

## RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1162-1

**REQUISITOS DE TELECOMUNICACIÓN Y CRITERIOS DE CALIDAD DE LOS ENLACES DE SERVICIO DE LOS SISTEMAS DE RECOGIDA DE DATOS Y LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE LOS SERVICIOS DE EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE Y DE METEOROLOGÍA POR SATÉLITE**

(Cuestión UIT-R 142/7)

(1995-1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que los sistemas de satélite de recogida de datos y localización de plataformas de los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite (METSAT) tienen requisitos de telecomunicación especiales;
- b) que el sistema ficticio de referencia especificado en la Recomendación UIT-R SA.1020 define los enlaces de servicio y de conexión necesarios para la recogida de datos y la interrogación de plataformas de recogida de datos por satélite;
- c) que los objetivos de calidad de estas transmisiones deben estar en consonancia con los requisitos funcionales previstos y con las limitaciones de la calidad asociadas con los sistemas y bandas de frecuencias que se utilicen para atender esos requisitos;
- d) que los objetivos de calidad de los sistemas representativos que funcionan en los servicios de exploración de la Tierra por satélite (incluido METSAT) tienen por finalidad proporcionar directrices para el desarrollo de sistemas reales;
- e) que los objetivos de calidad pueden determinarse mediante la metodología descrita en la Recomendación UIT-R SA.1021;
- f) que para determinar criterios de interferencia, es indispensable conocer los objetivos de calidad;
- g) que la Resolución N.º 710 de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (Málaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) dispone que la próxima conferencia mundial de radiocomunicaciones competente estudie la banda de 401-403 MHz con objeto de elevar los servicios METSAT de exploración de la Tierra por satélite a la categoría primaria, equivalente a la del servicio de ayudas a la meteorología,

*recomienda*

- 1** que se tengan en cuenta los requisitos y características descritos en el Anexo 1 al considerar las asignaciones de frecuencia y otros aspectos reglamentarios de los sistemas de satélite de recogida de datos y localización de plataformas de los servicios de exploración de la Tierra por satélite y METSAT, así como su interacción con servicios distintos del de exploración de la Tierra por satélite;
- 2** que los enlaces de servicio asociados con sistemas de recogida de datos (DCS) tengan los objetivos de calidad especificados en el Cuadro 1.

CUADRO 1

## Objetivos de calidad de los enlaces DCS del servicio METSAT

Bandas de frecuencias (MHz)	Órbita del satélite	Modulación	Ángulo de elevación aplicable (grados)	BER (proporción de bits erróneos) máxima	Disponibilidad en el tiempo necesaria (%)	Función y tipo de la estación terrestre Antena
401-403 (Tierra-espacio)	No geoestacionario	MDP con división de fase y codificación Manchester	$\geq 5$	$1 \times 10^{-5}$	99,6	Recogida de datos Antena de baja ganancia
	Geoestacionario	Bifásica L	$\geq 3$	$1 \times 10^{-4}$	99,6	Recogida de datos Antena de baja ganancia
460-470 (espacio-Tierra)	No geoestacionario	Bifásica L	$\geq 5$	$1 \times 10^{-5}$	99,6	Interrogación de plataformas de recogida de datos Antena de baja ganancia
	Geoestacionario	Bifásica L	$\geq 3$	$1 \times 10^{-5}$	99,6	Interrogación de plataformas de recogida de datos Antena de baja ganancia

NOTA 1 – Los objetivos de calidad de ciertos sistemas específicos pueden diferir de los que aparecen en esta Recomendación; no obstante, los objetivos aquí definidos sirven de base para determinar los niveles los niveles admisibles de interferencia, que representan los umbrales de interferencia mínimos aceptados por los sistemas específicos.

NOTA 2 – Podrían establecerse objetivos de calidad adicionales asociados con una disponibilidad del 99,99% del tiempo para tener en cuenta la necesidad de sincronizar el receptor con las tramas de transmisión de datos y para evitar deslizamientos de bits dentro de la trama. No obstante, a los efectos del cálculo de los criterios de interferencia, puede darse por sentado que estos objetivos se cumplirán si se cumplen los objetivos asociados con los niveles de disponibilidad más bajos aquí especificados.

