

RECOMENDACIÓN UIT-R SF.1005*

COMPARTICIÓN DE FRECUENCIAS ENTRE EL SERVICIO FIJO Y EL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE CON UTILIZACIÓN BIDIRECCIONAL EN BANDAS POR ENCIMA DE 10 GHz ACTUALMENTE ATRIBUIDAS PARA FUNCIONAMIENTO UNIDIRECCIONAL

(1993)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los actuales criterios de compartición están basados en sistemas del servicio fijo por satélite establecidos en bandas de frecuencias atribuidas para funcionamiento unidireccional;
- b) que en ciertas porciones del espectro por encima de 10 GHz puede ser posible la atribución bidireccional de bandas de frecuencias al servicio fijo por satélite con objeto de aumentar la capacidad de transmisión global de dicho servicio;
- c) que el funcionamiento bidireccional en el servicio fijo por satélite produce fuentes adicionales de interferencia;
- d) que el grado de incidencia dependerá de la medida en que se utilice la explotación en banda inversa;
- e) que la repercusión será mayor en bandas densamente pobladas de receptores del servicio fijo;
- f) que la atribución bidireccional de bandas de frecuencias al servicio fijo por satélite no debe producir interferencia adicional significativa a sistemas del servicio fijo;
- g) que esto se puede lograr reduciendo los límites de densidad de flujo de potencia de estaciones espaciales en redes de explotación en banda inversa con respecto a los límites actualmente en vigor para transmisiones espacio-Tierra;
- h) que otra solución sería reducir los criterios de interferencia máxima admisible a estaciones del servicio fijo, producida por emisiones de estaciones terrenas funcionando en redes en banda inversa, con relación a los criterios actualmente vigentes para transmisiones Tierra-espacio,

recomienda

1. que, para asegurar la viabilidad de la compartición entre el servicio fijo y el servicio fijo por satélite con utilización bidireccional en bandas por encima de 10 GHz que actualmente tienen una atribución unidireccional, se apliquen las condiciones establecidas a continuación;
2. que en las bandas compartidas con el servicio fijo se apliquen los actuales criterios de compartición a redes de satélite en banda directa;
3. que los lóbulos laterales de las antenas de satélite en redes de satélite con explotación en banda inversa del servicio fijo por satélite sean lo más bajos posible y que la máxima densidad de flujo de potencia en el borde de la Tierra producida por emisiones procedentes de un satélite sean inferiores, en los valores que a continuación se indican, con respecto a los límites que aparecen en el cuadro 1 de la Recomendación UIT-R SF.358 para ángulos de llegada no superiores a 5° por encima del horizonte en condiciones de propagación en espacio libre (véase la nota 2):
 - para bandas de frecuencias entre 10 y 15,4 GHz: 7 dB
 - para bandas de frecuencias entre 15,4 y 20 GHz: 5 dB
 - para bandas de frecuencias por encima de 20 GHz: 3 dB

* 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 los criterios de interferencia máxima admisible, tanto a largo como a corto plazo, producida por estaciones terrenas que funcionan en banda inversa en estaciones del servicio fijo sean inferiores, en los valores que a continuación se indican, a los calculados por los métodos descritos en la Recomendación UIT-R SM.1448 y en la Recomendación UIT-R SF.1006:

- para bandas de frecuencias entre 10 y 15,4 GHz: 7 dB
- para bandas de frecuencias entre 15,4 y 20 GHz: 5 dB
- para bandas de frecuencias por encima de 20 GHz: 3 dB

5. que para la coordinación entre sistemas del servicio fijo y redes del servicio fijo por satélite que utilizan la explotación en banda inversa se apliquen los actuales criterios de compartición y que la Recomendación UIT-R SF.406* se aplique a las estaciones transmisoras del servicio fijo compartidas con el servicio fijo por satélite (sentido Tierra-espacio) que funcionan en banda inversa.

