

RECOMENDACIÓN UIT-R SF.355-4*

**COMPARTICIÓN DE FRECUENCIAS ENTRE SISTEMAS DEL SERVICIO FIJO
POR SATÉLITE Y SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS
QUE FUNCIONAN EN LA MISMA BANDA DE FRECUENCIAS**

(1963-1966-1974-1982-1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los sistemas del servicio fijo por satélite y los del servicio fijo comparten ciertas bandas de frecuencia superiores a 1 GHz;
- b) que se necesita una reglamentación de las interferencias mutuas entre las estaciones de ambos tipos de servicios;
- c) que es de desear el desarrollo continuado de estos servicios;
- d) que es preciso limitar a pequeños valores admisibles el ruido introducido en los canales telefónicos de uno de estos servicios por interferencias de estaciones del otro servicio;
- e) que entre los medios de reducir a niveles admisibles las interferencias entre los sistemas del servicio fijo por satélite y los del servicio fijo que comparten las mismas bandas de frecuencia, pueden citarse:
 - en las estaciones espaciales de satélite, la limitación del flujo de potencia por unidad de superficie y por unidad de anchura de banda, producida en la superficie de la Tierra;
 - en las estaciones terrenas de telecomunicación por satélite, la limitación (apropiada a las características técnicas consideradas y a los factores debidos a la propagación) de su distancia mínima a los transmisores terrenales, y limitaciones de la potencia máxima radiada en pequeños ángulos de elevación;
 - en las estaciones de los servicios terrenales, la limitación (apropiada a las características técnicas consideradas y a los factores debidos a la propagación) de su distancia mínima a las estaciones terrenas, así como las limitaciones de la potencia total emitida y de la potencia isotropa radiada equivalente;
- f) que aplicando restricciones razonables en el diseño de sistemas de relevadores radioeléctricos con visibilidad directa y de sistemas del servicio fijo por satélite, es posible que puedan compartir bandas de frecuencia, pero que pueden plantearse dificultades considerables en la compartición con otros servicios terrenales provistos de transmisores de gran potencia, de receptores muy sensibles y de zonas de alcance variable,

recomienda

1. que cuando los sistemas analógicos de relevadores radioeléctricos con visibilidad directa y modulación angular y los sistemas del servicio fijo por satélite, comparten bandas de frecuencia, el ruido originado en los canales telefónicos por interferencias mutuas se limite a un valor suficientemente pequeño para que sea admisible, con relación al ruido total admisible en el circuito ficticio de referencia correspondiente, según se indica actualmente en las Recomendaciones UIT-R SF.356 y UIT-R SF.357;
2. que, cuando se comparten las mismas bandas de frecuencia entre los sistemas de relevadores radioeléctricos con visibilidad directa y los sistemas digitales del servicio fijo por satélite, la potencia interferente se limite a un valor suficientemente pequeño para que sea admisible, según se indica actualmente en la Recomendación UIT-R SF.558;
3. que, cuando se comparten las mismas bandas de frecuencia entre los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales y los del servicio fijo por satélite, la potencia interferente procedente de estos últimos se limita a un valor suficientemente pequeño para que sea admisible, según se indica actualmente en la Recomendación UIT-R SF.615;

* Las Comisiones de Estudio 4 y 9 de Radiocomunicaciones efectuaron modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2000 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

4. que la reglamentación de las interferencias mutuas entre las estaciones del servicio fijo por satélite y los sistemas de relevadores radioeléctricos con visibilidad directa, incluya restricciones aplicables a la utilización de estos dos sistemas, de forma que se evite la necesidad de establecer procedimientos de coordinación especiales entre las administraciones que utilizan relevadores radioeléctricos y las que hagan uso de estaciones espaciales; estas restricciones se indican actualmente en las Recomendaciones UIT-R SF.358 y UIT-R SF.406;
5. que se siga estudiando el asunto de la compartición de bandas de frecuencia entre los sistemas del servicio fijo por satélite y los sistemas transhorizonte de relevadores radioeléctricos, así como los principios de tal compartición;
6. que en la reglamentación de las interferencias mutuas de cada estación terrena de un sistema del servicio fijo por satélite con las estaciones terrenales de radiocomunicación que utilicen las mismas bandas de frecuencia, se apliquen procedimientos especiales de coordinación entre las administraciones interesadas. Los procedimientos recomendados están indicados en el Apéndice S7 al Reglamento de Radiocomunicaciones.

