

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.2030
(12/2012)

**Modelo de evaluación de la interferencia
impulsiva causada por fuentes
radioeléctricas pertinentes distintas de
las del servicio de radionavegación por
satélite a sistemas y redes del servicio
de radionavegación por satélite que
funcionan en las bandas de frecuencias
1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz
y 1 559-1 610 MHz**

Serie M

**Servicios móviles, de radiodeterminación,
de aficionados y otros servicios
por satélite conexos**



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2014

© UIT 2014

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.2030

Modelo de evaluación de la interferencia impulsiva causada por fuentes radioeléctricas pertinentes distintas de las del servicio de radionavegación por satélite a sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite que funcionan en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz

(Cuestiones UIT-R 217-2/4 y UIT-R 288/4)

(2012)

Cometido

Esta Recomendación presenta un método que debe utilizarse en la evaluación inicial de la posibilidad de que otras fuentes radioeléctricas pertinentes¹ distintas a las del servicio de radionavegación por satélite (SRNS) causen interferencia impulsiva² a un sistema o una red de este servicio que funciona en las bandas de frecuencia 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz. Los componentes del método de evaluación son un conjunto de ecuaciones y un cuadro de parámetros recomendados y de relaciones de degradación admisibles³ para cada banda de frecuencias y cada tipo de receptor del SRNS. Aunque las ecuaciones del método de evaluación son aplicables a los receptores del SRNS en la banda 1 559-1 610 MHz, se necesitan más estudios para elaborar el cuadro pertinente de parámetros del método recomendados y relaciones de degradación admisibles para esa banda de frecuencias antes de que el método de evaluación quede completamente definido para la citada banda 1 559-1 610 MHz.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite (SRNS) proporcionan en todo el mundo información exacta para numerosas aplicaciones de determinación de la posición, navegación y temporización, con inclusión de aspectos relativos a la seguridad para algunas bandas de frecuencias y en determinadas circunstancias y aplicaciones;
- b) que, por regla general, los transmisores radioeléctricos emiten un nivel de emisiones fuera de banda que depende de las condiciones de su utilización;
- c) que si bien el Apéndice 3 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) estipula los niveles máximos de potencia permitidos de las emisiones no esenciales, también indica que, como en ciertos casos, esos niveles quizás no proporcionen una protección suficiente a las estaciones receptoras en los servicios espaciales y podría ser necesario considerar niveles más estrictos en cada caso particular, según la posición geográfica de las estaciones de que se trate, y que esos niveles pueden no ser aplicables a sistemas que utilizan técnicas de modulación digital;

¹ El término «pertinente» se refiere a fuentes radioeléctricas que transmiten impulsos de RF o que generan impulsos de RF equivalentes en el receptor del SRNS por otros medios tales como, por ejemplo, el uso de un haz de antena de exploración.

² La Recomendación UIT-R M.1318-1 proporciona un método de análisis de las fuentes de interferencia continua.

³ Véase en el Anexo 1, § 3, la descripción de la relación de degradación. En el § 4 aparece más información sobre los valores de relación de degradación admisibles.

d) que las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz y 5 010-5 030 MHz también son atribuidas, a título primario o secundario, a otros servicios aparte del SRNS;

e) que las emisiones procedentes de otros sistemas y redes del SRNS, y de otros servicios y fuentes, en las bandas atribuidas al SRNS, así como las emisiones no deseadas, pueden causar interferencia a receptores de un sistema o de una red del SRNS y deberían incluirse en una evaluación de la interferencia;

f) que se necesitan más estudios para caracterizar de forma adecuada los efectos de la interferencia causada a los receptores del SRNS por las emisiones procedentes de fuentes de RF impulsiva que funcionan en las bandas 1 559-1 610 MHz y 5 010-5 030 MHz y cerca de ellas,

observando

a) que varias Recomendaciones UIT-R proporcionan datos técnicos y criterios de protección para el funcionamiento de los sistemas y redes del SRNS;

b) que la Recomendación UIT-R RS.1347 también proporciona una metodología de evaluación de la interferencia impulsiva causada a un receptor del SRNS por los radares de apertura sintética y los resultados de las pruebas de medición en la banda 1 215-1 300 MHz;

c) que el Informe UIT-R M.2220 presenta un método para calcular ciertos parámetros utilizados por esta Recomendación junto con texto y ejemplos de apoyo,

reconociendo

que el número 4.5 del RR establece «la frecuencia asignada a una estación de un servicio dado deberá hallarse suficientemente separada de los límites de la banda atribuida a dicho servicio para que, teniendo en cuenta la banda de frecuencias asignada a dicha estación, no cause interferencia perjudicial a aquellos servicios a los que se hayan atribuido las bandas adyacentes»,

recomienda

1 que se utilice el modelo analítico que figura en el Anexo 1 a la presente Recomendación en la evaluación preliminar de la posibilidad de que otras fuentes radioeléctricas distintas a las del SRNS causen interferencia impulsiva en sistemas o redes del SRNS que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz o 1 215-1 300 MHz;

2 que si la aplicación de este método indicase que existe la posibilidad de que se produzca una interferencia impulsiva que pudiera dañar la capacidad de funcionamiento de sistemas o redes del SRNS, se lleve a cabo un análisis más detallado;

3 que se lleven a cabo estudios a fin de desarrollar parámetros que se incluyan en el método analítico para realizar una evaluación preliminar de la posibilidad de que fuentes radioeléctricas pertinentes distintas a las del SRNS causen interferencia impulsiva en sistemas o redes del SRNS que funcionan en la banda de frecuencias 1 559-1 610 MHz (véase la Nota).