Nota 1 – En esta Recomendación, funcionamiento en banda directa significa explotación en las bandas de frecuencias de acuerdo con la actual atribución al servicio fijo por satélite y funcionamiento en banda inversa, la explotación en aquellas bandas que podrían ser atribuidas adicionalmente en el sentido inverso al servicio fijo por satélite por una Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones futura.

Nota 2 – Para ángulos de llegada superiores a 25° sobre el horizonte, deben aplicarse los límites de densidad de flujo de potencia indicados en el cuadro 1 de la Recomendación UIT-R SF.358. Entre 5° y 25°, deben interpolarse linealmente los valores de densidad de flujo de potencia de la presente Recomendación en 5° y los del cuadro 1 de la Recomendación UIT-R SF.358* en 25°.

Nota 3 – La utilización de antenas de estación espacial de haz estrecho y de zonas de servicio que ven la estación espacial con ángulos relativamente elevados, facilitará probablemente la realización de redes en banda inversa en esas zonas de servicio y mejorará la compartición con las estaciones fijas cerca del borde de la Tierra.

Nota 4 – La presente Recomendación trata un tema que puede ser de interés para una futura Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones. No es aplicable a las atribuciones actuales, que reflejan los resultados de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Málaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92).

Nota 5 – Al aplicar los valores más bajos propuestos de densidad de flujo de potencia y de interferencia admisible indicados en los § 3 y 4 del *recomienda*, una futura Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones deberá tener también en cuenta debidamente la banda específica y los tipos de sistemas del servicio fijo que compartirían la utilización bidireccional propuesta con el servicio fijo por satélite.

Nota 6 – En el anexo 1 figura la información correspondiente a las disposiciones de la presente Recomendación.

ANEXO 1

Compartición de frecuencias entre sistemas del servicio fijo y sistemas del servicio fijo por satélite que incluyen redes con funcionamiento en banda directa y redes con funcionamiento en banda inversa

1. Utilización bidireccional de bandas de frecuencias compartidas con servicios terrenales

El funcionamiento de sistemas espaciales en banda inversa, en las bandas compartidas con sistemas terrenales, entrañará varias consecuencias graves que habrá que examinar. En este punto se exponen algunos de los nuevos problemas que se puedan plantear, al emplear los sistemas de satélites de haces globales o puntuales dirigidos cerca del borde de la Tierra.

1.1 Nuevos problemas para los servicios terrenales

En las bandas de frecuencias compartidas, los transmisores de las estaciones espaciales causan interferencia en extensas zonas a los receptores de los servicios terrenales a través de las bandas empleadas en el enlace descendente. Esto impone limitaciones a los sistemas terrenales que convendría estuviesen orientados hacia el acimut en que el plano de la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG) corta al plano del horizonte. Además, en las bandas de frecuencias del enlace ascendente, el Reglamento de Radiocomunicaciones fija límites a la p.i.r.e., y a la potencia del transmisor terrenal. De adoptarse la explotación con bandas de frecuencias invertidas en el servicio espacial, los servicios terrenales se verían doblemente perjudicados en todas las bandas compartidas, si bien se reduciría el efecto, si la antena del satélite proporcionase una discriminación adicional.

También sufren interferencia en las bandas del enlace ascendente los receptores terrenales situados cerca de las estaciones terrenas. A fin de limitar esta interferencia, se coordina la explotación de ambos servicios, imponiéndose límites a los servicios terrenales instalados en las cercanías de las estaciones terrenas. Para reducir a un mínimo esta limitación en el aspecto geográfico se recurrirá a menudo a la concentración de varias estaciones terrenas en una misma ubicación. De utilizarse bandas de frecuencias invertidas en el servicio espacial, sería necesario instalar los terminales terrenos en emplazamientos perfectamente separados para limitar la interferencia mutua. Por lo general, esta medida tendría por efecto extender la zona de limitación de los servicios terrenales. Además, en estas zonas las posibilidades de expansión de los sistemas terrenales existentes (mediante, por ejemplo, el empleo de bandas de frecuencias adicionales no utilizadas por el servicio espacial para los trayectos ascendentes) podrían reducirse considerablemente.

