

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 175**

51 Int. Cl.:

G01S 19/20 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2010 E 10003402 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 2239598**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite**

30 Prioridad:

06.04.2009 DE 102009016337

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

08.04.2013

73 Titular/es:

**ASTRIUM GMBH (100.0%)
ROBERT-KOCH-STR. 1
82024 TAUFKIRCHEN, DE**

72 Inventor/es:

**KRÜGER, JAN M.W., DR. y
TRAUTENBERG, HANS L., DR.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 400 175 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite.

La invención concierne a un procedimiento y un dispositivo para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite según las reivindicaciones 1 y 7, respectivamente.

5 Los sistemas de satélites de navegación global (GNSS; GNSS = Global Navigation Satellite System, abreviadamente sistema de navegación por satélite) se utilizan para la determinación de la posición y para la navegación en la tierra y en el aire. Los sistemas GNSS, como, por ejemplo, el sistema de navegación por satélite europeo que se encuentra en fase de construcción (en lo que sigue designado también como sistema Galileo o abreviadamente Galileo), presentan un sistema de satélites (segmento espacial) que comprende una pluralidad de satélites, un
10 sistema de equipos de recepción terrestre (segmento terrestre) conectado con una estación de cálculo central, que comprende varias estaciones terrestres y estaciones sensoras Galileo (GSS), y sistemas de utilización que evalúan y utilizan, especialmente para la navegación, las señales de satélite transmitidas por radio desde los satélites. Cada satélite envía desde el segmento espacial una señal caracterizadora del satélite, la señal-en-espacio (SIS). La SIS comprende especialmente informaciones sobre la órbita del satélite y una marca de tiempo del instante de emisión que se aprovecha para detectar la posición de un usuario o de un sistema de utilización.

Una detección exacta de la posición de un usuario requiere integridad en un GNSS. Integridad significa especialmente que, por un lado, el GNSS sea capaz de avisar a un usuario dentro de un lapso de tiempo determinado acerca de cuándo no se deberán utilizar ciertas partes del GNSS para la navegación, por ejemplo en caso de fallo de componentes del sistema, y que, por otro lado, el usuario pueda confiar en los datos de navegación que recibe de los satélites del GNSS a través de señales de navegación por satélite, pudiendo especialmente fiarse de la exactitud de los datos de navegación recibidos.

En el concepto de integridad de Galileo se ha previsto que se transmitan a sistemas de utilización las informaciones siguientes por medio de las señales de navegación:

- informaciones sobre la exactitud de la señal de navegación emitida para cada satélite, es decir, una precisión de señal-en-espacio (SISA) de satélites como medida de calidad para una SIS de un satélite;
- avisos de estado referentes a la precisión de la vigilancia de satélites por el segmento terrestre, es decir, una precisión de vigilancia de señal-en-espacio (SISMA) para cada satélite; y
- una señal de integridad en forma de una sencilla indicación de error para una SIS errónea de un satélite "No OK" (la llamada bandera de integridad IF) y el valor umbral para el aviso de que ya no es aceptable el error de una SIS de un satélite, el cual se denomina también threshold (umbral) IF.

Estas informaciones ponen a un sistema de utilización en condiciones de cuantificar y valorar la integridad y el propio riesgo de integridad.

En Galileo las SIS de los satélites dentro del segmento terrestre son vigiladas mediante una evaluación de las mediciones de las distintas estaciones sensoras Galileo (GSS). Las mediciones de las GSS son procesadas en un puesto central de procesamiento de integridad del segmento terrestre para adquirir las informaciones de integridad que deben distribuirse a los sistemas de utilización y que se han listado más arriba.

Con ayuda de las posiciones conocidas de las GSS en el puesto de procesamiento de integridad se estiman la posición actual, la desviación momentánea de la escala de tiempo ampliada respecto de la escala de tiempo del sistema y las propiedades de la señal de un satélite y, por tanto, al máximo error del satélite o de la señal emitida por el mismo en el espacio, el llamado error de señal-en-espacio (SISE).