Nota 1 – En el Anexo 1 se dan indicaciones adicionales sobre esta Recomendación.

ANEXO 1

Compartición de frecuencias entre sistemas del servicio fijo por satélite y los del servicio fijo

1. Introducción

Al considerar la compartición de las frecuencias entre sistemas del servicio fijo por satélite y los del servicio fijo, hay que respetar cuatro condiciones:

- las señales transmitidas por los satélites no deben causar interferencia inadmisibles en los receptores de las estaciones terrenales, como en A de la fig. 1;
- las señales transmitidas por las estaciones terrenales no deben causar interferencia inadmisibles en los receptores de las estaciones terrenales, como en B de la fig. 1;
- las señales transmitidas por las estaciones terrenales no deben causar interferencia inadmisibles en los receptores de las estaciones terrenales, como en C de la fig. 1;
- las señales transmitidas por las estaciones terrenales no deben causar interferencia inadmisibles en los receptores de los satélites, como en D de la fig. 1.

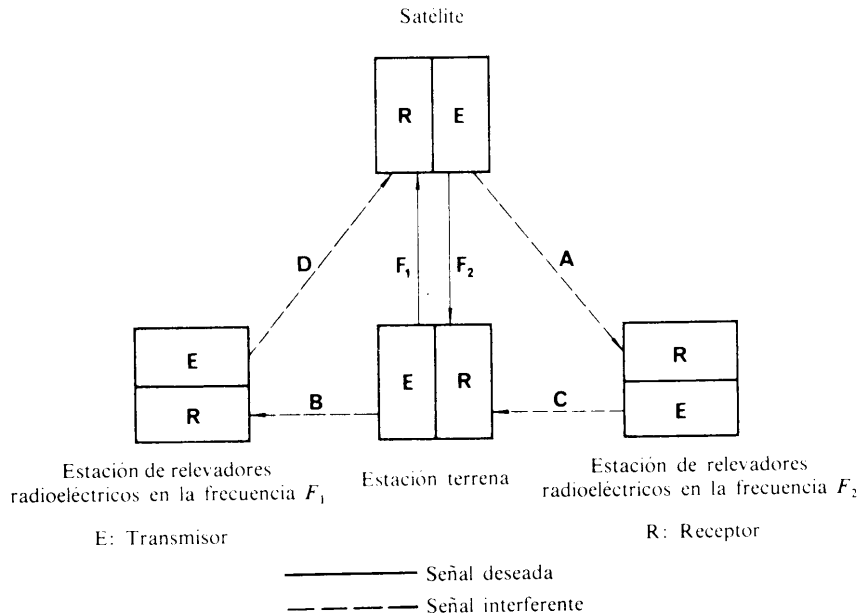
2. Factores que intervienen en la compartición

La determinación de la posibilidad de compartición entre dos sistemas depende de los siguientes factores:

- nivel máximo admisible de interferencia en un canal telefónico, en un canal de televisión o en un canal de radiodifusión sonora, a la salida del sistema que sufre la interferencia;
- número de trayectos concretos de interferencia entre los que hay que dividir la interferencia máxima admisible;
- relación entre las potencias, o entre las densidades espectrales de potencia de las señales deseada e interferente a la entrada del receptor, con la que se obtiene el valor justo admisible de interferencias a la salida del receptor, habida cuenta de los tipos de modulación empleados;
- potencia, o densidad espectral de potencia, del transmisor interferente;
- pérdida de transmisión a lo largo del trayecto de la señal interferente, incluidas las ganancias efectivas de antena, la pérdida básica de transmisión y el efecto de las polarizaciones;
- potencia, o densidad espectral de potencia, del transmisor deseado;
- pérdida de transmisión a lo largo del trayecto de la señal deseada, incluidas las ganancias efectivas de antena y la pérdida básica de transmisión.