NOTA – Las ecuaciones del método analítico del Anexo 1 son aplicables a la banda 1 559-1 610 MHz.

Anexo 1

Método analítico para realizar una evaluación preliminar de la posibilidad de que otras fuentes radioeléctricas pertinentes distintas a las del SRNS causen interferencia impulsiva a sistemas o redes del SRNS que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz

1 Introducción

En la Recomendación UIT-R M.1318-1 se ha desarrollado un modelo de evaluación de la interferencia de RF (RFI) continua⁴ causada a receptores del SRNS, pero el UIT-R también ha reconocido la necesidad de abordar la interferencia de RF impulsiva. A partir de conceptos básicos, el presente Anexo deduce un método de evaluación general de la RFI impulsiva para su utilización con los receptores del SRNS. El Informe UIT-R M.2220 contiene material de fondo y una metodología de cálculo de los parámetros de interferencia impulsiva compuesta utilizados para evaluar la interferencia. El siguiente § 2 proporciona algunos conceptos fundamentales y describe las ecuaciones de degradación por RFI para dos tipos básicos de receptores del SRNS. El § 3 describe la forma de utilizar las ecuaciones de degradación a fin de evaluar la repercusión de la RFI impulsiva adicional. El § 4 señala los parámetros del método de RFI básica recomendados y las relaciones de degradación admisibles para evaluar la RFI impulsiva.

2 Caracterización de los efectos de la RFI impulsiva sobre los receptores del SRNS

Los estudios de dos organizaciones de normas de aviación⁵ han demostrado que los niveles más elevados de RFI impulsiva que afecta a los receptores de navegación aérea del SRNS que funciona en la banda 1 164-1 215 MHz a un nivel de vuelo 200 o superior (6 096 m sobre el nivel del mar) se producen en varias regiones localizadas alrededor del mundo. Estos estudios han desarrollado un modelo de un método de procesamiento general de la señal del receptor del SRNS utilizado para reducir la RFI impulsiva intensa y una ecuación asociada⁶ para expresar el volumen de degradación de la medida de la calidad de la señal posterior al correlador ($C/N_{0,EFF}$) de dicho receptor. Un estudio⁷ también elaboró una ecuación de degradación comparable para receptores convencionales sin reducción especial de la RFI impulsiva. Ambas ecuaciones de degradación incluyen la RFI continua presente junto con la RFI impulsiva. Por tanto, pueden ser útiles a la hora de determinar los criterios de protección contra la RFI así como para analizar los efectos de cualquier nueva RFI continua o impulsiva más allá del caso básico inicial. Los siguientes § 2.1 y 2.2 describen los detalles de las ecuaciones de degradación por RFI.

⁴ Por interferencia continua se entiende la interferencia causada por fuentes de potencia constante generalmente presente en todo momento. Se diferencia así del tipo de interferencia impulsiva que requiere un análisis independiente basado en la duración del impulso, la potencia de cresta y el ciclo de trabajo.

⁵ RTCA, con sede en Estados Unidos de América, y EUROCAE con sede en Europa.

⁶ RTCA SC-159, «Assessment of the Radio Frequency Interference Relevant to the GNSS L5/E5A Frequency Band», RTCA Document N° RTCA/DO-292, Washington, DC, 29 de julio de 2004, § 2.6.2.3.

⁷ *ibid* RTCA/DO-292, Apéndice D.2.2.

2.1 Método de cálculo de la densidad de ruido efectivo (supresión de impulsos en el receptor)

Un medio eficaz para reducir la fuerte RFI impulsiva en, por ejemplo, un receptor de navegación aérea es utilizar el supresor de impulsos. Una característica del supresor es que las señales de RFI impulsiva con niveles de potencia de cresta por debajo del umbral del supresor se combinan con el ruido del receptor y los componentes sin suprimir de la RFI continua. El otro aspecto importante es que el supresor anula la señal y el ruido en los correladores mientras están presentes impulsos intensos con niveles de potencia superiores al umbral del supresor. La ecuación que figura a continuación estima el valor efectivo de la densidad de ruido-más-interferencia ($N_{0,EFF}$) a la salida de los correladores de señal debido al supresor de impulsos. ($N_{0,EFF}$) es bastante general y puede aplicarse en todos los entornos de RFI para un receptor del SRNS porque las variables de partida de la ecuación cuantifican el entorno de la RFI a medida que cambia. El valor efectivo de la densidad de ruido más interferencia después del correlador, $N_{0,EFF}$, se define como:

$$N_{0,EFF} = \frac{N_0}{(1 - PDC_B)} \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_I \right) \quad (1)$$

donde:

$$R_I = \left(\frac{1}{N_0 \times BW} \right) \sum_{i=1}^N P_i \times dc_i \quad (2)$$