Un pronóstico de la distribución del SISE puede representarse por medio de una distribución gaussiana con una desviación estándar muy pequeña. Este pronóstico se designa como la precisión de señal-en-espacio (SISA) ya mencionada más arriba, la cual se distribuye desde el segmento terrestre a los sistemas de utilización a través de los satélites del segmento espacial. Con la SISA se puede describir la diferencia entre la posición tetradimensional actual (órbita y hora) de un satélite y la posición tetradimensional pronosticada que está contenida en un mensaje de navegación.

No obstante, la estimación del SISE es un proceso plagado de errores. Por tanto, se supone en general que la distribución del SISE actual en torno al valor del SISE estimado puede describirse con una distribución gaussiana con la desviación estándar que se designa como la precisión de vigilancia de señal-en-espacio (SISMA) ya mencionada más arriba. Por consiguiente, la SISMA es una medida de la precisión de la estimación del SISE para un satélite en el segmento terrestre y se transmite también a los sistemas de utilización desde el segmento terrestre a través de satélites seleccionados del segmento especial. En Galileo se ha previsto que los valores SISMA para los satélites se transmitan aproximadamente cada 30 segundos. Para reducir en lo posible el riesgo de integridad se

transmite para cada satélite el respectivo valor SISMA más grande de los valores SISMA adquiridos en un periodo de medida. Un valor SISMA grande significa aquí una pequeña precisión de la vigilancia de los satélites por el segmento terrestre y, por tanto, refleja un riesgo de integridad incrementado para un usuario.

5 Una descripción detallada del concepto de integridad de Galileo se encuentra en la publicación "The Galileo Integrity Concept", V. Oehler, F. Luongo, J.-P. Boyero, R. Stalford, H.L. Trautenberg, J. Hahn, F. Amarillo, M. Crisci, B. Schlarmann, J.F. Flamand, ION GNSS 17th International Technical Meeting of the Satellite Division, 21-24 de septiembre de 2004, Long Beach, CA.

10 Como ya se ha mencionado más arriba, el riesgo de integridad puede ser autoestimado por un sistema de utilización, de modo que éste pueda decidir si se aprovechan las señales de navegación recibidas para la determinación de la posición o si éstas se dejan mejor fuera de toda consideración debido a un riesgo de integridad demasiado alto. Por tanto, para la capacidad de un sistema de utilización es de importancia especial una estimación lo más fiable y precisa posible del riesgo de integridad.

15 Sobre todo para aplicaciones de navegación críticas para la seguridad, como, por ejemplo, la navegación aérea, es de gran importancia una estimación fiable y exacta del riesgo de integridad. Por ejemplo, el documento EP 2 017 636 A1 describe una reproducción de los parámetros empleados en el concepto de integridad de Galileo sobre los parámetros empleados en un SBAS (Satellite Based Augmentation System – sistema de aumento basado en satélites) para posibilitar así para el sistema Galileo un concepto de integridad que se base en el nivel de protección estandarizado definido para SBAS y, por tanto, satisfaga los requisitos de la comunidad aeronáutica, que reclama para el sistema Galileo un concepto de integridad que sea idéntico al concepto empleado para SBAS.

20 El cometido de la presente invención consiste en proponer un procedimiento y un dispositivo para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite.