FIGURA 1

Trayectos de las señales interferentes entre los sistemas del servicio fijo por satélite y los del servicio fijo



Nota – Las frecuencias indicadas pertenecen a las bandas atribuidas, en régimen de compartición, al servicio fijo y al servicio fijo por satélite para las transmisiones en el sentido Tierra-espacio (F_1) y espacio-Tierra (F_2).

D01-sc

En las Recomendaciones UIT-R SF.356 y UIT-R SF.558 figuran los valores máximos admisibles de interferencia en el circuito ficticio de referencia o trayecto digital ficticio de referencia en lo que respecta a los sistemas del servicio fijo por satélite, y en las Recomendaciones UIT-R SF.357 y UIT-R SF.615 en lo que concierne a los sistemas de relevadores radioeléctricos con visibilidad directa.

3. Métodos de compartición

Los métodos particulares que permiten realizar la compartición de las bandas de frecuencias entre los sistemas del servicio fijo por satélite y los sistemas terrenales de radiocomunicación son los siguientes:

- limitación de la potencia radiada por los transmisores de sistemas de relevadores radioeléctricos (véanse las Recomendaciones UIT-R SF.406 y UIT-R SF.765; en el Apéndice 1 figuran detalles sobre este particular;
- limitación de la densidad de flujo de potencia producida en la superficie de la Tierra por los satélites del servicio fijo (véase la Recomendación UIT-R SF.358);
- método específico de cálculo de la distancia dentro de la cual los transmisores de las estaciones terrenas o los transmisores terrenales pueden causar interferencias inadmisibles, respectivamente, a los receptores terrenales o de estaciones terrenas que utilicen las mismas bandas de frecuencias (véase la Recomendación UIT-R SM.1448);

En el Artículo S21 y en el Apéndice S7 al Reglamento de Radiocomunicaciones se especifican los límites y los métodos de cálculo correspondientes.

En el Apéndice 2 figuran detalles sobre las posibilidades de compartición de bandas de frecuencias entre los sistemas del servicio fijo por satélite y los sistemas de relevadores radioeléctricos transhorizonte.

4. Transacciones entre sistemas, para la compartición entre sistemas del servicio fijo por satélite y sistemas de relevadores radioeléctricos

Los objetivos de diseño de calidad de funcionamiento de sistemas de relevadores radioeléctricos y del servicio fijo por satélite se especifican en las Recomendaciones UIT-R F.393 y UIT-R S.353, respectivamente, para sistemas MDF-MF, y en la Recomendación UIT-R F.594 y en la Recomendación UIT-R S.522 para los sistemas que utilizan MIC.

Estas Recomendaciones representan un compromiso entre los valores normalizados preferidos que deben respetarse para un circuito telefónico y el incremento del coste al mejorar la calidad de los sistemas de comunicación. Es la razón por la que constituyen las bases primarias para el diseño global de sistemas radioeléctricos terrenales y por satélite.

La degradación total permitida de cualquier sistema debe repartirse entre:

- el ruido térmico;
- la interferencia dentro del sistema; y
- la interferencia producida por otros sistemas que comparten la misma banda de frecuencias.

Puede llegarse a una repartición racional de la interferencia si las Recomendaciones correspondientes tienen en cuenta el efecto de la interferencia sobre el coste total de los sistemas mutuamente interferentes. Si bien no puede aplicarse fácilmente una técnica adecuada de atribución de interferencia cuando está implicada más de una administración, los posibles ahorros en el coste total pueden justificar la consideración de su utilización.

