

INFORME 1185

ASPECTOS DE LA COORDINACIÓN ENTRE SISTEMAS DEL SERVICIO MÓVIL
POR SATÉLITE QUE UTILIZAN LA ÓRBITA DE LOS SATÉLITES GEOESTACIONARIOS

(Cuestión 83/8)

(1990)

1. Introducción1.1 Objetivos y alcance

Antes de que una administración notifique a la IFRB asignaciones de frecuencias nuevas o revisadas para un sistema de servicios móviles por satélite, debe primeramente cumplir las obligaciones estipuladas en los procedimientos de publicación anticipada y coordinación que especifica el Artículo 11 del Reglamento de Radiocomunicaciones. El objetivo de estos procedimientos es el de asegurar que las asignaciones propuestas no producen ni sufren interferencia inaceptable con los sistemas espaciales y terrenales existentes y en proyecto.

Los procedimientos detallados en el Artículo 11 establecen la secuencia de interacciones de la administración solicitante con las administraciones afectadas y con la IFRB; estos procedimientos no consideran los aspectos técnicos de la coordinación. La finalidad del presente Informe es la de abordar los aspectos técnicos de la coordinación, describiendo aquellos parámetros de diseño y funcionamiento del sistema susceptibles de ajuste para conseguir el objetivo señalado en los procedimientos del Artículo 11 y explicando la manera de ajustar dichos parámetros en los casos prácticos.

El debate y las explicaciones se ciñen a los sistemas concebidos para utilizar las atribuciones al servicio móvil por satélite (SMS) en las bandas 1 530 - 1 559 MHz (descendente) y 1 626,5 - 1 660,5 MHz (ascendente) y no abordan la coordinación de tales sistemas con las estaciones terrenales. En el Informe 1172 se hallará información suplementaria sobre la capacidad de reducción de la interferencia que proporciona el ajuste de ciertos parámetros de los sistemas de servicios móviles por satélite. En el Informe 453 se reseñan los debates pertinentes sobre la repercusión del diseño del sistema de satélite en la interferencia mutua entre sistemas y en la utilización de la órbita en el servicio fijo por satélite. El Informe 870 contiene una descripción completa de los métodos de coordinación utilizados en dicho servicio.

1.2 Resumen de los procedimientos de publicación anticipada y coordinación expuestos en el Artículo 11

El procedimiento de publicación anticipada descrito en la sección I del Artículo 11 tiene lugar antes del procedimiento de coordinación formal expuesto en la sección II del mismo artículo, y en él se exige a la administración que propone asignaciones de frecuencia nuevas o revisadas para un sistema de satélites el envío a la IFRB de la información relativa a las características de la red enumerada en el Apéndice 4 del Reglamento de Radiocomunicaciones, de tal

manera que pueda publicarse para que cualquier administración la examine y comente en lo que pueda afectar a sus servicios de radiocomunicaciones espaciales.

El Reglamento de Radiocomunicaciones estipula que si dichos comentarios se reciben dentro de un plazo de cuatro meses a partir de la fecha de publicación, la administración que propone las asignaciones nuevas o revisadas se verá obligada ante todo a examinar todos los medios posibles de reducir la interferencia a niveles aceptables mediante el ajuste del diseño y la disposición del sistema propuesto. Si la administración no llega a encontrar dichos medios, podrá entonces buscar la cooperación de las administraciones potencialmente afectadas para hallar una solución.

En la sección II del Artículo 11 se detalla el procedimiento de coordinación y las condiciones en las que debe aplicarse. La condición principal es que se requiere coordinación si la interferencia procedente del sistema nuevo hace aumentar la temperatura equivalente de ruido T en otro sistema de satélite más de un valor ΔT en las condiciones más desfavorables que se definen en el Apéndice 29 del Reglamento de Radiocomunicaciones. El umbral de potencia de interferencia que hace necesaria la coordinación conforme al Apéndice 29, puede en numerosos casos ser inferior a lo que considere aceptable un proveedor de servicios determinado. De aquí que puede no ser todavía necesario modificar las características de diseño y funcionamiento de ese sistema para ajustarse a una reducción de la interferencia recibida.

En caso de que se necesiten ajustes del sistema para satisfacer los criterios de interferencia aceptable acordados por las administraciones interesadas, se determinan entonces las opciones disponibles durante el proceso de coordinación. En ellas se incluye la reubicación de una o más estaciones espaciales o modificaciones en las emisiones, la utilización de frecuencias u otras características técnicas y de funcionamiento de los sistemas, tal como se describe en el punto 2.