En las anteriores ecuaciones:

- R_I : es la relación de densidad de potencia después del correlador entre la RFI impulsiva media umbral por debajo del supresor combinada y el ruido térmico del receptor (relación adimensional)
- PDC_B : (ciclo de trabajo impulsivo del supresor) es el ciclo de trabajo combinado neto de todos los impulsos que rebasan el umbral del supresor (fracción adimensional)
- N_0 : es la densidad espectral de potencia del ruido térmico del sistema receptor del SRNS en W/Hz (= kT_{sys})
- $I_{0,WB}$: es la densidad espectral de potencia de la RFI continua equivalente de banda amplia (W/Hz) para la aplicación del receptor del SRNS particular⁸
- BW : es la anchura de banda en RF/FI del precorrelador (Hz)
- P_i : es la potencia de cresta recibida (W) de la i -ésima fuente impulsiva (con referencia a la salida de la antena) con un nivel de cresta por debajo del umbral del supresor
- dc_i : es el ciclo de trabajo (fracción adimensional) de la i -ésima fuente impulsiva por debajo del supresor
- N : es el número total de emisores que generan impulsos recibidos con un nivel de cresta inferior al umbral del supresor.

⁸ En el Informe UIT-R M.2220 aparecen más detalles sobre este parámetro.

Como antes se definió, $N_{0,EFF}$ combina todos los efectos de la RFI impulsiva sobre la densidad de ruido térmico, la densidad de la RFI continua de banda amplia y las pérdidas de señal del SRNS.⁹ Todos los parámetros del ruido y la interferencia de las ecuaciones (1) y (2) son con referencia a los terminales de antena pasivos del sistema de recepción. Obsérvese que en la ecuación (1) sin la RFI impulsiva (es decir, R_I y $PDC_B = 0$), la ecuación de $N_{0,EFF}$ se reduce a la expresión más sencilla utilizada en los análisis de la RFI continua en el SRNS ($N_{0,EFF} = N_0 + I_{0,WB}$).

El parámetro de la RFI impulsiva combinada, PDC_B , se crea a partir de los componentes de los sistemas del transmisor impulsivo heterogéneo separado «a», «b» y «c» como sigue:

$$(PDC_B) = 1 - (1-PDC_a)(1-PDC_b)(1-PDC_c) \quad (3)$$

siendo:

PDC_a : ciclo de trabajo impulsivo umbral por encima del supresor para los impulsos del sistema «a» (por ejemplo, Equipo de Medición de Distancias/Navegación Aérea Táctica (DME/TACAN))

PDC_b : ciclo de trabajo impulsivo umbral por encima del supresor para impulsos del sistema «b» (por ejemplo, un sistema de identificación de comunicación sobre navegación (CNI)); y

PDC_c : ciclo de trabajo impulsivo umbral por encima del supresor para impulsos del sistema «c» (por ejemplo, Servicio de Radionavegación Aeronáutica/Control de Tráfico Aéreo (SRNA/ATC)).

Para cada fuente individual, i , de un sistema, x , el ciclo de trabajo impulsivo umbral por encima del supresor $PDC_{x,i}$ bien dado generalmente por la expresión:

$$PDC_{x,i} = (PW_{x,i} + \tau_{REC}) PRF_{x,i} \quad (3a)$$

siendo:

$PW_{x,i}$: la anchura efectiva del impulso umbral por encima del supresor recibido (s)

τ_{REC} : el tiempo de recuperación de sobrecarga del receptor (s); y

$PRF_{x,i}$: la tasa de repetición de impulsos (Hz).

El parámetro de RFI impulsiva combinada, R_I se crea a partir de los componentes de los sistemas del transmisor impulsivo heterogéneo separado «a», «b» y «c», como sigue:

$$R_I = R_a + R_b + R_c \quad (4)$$

donde R_a , R_b y R_c son la relación entre la señal y la densidad de ruido del receptor por debajo del supresor para los sistemas «a», «b» y «c» respectivamente.

Estas relaciones se calculan sin tener en cuenta la presencia de cualquier otro impulso que se solape en el tiempo procedente de varias fuentes de RFI impulsiva individuales. El ciclo de trabajo impulsivo de una fuente individual, j , de un sistema, y , para impulsos recibidos umbral por debajo del supresor, $dc_{y,j}$, se define mediante la expresión:

$$dc_{y,j} = PW_{y,j} \cdot PRF_{y,j} \quad (4a)$$

en la que los términos de la derecha de la ecuación se definen de forma similar a (3a) salvo que en este caso son con respecto a las características impulsivas umbral por encima del supresor.

⁹ En el Informe UIT-R M.2220 aparecen más detalles sobre $N_{0,EFF}$.

