

## RECOMENDACIÓN UIT-R RS.1749

**Técnica de reducción de la interferencia para facilitar la utilización de la banda 1 215-1 300 MHz por el servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) y el servicio de investigación espacial (activo)**

(Cuestión UIT-R 234/7)

(2006)

**Cometido**

La presente Recomendación describe una técnica de reducción de la interferencia que consiste en realizar un filtrado aplicando la transformada de Fourier de la señal recibida. La técnica se aplica a la interferencia que afecta a los radares de abertura sintética en la banda 1 215-1 300 MHz y que procede de otros servicios con una anchura de banda relativamente pequeña. La Recomendación también presenta parámetros típicos de sensores activos a bordo de vehículos espaciales en la banda 1 215-1 300 MHz, que deben utilizarse para desarrollar otras técnicas de reducción de la interferencia.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que la banda 1 215-1 300 MHz está atribuida, a título primario, al servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo);
- b) que dicha banda es utilizada por radares de abertura sintética (SAR, *synthetic aperture radar*) a bordo de vehículos espaciales que tienen como fin supervisar, en cualquier condición meteorológica y tanto de día como de noche, la deformación de la superficie terrestre en la mayoría de las zonas de la Tierra, las catástrofes naturales, el medio ambiente, las selvas y bosques y el uso que se hace de la superficie de la Tierra, entre otras funciones;
- c) que la banda 1 215-1 300 MHz también está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario y al servicio de radionavegación a título primario en ciertos países;
- d) que en las Recomendaciones UIT-R SA.516 y UIT-R SA.1282 se muestra que es posible el funcionamiento de los SAR sin interferencia perjudicial, en la misma banda de frecuencias que los sistemas del servicio de radiolocalización, incluidos los radares de perfil del viento, con la posible excepción de los sistemas del servicio de radiolocalización que utilizan radares de impulsos con modulación de frecuencia;
- e) que en la Recomendación UIT-R SA.1166 se presentan los criterios de calidad de funcionamiento y de interferencia de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales;
- f) que en esta banda han estado funcionando durante muchos años radares de vigilancia de tránsito aéreo (ARSR, *air route surveillance radars*) con unas potencias de radiación isótropas más altas que las potencias del haz principal de los radares de perfil del viento, sin que normalmente se haya observado interferencia perjudicial en el funcionamiento de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales, aunque algunas veces se han producido degradaciones del funcionamiento que pueden atribuirse a las transmisiones de dichos radares,

*recomienda*

1 que se utilice una técnica de reducción de la interferencia aplicable a los sensores activos a bordo de vehículos espaciales, como la que se muestra en el Anexo 1, para disminuir la interferencia causada a dichos sensores por los sistemas de radares de radiolocalización y de radionavegación que funcionan en la banda 1 215-1 300 MHz;

2 que para desarrollar otras técnicas de reducción de la interferencia se utilicen los parámetros típicos de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales que funcionan en la banda 1 215-1 300 MHz, indicados en el Anexo 2.

## **Anexo 1**

### **Técnica de reducción de la interferencia en radares de abertura sintética a bordo de vehículos espaciales**

#### **1 Introducción**

En algunas partes de la Tierra aparecen líneas brillantes en las imágenes del SAR/Satélite Japonés de Recursos Terrestres-1 (L-SAR/JERS-1) que funciona en la Banda L. Estas líneas brillantes se deben a la interferencia de radiofrecuencia (RFI) procedente de radares terrenales. Se ha demostrado que es posible eliminar la interferencia que causa la aparición de estas líneas brillantes mediante un análisis de frecuencia de los datos de entrada. La utilización de esta técnica hará posible solucionar el problema actual de RFI en los SAR que funcionan en la banda 1 215-1 300 MHz.

#### **2 Método y resultados**

##### **2.1 Método**

El nivel de potencia de la señal interferente es mayor que el de la señal deseada del SAR debido a que la señal interferente proviene de una emisión directa del transmisor de los radares terrenales. Por lo tanto, si se realiza una transformada de Fourier de la señal recibida, las componentes de la onda interferente aparecerán como picos en el eje de frecuencias. Centrando la atención en estas características se compara, como una operación de preprocesamiento de la compresión de gama, la potencia de cada «grupo» de frecuencia, tanto con los espectros de potencia extraídos mediante la transformada de Fourier de la señal recibida, como con la señal original del SAR (suponiendo que la prepotencia total de cada componente es igual a la componente deseada de la señal recibida), y se adopta el valor 0 para la potencia de los «grupos» de frecuencia especificados que tengan una potencia mayor a la esperada (de ahora en adelante a esto se le denomina «filtrado»).