Este cometido se materializa por medio de un procedimiento para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite de la reivindicación 1 y un dispositivo correspondiente con las características de la reivindicación 7. Otras ejecuciones de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

25 La invención se basa en que se determina el riesgo de integridad adquiriendo el máximo de una función integral para determinar el riesgo de integridad, y a tal fin se emplean varias informaciones, como SISA y SISMA, revelantes para la integridad del sistema de navegación por satélite y distribuidas a sistemas de navegación por medio de señales de navegación transmitidas a través de satélites. El máximo de la función integral se adquiere ahora según una idea esencial de la invención formando primeramente intervalos de la variable de integración de la función integral, estimando luego el máximo del riesgo de integridad para cada intervalo formado y formando finalmente el máximo de todos los intervalos como estimación del riesgo de integridad. Por tanto, no se realiza un método convencional de búsqueda del máximo para la función integral destinada a la determinación del riesgo de integridad, lo que es muy costoso en técnicas de cálculo, sino que se estima conservadoramente el máximo. Mediante la formación de intervalos se puede influir deliberadamente sobre la estimación conservadora; por ejemplo, mediante el número de intervalos seleccionados se puede determinar exactamente cuántos pasos de cálculos son necesarios para la estimación o el cálculo del riesgo de integridad, lo que puede ser de importancia esencial para la capacidad de tiempo real de un algoritmo basado en la invención. Asimismo, mediante la elección del número de intervalos se puede variar el coste de cálculo para la estimación del riesgo de integridad y para la precisión. Por ejemplo, mediante un aumento del número de intervalos se puede mejorar la precisión de la estimación, mientras que con una reducción del número de intervalos se puede reducir el coste de cálculo. Por el contrario, en el caso de algoritmos de búsqueda normales para el máximo se hace mayor la estimación estimada para el máximo cuando se incrementa el número de pasos de búsqueda. Por tanto, con el incremento de los pasos de búsqueda y el incremento ligado al mismo en el número de operaciones de cálculo solamente se reduce el riesgo de que no se haya encontrado el máximo y se haya adquirido un valor demasiado pequeño. Por el contrario, mediante el incremento del coste de cálculo no se puede incrementar también, como ocurre en la presente invención, la precisión de la estimación del riesgo de integridad.

50 La invención concierne ahora, según una forma de realización, a un procedimiento para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite, en el que varias informaciones relevantes para la integridad del sistema de navegación por satélite, tales como, por ejemplo, SISA y SISMA en Galileo, son distribuidas por satélites a sistemas de utilización por medio de señales de navegación, empleándose las informaciones por un sistema de utilización para estimar el riesgo de integridad, a cuyo fin a que se adquiere como sigue el máximo de una función integral para determinar el riesgo de integridad:

- formación de intervalos de la variable de integración de la función integral,
- estimación del máximo del riesgo de integridad para cada intervalo formado y
- 55 - determinación del máximo de todos los intervalos, con ayuda de los máximos estimados para cada intervalo, como

estimación del riesgo de integridad.

5 Con este procedimiento se puede estimar de manera eficiente el riesgo de integridad de, por ejemplo, un sistema de utilización. Sobre todo, este procedimiento puede implementarse en forma de un algoritmo dentro de un sistema de utilización, con lo que se puede mejorar la navegación o la determinación de la posición con el sistema de utilización, por ejemplo facilitándole a un usuario posibilidades de ajuste para la estimación del riesgo de integridad con las cuales pueda influirse sobre el desarrollo del procedimiento, especialmente mediante el ajuste de la formación de intervalos.

10 La estimación del máximo del riesgo de integridad para cada intervalo formado puede presentar especialmente el cálculo de un límite superior para el riesgo de integridad en cada intervalo. El límite superior para el riesgo de integridad puede calcularse aquí según una fórmula que se emplea también para el cálculo de un límite superior para el riesgo de integridad a todo lo largo del rango de la variable de integración, adaptada al intervalo correspondiente.