2.2 Cálculo de la densidad de ruido efectiva (saturación del impulso del receptor)

Algunos receptores del SRNS que funcionan en las bandas de este servicio en, por ejemplo, aplicaciones basadas en tierra puede que no estén sujetos a valores significativos de RFI impulsiva en banda y en la banda adyacente como sucede con los receptores de navegación aérea y similares. En consecuencia, no contienen circuitería de supresión de impulsos como se describe en el § 2.1 anterior sino que se saturarán brevemente por impulsos de RFI procedentes de una fuente cercana. La presencia de RFI impulsiva reduce la cantidad de RFI continua que puede tolerar un receptor del SRNS. Los efectos de la RFI impulsiva y continua para un receptor del SRNS que trabaja en saturación pueden cuantificarse definiendo una densidad espectral efectiva de potencia de ruido después del correlador, $N_{0,EFF}$, como sigue:

$$N_{0,EFF} = \frac{N_0 \cdot \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_I\right) \left(1 + \frac{N_{LIM}^2 \cdot PDC_{LIM}}{(1 - PDC_{LIM})}\right)}{(1 - PDC_{LIM})} \quad (5)$$

siendo:

- N_0 : densidad espectral de potencia del ruido térmico del sistema de recepción en W/Hz (= kT_{SYS})
- $I_{0,WB}$: densidad espectral de potencia de la RFI continua equivalente de banda amplia total (W/Hz)
- PDC_{LIM} : ciclo de trabajo fraccionado combinado de los impulsos de RFI de saturación (adimensional)
- R_I : relación (adimensional) entre la densidad de potencia de la RFI impulsiva promediada combinada por debajo de la saturación N_0 ; y
- N_{LIM} : relación (adimensional) entre el nivel de saturación analógica/digital (A/D) del receptor y la tensión de ruido establecida por control automático de ganancia (CAG).

Todos los términos de ruido e interferencia de la ecuación (5) lo son con referencia a los terminales de antena pasivos del sistema de recepción. El parámetro N_{LIM} es un parámetro del receptor determinado por la implementación de la conversión A/D. Para el receptor del SRNS con límite estricto más sencillo (con un cuantificador de «1 bit»), $N_{LIM} =$ unidad. Como en ese caso el receptor limita el ruido, el parámetro de la RFI R_I es esencialmente cero. En casos más generales, R_I está relacionada con el nivel de saturación A/D del receptor y la potencia de cresta y el ciclo de trabajo impulsivo de los impulsos de RFI por debajo de la saturación con la misma definición como se representan en la ecuación (2). Como en la ecuación (1), los términos PDC_{LIM} y R_I representan los valores combinados de las fuentes de RFI impulsiva implicadas. Obsérvese también que cuando no está presente ninguna RFI impulsiva, los parámetros de la RFI, PDC_{LIM} y R_I son cero y la ecuación (5) se reduce a $N_{0,EFF} = N_0 + I_{0,WB}$, que es una definición familiar para el análisis de la RFI continua.

El ciclo de trabajo impulsivo saturado de la fuente individual, PDC_{LIM} , que constituye el ciclo de trabajo combinado, se define de la misma forma que en la ecuación (3a), salvo con respecto al nivel de saturación de entrada del receptor (aproximado mediante el nivel de compresión a la entrada del receptor tabulado). El ciclo de trabajo por debajo de la saturación de una fuente individual se define de la misma forma que en la ecuación (4a).

Dado un máximo valor para $N_{0,EFF}$ y el conjunto de parámetros de la RFI impulsiva, la ecuación (5) puede resolverse para la densidad espectral de potencia de banda amplia continua combinada admisible de la componente de interferencia no SRNS.

2.3 Límites utilizados en las ecuaciones para la densidad espectral de potencia del ruido efectivo ($N_{0,EFF}$)

Para valores de anchura del impulso de la RFI de 0,1 a 1 000 microsegundos, se ha demostrado que las ecuaciones que definen $N_{0,EFF}$ descritas en los § 2.1 y 2.2 representan adecuadamente el efecto de la RFI impulsiva sobre los receptores del SRNS que funcionan en modo de seguimiento de señal en las bandas 1 164-1 215 MHz y 1 215-1 300 MHz. Para algunos receptores del SRNS que funcionan en modo adquisición de señal las ecuaciones también representan adecuadamente el efecto de la RFI impulsiva sobre la misma gama de anchura del impulso de RFI siempre que los ciclos de trabajo impulsivos asociados sean moderados.

Para algunos receptores del SRNS que funcionan en modo adquisición con tiempo de integración corto (aproximadamente 1-2 ms), puede que las ecuaciones de los § 2.1 y 2.2 no representen convenientemente el efecto de la RFI impulsiva sobre la misma gama de anchura del impulso de la RFI con ciclos de trabajo impulsivos elevados (incluida la banda 1 559-1 610 MHz). Por tanto, se necesitan más estudios para determinar los límites utilizados para ciclos de trabajo elevados y grandes anchuras de los impulsos de interferencia y para verificar las predicciones de las ecuaciones.

