

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.2046
(12/2013)

**Características y criterios de protección para
los sistemas del servicio móvil por satélite
con satélites no geoestacionarios que
funciona en la banda 399,9-400,05 MHz**

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, 2014

© UIT 2014

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.2046

Características y criterios de protección para los sistemas del servicio móvil por satélite con satélites no geoestacionarios que funciona en la banda 399,9-400,05 MHz

(2013)

Cometido

Esta Recomendación presenta una descripción e indica los correspondientes criterios de protección contra la interferencia de banda estrecha y de ruido de banda ancha de un sistema del servicio móvil por satélites que hace uso de la banda 399,9-400,05 MHz (Tierra-Espacio).

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda de frecuencias 399,9-400,05 MHz está atribuida al servicio móvil por satélite (SMS);
- b) que la utilización de la banda de frecuencias 399,9-400,05 MHz por el SMS está limitada a sistemas de satélites no geoestacionarios (no OSG);
- c) que la banda de frecuencias 399,9-400,05 MHz también está atribuida al servicio de radionavegación por satélite;
- d) que la atribución de la banda de frecuencias 399,9-400,05 MHz al servicio radionavegación por satélite será efectiva hasta el 1 de enero de 2015;
- e) que los futuros sistemas del SMS pueden instalarse en esta banda;
- f) que es preciso elaborar la correspondiente definición de estos futuros sistemas;
- g) que se necesitan criterios de protección para satisfacer los objetivos de calidad de funcionamiento deseables en presencia de interferencia,

recomienda

1 que el análisis para determinar el efecto de los sistemas del SMS no OSG en la banda de frecuencias 399,9-400,05 MHz se base en los siguientes criterios de protección:

- una máxima densidad espectral de flujo de potencia (defp) aceptable combinada de $-197,9 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ en la antena de un sistema ARGOS4 del SMS no OSG para la interferencia de ruido de banda ancha (véase el Anexo 1);
- una máxima dfp de $-165,4 \text{ dB(W/m}^2)$ en una anchura de banda de resolución de 19 Hz en la antena de un sistema ARGOS4 del SMS no OSG para cada interferencia de banda estrecha (véase el Anexo 1);

2 que los criterios de protección definidos en el *recomienda* 1 no se rebasen durante más del 1% del tiempo en el campo de visión del satélite del SMS.

Anexo 1

Sistema ARGOS4

1 Descripción y características del sistema ARGOS4 del SMS

El sistema de recogida de datos (DCS) ARGOS utiliza la banda 399,9-400,05 MHz para el enlace ascendente y transmite señales con modulación por desplazamiento de fase (MDP), codificación Manchester y división de fase mediante satélites en órbita terrestre baja, y funciona con una velocidad de transmisión de datos de 400 bit/s. La plataforma de recogida de datos (DCP) utiliza normalmente una antena de baja ganancia (una máximo de 3 dBi para un ángulo de elevación de 40°).

El procesador DCS del satélite demodula los datos DCS del enlace ascendente, multiplexa los datos con otra misión de teledatos y transmite los correspondientes datos digitales a tierra en las bandas 1 670-1 710 MHz, 7 750-7 850 MHz y 8 025-8 400 MHz. Además, se implementa un enlace descendente a 465,9875 MHz para enviar mensajes especiales hacia las DCP.

Debido a la demodulación de los datos del DCS en el satélite, el comportamiento del enlace descendente puede separarse del comportamiento del enlace ascendente cuando se realiza un análisis de la calidad de funcionamiento.

El sistema ARGOS soporta distintas clases de aplicaciones de usuario con diversas DCP que utilizan diferentes potencias de salida y tipos de antenas (la mayoría del tiempo se trata de antenas de látigo); en esas condiciones, la potencia recibida de una DCP diferirá de la recibida de otra, puesto que depende del medio ambiente y del tipo de tecnología de antena que se implementa realmente en la plataforma.

2 Criterios de protección para el sistema ARGOS4 del SMS no OSG en la banda 399,9-400,05 MHz contra las emisiones de interferencia de ruido de banda ancha

2.1 Cálculo del nivel umbral de defp de interferencia

La adición de ruido de banda ancha al receptor del ARGOS4 a bordo del satélite tendrá como consecuencia el aumento de la proporción de bits erróneos (BER) del sistema y, por tanto, repercutirá negativamente en su calidad de funcionamiento. Este análisis identifica la máxima defp aceptable asociada al ruido de banda ancha en el canal del enlace ascendente del ARGOS4 del SMS.