La formación de intervalos de la variable de integración de la función integral presente especialmente la división del intervalo $[\xi_{\min}, \xi_{\max}]$ en n intervalos iguales según la fórmula siguiente:

$$15 \quad \left[\xi_{\min} + \frac{i-1}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min}), \xi_{\min} + \frac{i}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min}) \right]$$

en donde ξ es la variable de integración, y en cada intervalo se puede calcular entonces el límite superior para el riesgo de integridad según la fórmula siguiente:

$$P_{MD} \left(\xi_{\min} + \frac{i-1}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min}), \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA} \right) I \left(\xi_{\min} + \frac{i}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min}), \sigma_V, k_V, l_V \right)$$

20 en donde P_{MD} indica la probabilidad del evento temido de una detección errónea e I indica la probabilidad del evento temido de una influencia sobre la aplicación. La fórmula antes citada es la fórmula que se emplea normalmente para calcular un límite superior para el riesgo de integridad a todo lo largo del rango de la variable de integración en el concepto de integridad de Galileo y está adaptada especialmente a los intervalos individuales y a sus límites.

25 La determinación del máximo de todos los intervalos presenta especialmente la adquisición del máximo de los límites superiores calculados para todos los intervalos y la fijación del máximo así determinado como estimación del riesgo de integridad. Por tanto, en otras palabras, se determina el máximo de todos los límites superiores adquiridos como estimación del riesgo de integridad, lo que representa una simplificación de la estimación del riesgo de integridad en comparación con un método convencional de búsqueda del máximo en la función integral para el cálculo del riesgo de integridad, pero que, debido a su estimación por medio de límites superiores, conduce a resultados practicables junto con un coste de cálculo tolerable y, sobre todo, influenciable.

30 Según otra forma de realización, la invención concierne a un programa informático para realizar un procedimiento según la invención y tal como se le ha descrito anteriormente cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

35 Asimismo, una forma de realización de la invención concierne a un soporte de datos en el que está almacenado el programa informático según la invención y tal como se le ha descrito anteriormente. Por ejemplo, el soporte de datos puede ser un disquete, un CDR, un DVD, una tarjeta de memoria o similares.

40 Otra forma de realización de la invención concierne a un dispositivo para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite, en el que varias informaciones relevantes para la integridad del sistema de navegación por satélite, tales como, por ejemplo, SISA y SISMA en Galileo, se distribuyen por satélites a sistemas de utilización por medio de señales de navegación, estando concebido el dispositivo para emplear las informaciones para la estimación del riesgo de integridad, a cuyo fin se adquiere como sigue por el dispositivo el máximo de una función integral para determinar el riesgo de integridad:

- formación de intervalos de la variable de integración de la función integral,
 - estimación del máximo del riesgo de integridad para cada intervalo formado y
 - determinación del máximo de todos los intervalos, con ayuda de los máximos estimados para cada intervalo formado, como estimación del riesgo de integridad.
- 45

El dispositivo puede estar concebido, sobre todo, para la realización de un procedimiento según la invención y tal como se le ha descrito anteriormente. Por ejemplo, el dispositivo puede estar implementado como un circuito

integrado, especialmente como un ASIC o un PGA. Como alternativa, el dispositivo puede estar implementado también por un procesador que se configure por un programa archivado en una memoria de tal manera que ejecute los pasos de cálculos según el procedimiento de la invención y tal como se le ha explicado anteriormente.

5 Según otra forma de realización de la invención, se ha previsto un sistema de utilización para un sistema de navegación por satélite, que está concebido para recibir señales de navegación del sistema de navegación por satélite y que está configurado para realizar un procedimiento según la invención y tal como se le ha descrito anteriormente. El sistema de utilización puede ser, por ejemplo, un aparato de navegación con receptor integrado para señales de navegación o un ordenador con un receptor conectado para señales de navegación. El sistema de
10 utilización puede estar formado también por un teléfono móvil, especialmente un llamado teléfono inteligente, u otro aparato electrónico móvil con receptor integrado para señales de navegación de satélites. Para aplicaciones profesionales, como la aviación, el sistema de utilización puede estar implementado también como un módulo que está concebido, por ejemplo, para su incorporación en un avión.

El sistema de utilización puede caracterizarse también porque presenta un dispositivo según la invención y tal como se le ha descrito anteriormente.