3 Conceptos del método de evaluación de la RFI impulsiva

Los efectos combinados de la RFI continua e impulsiva sobre dos tipos básicos de receptores del SRNS se describen en el anterior § 2. El efecto de la RFI combinada se captura en forma de una densidad espectral de potencia efectiva del ruido más interferencia, $N_{0,EFF}$, para el receptor del SRNS. La RFI recibida se caracteriza por los tres parámetros relacionados con la fuente de RF descritos anteriormente (los parámetros impulsivos, PDC y R_I y el parámetro continuo, $(I_{0,WB}/N_0)$). Como se ha indicado en la definición anterior, el termino $I_{0,WB}$ se utiliza para representar la densidad espectral de potencia de la RFI continua equivalente de banda amplia presente en la antena del receptor del SRNS. Para minimizar la complejidad del análisis de la RFI impulsiva, se supone que el termino $I_{0,WB}$ es un valor fijo que representa la condición básica.

Algunas características técnicas del receptor también intervienen tanto directamente (por ejemplo, la densidad espectral de potencia del ruido térmico del sistema receptor, N_0) como indirectamente. El efecto de la RFI impulsiva añadida a una línea de base predeterminada puede calcularse en términos de una relación entre la $N_{0,EFF}$ con la nueva fuente incluida, $N_{0,EFF-New}$, y el valor básico de $N_{0,EFF}$.

3.1 RFI impulsiva adicional a un receptor del SRNS con supresión de impulsos (caso 1)

Se define la $N_{0,EFF}$ básica (suponiendo presente una RFI impulsiva distinta de cero) utilizando las ecuaciones (1) y (2) como sigue:

$$N_{0,EFF} = \frac{N_0}{(1-PDC_B)} \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_I \right) \text{ con } R_I = \left(\frac{1}{N_0 \times BW} \right) \sum_{i=1}^N P_i \times dc_i$$

donde, por las ecuaciones (3) y (4), $(1-PDC_B) = (1-PDC_a)(1-PDC_b)(1-PDC_c)$ y $R_I = R_a + R_b + R_c$ de los grupos de fuente impulsiva básica, a, b y c.

Si se introduce una fuente impulsiva adicional (o un grupo de fuentes), entonces, por extensión:

$$(1-PDC_{B+Y}) = (1-PDC_a)(1-PDC_b)(1-PDC_c)(1-PDC_Y) = (1-PDC_B)(1-PDC_Y) \text{ y}$$

$$R_{I+Y} = R_a + R_b + R_c + R_Y = R_I + R_Y$$

Además, por similitud,

$$N_{0,EFF+Y} = \frac{N_0}{(1-PDC_{B+Y})} \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_{I+Y} \right)$$

La degradación por RFI con respecto a la básica puede calcularse como la relación $N_{0,EFF+Y}/N_{0,EFF}$:

$$\frac{N_{0,EFF+Y}}{N_{0,EFF}} = \frac{(1-PDC_B) \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_I + R_Y \right)}{(1-PDC_{B+Y}) \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_I \right)} = \frac{1}{(1-PDC_Y)} \left[1 + \frac{R_Y}{\left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_I \right)} \right] \quad (6)$$

Obsérvese que tanto PDC_Y como R_Y se determinan utilizando el nivel de compresión a la entrada del receptor del SRNS como punto de referencia de potencia (límite superior al umbral del supresor). En el cálculo del ciclo de trabajo de los impulsos umbral por encima del supresor (PDC_Y) se hace uso del tiempo de recuperación de sobrecarga del receptor que se describe en la ecuación (3a).

3.2 RFI impulsiva adicional a un receptor del SRNS que trabaja en saturación (caso 2)

3.2.1 Receptor del SRNS que trabaja en saturación – RFI impulsiva básica distinta de cero (caso 2a)

En este caso se supone que la RFI impulsiva está presente en el entorno básico (es decir, PDC básico y/o $R_I > 0$). Si se introduce un grupo de fuentes impulsivas con saturación adicional Y, los nuevos parámetros de la RFI impulsiva del SRNS compuesta, PDC_{LIM+Y} y R_{I+Y} , pueden definirse de manera similar al caso 1 como:

$$(1-PDC_{LIM+Y}) = (1-PDC_{LIM})(1-PDC_Y) \text{ and } R_{I+Y} = R_I + R_Y$$

donde PDC_{LIM} y R_I representan los parámetros de la RFI impulsiva del entorno básico y PDC_Y y R_Y son los parámetros de la RFI impulsiva del grupo de fuentes adicionales. De manera similar al caso 1, la relación de degradación se define por extensión haciendo uso de la ecuación (5), como sigue:

$$\begin{aligned} \frac{N_{0,EFF+Y}}{N_{0,EFF}} &= \frac{N_0 \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_{I+Y} \right) \left(1 + \frac{N_{LIM}^2 PDC_{LIM+Y}}{(1-PDC_{LIM+Y})} \right) (1-PDC_{LIM})}{N_0 \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_I \right) \left(1 + \frac{N_{LIM}^2 PDC_{LIM}}{(1-PDC_{LIM})} \right) (1-PDC_{LIM+Y})} \\ &= \frac{1}{(1-PDC_Y)} \left[1 + \frac{R_Y}{\left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_I \right)} \right] \left[1 + \left(\frac{N_{LIM}^2 PDC_Y}{(1-PDC_Y) \left[1 + PDC_{LIM} (N_{LIM}^2 - 1) \right]} \right) \right] \end{aligned} \quad (7)$$