1.3 Importancia de la fase de desarrollo de un sistema de satélites

Antes de analizar la manera de reducir la interferencia mutua entre sistemas mediante el ajuste de los parámetros de diseño y funcionamiento de los sistemas interesados, debe advertirse que la medida en la que pueden ajustarse los parámetros de un sistema dado depende de las características específicas de ese sistema y de su estado de desarrollo. Como se explica en el Informe 870, se pueden distinguir cuatro fases en el desarrollo de un sistema de satélites:

- Concepción y diseño iniciales: el plan de diseño del sistema ha avanzado hasta el punto de haberse decidido los valores preferidos de los parámetros técnicos que requiere el Apéndice 4 del Reglamento de Radiocomunicaciones, incluyendo la posición orbital y la frecuencia.
- Realización: esta fase incluye el diseño detallado y la construcción del satélite con sus estaciones terrenas asociadas y termina con el lanzamiento del satélite. Normalmente requiere varios años.
- Explotación: en esta fase, el satélite ya está construido, se ha lanzado y está funcionando desde una posición orbital determinada con su segmento terreno asociado.

- Sistema de satélites de segunda generación o sustitutivo: durante la vida útil del satélite de la primera generación en un sistema, normalmente se diseña y construye un satélite sustitutivo. Cuando llegue el momento de lanzarlo, existirá ya una extensa red de estaciones terrenas y tal vez deba mantenerse cierto número de parámetros de transmisión conexos con el fin de preservar la continuidad del servicio.

Durante la fase de concepción y diseño iniciales se dan las mayores oportunidades para el ajuste de cualquiera de los parámetros de diseño y funcionamiento. Ocurre con frecuencia que una red de un solicitante puede haber entrado en la fase de realización antes de que el procedimiento de coordinación haya llegado al punto de poder establecer acuerdos. Los otros sistemas potencialmente afectados pueden encontrarse en cualquiera de las cuatro fases.

Los sistemas en fase de realización pueden todavía ofrecer oportunidades para el ajuste de sus parámetros de diseño y funcionamiento proyectados con miras a reducir la interferencia, pero estas oportunidades disminuyen al acercarse la fecha del lanzamiento.

Los sistemas en fase de explotación poseen numerosos parámetros que están fijados o que solamente pueden ser modificados con un coste apreciable. No obstante, ciertos sistemas están diseñados para incorporar flexibilidad en su explotación, como por ejemplo en la reorientación del haz, los ajustes de la ganancia del transpondedor, las bandas de paso programables, etc. En general, los sistemas móviles por satélite tienen una gran flexibilidad para resolver los problemas de interferencia por medio de ajustes a los planes de frecuencia, como mínimo, con independencia del lugar del ciclo de desarrollo en que se encuentre el sistema, desde su concepción hasta su explotación.

Los satélites sustitutivos para un sistema existente poseen algunas de las flexibles características de las tres fases anteriores. Aunque tal vez tengan que conservarse varios parámetros de transmisión, es posible incorporar cambios al diseño para reducir la interferencia potencial. La introducción de reajustes en las estaciones terrenas sólo es práctica si se realiza a lo largo de un periodo considerable, en combinación con planes de mantenimiento, restauración o sustitución, o de cesación de servicios atrasados.

1.4 Inhomogeneidad de los enlaces en los sistemas de satélite para servicios móviles

El reajuste de los parámetros del sistema para satisfacer los criterios de interferencia puede ser más complejo cuando existe una gran inhomogeneidad entre los enlaces del servicio móvil por satélite a considerar. Por ejemplo, entre enlaces que funcionan con antenas de satélite de cobertura hemisférica y otros que funcionan con antenas de satélite de haz puntual.

Además de esa inhomogeneidad en los enlaces, los sistemas móviles por satélite pueden tener necesidad de admitir una gama de portadoras de RF que refleje diferencias en el tipo de mensajes, la velocidad binaria de éstos o la anchura de la banda de base, el método de modulación, la técnica de acceso múltiple y otros parámetros.

2. Parámetros de la coordinación

Los parámetros de diseño y funcionamiento del sistema que deben considerarse en el transcurso de la coordinación incluyen prácticamente cualquier parámetro que pueda afectar a la interferencia entre sistemas. Los parámetros que van a examinarse aquí son los siguientes:

- Criterios de interferencia admisible y aceptada
- Plan de frecuencia de transpondedores y de polarización
- Planes de frecuencia de portadoras
- Cobertura de la antena del satélite y zonas de servicio
- Discriminación de las antenas de estación terrena
- Control de potencia de la estación terrena
- Ganancias de transpondedores y p.i.r.e. del satélite
- Posiciones del satélite
- Cronograma de explotación.