Finalmente, parece que la atribución de ruido debido a la interferencia causada por los sistemas espaciales a un sistema terrenal tendría que dividirse entre la interferencia debida a los transmisores de satélite y la provocada por los de estaciones terrenas, expresándolo en niveles de interferencia y en porcentajes de tiempo en que pueden admitirse estos niveles. Esto llevaría a una mayor limitación de los sistemas terrenales en las cercanías de las estaciones terrenas, o a criterios de compartición más restrictivos. En este anexo se estudia este aspecto más detalladamente.

1.2 Nuevos problemas para el servicio fijo por satélite

En las bandas compartidas con el servicio fijo, el emplazamiento de estaciones terrenas puede plantear más problemas debido a que la interferencia producida por estaciones terrenas transmisoras se agrega a la producida por estaciones del servicio fijo. Además, las redes con funcionamiento en banda inversa deben observar criterios de compartición más estrictos con relación a las estaciones receptoras del servicio fijo.

Un nuevo modo de interferencia es el producido por el transmisor de una estación espacial al receptor de una estación espacial en las antípodas. Dicha interferencia antipodal puede controlarse fijando límites de emisión apropiados en relación con el limbo antipodal de la Tierra. La utilización de antenas de satélite de haz estrecho, junto con zonas de servicio ubicadas suficientemente alejadas dentro del borde de la Tierra visto por el satélite, contendrán eficazmente este modo de interferencia.

2. Funcionamiento general en banda inversa

No son evidentes las ventajas que supone introducir la explotación bidireccional en las bandas compartidas con enlaces de relevadores radioeléctricos terrenales agregando redes de satélites con funcionamiento en bandas inversas a las redes de satélites con funcionamiento en bandas directas, de modo que se efectúen en la misma banda de frecuencias transmisiones en el sentido satélite-Tierra y en el sentido Tierra-satélite.

Puede deducirse que sería necesario restringir más los límites de densidad de flujo de potencia y de p.i.r.e., en el servicio por satélite y en el servicio fijo terrenal para no degradar la calidad de cada servicio por la utilización de bandas inversas.

Sin embargo, esta idea se basa en el supuesto de que se utilizan haces de antena de satélite de cobertura global, o haces estrechos dirigidos cerca del borde de la Tierra con objeto de prestar servicio a estaciones terrenas con un ángulo de elevación igual o superior a 5°. Ello supone una ganancia de la antena del satélite hacia el borde de la Tierra de valor superior, quizá, a 18 dB, con respecto a una antena isótropa.

En los puntos siguientes se examina la introducción de limitaciones en el funcionamiento en banda inversa para facilitar las condiciones de compartición, refiriéndose particularmente a la explotación en banda inversa con haces estrechos para estaciones terrenas con ángulos de elevación altos (> 40°).

3. Funcionamiento en banda inversa con haces estrechos para estaciones terrenas con ángulos de elevación altos (> 40°)

3.1 Consideraciones generales

La creciente demanda de mayor número de sistemas de satélites nacionales o subregionales hace más imperativa la necesidad de examinar si podría introducirse el uso de bandas inversas, de modo que se redujeran al mínimo las limitaciones en las redes de satélites que utilizan bandas directas y las redes de relevadores radioeléctricos terrenales.

Por consideraciones geométricas, se infiere que si las redes de bandas inversas utilizaran haces estrechos, de 2° por ejemplo, para servir principalmente a estaciones terrenas con ángulos de elevación (superiores a unos 40°), podría prestarse servicio a muchos países con ganancias de lóbulos laterales de antenas de satélite hacia el borde de la Tierra no superiores a 8 dB (con respecto a una antena isótropa). En la Recomendación UIT-R S.672 se demuestra que puede cumplirse la ley de envolvente de los lóbulos laterales, empleando antenas de satélite con alimentación descentrada. El cumplimiento de esta Recomendación se revelaría necesario por razones de capacidad en el marco del servicio fijo por satélite, de modo que la reducción de las dificultades de compartición constituiría una ventaja adicional.