La especificación del diagrama de ganancia de la antena del receptor se expresa en función del ángulo de nadir tal como se recoge en el Cuadro 1:

CUADRO 1

Diagrama de ganancia de la antena de recepción

Ángulo nadir del satélite	62	59	54	47	39	31	22	13	5	0
Ganancia con polarización dextrógira	3,85	3,54	2,62	1,24	-0,17	-1,33	-2,24	-3,08	-3,80	-3,96
Ganancia con polarización levógira	-5,69	-6,23	-7,52	-9,39	-11,39	-13,12	-14,52	-15,77	-17,17	-18,00
Relación axial (véase Nota 1)	6,02	5,85	5,59	5,26	4,90	4,57	4,31	4,11	3,78	3,49

NOTA 1 – La relación axial es la relación entre las longitudes de los ejes mayor y menor de la elipse de polarización.

Los parámetros típicos del ARGOS4 son: factor de ruido = 3 dB, temperatura de ruido de fondo de caso más desfavorable = 1 200 K (valor medido teniendo en cuenta el ruido industrial en Europa), atenuación entre la antena y el receptor del ARGOS4 = 1,6 dB. De esa forma, la temperatura de ruido a la entrada del receptor del ARGOS4 es 1 214 K y, por tanto, la densidad espectral de ruido es $N_0 = -197,8$ dB(W/Hz).

La especificación de caso más desfavorable establece que el ARGOS4 se ha diseñado para que funcione correctamente cuando la señal recibida tiene una potencia de $C = -160$ dBW (mínimo nivel de la señal recibida) a la entrada del receptor, lo cual proporciona un valor efectivo de $E_b/N_0 = 8,3$ dB en el detector binario del ARGOS si se tiene en cuenta la forma de onda de la baliza y las diversas pérdidas.

Por consiguiente, para lograr una BER de 2×10^{-4} que corresponde a una mínima E_b/N_0 de 8 dB, la máxima degradación aceptable es de 0,3 dB.

A continuación se calcula el ruido aditivo correspondiente a una degradación de 0,3 dB para la C/N_0 . Sea I_0 la densidad de potencia del ruido aditivo. El ruido inicial N_0 pasa a ser $N_0 + I_0$. La relación señal/ruido C/N_0 es $C/(N_0 + I_0)$. La degradación es $0,3$ dB = $10 \log ((C/N_0)/(C/(N_0 + I_0)))$, por tanto $I_0/N_0 = -11,5$ dB y $I_0 = -209,3$ dB(W/Hz), que corresponde a una temperatura de 86 K y, por tanto, a un incremento de la temperatura de ruido del sistema del 7% a la entrada del receptor. En consecuencia, el máximo nivel admisible de densidad de ruido es $I_0 = -209,3$ dB(W/Hz).

Como se ha indicado antes, la densidad de ruido, I_0 , tiene en cuenta la atenuación y la ganancia de antena. Como se necesita la defp es preciso transformar esta cifra en dB(W/(m² · Hz)). El área de la superficie equivalente de una antena de ganancia G es:

$$S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

Teniendo en cuenta el ángulo de nadir del satélite más elevado (62°), la superficie de la antena es 0,105 m² o -9,8 dB m². Entonces, la correspondiente defp es $-209,3 + 1,6$ (pérdidas) - $10 \log_{10} S = -197,9$ dB(W/(m² · Hz)).

El máximo nivel de interferencia de ruido de banda ancha en la banda 399,9-400,05 MHz no debe rebasar el valor de $-197,9$ dB(W/(m² · Hz)) para proteger el sistema ARGOS4.

Normalmente, la anchura de banda de transmisión del ARGOS4 es de 1 600 Hz. Por tanto, el correspondiente límite de defp es $-165,8$ dB(W/m²).

2.2 Obtención de los objetivos de calidad de funcionamiento

La Recomendación UIT-R M.1475 – Metodología para derivar los objetivos de calidad para los sistemas del servicio móvil por satélite no geoestacionario que funciona en la banda 1-3 GHz sin utilización de diversidad de satélites, proporciona un método para calcular los márgenes de tiempo de indisponibilidad para los enlaces de servicio y los enlaces de conexión.

Para el enlace de servicio, se propone que los márgenes de tiempo de indisponibilidad no sean superiores a $0,9 X$ (%), siendo X la BER en % (por ejemplo, 0,1%; 1%, 10%, etc.) de un enlace determinado el SMS no OSG. Como el límite propuesto de la d_{fp} se basa en una BER de 2×10^{-4} , ello implica que los márgenes de tiempo de indisponibilidad no deben rebasar el valor de $1,8 \times 10^{-2}\%$. Por tanto, en el *recomienda 2* se indica un margen de tiempo de indisponibilidad menos estricto del 1%.

3 Criterio de protección para el sistema ARGOS4 no OSG en la banda 399,9-400,05 MHz contra las emisiones interferentes de banda estrecha

3.1 Requisitos de protección contra las emisiones de banda estrecha

Para entender mejor los motivos de esta especificación es necesario recordar brevemente el comportamiento del receptor.