Si además el receptor del SRNS es del tipo de límite estricto, $N_{LIM} = 1$ y $R_I = R_Y \cong 0$, entonces la relación de degradación se simplifica pasando a ser:

$$\frac{N_{0,EFF+Y}}{N_{0,EFF}} = \frac{1}{(1-PDC_Y)^2} \quad (7a)$$

3.2.2 Receptor del SRNS que trabaja en saturación – RFI impulsiva básica cero (caso 2b)

Para el caso en que no se supone RFI impulsiva en el entorno básico (es decir, PDC básico y $R_I = 0$) y se introduce un grupo de fuentes impulsivas en saturación Y (parámetros de la RFI impulsiva PDC_Y y R_Y), la relación de degradación se define como sigue:

$$\begin{aligned} \frac{N_{0,EFF+Y}}{N_{0,EFF}} &= \frac{N_0 \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} + R_Y \right) \left(1 + \frac{N_{LIM}^2 \cdot PDC_Y}{(1 - PDC_Y)} \right)}{N_0 \left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} \right) (1 - PDC_Y)} \\ &= \frac{1}{(1 - PDC_Y)} \left[1 + \frac{R_Y}{\left(1 + \frac{I_{0,WB}}{N_0} \right)} \right] \left(1 + \frac{N_{LIM}^2 \cdot PDC_Y}{(1 - PDC_Y)} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Si además el receptor es del tipo de límite estricto, $N_{LIM} = 1$ y $R_Y \cong 0$, entonces la relación de degradación pasa a ser idéntica a la ecuación (7a), es decir:

$$\frac{N_{0,EFF+Y}}{N_{0,EFF}} = \frac{1}{(1 - PDC_Y)^2}$$

4 Relaciones de degradación admisibles y parámetros del método de evaluación asociado

El Cuadro 1 presenta los parámetros del método básico y las relaciones de degradación admisible¹⁰ que deben utilizarse para realizar una evaluación preliminar de la posible interferencia impulsiva causada por fuentes radioeléctricas pertinentes distintas de las del SRNS a un sistema o una red del SRNS que funciona en la banda 1 164-1 215 MHz. Los tipos de receptor del SRNS del cuadro se han extraído de la Recomendación UIT-R M.1905. Si el análisis de una fuente de interferencia impulsiva adicional arroja un valor de la relación de degradación en dB ($10 \log_{10}(N_{0,EFF+Y}/N_{0,EFF})$) que rebasa la relación de degradación admisible de un receptor del SRNS en el Cuadro 1, puede que sea necesario realizar un análisis más detallado de la repercusión de la interferencia impulsiva adicional a fin de determinar si la nueva interferencia es aceptable o no por el receptor del SRNS víctima. Los parámetros del método de RFI impulsiva básica indicados, PDC y R_I , y los parámetros continuos, $I_{0,WB}/N_0$, deben emplearse en la ecuación de relación de degradación adecuada (ecuación 6 para los receptores del SRNS con supresión de impulsos ($N_{LIM} = 0$), o ecuación 7, 7a u 8 para receptores del SRNS en saturación ($N_{LIM} \geq 1$)). Los parámetros del impulso para la nueva fuente (o grupo de fuentes) de RFI impulsiva en las ecuaciones de degradación pueden calcularse haciendo uso de un método descrito en el Informe UIT-R M.2220.

¹⁰ La relación de degradación admisible es el límite superior del efecto de la RFI de las nuevas fuentes impulsivas planificadas sin la condición de RFI básica. Se determina considerando la RFI global, incluidos los parámetros básicos, que puede tolerar el receptor sin dejar de satisfacer los requisitos de calidad de funcionamiento.

CUADRO 1

Parámetros del método de la RFI impulsiva básica y relaciones de degradación admisibles para receptores del SRNS (espacio-Tierra) que funcionan en la banda 1 164-1 215 MHz*

Tipo de receptor	N_{LIM} (adimensional) (Nota 4)	PDC básico (adimensional)	R_I básica (adimensional)	Relación $I_{0,WB}/N_0$ básica (adimensional)	Relación de degradación admisible para fuentes de impulsos (dB) (Notas 2, 3)
Receptor de navegación aérea #1 (AMDC) (Notas 1, 5)	0	0,6527	0,9628	1,0551	0,1
Receptor de navegación aérea #1 (AMDF) (Notas 1, 5)	1	0,6527	0,9628	0,455	0,1
Alta precisión (AMDC) (Nota 5)	2	0,0941	0	0,5012	0,2
Alta precisión (AMDF) (Nota 5)	2	0,0941	0	0,5012	0,2

* Aún deben determinarse los valores de los parámetros para otros tipos de receptores del SRNS. Las ecuaciones de relación de degradación del § 3 de este Anexo pueden utilizarse para predecir el carácter general de los efectos de la interferencia impulsiva en los receptores del SRNS para los que no se indican los parámetros.

NOTA 1—Los parámetros básicos indicados son para el caso de punto caliente de EE.UU. de elevada altitud que incluyen las actuales fuentes impulsivas DME/TACAN, CNI y SRNA/ATC. El límite de degradación se aplica al efecto procedente de una nueva fuente o grupo de fuentes impulsivas no aeronáuticas.