2.1 Criterios de interferencia admisible y aceptada

En el Reglamento de Radiocomunicaciones se definen dos tipos de niveles de interferencia utilizables en la coordinación de asignaciones de frecuencias entre administraciones. "Interferencia admisible" es la que cumple criterios cuantitativos de interferencia y compartición contenidos en dicho Reglamento de Radiocomunicaciones o en las Recomendaciones del CCIR, o bien en acuerdos especiales como previene el Reglamento. "Interferencia aceptada" es la interferencia a un nivel superior al definido como interferencia admisible y que ha sido objeto de un acuerdo entre dos o más administraciones, sin causar perjuicio a otras administraciones. En el Informe 1179 se describe un método para determinar los niveles admisibles de interferencia.

Cuando se toman como "objetivos de interferencia" en la planificación global de un sistema, los criterios de interferencia de interés son aplicables a la interferencia total o combinada procedente de todas las fuentes, tanto dentro del sistema como entre sistemas distintos. No obstante, como la coordinación suele realizarse de una manera bilateral, los criterios de interferencia utilizados en la coordinación se aplican a interferencia mutua entre sistemas producida por una sola fuente. Los criterios aplicables a tales fuentes de interferencia deben elegirse de tal manera que, si los cumple por separado cada sistema interferente, la interferencia total no rebasará los niveles especificados por los criterios de interferencia combinada para la interferencia mutua entre sistemas.

En ausencia de Recomendaciones del CCIR que especifiquen criterios de interferencia de una sola fuente aplicables a la interferencia mutua entre sistemas admisible, cada administración que participe en una acción de coordinación tiene libertad para especificar los niveles de interferencia admisible y aceptada que crean necesarios para proteger los canales de su sistema, si bien estos niveles pueden ser reconsiderados durante la coordinación. La coordinación se verá facilitada por la flexibilidad en dos aspectos: la relación del nivel de interferencia combinada al nivel de interferencia procedente de una sola fuente y la diferencia entre los criterios de interferencia aceptada y de interferencia admisible.

Tal vez sea posible adoptar criterios menos estrictos de interferencia de una sola fuente en situaciones en que la relación supuesta de la potencia de interferencia combinada a la de una sola fuente sea prudentemente elevada, siempre que se satisfagan los criterios de interferencia combinada.



En el caso de comparar la interferencia aceptada con la interferencia admisible, los enlaces reales disponibles en algunos sistemas pueden ofrecer unos márgenes de calidad de funcionamiento más amplios que los enlaces representativos sobre los cuales se basa la interferencia admisible. Ello podría permitir una aceptación posterior de niveles más elevados de interferencia combinada sin dejar de cumplir los objetivos de calidad de funcionamiento del enlace. No obstante, los valores de capacidades de cresta o los márgenes para el enlace, en los satélites limitados en potencia, se reducen al aumentar la interferencia combinada. La aceptación de criterios relajados para la potencia de interferencia combinada es sin duda un asunto a decidir estrictamente durante la coordinación y no debe darse por resuelto a la hora de proyectar los sistemas antes de la coordinación.

2.2 Plan de frecuencia de transpondedores y de polarización

El plan de frecuencia de transpondedores y de polarización para un sistema de satélites describe las bandas de paso de los transpondedores y la polarización de las antenas de recepción y transmisión a las que cada uno de los transpondedores está o puede estar conectado. Las bandas de paso de los transpondedores pueden superponerse parcialmente (por ejemplo, para haces que no se solapan en un satélite multihaz). En principio, se pueden elegir planes de frecuencia de transpondedores o de polarización que faciliten la reutilización de frecuencias, tanto dentro del sistema como entre sistemas distintos.

En la práctica, sin embargo, no existe ningún plan regular o normal de frecuencia de transpondedores o de polarización para el servicio móvil por satélite. Además, aunque la discriminación de polarización ofrezca cierta reducción de la interferencia en algunos casos (véase el Informe 1172), por lo general las estaciones terrenas móviles no pueden diseñarse para aprovechar esa mejora teórica, debido a una serie de factores, entre ellos las deficiencias en el comportamiento de la antena, la despolarización asociada con los trayectos múltiples y los requisitos de interfuncionamiento entre sistemas.

Pese a todo ello, durante la publicación anticipada y la coordinación hay oportunidad para que las administraciones redefinan el plan de transpondedores de un sistema, con el fin de reducir la interferencia respecto de otros sistemas. Asimismo, tal vez sea posible negociar las restricciones sobre la utilización del plan de transpondedores existente de un sistema en explotación con objeto de satisfacer los criterios de interferencia aceptada.