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Protección de las estaciones espaciales del servicio fijo por satélite contra la interferencia procedente del servicio fijo en las bandas de frecuencias compartidas por encima de 1 GHz

Desde el punto de vista de la limitación de la potencia de los transmisores terrenales, cabe examinar dos posibilidades:

- interferencia producida a un satélite por el haz principal del transmisor de un sistema terrenal de relevadores radioeléctricos;
- interferencia producida a un satélite por la radiación de lóbulos laterales de un gran número de estaciones terrenales dentro de la zona de cobertura del satélite.

La primera conduce a un límite de la p.i.r.e. máxima de las estaciones terrenales cuyas antenas apuntan aproximadamente hacia la órbita geoestacionaria, mientras que la segunda conduce a un límite de la potencia máxima suministrada a las antenas de las estaciones terrenales.

1. Limitaciones de la p.i.r.e.

Para que el satélite se encuentre en el haz principal de la estación terrenal, esta última tiene que estar en el horizonte visible desde el satélite. La p.i.r.e. admisible dependerá, entre otros factores, de la ganancia de la antena del satélite hacia el horizonte que, por lo general, es considerablemente inferior que la ganancia del haz principal.

Otros parámetros del satélite que intervienen en el cálculo son: temperatura de ruido del receptor, número de canales telefónicos y grado de dispersión de energía empleado.

2. Limitación de la potencia suministrada a la antena

Fuera de su haz principal, la ganancia de una antena de estación terrenal es, en gran medida, independiente de la ganancia en este haz. Por consiguiente, cuando el satélite no se encuentra en el haz principal, la interferencia puede reducirse limitando la potencia total suministrada a la antena en vez de limitar la p.i.r.e.

La interferencia total a través del haz principal de la antena del satélite depende, por tanto, del número de estaciones terrenales situadas dentro de la zona de cobertura y del promedio de la ganancia de sus antenas en la dirección del satélite. Los parámetros del satélite mencionados en el punto precedente intervienen también en el cálculo.

APÉNDICE 2

AL ANEXO 1

Compartición de las bandas de frecuencias entre sistemas del servicio fijo por satélite y sistemas de radioenlaces transhorizonte

1. Introducción

En este apéndice se estudian las condiciones en que los sistemas del servicio fijo por satélite y los sistemas de radioenlaces transhorizonte pueden utilizar la misma banda de frecuencias sin causarse interferencias mutuas excesivas.

2. Sistemas de radioenlaces transhorizonte

Se observan diferencias importantes entre los parámetros de los diversos tipos de sistemas transhorizonte: por ejemplo, las potencias de transmisión pueden variar entre unos centenares de vatios y 50 kW; los diámetros de antena, entre 3 y 35 m; la capacidad de la banda de base entre un canal telefónico y un canal de televisión; el factor de ruido de los receptores entre 1 y 12 dB, etc. Por lo general, y habida cuenta de los imperativos económicos, hay que elegir los parámetros más apropiados para cada sistema y, en ocasiones, para cada enlace particular. Los márgenes de funcionamiento que habría que considerar con miras a una normalización son irrealizables, ora desde el punto de vista técnico, ora desde el punto de vista económico.

Parece poco probable que en los sistemas de radioenlaces transhorizonte llegue a hacerse tanto uso de los canales radioeléctricos en paralelo como en los sistemas de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa.

3. Consideraciones geométricas

Las relaciones geométricas determinantes de la exposición de los satélites a los haces de antena de las estaciones de sistemas de relevadores radioeléctricos se indican en el anexo 1 a la Recomendación UIT-R SF.765. Aunque el haz más estrecho de las antenas de los sistemas transhorizonte tiende a reducir la probabilidad de exposición a los diversos sistemas de órbitas, hay que reconocer que por ser mayores la potencia del transmisor, la sensibilidad del receptor y la ganancia de la antena, es mayor también la probabilidad de interferencias apreciables en caso de exposición a esos haces e incluso a los lóbulos laterales principales.