NOTA 3 – Los enlaces de servicio considerados son los que conectan los satélites con las plataformas de recogida de datos. No se especifican en esta Recomendación los objetivos de calidad de los enlaces de conexión asociados con las funciones de recogida de datos y de interrogación de plataformas de recogida de datos.

NOTA 4 – En el próximo futuro se dispondrá de interrogación de plataformas de recogida de datos desde satélites no geoestacionarios.

## ANEXO 1

## Requisitos de telecomunicación y características de los sistemas de exploración de la Tierra por satélite y METSAT utilizados para la recogida de datos y la localización de plataformas

### 1 Concepto y aplicaciones

Esta Recomendación trata de los sistemas de exploración de la Tierra por satélite y METSAT utilizados para la recogida de datos y la localización de plataformas. El objeto de los DCS por satélite consiste en proporcionar una red de telecomunicaciones a usuarios que necesitan información de diversas fuentes que pueden estar ubicadas en cualquier lugar del mundo, incluidos los océanos, desiertos, o regiones de difícil acceso.

El concepto del DCS por satélite es el siguiente:

- plataformas automáticas y autónomas instaladas en tierra o montadas sobre un soporte (embarcaciones, aeronaves, globos, boyas ancladas o a la deriva, vehículos terrestres) transmiten parámetros meteorológicos (presión, temperatura, humedad, etc.) o geofísicos (alertas de tsunamis, datos sísmicos, oceanográficos y geodésicos, etc.). Estas plataformas, en la medida de lo posible, deben ser ligeras y compactas, consumir poca energía y ser baratas;

- la información reunida y transmitida por las plataformas se recibe en un satélite y se envía a través de una o más estaciones terrenas de adquisición de datos a un centro de gestión del sistema;
- una vez centralizada, la información se transmite a los usuarios por medios de telecomunicación convencionales;
- si es necesario, también se puede prever la distribución de información desde el centro de gestión hacia las plataformas mediante el mismo sistema.

Tal sistema difiere de los sistemas convencionales de telecomunicaciones en el sentido de que resulta inconcebible sin la utilización de satélites y en que está pensado para una categoría especial de clientes, cuyas necesidades no pueden atenderse por otros medios. Por lo general, funciona en un solo sentido de transmisión y sirve esencialmente para centralizar la información, pero puede ser complementado con medios de distribución de información a las plataformas de recogida. Por último, un requisito muy importante para muchos usuarios es que la función de recogida de datos pueda combinarse fácilmente con un sistema de localización que determine las coordenadas de las plataformas de transmisión.

Un DCS tiene muchos campos de aplicación: meteorología, recursos del planeta, hidrografía, observación sísmica, vulcanología, geodesia y geodinámica, boyas oceanográficas ancladas o a la deriva, prospección petrolífera, seguimiento de animales salvajes, etc.

## 2 Diseño del sistema de satélite

Pueden utilizarse dos tipos de órbitas: la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG) u órbitas bajas (LEO).

### 2.1 Sistemas de satélite LEO

Los satélites LEO describen generalmente una órbita circular a altitudes que oscilan entre 600 y 1 800 km, con un periodo de revolución de aproximadamente 2 h. Un solo satélite permite explorar la totalidad de la Tierra, incluidos los polos, pero el número de pasos es relativamente bajo (unos 3 ó 4 al día en el Ecuador). Éste puede aumentarse utilizando varios satélites; por ejemplo, con tres satélites se puede obtener una docena de pasos al día en el Ecuador. Los pasos son mucho más frecuentes cerca de los polos.

Las plataformas de los sistemas OSG de satélite LEO son por lo general simples en comparación con los satélites GEO, debido a un mejor presupuesto del radioenlace. La función de localización resulta más fácil de proporcionar si se aprovecha el efecto Doppler-Fizeau.

Sin embargo, estos satélites tienen una zona de cobertura instantánea limitada; por lo general, el semiángulo geocéntrico del campo de visión es del orden de 30° y el periodo de visibilidad mutua entre el satélite y una baliza dada es limitado ya que suele oscilar entre 10 y 15 min. Además, es necesario almacenar información a bordo del satélite para poder proporcionar una cobertura mundial.