Así, por ejemplo, cuando se prevé que unas señales no deseadas procedentes de otro sistema puedan producir una carga inaceptable de los transmisores del enlace de conexión descendente, acaso sea posible negociar restricciones del plan de frecuencias de portadoras (véase el punto 2.3 más adelante) para el sistema interferente o restricciones del plan de transpondedores para el sistema interferido, con el fin de mitigar el problema. Se pueden predecir estadísticamente niveles de carga y utilizar éstos para determinar el grado de restricción que es necesario aplicar a los planes de frecuencias de portadoras o de transpondedores.

En el caso de transpondedores equipados con bandas de paso programables, tal vez puedan aceptarse restricciones en las determinaciones de las bandas de paso para solventar los problemas de carga de los transpondedores. Esta técnica es especialmente prometedora para los satélites de haces múltiples, por cuanto quizá solamente algunos de los haces necesiten restricción. Otra ventaja es que las bandas de paso programables permiten realizar cambios en el plan de los transpondedores incluso en la fase de explotación.

2.3 Planes de frecuencias de portadoras

El plan de frecuencias de portadoras de un sistema de satélites señala las frecuencias a utilizar dentro de las bandas de paso de los transpondedores para cada tipo de portadora que haya de proporcionar el sistema. Los sistemas de servicios móviles por satélite suelen utilizar varias clases de portadora correspondiendo a los tipos de estaciones terrenas. Por consiguiente, cuando se analiza la interferencia entre dos de estos sistemas hay un gran número de combinaciones de enlaces a considerar.

Por ejemplo, los satélites INMARSAT II admitirán del orden de 11 tipos diferentes de portadoras, algunos de los cuales serán transmitidos por más de un tipo de estación terrena móvil. Esta tarea de evaluar las interacciones entre todos los enlaces puede facilitarse utilizando programas de computador.

En una situación de compartición típica, puede ocurrir que varias de las interacciones cocanal posibles entre los enlaces cumplen desde el principio los criterios de niveles de interferencia admisible. Si los enlaces que plantean dificultades están en corto número (por ejemplo, uno o dos) debe considerarse seriamente la opción de planificar las frecuencias portadoras.

A modo de ejemplo, considérese la dificultad de compartición cocanal entre un solo enlace y algunos de los enlaces de otro sistema. Es aceptable una restricción de funcionamiento sencilla en los casos en que se han evitado las interacciones conflictivas mediante el acuerdo de observar las restricciones de asignación de canal necesarias. Ello puede lograrse en sistemas que utilicen Acceso Múltiple con Asignación por Demanda (AMAD) implantando las protecciones de las asignaciones de frecuencia adecuadas en el soporte lógico de AMAD.

Los haces que no puedan compartir frecuencias sobre una base cocanal deberán sujetarse a planes de frecuencias portadoras que aseguren unas desviaciones de frecuencia en cantidades especificadas con respecto a los correspondientes enlaces que causan problemas. En el Informe 1172 se describe la discriminación que proporciona este entrelazado de canales. Una vez más, la solución puede tomar la forma de control por soporte lógico de la asignación de canales dentro del plan de frecuencias del sistema.

2.4 Cobertura de la antena del satélite y zonas de servicio

La(s) zona(s) de servicio de un sistema de satélite son aquellas áreas geográficas en cuyo interior se supone que las estaciones terrenas asociadas al sistema funcionarán con una relación señal/ruido de calidad especificada y con una protección también especificada contra la interferencia procedente de otros sistemas. La zona de cobertura es el área geográfica dentro de la cual la relación señal/ruido cumple las especificaciones. En sistemas de satélite de un solo haz, la zona de cobertura generalmente encierra la zona de servicio entera. En sistemas de haces múltiples, las coberturas de haz individuales serán más pequeñas que la zona de servicio pero consideradas en su conjunto la abarcarán por completo.

La discriminación que proporcionan las antenas de satélite en el caso de sistemas con zonas de servicio que no se solapan puede ser suficiente para permitir una compartición cocanal exenta de restricciones. En otros casos, las interacciones entre cada haz de un sistema y los diversos tipos de enlaces y estaciones terrenas móviles en el otro sistema han de ser examinadas individualmente. El haz o los haces de la antena de satélite de un sistema se ha(n) de analizar en relación con la(s) zona(s) en servicio del otro.

A menudo se utilizan diagramas de radiación de referencia de antena representativos en los análisis de interferencia; no obstante, en numerosos casos los diagramas de radiación reales pueden ofrecer una discriminación mayor que los diagramas de referencia. En algunos casos puede resultar posible diseñar antenas de satélite con unos niveles de lóbulos laterales considerablemente reducidos en la dirección de las zonas de servicio de otros sistemas que no se solapan.