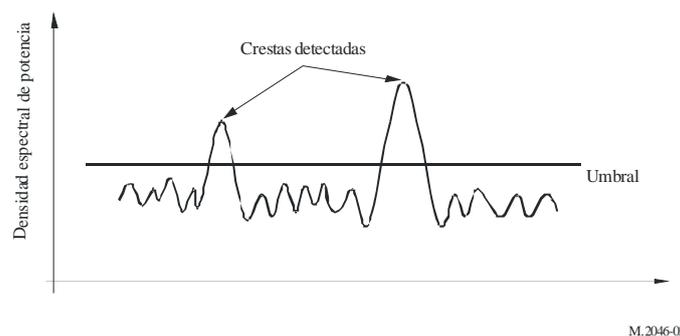
Las transmisiones del ARGOS4 del SMS comienzan con 160 ms de portadora sin modular para permitir que un bucle de enganche de fase se sincronice más fácilmente a la portadora. La Fig. 1 representa el formato del mensaje del ARGOS4.

FIGURA 1
Formato del mensaje del SMS

Portador de 160 ms	Bits de sincronización	Bits del contenido del mensaje
-----------------------	------------------------	-----------------------------------

M.2046-01

Un analizador de espectro en el receptor supervisa constantemente toda la anchura de banda de cobertura en busca de la parte de portadora pura de los mensajes del SMS. Cuando el analizador de espectro detecta dicha línea, considera que se trata del inicio de un mensaje del SMS. La teoría se basa en la detección de una onda portadora pura (sinusoidal) en un entorno de ruido blanco, aditivo y gaussiano. La densidad espectral de potencia de la señal recibida (portadora pura + ruido) se calcula utilizando las técnicas de transformada rápida de Fourier, procesándose las señales que se encuentren por encima del umbral del sistema como si fuese una radio baliza del SMS (véase la Fig. 2).



M.2046-02

Los procesadores del receptor del ARGOS4 se diseñan, por consiguiente, para detectar componentes espectrales discretas (portadora de radio baliza sin modular) y la correspondiente anchura de banda de resolución es 19 Hz. Las señales que se encuentran por encima del nivel umbral se asignan a una unidad de recogida de datos (DRU) a bordo para su posterior procesamiento y transmisión hacia la Tierra en el canal de telemetría de la misión.

A fin de satisfacer los requisitos de probabilidad de detección del ARGOS4 para una amplia gama de aplicaciones de usuario, el receptor del ARGOS4 se ha diseñado para detectar y procesar señales extremadamente débiles. Su calidad de funcionamiento es tal que cualquier señal, C_{min} , cuyo nivel de densidad de ruido local rebase las 21 dB(Hz) ($C_{min}/N_0 > 21$ dB(Hz)) se asigna a una DRU para un procesamiento adicional. Por tanto, las señales interferentes de banda estrecha que satisfagan este criterio hacen que se les asigne una DRU. En consecuencia, la calidad de funcionamiento del sistema ARGOS4, en cuanto a capacidad (por ejemplo, el número de mensajes DCS simultáneos que puede procesar) se degradaría considerablemente.

Los parámetros típicos del ARGOS4 son: factor de ruido = 3 dB (valor típico del ARGOS4), temperatura de ruido de fondo de caso más desfavorable = 1 200 K, atenuación entre la antena y el receptor = 1,6 dB. Por tanto, la temperatura de ruido del sistema a la entrada del receptor es 1 214 K y, en consecuencia, la densidad espectral de ruido es $N_0 = -197,8$ dB(W/Hz).

Como $C_{min}/N_0 = 21$ dB(Hz), $C_{min} = -176,8$ dBW. Por consiguiente, toda emisión no esencial de banda estrecha superior a $-176,8$ dBW a la entrada del receptor del ARGOS4 daría lugar a una degradación de la capacidad del sistema.

Por tanto, es necesario calcular este máximo nivel admisible de la interferencia de banda estrecha a la entrada de la antena del ARGOS4.

La especificación del diagrama de ganancia de antena del receptor de ARGOS4 se expresa en función del ángulo de nadir, tal como se recoge en el Cuadro 1 (véase el § 2.1).

En consecuencia, la máxima potencia admisible en el receptor y antes de la antena es $-176,8 + 1,6$ (pérdidas) = $-175,2$ dBW. Como se necesita la dfp es preciso transformar esta cifra a dB(W/m²). El ángulo de nadir del satélite más elevado se utiliza para conseguir una ganancia de antena de 3,85 dBi que se transforma en un área de la superficie equivalente utilizando la fórmula $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$. Por ello, la correspondiente dfp es $-175,2 - 10 \log_{10} S = -165,4$ dB(W/m²).

3.2 Conclusión

Tras los cálculos, conclusiones y recomendaciones anteriores relativos a la repercusión que tiene la combinación de emisiones interferentes de banda espectral estrecha, la dfp no debe rebasar el valor de $-165,4$ dB(W/m²) a la entrada de la antena del ARGOS4 en la banda de frecuencias 399,9-400,05 MHz, en una anchura de banda de resolución de 19 Hz.