Un ejemplo típico de sistema de satélite LEO es el de la NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) de Estados Unidos de América, que consta de dos satélites meteorológicos en órbitas heliosíncronas. Los planos de las dos órbitas circulares son ortogonales, la inclinación es de unos 98°, las altitudes son de 830 y 870 km y el periodo orbital de aproximadamente 102 min.

### 2.2 Sistemas de satélite OSG

El área geométrica de cobertura de un satélite geoestacionario es un casquete esférico, con un semiángulo geocéntrico de aproximadamente 81°.

El satélite OSG proporciona una visibilidad permanente en un área muy amplia, casi de la escala de un hemisferio. La información se transmite de forma continua y llega al usuario muy rápidamente. No obstante, son necesarios al menos cuatro satélites para obtener una cobertura mundial, excluidas las regiones polares. Las plataformas deben estar equipadas con antenas direccionales y/o con transmisores más potentes que las de los satélites LEO. Por último, es difícil proporcionar la función de localización.

Un sistema de satélite OSG resulta esencial cuando la transmisión tiene que ser instantánea, ya sea de forma continua o a horas determinadas.

### **3 Localización de plataformas**

Las plataformas móviles (globos, boyas a la deriva, animales salvajes, etc.) se utilizan en innumerables aplicaciones y sus movimientos, que son imprevisibles, tienen que poder seguirse para llevar a cabo la misión (determinación del viento, estudio de corrientes marinas, estudio de desplazamientos migratorios, etc.). En tales casos las funciones de localización y recogida se realizan de forma simultánea.

En estos casos se puede medir ya sea la distancia o la velocidad radial (efecto Doppler), o ambas cosas. Se hacen y procesan cierto número de mediciones con el fin de determinar la posición de la plataforma transmisora con una precisión que va de unos pocos metros a unos cuantos kilómetros.

El método de localización Doppler no es aplicable a satélites OSG. Desde satélites OSG la localización puede efectuarse en teoría mediante interferometría en el caso de un solo satélite o mediante determinación de distancias dentro de la zona de superposición de dos satélites.

## **4 Modos de funcionamiento de las plataformas**

### **4.1 Plataformas de interrogación**

#### **4.1.1 Plataformas de interrogación de los sistemas de satélites OSG**

Cada plataforma tiene tanto un transmisor como un receptor. El centro de gestión del sistema transmite al satélite un programa de trabajo que contiene las direcciones de las plataformas que se van a interrogar y la hora a la que debe llevarse a cabo esta operación. Las plataformas no pueden transmitir si no son interrogadas, pero pueden estar concebidas de manera tal que puedan solicitar una interrogación, como ocurre por ejemplo en el caso de los sistemas geofísicos de alerta. Este modo de funcionamiento es muy fiable y no existe riesgo alguno de interferencia mutua. No obstante, la plataforma debe estar equipada con un receptor, lo que aumenta su coste.

#### **4.1.2 Plataformas de interrogación de los sistemas de satélites LEO**

Actualmente se está instalando un enlace de servicio en los sistemas de satélites LEO para poder establecer una comunicación entre los centros de gestión y las plataformas de recogida de datos (PRD). El objetivo de este enlace de servicio es múltiple. Puede servir simplemente para conectar o desconectar los componentes que más energía consuman en una PRD o para realizar acciones más complicadas como la reconfiguración de los sensores de la PRD. Asimismo, podría servir para mejorar el caudal de recogida de datos mediante el acuse de recibo de la recepción correcta de los mensajes, evitando así una repetición innecesaria. Actualmente, este nuevo enlace se está instalando en el satélite ADEOS-II, que se lanzará en 1999, y también está prevista su utilización en las series de satélites METOP y NPOES.

### **4.2 Plataformas con modo de acceso aleatorio**

En los DCS OSG, se utilizan plataformas de acceso aleatorio para transmitir alertas. Generalmente, la plataforma sólo avisa cuando se alcanza o excede un umbral fijo del fenómeno que se está midiendo. Un ejemplo sería una plataforma que, al vigilar la actividad sísmica, sólo transmita un informe cuando la actividad sísmica es mayor de lo normal. En la práctica, se reservan canales independientes para las plataformas de acceso aleatorio en la banda atribuida, con el fin de reducir la probabilidad de interferencia con otros tipos de plataforma.