Los satélites de haces múltiples pueden ofrecer también oportunidades para obtener una discriminación más elevada de la antena de satélite que facilite la coordinación. Esa mayor discriminación para los sistemas puede obtenerse de las siguientes maneras:

- redistribución o nueva colocación de los haces siempre que se mantenga cubierta adecuadamente la zona de servicio compuesta;
- disminución de las dimensiones del haz de modo que se acelere la caída progresiva de ganancia al aumentar el ángulo con respecto al eje;
- nueva colocación de todo el conjunto de haces mediante ajustes del ángulo de exploración o del ángulo de rotación;
- nueva colocación de los haces y reducción de su número, posiblemente con cierto sacrificio de la calidad de funcionamiento en el borde de la zona de servicio compuesta;
- reducción al mínimo de la ganancia específicamente dirigida hacia la(s) zona(s) de servicio afectada(s) del otro sistema por medio de una optimización del diseño de la antena.

2.5 Discriminación de las antenas de estación terrena

A menudo se utilizan en la coordinación diagramas de radiación de referencia de antenas de estación terrena representativos. No obstante, se pueden utilizar diagramas de radiación medidos directamente pero con ciertas precauciones puesto que habrá de tomarse en cuenta la posible distorsión del diagrama de radiación de campo lejano causada por los objetos próximos a la antena (por ejemplo, coches y aviones). En la coordinación se tiene que considerar la zona de servicio para cada tipo de estación terrena móvil con respecto al haz o haces del otro sistema.

2.6 Control de potencia de la estación terrena

Algunos tipos de estación terrena móvil pueden estar equipados con control de potencia, de tal modo que sus niveles de p.i.r.e. en el enlace ascendente estén bajo el control del sistema en el que están trabajando. Los sistemas que utilizan también transpondedores lineales podrían tal vez aceptar ciertas restricciones en el algoritmo que gobierna los niveles de potencia de la estación terrena móvil. En algunos casos la ganancia del transpondedor puede ajustarse para compensar esta restricción. Hay posibilidad de determinar restricciones moderadas en la p.i.r.e. capaces de reducir eficazmente la interferencia, ya sea originada o recibida. Esta evaluación se realiza de un modo individual para cada portadora y cada haz.

2.7 Ganancias de transpondedores y p.i.r.e. del satélite

En los casos en que unos niveles de potencia total de las señales no deseadas procedentes de las estaciones terrenas móviles explotadas en otros

sistemas pudieran cargar el enlace de retorno del satélite como resultado de un solape en los planes de frecuencias portadoras, puede ser necesario restringir los valores de ganancia del transpondedor con el fin de reducir al mínimo la pérdida de potencia que origina dicha carga. No obstante, se puede evitar recurrir a ajustes especiales mediante unos procedimientos rutinarios para ajustar la ganancia de los transpondedores.

Análogamente, con objeto de asegurar una recepción adecuada en las estaciones terrenas móviles, los niveles de p.i.r.e. del satélite utilizados en dirección de ida de los enlaces de servicio descendentes deben en todo momento igualar o superar unos niveles predeterminados. No obstante, cuando el nivel de tráfico a través del satélite es muy inferior al valor de cresta de la capacidad del sistema pueden producirse niveles de p.i.r.e. en el enlace descendente innecesariamente elevados. Puede limitarse la interferencia en el enlace descendente ajustando los valores de la ganancia para así restringir la p.i.r.e. máxima utilizada en la portadora del enlace descendente. Para un tipo dado de enlace descendente, el margen entre p.i.r.e. mínima y máxima no puede reducirse por debajo de cierta cantidad debido a la necesidad de tolerancias en el control de los niveles de p.i.r.e. del enlace de conexión ascendente y de la ganancia del transpondedor.

2.8 Posiciones del satélite

La interferencia en los enlaces procedentes de estaciones terrenas móviles o dirigidos a ellas no se reduce en medida considerable al aumentar la separación entre satélites, mientras dicha separación no llegue a superar la mitad de la anchura del haz entre puntos de potencia mitad de las estaciones terrenas. A pesar de ello, tal vez sea posible suprimir las interacciones conflictivas que afecten a antenas de estación terrena de ganancia mediana o alta mediante un ajuste de la separación orbital. Con estaciones terrenas de ganancia reducida, es obvio que la capacidad de conseguir esto es mucho más limitada.

La posición orbital puede también mejorar el aislamiento de un satélite en las siguientes circunstancias excepcionales:

- En un satélite que utilice un haz de antena de cobertura total de la Tierra puede mantenerse la cobertura de la zona de servicio desde posiciones orbitales distintas, al tiempo que se reduce el solape de la zona de cobertura con la(s) zona(s) de servicio de los demás sistemas.
- En satélites en proyecto que empleen haces múltiples pueden reducirse o eliminarse los solapes entre la(s) zona(s) de cobertura de un sistema y la(s) zona(s) de servicio de otro, en la medida en que pueda variarse la cobertura modificando la posición del satélite.