Además, los enlaces transhorizonte se utilizan frecuentemente entre pequeñas islas muy distantes unas de otras y en otros casos similares, lo cual limita la gama de posibles direcciones para los trayectos e impide así el uso de este medio de evitar la exposición a las órbitas.

4. Consideraciones acerca de la interferencia

4.1 Interferencias mutuas con los satélites

La potencia isotrópica radiada equivalente de una estación terminal de un sistema transhorizonte puede ser de unos 85 a 90 dBW, es decir, poco distinta de la de estaciones terrenales típicas. Por consiguiente, un satélite situado en el lóbulo principal de la antena de una estación transhorizonte recibirá señales deseadas y señales interferentes de potencia bastante igual, en caso de que se utilice una frecuencia compartida en el trayecto ascendente. Supongamos ahora que se comparte una frecuencia en el trayecto descendente; en este caso, la señal interferente captada por el receptor del sistema transhorizonte sería de aproximadamente -110 dBW, es decir, casi equivalente al valor mediano de la señal deseada, lo que originaría prácticamente la interrupción de la comunicación.

4.2 Interferencias mutuas con las estaciones terrenas

El problema de la distancia de coordinación entre estaciones terrenas y estaciones de sistemas de radioenlaces transhorizonte es esencialmente el mismo que el de la distancia de coordinación entre estaciones terrenas y estaciones de sistema de relevadores radioeléctricos con visibilidad directa, con la sola diferencia de que en este caso hay que prever una mayor pérdida básica de transmisión. La pérdida básica de transmisión necesaria para que la interferencia sea despreciable, varía entre valores próximos a 190 dB, cuando ninguna de las antenas está apuntada a la otra estación, y a 300 dB cuando cada una de las antenas está apuntada a la otra estación (direcciones complementarias en acimut, pero distancia superior a la de visibilidad directa).

Conviene señalar que se dispone de mucha más información sobre los desvanecimientos descendentes en propagación transhorizonte que sobre los desvanecimientos ascendentes que tienen gran importancia para calcular la distancia de coordinación. Los datos estadísticos usuales de la pérdida en el trayecto transhorizonte, pueden sufrir distorsiones notables por encima de los valores medianos, a causa de la propagación por conductos debida a inversiones de temperatura que, en algunos casos, han ocasionado un aumento de la señal recibida de 60 a 70 dB por encima de los valores medianos durante periodos bastante largos. Las características topográficas debajo de la zona de dispersión son capaces de originar conductos en ciertos trayectos; este efecto puede ser netamente superior al valor medio característico de la región o del tipo de región considerado.

En los trayectos en que puede haber interferencias, es aconsejable medir la pérdida de propagación en el momento en que las inversiones de temperatura son más probables. Con una instalación móvil no es fácil medir pérdidas básicas de transmisión cuyo valor exceda de 250 dB.

Con los satélites geoestacionarios, el problema de la coordinación es algo más sencillo por encontrarse la antena de la estación terrena permanentemente orientada en una dirección bien definida y no en varias direcciones, como ocurre durante el seguimiento de un satélite móvil.

5. Conclusiones

5.1 Es probable que en la mayoría de los casos pueda resolverse el problema de la coordinación. Este problema se simplificaría mucho en los casos particularmente difíciles, si pudiera disponerse de una banda de frecuencias no compartida a la cual pudiesen transferirse las frecuencias del enlace perturbador.

5.2 Para realizar la compartición con un sistema de satélites geoestacionarios habría que limitar, sobre una pequeña parte de la superficie terrestre, la gama de acimutes autorizados para los enlaces transhorizonte. Es probable que esta restricción no sea tan molesta que impida la compartición.

5.3 Los sistemas de satélites de distribución aleatoria en órbitas inclinadas parecen exigir actualmente tales restricciones de la gama de acimutes autorizados para los enlaces transhorizonte, y ello en una superficie tan extensa, que se considera irrealizable la compartición de frecuencias.