La fig. 1 muestra un ejemplo del margen de coberturas que puede lograrse con haces de 2°, e indica que la extensión en latitud de la proyección del haz sobre la Tierra depende de la separación longitudinal entre el satélite y el emplazamiento de la estación terrena. Pueden alcanzarse latitudes de varios grados al norte de 40° N con una pequeña o ninguna separación longitudinal, mientras que pueden cubrirse latitudes de 30° N con separaciones longitudinales de 30°.

Pueden utilizarse haces de abertura superior a 2°, pero el límite de la zona de cobertura ha de separarse consecuentemente del borde de la Tierra.

3.2 Interferencia posible procedente de las estaciones del servicio fijo en las estaciones espaciales

La geometría de la compartición entre el servicio fijo y el servicio fijo por satélite es tal que sólo las estaciones transmisoras del servicio fijo en el borde de la Tierra (vistas desde las estaciones espaciales) están en condiciones de producir niveles significativos de potencia interferente en las estaciones espaciales receptoras. La geometría particular de las redes con banda inversa que utilizan haces estrechos para estaciones terrenas con ángulos de elevación altos es tal que la elevada discriminación fuera del eje de la antena de la estación espacial receptora (30 dB, véase la Recomendación UIT-R S.672) debería proteger suficientemente de la interferencia procedente de las estaciones transmisoras del servicio fijo en el borde de la Tierra sin tener que imponer restricciones adicionales de puntería o de p.i.r.e.

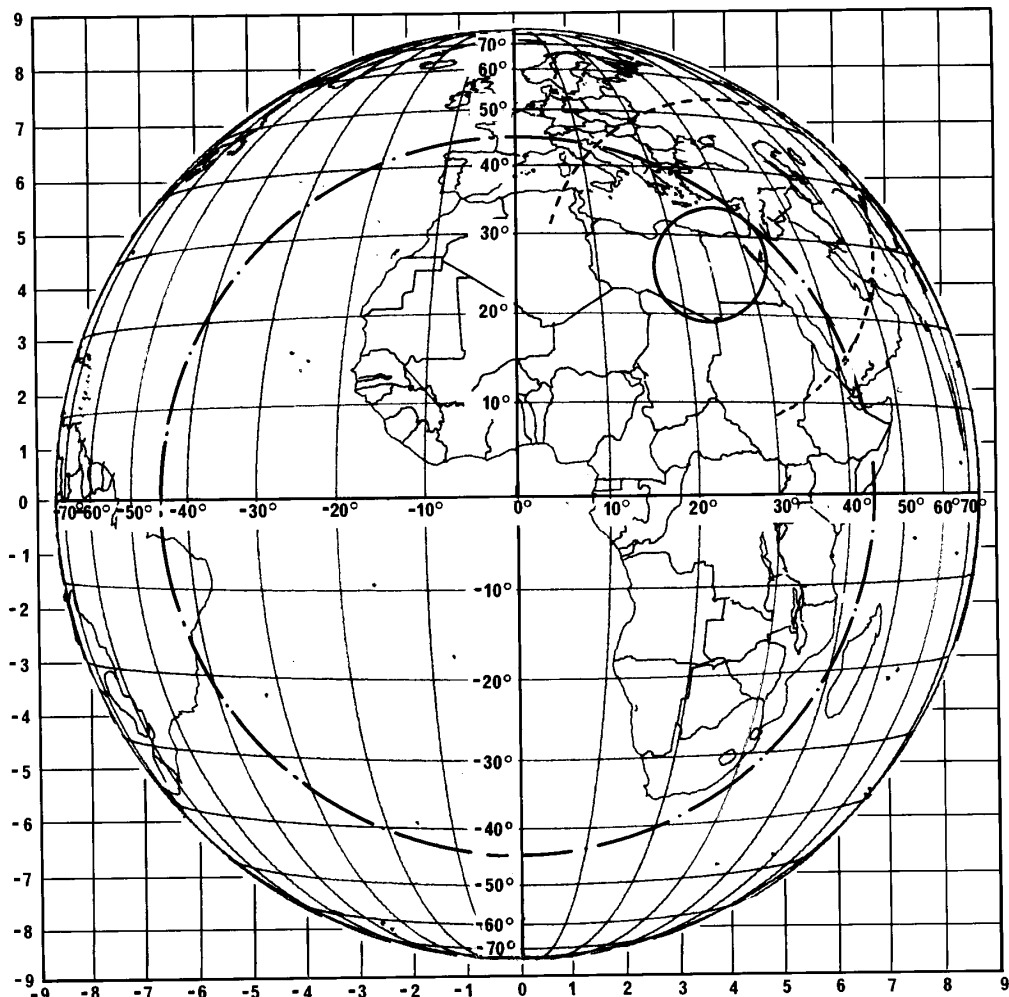
3.3 Interferencia posible en las estaciones del servicio fijo cuando se introduce el funcionamiento en banda inversa en las bandas utilizadas para los enlaces ascendentes explotados en banda directa