En los DCS LEO, cada plataforma repite su mensaje independientemente de las demás y a intervalos dados. Por lo tanto, como pueden producirse interferencias entre las plataformas que ven el satélite al mismo tiempo, éste sólo puede funcionar con un número limitado de plataformas visibles simultáneamente.

### **4.3 Plataformas autotemporizadas**

Las plataformas autotemporizadas se utilizan principalmente en DCS OSG. Cada plataforma transmite sus mensajes de forma automática a horas determinadas. Los intervalos entre sus transmisiones son fijos y vienen determinados por un reloj interno de la plataforma. Cada plataforma se identifica mediante su dirección y la frecuencia (canal asignado) en la cual transmite su informe. En la práctica son los operadores de satélites los que asignan los intervalos de tiempo y los canales de difusión de las plataformas.

## 5 Características típicas de los transmisores de plataforma

### 5.1 Plataformas de los sistemas LEO

Las características típicas de las plataformas LEO de recogida de datos y localización indicadas a continuación corresponden a los DCS ARGOS y MOS.

Cada plataforma transmite de forma esporádica. Cada emisión consta de dos partes sucesivas: durante la primera parte se transmite una portadora pura; durante la segunda parte la señal es modulada por el mensaje que se transmite.

- Parte no modulada:
  - duración del orden de 160 ms.
- Parte modulada:
  - incluye 48 bits de servicio, seguidos por los datos de los sensores. Según el número de sensores, la duración total de la parte modulada oscila entre 200 y 760 ms.
- Periodo de repetición:
  - plataformas que se deben localizar: el periodo varía entre 60 y 100 s;
  - plataformas utilizadas sólo para recogida de datos: periodo superior a 200 s.
- Codificación:
  - código Manchester bifásico a una velocidad binaria de 400 bit/s.
- Portadora:
  - plataformas ARGOS actuales = 401,65 MHz  $\pm$  3 kHz;
  - plataformas MOS actuales = 401,50 MHz;
  - en un futuro cercano (desde 1995) = 401,65 MHz  $\pm$  30 kHz;
  - modulación: MIC/MDP con índice de modulación de 1,1  $\pm$  0,1 rad.
- Potencia emitida:
  - inferior o próxima a 3 W.
- Estabilidad de frecuencia (para obtener una precisión de localización superior a 1 km):
  - deriva a plazo medio (15 min) no superior a  $0,5 \times 10^{-9}$ /min;
  - estabilidad a corto plazo (100 ms):  $10^{-9}$ .

La precisión de la localización depende hasta cierto punto de la estabilidad del oscilador de la plataforma; esta especificación puede variar en función del objetivo perseguido.

Actualmente se están estudiando algunas de las plataformas de los sistemas de satélites LEO para incorporar un receptor en la banda de 460-470 MHz. Éstos recibirán, desde un satélite que les sobrevuela y está visible en ese momento, un tren de datos continuo a una velocidad binaria baja (generalmente de varios cientos de bits por segundo) que contiene banderas y mensajes. La densidad de flujo de potencia recibida será baja y por tanto los receptores deben ser muy sensibles pero no costosos ni demasiado sofisticados. La antena será de un tipo sencillo de bajo coste/baja ganancia.

### 5.2 Plataformas de sistemas OSG

En los sistemas meteorológicos OSG, las transmisiones de las PRD se denominan «informes» y los detalles de estos informes varían según se trate de servicios nacionales o internacionales. La información siguiente corresponde a las transmisiones del sistema internacional.