NOTA 2 – Las emisiones no deseadas procedentes de fuentes continuas, a las que se aplica la Recomendación UIT-R M.1318-1, no afectarán la relación de degradación admisible para las fuentes impulsivas.

NOTA 3 – La relación de degradación admisible para las nuevas fuentes impulsivas sin la condición de RFI básica deben considerar la repercusión acumulativa sobre un receptor del SRNS procedente de múltiples fuentes impulsivas que iluminan de manera simultánea el receptor del SRNS.

NOTA 4 – Un receptor con supresión de impulsos tiene un valor de N_{LIM} igual a cero.

NOTA 5 – Basado en un tiempo de recuperación de sobrecarga de 1 microsegundo.

El Cuadro 2 presenta información similar sobre la banda de frecuencias 1 215-1 300 MHz. Los tipos de receptor del SRNS del cuadro se han extraído de la Recomendación UIT-R M.1902. De forma similar al proceso del Cuadro 1 los parámetros de la RFI impulsiva del modelo básico, PDC y R_I , y los parámetros continuos, $I_{0,WB}/N_0$, indicados deben utilizarse en la ecuación de relación de degradación adecuada (ecuación 6 para los receptores del SRNS con supresión de impulsos ($N_{LIM} = 0$), o ecuación 7, 7a u 8 para los receptores del SRNS con saturación ($N_{LIM} \geq 1$)). El resultado de la ecuación para la relación de degradación real se compara con el valor de la relación de degradación admisible del Cuadro 2.

CUADRO 2

**Parámetros del método de la RFI impulsiva básica y relaciones de degradación
admisibles para receptores del SRNS (espacio-Tierra)
que funcionan en la banda 1 215-1 300 MHz***

Tipo de receptor	N_{LIM} (adimensional) (Nota 1)	PDC básico (adimensional) (Nota 2)	R_I básica (adimensional) (Nota 2)	Relación $I_{0,WB}/N_0$ básica (adimensional)	Relación de degradación admisible para fuentes de impulsos (dB) (Notas 3)
Receptor de referencia en tierra SBAS ¹¹	1	0,0793 (Nota 4)	0	0,3925	0,2
Receptor con codificación parcial de alta precisión	2	0,0765 (Nota 4)	0	0,3983	0,2
Receptor de navegación aérea (AMDF)	1	0,1327 (Nota 4)	0	0,455	0,1
Receptor de navegación aérea (AMDF)	1	0,1723 (Nota 5)	0	0,455	0,1

* Aún deben determinarse los valores de los parámetros para otros tipos de receptores del SRNS. Las ecuaciones de relación de degradación del § 3 de este Anexo pueden utilizarse para predecir el carácter general de los efectos de la interferencia impulsiva en los receptores del SRNS para los que no se indican los parámetros.

NOTA 1 – Un receptor con supresión de impulsos tiene un NLIM de valor cero.

NOTA 2 – Los parámetros para las fuentes impulsivas básicas que aparecen en este Cuadro se consideran valores de caso más desfavorable. Cabe esperar que, en la mayoría de los entornos reales, puede haber varios tipos de fuentes de interferencia impulsiva con valores individuales más bajos para PDC y, por tanto, el PDC de la interferencia impulsiva básica combinada sería inferior al indicado en el cuadro. Estas condiciones reales deben tenerse en cuenta cuando se lleve a cabo el análisis detallado solicitado por él recomienda 2.

NOTA 3 – La relación de degradación admisible para las nuevas fuentes impulsivas sin la condición de RFI básica exigen que se considere la repercusión acumulativa sobre un receptor del SRNS procedente de múltiples fuentes impulsivas que iluminan simultáneamente el receptor del SRNS.

NOTA 4 – Basado en un tiempo de recuperación de sobrecarga de 1 microsegundo.

NOTA 5 – Basado en un tiempo de recuperación de sobrecarga de 30 microsegundos.

Las ecuaciones de relación de degradación del § 3 de este Anexo también pueden utilizarse para predecir el carácter general de los efectos de la interferencia impulsiva sobre los receptores del SRNS que funcionan en la banda de frecuencias 1 559-1 610 MHz. Sin embargo, aún está por elaborar el cuadro sobre parámetros del método de evaluación y límites de degradación admisibles recomendados para la banda 1 559-1 610 MHz, necesarios para evaluar la repercusión de la interferencia impulsiva. El punto de partida para esa elaboración puede ser el método básico descrito en el Informe UIT-R M.2220 adaptado para determinar los parámetros de interferencia combinada de los sistemas de RF impulsiva en la banda 1 559-1 610 MHz y cerca de ella, teniendo en cuenta a la vez las fuentes de interferencia continua en esa banda de frecuencias o próximas a ella.

¹¹ Sistema de aumento basado en satélite (SBAS).

Anexo 2

Ejemplos de aplicación del método de evaluación analítica de la RFI impulsiva

Este Anexo presenta dos ejemplos de la aplicación del método de evaluación analítica del Anexo 1 para determinar la repercusión de la interferencia impulsiva procedente de la misma nueva fuente de RF impulsiva sobre dos tipos de receptor del SRNS distintos que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 300 MHz.