2.9 Cronograma de explotación

Si los valores de cresta del tráfico en dos sistemas no se producen al mismo tiempo existe la posibilidad de aceptar un acceso en tiempo compartido a segmentos comunes del espectro. Ello se puede facilitar mediante la utilización de un enlace de comunicaciones que interconecte dichos sistemas.

3. Metodología de coordinación

Como se indicó anteriormente, los procedimientos señalados en el Artículo 11 para publicación anticipada y coordinación solamente proporcionan métodos para determinar cuándo deben aplicarse estos procedimientos, cuáles son las administraciones afectadas, cuáles clases de información deben intercambiarse y la secuencia y el momento adecuado de los intercambios de información. La metodología para decidir si es necesario ajustar los parámetros técnicos y de funcionamiento de los sistemas interesados en un proceso de coordinación se deja a discreción de las administraciones participantes. En este punto se expondrán las posibles metodologías a utilizar durante la coordinación técnica.

3.1 Supuestos básicos

Se supone que al menos algunas asignaciones de frecuencia propuestas para un nuevo sistema de servicio móvil por satélite A deben coordinarse con las de un sistema B también de servicios móviles que ya esté en coordinación o explotación. Aunque el sistema A acaso tenga que coordinarse con más de un sistema, las coordinaciones se realizan habitualmente de una manera bilateral.

Se supone además que para el sistema A se han suministrado tanto la información obligatoria como la más detallada sobre características del sistema enumeradas en el Apéndice 3 del Reglamento de Radiocomunicaciones, y que también se ha publicado la información correspondiente para el sistema B. La flexibilidad para el ajuste de estas características del sistema durante el proceso de coordinación dependerá de la fase de desarrollo del sistema, como se ha descrito en el punto 1.3 anterior.

Se supone que el sistema A se encuentra o bien al final de la fase de concepción y diseño o en los comienzos de su realización, mientras que el sistema B está al final de la fase de realización o en la de explotación. Así, la administración responsable del sistema A ("administración solicitante") generalmente tendrá más flexibilidad para el ajuste de parámetros que la administración del sistema B ("administración afectada"). Aun en este caso, a la administración afectada le incumbe también responsabilidad en hacer ajustes factibles.

3.2 El proceso de coordinación

Como en el caso del servicio fijo por satélite (SFS), el proceso de coordinación del SMS puede dividirse en tres fases:

- Fase 1 - Evaluación de las interacciones de las transmisiones de los sistemas interesados (A y B) respecto de criterios de interferencia predeterminados; si se prevén de antemano niveles de interferencia inaceptables será necesario avanzar hacia la fase 2, y si ello no fuere así las administraciones podrán acordar que no se necesita ajuste alguno de los parámetros de diseño del sistema.
- Fase 2 - Ajuste de los parámetros técnicos y de funcionamiento que podrían facilitar una resolución completa o parcial de los problemas de interferencia identificados en la fase 1. Sin embargo, en los ajustes efectuados durante esta fase no debe exigirse a ningún sistema que limite su modo de explotación actual o en proyecto, ni tampoco el tipo, la distribución o la calidad del servicio.

Fase 3 - Examen y negociación de ulteriores ajustes y restricciones de los parámetros del sistema para uno u otro o para ambos sistemas, en caso de no haberse resuelto los problemas de interferencia durante la fase 2. Dichas modificaciones podrían afectar la flexibilidad de explotación y las futuras posibilidades de ampliación de uno u otro o de ambos sistemas.

3.3 Identificación de interacciones importantes

En la primera fase de la coordinación es necesario identificar dónde tiene más probabilidades de producirse la interferencia entre los sistemas A y B, y para ello debe examinarse cada banda o segmento de banda que sea común a ambos sistemas en cada haz de satélite en los dos segmentos espaciales. Deberán examinarse todas las configuraciones de funcionamiento posibles.

Al examinar los diversos enlaces de los dos sistemas como se define en el punto 1.4, es deseable comparar primeramente su vulnerabilidad relativa a la interferencia y la repercusión comparativa del ajuste de los parámetros del enlace sobre los niveles de interferencia.

3.3.1 Enlace de conexión en relación con el enlace de servicio

En principio, la coordinación puede suponer la alteración de diversos parámetros de los enlaces de conexión o los enlaces de servicio. En general es conveniente centrarse en primer lugar en la coordinación de los enlaces de servicio, porque los enlaces de conexión suelen emplear antenas de estación terrena relativamente grandes con mayor discriminación de satélites adyacentes, y la interferencia depende en un grado más acusado de los parámetros del enlace de servicio.