El informe de formato internacional de las PRD consta de los siguientes elementos contiguos:

- portadora no modulada durante 5 s;
- preámbulo de 250 bits «0» y «1» alternativos;
- palabra de sincronización de código de secuencia lineal de 15 bits como máximo;
- dirección de la PRD, que es una palabra con codificación BCH de 31 bits;
- datos del entorno, como máximo de 649 palabras, teniendo cada palabra una longitud de 8 bits;
- secuencia de fin de transmisión de 31 bits;

- la velocidad binaria es de 100 bit/s;
- codificación: Manchester NRZ con división de fase.
- Portadora:
  - la PRD internacional tiene 33 canales de 3 kHz cada uno, que ocupan la banda 402,001-402,100 MHz;
  - mediante una coordinación, los operadores de satélites comparten otras frecuencias de PRD nacionales en la banda 401-403 MHz;
  - modulación: la portadora está modulada en fase, siendo el índice de modulación de  $60^\circ$ .
- Potencia transmitida:
  - aproximadamente 10 W para una plataforma con antena de alta ganancia; unos 40 W para una antena semi-isótropa (del horizonte al cenit). La polarización de antena es circular dextrógira.
- Estabilidad de frecuencia:
  - $1,5 \times 10^{-6}$ /año; la fluctuación de fase de la portadora no modulada no sobrepasará los  $3^\circ$  (valor eficaz).

## 6 Características típicas de los receptores de satélite

### 6.1 Características del receptor de satélite LEO

#### 6.1.1 Características del receptor de satélite del DCS ARGOS

- Gama de potencias recibidas de la PRD:
  - de  $-161$  a  $-138$  dBW, para una ganancia de antena que varía desde  $-6$  dBi en el nadir a  $+2$  dBi en el horizonte del satélite (el margen del sistema permite la recepción de una proporción importante de las señales con una potencia de sólo  $-167$  dBW).
- Nivel característico de densidad de potencia de ruido:
  - $-201$  dB(W/Hz), (temperatura de ruido equivalente del sistema de recepción = 600 K).
- Proporción de bits erróneos (para mensajes sin interferencia):
  - $< 1 \times 10^{-5}$ .
- Anchura de banda de recepción:
  - 24 kHz, centrada en 401,65 MHz (80 kHz desde 1995).
- Número de canales de procesamiento:
  - 4 (8 desde 1995).

#### 6.1.2 Características del receptor de satélite del DCS MOS

- Gama de densidades de flujo de potencia recibidas de una PRD:
  - de  $-145$  a  $-120$  dB(W/m<sup>2</sup>).
- Nivel característico de densidad de potencia de ruido:
  - $-201$  dB(W/Hz).
- Proporción de bits erróneos (para mensajes sin interferencia):
  - $< 1 \times 10^{-5}$ .
- Anchura de banda de recepción:
  - 80 kHz centrada en 401,5 MHz.

### 6.2 Características del receptor de satélite OSG

- Gama de densidades de flujo de potencia recibidas de una PRD:
  - de  $-150$  a  $-140$  dB(W/m<sup>2</sup>).

- Sensibilidad del receptor:
  - $G/T = -28,5 \text{ dB(K}^{-1}\text{)}$  con un margen de 3 dB (para una ganancia de antena de  $-0,8 \text{ dBi}$ ).
- Proporción de bits erróneos:
  - $< 1 \times 10^{-4}$ .
- Anchura de banda de recepción para la retransmisión de datos:
  - 0,2 MHz o mayor según el tipo de satélite.

### 6.3 Características del transmisor de satélite LEO

El transmisor, que se está estudiando actualmente, tendrá las siguientes características principales:

- Frecuencia: en la banda 460-470 MHz.
- Potencia del transmisor: baja potencia, menos de 10 W (en estudio).
- Anchura de banda ocupada por el transmisor: del orden de algunos kilohertzios (en estudio).
- Ganancia de la antena: variable desde el nadir hasta el horizonte observado por el satélite para compensar la atenuación espacial (en estudio).

## 7 Conclusiones

Los sistemas de satélite de recogida de datos y localización de plataformas de los servicios de exploración de la Tierra por satélite y METSAT proporcionan datos a usuarios que necesitan información de diversas fuentes, que pueden encontrarse en cualquier lugar del mundo, incluidos los océanos, desiertos o regiones de difícil acceso. Los sistemas proporcionan datos con retardo medio de 5 min por lo general, pero no abarcan las regiones polares, mientras que los sistemas LEO ofrecen cobertura mundial y también la función de localización de plataformas, en su caso, pero funcionan con retardos de 1 a 3 h. Estos sistemas de recogida de datos y de localización, cuyos receptores de satélite y PRD son muy sensibles, tienen requisitos de telecomunicación especiales.

---