de ruido gaussiano blanco aditivo

| Tamaño de trama (símbolos) | Guarda (símbolos) | Carga útil (bits) | Rendimiento (bits/símbolo) | E_s/N_0 @ PER= 10^{-5} |
|----------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| 266 | 4 | 408 | 1,51 | 7,3 |
| 266 | 4 | 440 | 1,63 | 8,1 |
| 266 | 4 | 496 | 1,84 | 10,04 |
| 266 | 4 | 552 | 2,04 | 11,59 |
| 266 | 4 | 672 | 2,49 | 11,73 |
| 266 | 4 | 744 | 2,76 | 13,18 |
| 536 | 4 | 304 | 0,56 | 0,22 |
| 536 | 4 | 472 | 0,87 | 2,34 |
| 536 | 4 | 680 | 1,26 | 4,29 |
| 536 | 4 | 768 | 1,42 | 5,36 |
| 536 | 4 | 864 | 1,60 | 6,68 |
| 536 | 4 | 920 | 1,70 | 8,08 |
| 536 | 4 | 1040 | 1,93 | 9,31 |
| 536 | 4 | 1152 | 2,13 | 10,85 |
| 536 | 4 | 1400 | 2,59 | 11,17 |
| 536 | 4 | 1552 | 2,87 | 12,56 |
| 1616 | 4 | 984 | 0,61 | -0,51 |
| 1616 | 4 | 1504 | 0,93 | 1,71 |
| 1616 | 4 | 2112 | 1,30 | 3,69 |
| 1616 | 4 | 2384 | 1,47 | 4,73 |
| 1616 | 4 | 2664 | 1,64 | 5,94 |
| 1616 | 4 | 2840 | 1,75 | 7,49 |
| 1616 | 4 | 3200 | 1,98 | 8,77 |
| 1616 | 4 | 3552 | 2,19 | 10,23 |
| 1616 | 4 | 4312 | 2,66 | 10,72 |
| 1616 | 4 | 4792 | 2,96 | 12,04 |
| 3236 | 4 | 984 | 0,30 | -3,52 |
| 3236 | 4 | 1504 | 0,46 | -1,3 |

FIGURA A7-28

Eficiencia espectral de la forma de onda DVB-RCS2