3.3.2 Enlace de servicio de ida en relación con el enlace de servicio de retorno

Debido a las grandes diferencias en las características de transmisión y recepción que existen entre un satélite y una estación terrena móvil, los ajustes de la mayoría de los parámetros descritos en el punto 2 pueden afectar de modo distinto a los enlaces de servicio de ida y de retorno. Algunos de ellos afectarán solamente al enlace de ida (espacio móvil) o al de retorno (móvil espacio).

3.4 Ajuste de los parámetros técnicos y de funcionamiento

En el Cuadro I se resumen la conveniencia práctica y las ventajas de realizar ajustes y restricciones de parámetros durante el proceso de coordinación. La conveniencia práctica se refiere a la fase de desarrollo, y las ventajas se describen de forma separada para los enlaces de ida y los de retorno de los dos sistemas.

Para exponer la manera en que pueden ajustarse los parámetros para los enlaces de servicio en las fases segunda y tercera de la coordinación se consideran dos casos básicos:

- caso sin cobertura común, en el que las redes de satélite sirven zonas geográficas separadas,
- caso con cobertura común, en el que las redes de satélites tienen zonas de servicio que se solapan.

Dependiendo en gran medida de cuál de los dos casos se aplique a los sistemas A y B y de si se espera encontrar la interferencia principal en el enlace de ida o en el de retorno será posible evaluar aproximadamente la conveniencia práctica y las ventajas de las diversas opciones de ajuste de los parámetros del sistema.

3.4.1 Caso sin cobertura común

Si el sistema A y el sistema B cubren diferentes zonas de servicio y se ha determinado que a pesar de ello se presentará un problema de interferencia, la administración A puede desear concentrarse primero en el diseño de la antena del vehículo espacial. El objetivo consistiría en alterar o constreñir la cobertura de la antena del satélite de manera que se adapte más estrechamente a la zona de servicio y además se logre un mayor aislamiento entre sistemas en la dirección de la zona de servicio del sistema B. Esto es práctico solamente en la fase de diseño y quizás en los principios de la de realización del sistema A. El ajuste de la cobertura de la antena del vehículo espacial del sistema B, cuyo satélite se supone que está al final de la fase de realización o en la de explotación, en general sólo es práctico en el caso de que el satélite emplee haces puntuales programables u orientables.

En los casos sin cobertura común en los que se predice que habrá interferencia inaceptable desde el sistema A al sistema B solamente en el enlace de ida, uno o ambos pueden cambiar la p.i.r.e. de su satélite con el fin de obtener unas relaciones portadora/ruido más potencia de interferencia satisfactorias sin sacrificar indebidamente la calidad de funcionamiento.

En alguno de los casos sin cobertura común puede mejorarse la discriminación modificando la posición propuesta del satélite A o la posición actual del satélite B en el sentido de aumentar la separación orbital entre ellos. Dada la limitada directividad de la mayoría de las antenas de estaciones terrenas móviles, esta opción tendrá solamente un efecto moderado en la interferencia entre sistemas A y B, y por ello se consideraría como un último recurso. No obstante, para superar un problema de interferencia puede ser atractivo trasladar el satélite por cuanto ello podría hacerse con escasa repercusión en el coste o en el cronograma del desarrollo del sistema A.

En el caso sin cobertura común varias de las opciones descritas en el punto 2 pueden no ser necesarias si la discriminación de antena del satélite puede proporcionar la mayor parte del aislamiento requerido. No obstante, si el problema de interferencia es grave las administraciones pueden verse obligadas a recurrir al intercalado de frecuencias o a otras opciones.

3.4.2 Caso con cobertura común

Cuando existe cobertura común el aislamiento total alcanzable entre los sistemas en los enlaces de servicio es claramente menor que el existente en el caso sin cobertura común puesto que una misma región geográfica (o una parte de ella) será atendida por ambos sistemas A y B. Si el sistema A está todavía en la fase de diseño, y se espera que haya una interferencia mutua inaceptable entre sistemas, ello puede decidir al examen de modificaciones del plan de frecuencia/polarización con el fin de, por ejemplo, intercalar las bandas de paso del transpondedor con las del sistema B.

Pueden además contemplarse cambios de los planes de frecuencias portadoras con objeto de reducir la interferencia mutua entre sistemas. Así, el intercalado de los canales haría disminuir la relación de protección requerida entre los sistemas y se podría proyectar una disposición de las portadoras que redujera la intermodulación. El intercalado de los canales de los dos sistemas (tal vez en combinación con una p.i.r.e. ajustada del satélite) sería tal vez suficiente para resolver el problema de interferencia.