Además, si se considera que las componentes de interferencia no correlacionadas con la señal del SAR se atenúan cerca de 30 dB mediante la compresión de gama, y para evitar pérdidas de la señal original, se adopta como criterio una diferencia de al menos 3 dB entre la señal deseada y la interferencia en este caso. Si se efectúa un procesamiento con unidades de tiempo mayores, existe la tendencia de que los picos de frecuencia se dispersen ampliamente en el espectro de frecuencias, lo que ocasionalmente da lugar a una pérdida de la señal deseada. Por esta razón, la señal recibida se divide en segmentos adecuados y a continuación se procesa con métodos tales como la transformada de Fourier. (En este proceso se considera que 1 024 líneas de azimut corresponden a 1 segmento.)

## 2.2 Proceso de supresión de interferencia

A continuación se indican los procedimientos específicos del proceso de supresión de la interferencia:

Paso 1: Se divide la señal recibida, incluida la interferencia, en segmentos pequeños

Señal de segmento:  $S_r$  = señal recibida incluida la interferencia,  $f_r$  = señal de referencia del SAR (ajustada en potencia con respecto a  $S_r$ )

Paso 2: Se aplica la transformada de Fourier a cada segmento

Espectro transformado:  $F(S_r), F(f_r)$

Paso 3: Se compara la potencia de cada grupo de frecuencias

Se compara  $|F(S_r)|$  con  $|F(f_r)|$

Paso 4: Se identifican los grupos de frecuencia con interferencia

$$I = |F(S_r)| - |F(f_r)| \geq 3 \text{ dB}$$

Paso 5: Se genera un filtro

$$\text{Filtro: } A(\omega): I \geq 3 \text{ dB} \rightarrow A(\omega) = 0, I < 3 \text{ dB} \rightarrow A(\omega) = 1$$

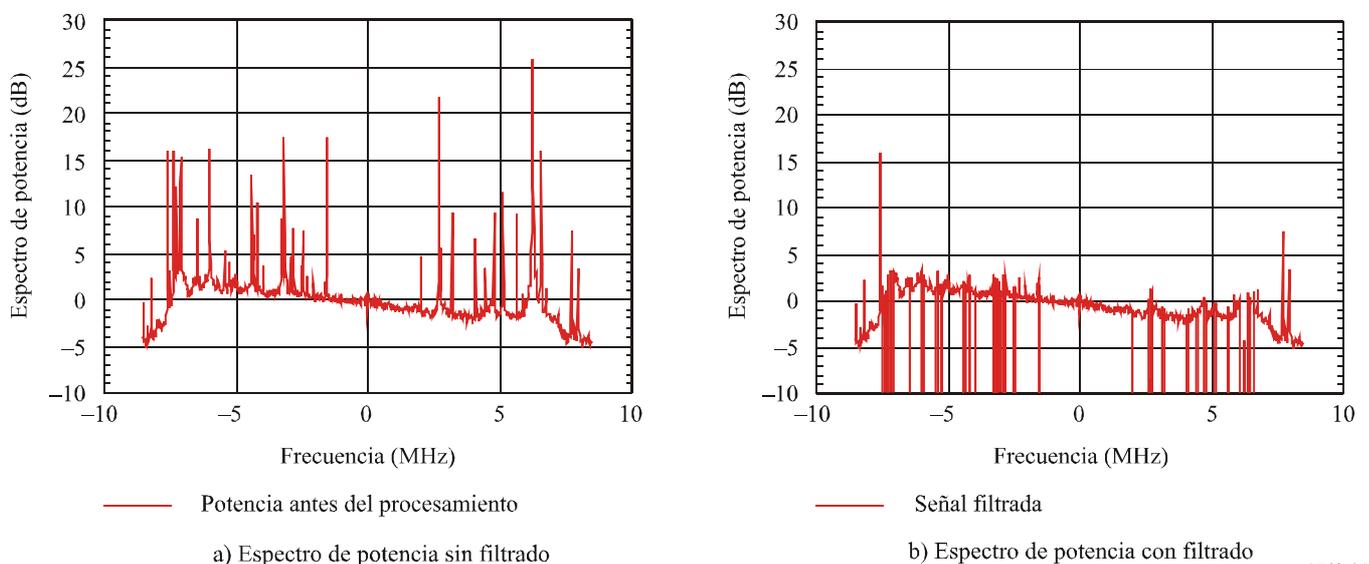
Paso 6: Se aplica la compresión de gama

$$S_c = F^{-1} [ \{ F(S_r) \times A(\omega) \} \times F(f_r) ]$$

En la Fig. 1 se muestra un ejemplo de los espectros de potencia antes y después del filtrado, utilizando el proceso mencionado anteriormente.