La adopción del funcionamiento en banda inversa en las bandas atribuidas actualmente a los enlaces ascendentes, explotados en banda directa, creará una fuente adicional de interferencia procedente de las estaciones espaciales transmisoras en las estaciones del servicio fijo. Los límites de densidad de flujo de potencia que pueden tolerar las estaciones receptoras del servicio fijo se han establecido suponiendo que la interferencia causada por las estaciones espaciales produce un nivel de potencia de ruido en el receptor 10 dB por debajo del ruido térmico. Esta evaluación indica que tendrán que adoptarse límites de densidad de flujo de potencia inferiores a los que establece la Recomendación UIT-R SF.358, y habrá que considerar una reducción típica del límite de densidad de flujo de potencia entre 3 y 7 dB hacia el borde de la Tierra con respecto al límite fijado por la Recomendación UIT-R SF.358 para bandas superiores a 10 GHz.

FIGURA 1

Margen admisible para el funcionamiento en bandas de frecuencias inversas, con haces estrechos de 2°, para evitar las limitaciones adicionales de compartición con los servicios terrenales

(Vista de la Tierra desde la OSG situados en una longitud de 0°)



- Zona de cobertura de un haz típico de 2° de abertura
- Contorno a -30 dB de un haz de 2° de abertura
- · - · - · Límite de margen: ángulo de elevación de la estación terrena de 40° como mínimo

D01

3.4 Interferencia posible en las estaciones del servicio fijo cuando se introduce el funcionamiento en banda inversa en las bandas utilizadas para los enlaces descendentes explotados en banda directa

La adopción del funcionamiento en banda inversa en las bandas atribuidas actualmente a los enlaces descendentes, explotados en banda directa, creará una fuente de interferencia de las estaciones terrenas transmisoras en las estaciones del servicio fijo además de la que originan las estaciones transmisoras espaciales.

El número total de interrupciones y de periodos de no disponibilidad en los sistemas del servicio fijo se verá entonces afectado por tres mecanismos independientes, a saber: la reducción del margen de desvanecimiento debido a la interferencia a «largo plazo» de la estación espacial, la reducción del margen de desvanecimiento debido a la interferencia a «largo plazo» de la estación terrena, y la contribución de interferencia de alto nivel a «corto plazo» debida a condiciones anómalas de propagación y procedente de las estaciones terrenas transmisoras. En un estudio reciente se calculó la interrupción total de un sistema de relevadores radioeléctricos que utilizaban una tecnología de modulación digital en cuadratura de 64 estados (MAQ-64), en una banda de frecuencias atribuida de modo bidireccional, evaluando

la contribución a la interferencia total de cada uno de estos mecanismos. Los resultados del estudio indican en el caso más desfavorable un aumento de tres órdenes de magnitud en los valores correspondientes al 10% según los § 2 y 3 de la parte dispositiva de la Recomendación UIT-R SF.615.