1 Descripción del caso básico operacional del receptor del SRNS

Se supone que los dos tipos de receptores del SRNS, un receptor de referencia en tierra SBAS y algunos receptores con codificación parcial de alta precisión (banda 1 215-1 300 MHz) funcionan normalmente en las proximidades de un único sistema de radar de impulsos. Se supone que este radar produce señales impulsivas que caen dentro de las bandas de paso del filtro del precorrelador de los dos tipos de receptores que los satura plenamente. Como figura en el Anexo 1, Cuadro 2, fila 2, se supone que el radar básico produce los siguientes factores de la RFI impulsiva recibidos:

$$PDC = 0,0765$$

$$R_I = 0$$

Los parámetros pertinentes del receptor de referencia en tierra SBAS son:

$$N_{LIM} = 1,0$$

$$\tau_{REC} = 1,0 \mu s$$

Los parámetros pertinentes del receptor con codificación parcial de alta precisión son:

$$N_{LIM} = 2,0$$

$$\tau_{REC} = 1,0 \mu s$$

Se supone que cada uno funciona en presencia simultánea de interferencia continua con una relación de densidad I_0/N_0 del Anexo 1, Cuadro 2.

2 Ejemplos de cálculo de la relación de degradación de la RFI impulsiva por el método analítico

Se propone situar un único nuevo transmisor de RF impulsiva en el caso operacional básico antes descrito. Se supone que recibe una potencia de cresta suficientemente elevada como para saturar ambos tipos de receptor del SRNS en funcionamiento. Los parámetros del impulso transmitido propuestos para la nueva fuente son:

$$PW_Y = 44,0 \mu s$$

$$PRF_Y = 500 \text{ Hz}$$

2.1 Cálculo de la relación de degradación por RFI impulsiva del receptor de referencia en tierra SBAS

Para el receptor de referencia en tierra SBAS, el ciclo de trabajo impulsivo recibido saturado efectivo a la nueva fuente propuesta, PDC_Y es, con arreglo al Anexo 1, ecuación (3a):

$$PDC_Y = (PW_Y + \tau_{REC}) \cdot PRF_Y = (44 + 1,0) \cdot 500 \cdot 10^{-6} = 0,02250$$

Como los nuevos impulsos de la fuente saturan completamente al receptor,

$$R_Y = 0$$

De acuerdo con el Anexo 1, Cuadro 2 para el receptor de referencia en tierra SBAS, $N_{LIM} = 1$. Como para la nueva fuente de RF impulsiva, $R_Y = 0$, la ecuación de la degradación por la RFI impulsiva es la ecuación (7a) del Anexo 1. Por consiguiente,

$$\frac{N_{0,EFF+Y}}{N_{0,EFF}} = \frac{1}{(1 - PDC_Y)^2} = 1/(1 - 0,0225)^2 = \mathbf{1,04657} \text{ (relación algebraica)}$$

Para comparar la relación de degradación calculada con el factor de degradación admisible (0,2 dB) del Anexo 1, Cuadro 2, se convierte la relación algebraica a dB:

$$10 \cdot \log_{10}(1,04657) = \mathbf{0,198 \text{ dB}}$$

Por tanto, la nueva fuente propuesta produce una degradación inferior, por un pequeño margen, al límite de degradación admisible del receptor de referencia en tierra SBAS.

2.2 Cálculo de la relación de degradación por RFI impulsiva del receptor con codificación parcial de alta precisión

Como se supone que el receptor con codificación parcial de alta precisión tiene el mismo tiempo de recuperación de sobrecarga impulsiva (1,0 μ s) que el receptor de referencia en tierra SBAS, el nuevo ciclo de trabajo impulsivo recibido de saturación de fuente también es el mismo ($PDC_Y = 0,0225$). Como no hay impulsos por debajo de la saturación recibidos por el receptor con codificación parcial de alta precisión, $R_Y = 0$ también. El ciclo de trabajo impulsivo básico, PDC_{LIM} , del Anexo 1, Cuadro 2 es 0,0765. Como el receptor tiene un valor de $N_{LIM} = 2$, la ecuación de degradación por RFI impulsiva que debe utilizarse es la del Anexo 1, ecuación 7. Por tanto, tras sustituir los valores de los parámetros PDC_{LIM} , N_{LIM} y R_Y en la ecuación y simplificar, la relación de degradación calculada es:

$$\begin{aligned} N_{0,EFF+Y}/N_{0,EFF} &= \{1/(1-PDC_Y)\} \cdot (1) \cdot \{1+(4 \cdot PDC_Y)/[(1-PDC_Y)(1+3 \cdot PDC_{LIM})]\} \\ &= \{1,02302\} \cdot \{1+[0,090/1,20184]\} = \mathbf{1,09963} \text{ (relación algebraica)} \end{aligned}$$

Convirtiendo la relación algebraica a dB se obtiene:

$$10 \cdot \log_{10}(1,099627) = \mathbf{0,413 \text{ dB}}$$

De esa forma, la nueva fuente de impulsos propuesta produce más degradación por RFI que el límite de degradación admisible del receptor con codificación parcial de alta precisión de 0,2 dB.