FIGURA 1

Espectro de potencia de la señal del SAR recibida, con y sin filtrado



### 2.3 Resultados

En la Fig. 2 aparece la imagen de salida, con y sin filtrado, de la señal recibida en un sitio (isla de Awaji cerca de la ciudad de Kobe en Japón) en que es sumamente elevada la interferencia perjudicial, representada por líneas brillantes. A partir de este ejemplo de la imagen del SAR corregida se hace evidente que es posible eliminar casi completamente la interferencia de radiofrecuencia debida al radar terrenal. La imagen no sufre daños significativos causados por este proceso. Sin embargo, en términos de probabilidad la gama estimada del resultado de este análisis, no es superior a la interferencia procedente de los radares terrenales existentes (incluidos los ARSR), donde sólo se puede tener en cuenta una fuente de interferencia. Si en el futuro llegase a haber más de una fuente de interferencia, también debe considerarse la distorsión de la señal de salida causada por la disminución de las señales originales que provoca el filtrado de diversas frecuencias. Si aumenta el número de fuentes de interferencia, será necesario continuar estudiando las técnicas de reducción de dichas interferencias. Adicionalmente, también será preciso realizar estudios sobre técnicas de reducción de la interferencia para los casos de interferencias de radiofrecuencia de banda amplia, en que resulten afectadas partes significativas de la anchura de banda del radar de abertura sintética.

FIGURA 2

Imágenes del SAR con y sin filtrado



a) Imagen del SAR sin filtrado

b) Imagen del SAR con filtrado

1749-02

### 3 Conclusión

Como resultado de la aplicación de este procedimiento de filtrado para eliminar el ruido de interferencia, se ha demostrado que es posible que los usuarios de los SAR eliminen mediante filtrado cierta interferencia de radiofrecuencia de banda estrecha causada a los SAR que funcionan en la banda 1 215-1 300 MHz. Esta RFI de banda estrecha representa únicamente unos pocos grupos de frecuencia dentro de la anchura de banda de los SAR.

Sin embargo, es más difícil eliminar mediante filtrado la RFI de banda amplia procedente de radares tales como los radares de impulsos situados en tierra que emplean modulación de frecuencia, debido precisamente a su característica de banda amplia. Esta RFI de banda amplia podría representar una proporción importante de la anchura de banda del SAR, considerando que gran parte de la señal del SAR también se eliminaría junto con la RFI.

## Anexo 2

### Características técnicas de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales que funcionan en la banda 1 215-1 300 MHz

En el Cuadro 1 se presentan las características técnicas de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales que funcionan en la banda 1 215-1 300 MHz.

CUADRO 1

Parámetro	SAR 1	SAR 2	SAR 3	SAR 4	SAR 5
Altitud de la órbita (km)	600	690	570	675	606
Inclinación de la órbita (grados)	97,5	98	98	98	97,8
Frecuencia central de radiofrecuencia (MHz)	1 257,5	1 270	1 275	1 258	1 257,5
Potencia de cresta radiada (W)	8 000	2 000	1 200	14 000	1 000
Polarización	Horizontal/ Vertical	HH/VV	HH	H/V	HH/VV/HV/VH
Modulación de los impulsos	Impulsos modulados linealmente en frecuencia				
Anchura de banda de los impulsos (MHz)	3-80	30	15	55	85
Duración de los impulsos (µs)	3-15	20-40	35	40	10-20
Frecuencia de repetición de los impulsos (pps)	1 400-1 700	1 500-4 000	1 500-1 600	2 000	2 660-2 718
Ciclo de trabajo (%)	5,5	5,5	5,5	<10	5,5
Relación de compresión en la gama	12-1 200	280-1 120	525	2 200	850-1 700
Tipo de antena	Sistema de antenas controlado por fase	Sistema de antenas controlado por fase	Sistema de antenas	Sistema de antenas controlado por fase	Reflector
Ganancia de cresta de la antena	37,0 dBi	36,0 dBi	33,5 dBi	37,5 dBi	35,5 dB
Orientación de la antena (grados)	De 20 a 50 desde el nadir	De 10 a 51 desde el nadir	35 desde el nadir	De 13,6 a 51,8 desde el nadir	De 20 a 45 desde el nadir
Anchura de haz de la antena (grados)	4,3 (El) 1,1 (Az)	3,42 (El) 1,35 (Az)	5,6 (El) 1,05 (Az)	4,84 (El) 1,14 (Az)	3,1 (El) 2,0 (Az)
Polarización de la antena	Lineal horizontal/ vertical	Lineal horizontal/ vertical	Lineal horizontal	Lineal horizontal/ vertical	Lineal horizontal/ vertical
Temperatura de ruido del sistema (K)	800	600	600	600	600

CUADRO 1 (*Fin*)

Parámetro	SAR 1	SAR 2	SAR 3	SAR 4	SAR 5
Tiempo de funcionamiento (%)	30 de la órbita	50 de la órbita	30 de la órbita	30 de la órbita	15 de la órbita
Tiempo mínimo para la generación de imágenes (s)	3-130	10-50	11	4-67	2-8
Zona de servicio	Superficie continental y litoral				
Anchura de la zona de exploración de imagen (km)	20/900	70/350	75	30 a >200	15/60

---