En el caso con cobertura común, las alteraciones de diseño que repercuten en la cobertura de la antena del satélite tienen muy poco o ningún efecto en los enlaces de servicio de ida o de retorno, a menos que una administración elija limitar o modificar su zona de servicio en el caso de cobertura común parcial. La ventaja de ello es pequeña.

4. Repercusión de la evolución tecnológica en las coordinaciones futuras

Muchos de los avances tecnológicos en curso para mejorar la calidad de funcionamiento de los sistemas móviles por satélite pueden intensificar asimismo la compatibilidad entre dichos sistemas y mejorarán los resultados de la coordinación. De aquí que las capacidades de los recursos de órbita o espectro para satisfacer requisitos futuros están generalmente en expansión.

Los métodos de modulación con un buen rendimiento espectral y los códecs vocales de baja velocidad deberían dar lugar a unas menores anchuras de banda de canal o a una mayor tolerancia a las interferencias, lo cual permite una planificación más flexible de las frecuencias. Las técnicas de acceso múltiple tales como el Acceso Múltiple por División de Código (AMDC) basadas en la modulación de espectro ensanchado pueden conseguir una mayor tolerancia a la interferencia en los sistemas de servicios móviles por satélite.

La linealización de los transpondedores reducirá el ruido interno del sistema (por ejemplo, la intermodulación) y el incremento resultante de los márgenes puede permitir la aceptación de niveles de potencia de interferencia más altos. Las antenas de satélite de haces múltiples, con haces más pequeños y niveles de lóbulos laterales reducidos permitirán un mejor ajuste de las zonas de cobertura a las zonas de servicio de lo que resultará un mayor aislamiento entre los sistemas. Los conceptos futuros de planificación flexible de haces puntuales deberán permitir una atribución dinámica de frecuencias y potencias a los haces, al tiempo que garantizan una eficaz utilización del espectro.

La utilización generalizada de antenas de estaciones terrenas móviles de ganancia mediana a alta, acaso favorezca la compatibilidad en los casos en que se puedan separar adecuadamente los satélites. Aunque no necesariamente dirigidos a mejorar la coordinación, estos adelantos pueden otorgar la recompensa de potenciar la compatibilidad entre los sistemas, con el resultado de facilitar las coordinaciones futuras.

5. Conclusiones

Durante la publicación anticipada y la coordinación de las asignaciones de frecuencia a sistemas de servicios móviles por satélite, un análisis detallado puede identificar las interacciones que producen una interferencia inaceptable. En diversas etapas del desarrollo pueden ajustarse varios parámetros de diseño y/o funcionamiento con objeto de disminuir la interferencia identificada; sin embargo, debe advertirse que en los sistemas existentes no pueden modificarse ciertos parámetros de satélite hasta que no se llega a la fase de sustitución.

Se espera que la nueva tecnología ofrezca una mayor calidad de funcionamiento en cuanto a capacidad, y que pueda también mejorar la compatibilidad entre sistemas y reducir la necesidad de que las administraciones deban realizar ajustes durante la coordinación. Todos los explotadores de sistemas de servicios móviles por satélite son responsables de incorporar flexibilidad a sus diseños y actividades de explotación de tal manera que se facilite el proceso de coordinación.

CUADRO I

Conveniencia práctica y ventajas generales de aceptar restricciones o ajustes en los parámetros del sistema

Parámetro a ajustar	Conveniencia práctica relativa a cada fase de desarrollo del sistema				Ventaja de reducción de interferencia	
	Concepción y diseño	Realización	Explotación	Satélite 2 ^a gen./sustitución	Enlace de ida	Enlace de retorno
Criterios de interferencia aceptable	M-H	M-H	M-H	M-H	M	M
Bandas de paso del transpondedor	M-H	M	L*	M-H	L	M
Polarización	M-H	M	L	L	L	L
Planes de frecuencias portadoras	H	H	M	M	H	H
Cobertura de antena de satélite	H	M	L	H	CC:L NCC:M-H	CC:L NCC:M-H
Zonas de servicio del satélite	L	L	L	L	CC:L NCC:M	CC:L NCC:M
Discriminación de antena estación terrena móvil	M	L-M	L	L	L	L-M
P.i.r.e. de estación terrena (control de potencia)	M	M	L-M	M	M	M
Ganancias del transpondedor y p.i.r.e. de satélite	M	M	M	M	M	L
Posición del satélite	M	L-M	L	L	CC:L NCC:L-M	CC:L NCC:L-M
Cronograma de explotación	L-M	L-M	L-M	L-M	H	H

Clave: H = Alta, M = Moderada; L = Baja o Ninguna; CC = Cobertura Común; NCC = Sin Cobertura Común.

* Solamente si se utilizan bandas de paso programables.