La obtención de un equilibrio factible entre estos tres mecanismos puede diferir de una parte del mundo a otra, según circunstancias individuales. Por ejemplo, en aquellas partes del mundo en que se utilizan ampliamente los satélites geoestacionarios, la compartición no será factible puesto que requerirá tanto la reducción de los límites de la p.i.r.e. del satélite como la adopción de grandes distancias de separación entre las estaciones terrenas transmisoras y las estaciones terrenas receptoras del servicio fijo.

En otros lugares en que se utilicen menos los satélites geoestacionarios podrán obtenerse distancias de separación más pequeñas.

4. Coordinación de estaciones terrenas que utilizan bandas inversas con redes de relevadores radio-eléctricos terrenales

Es necesario tener en cuenta los modos usuales de propagación al proceder a la coordinación de las estaciones terrenas que utilizan bandas inversas con los enlaces de relevadores radioeléctricos terrenales, es decir, acoplamiento en condiciones de cielo despejado por el modo (1) y acoplamiento en condiciones de lluvia por el modo (2).

No obstante, ha de tenerse presente que la distancia de coordinación de la estación terrena viene determinada por la interferencia a corto plazo (0,01% del tiempo) experimentada en condiciones de propagación anormal, más bien que por la interferencia a largo plazo (durante el 20% del tiempo), lo que da lugar a distancias de coordinación elevadas.

Para el modo (1), la interferencia en el plano del círculo máximo que contiene el eje de puntería de la antena de la estación terrena quedará reducida en 22 dB, por lo menos, debido al aumento del ángulo de elevación de la estación terrena que utiliza bandas inversas, desde 5° hasta más de 40°. Para otros acimutes la reducción será inferior, pero a partir de un valor inicial más bajo de ganancia de la antena.

Para el modo (2) el cálculo es más complejo, pero cabe inferir cualitativamente una reducción del acoplamiento del volumen común reducido dentro de la atmósfera, resultante del aumento del ángulo de elevación de la estación terrena en bandas inversas, desde 5° a más de 40°.

5. Utilización de bandas inversas en estaciones terrenas con ángulos de elevación bajos

En caso de que los responsables de la explotación de las redes desearan introducir el uso de bandas inversas en estaciones terrenas con ángulos de elevación bajos (< 40°) (por ejemplo, en latitudes más altas) la geometría sería progresivamente menos favorable, y sería necesario proceder a estudios caso por caso. Es posible que ello fuera viable, pero, como muestra la fig. 1, el uso de bandas inversas en una latitud más alta no entrañaría tal vez la introducción de restricciones adicionales en países de latitudes más bajas, a condición de que se utilizaran haces estrechos.

6. Conclusiones

En este anexo se exponen las formas en que puede introducirse el funcionamiento en bandas inversas de modo que se reduzcan significativamente las dificultades de compartición con los sistemas de relevadores radioeléctricos terrenales. Se observa que la geometría altamente favorable que ofrecen las estaciones terrenas con ángulos de elevación altos, normalmente de redes con haces estrechos (típicamente de 2°) que prestan servicio a países de latitudes inferiores a 40°, ofrece la posibilidad de combinar el uso de «redes con funcionamiento en bandas directas», de «redes (nacionales y subregionales) con funcionamiento en bandas inversas» y de «redes de relevadores radioeléctricos terrenales», mucho más ampliamente de lo que sería posible en países de latitudes más altas, en especial en aquellas partes del mundo que utilizan menos la OSG. Se necesitan estudios adicionales sobre los sistemas que utilizan aberturas de haz más anchas.