15 Otras ventajas y posibilidades de aplicación de la presente invención se desprenden de la descripción siguiente en combinación con los ejemplos de realización representados en los dibujos.

En la descripción, en las reivindicaciones, en el resumen y en los dibujos se emplean los términos y símbolos de referencia asociados usados en la lista de símbolos de referencia incluida al final.

20 Los dibujos muestran en la única figura un diagrama de flujo de un ejemplo de realización del procedimiento para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite según la invención.

La presente invención parte de la estimación del riesgo de integridad tal como éste se explica en "Implementation and Testing of Galileo User Integrity Algorithms: New Developments for the User Integrity Processing with Galileo" de F. Amarillo y D'Angelo, P., 4th ESA Workshop on Satellite Navigation User Equipment Technologies (NAVITEC'2008), 10.12.2008, ESTEC-ESA, Noordwijk, Países Bajos. Según esto, el riesgo de integridad R_V se
25 calcula en Galileo como el máximo de la siguiente función integral:

$$R_V = \int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} P_{OC} \text{pdf}_{OC}(\xi) P_{MD}(\xi, \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA}) I(\xi, \sigma_V, k_V, l_V) d\xi$$

en donde

P_{OC} designa la probabilidad para una "SIS individual" en condiciones no nominales,

$\text{pdf}(\xi)$ designa la función de densidad de probabilidad de un evento temido respecto del parámetro ξ ,

30 $P_{MD}(\xi, \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA})$ designa la probabilidad de un evento temido de una determinación errónea e

$I(\xi, \sigma_V, k_V, l_V)$ designa la probabilidad de un evento temido de una influencia sobre la aplicación.

Sin embargo, es difícil en la práctica, cuando no absolutamente imposible, establecer una función de densidad de probabilidad ligada con las condiciones no nominales. No obstante, R_V puede delimitarse hacia arriba como sigue:

$$R_V < \int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} P_{OC} \text{pdf}_{OC}(\xi) \max_{\xi_{\min} < \xi < \xi_{\max}} \{P_{MD}(\xi, \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA}) I(\xi, \sigma_V, k_V, l_V)\} d\xi$$

$$R_V < \max_{\xi_{\min} < \xi < \xi_{\max}} P_{OC} \{P_{MD}(\xi, \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA}) I(\xi, \sigma_V, k_V, l_V)\} \int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} \text{pdf}_{OC}(\xi) d\xi$$

$$R_V < P_{OC} \max_{\xi_{\min} < \xi < \xi_{\max}} \{P_{MD}(\xi, \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA}) I(\xi, \sigma_V, k_V, l_V)\}$$

35 Por tanto, se puede adquirir un límite superior para R_V por cálculo de

$$\max_{\xi_{\min} < \xi < \xi_{\max}} \{P_{MD}(\xi, \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA}) I(\xi, \sigma_V, k_V, l_V)\}$$

Para poder realizar este cálculo con un coste tolerable se procede como sigue según la invención:

1. Se divide primeramente el intervalo $[\xi_{\min}, \xi_{\max}]$ en n intervalos iguales según la fórmula siguiente:

$$\left[\xi_{\min} + \frac{i-1}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min}), \xi_{\min} + \frac{i}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min}) \right]$$

en donde n indica el número de intervalos y se cumple para i que: $i = 1, 2 \dots n$.

5 2. En cada intervalo así formado se estima ahora conservadoramente el límite superior

$$\max_{\xi_{\min} + \frac{i-1}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min}) < \xi < \xi_{\min} + \frac{i}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min})} \{ P_{MD}(\xi, \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA}) I(\xi, \sigma_V, k_V, l_V) \}$$

para R_V , para el respectivo intervalo, por medio de la ecuación siguiente:

$$R_{Vi} <$$

$$P_{MD} \left(\xi_{\min} + \frac{i-1}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min}), \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA} \right) I \left(\xi_{\min} + \frac{i}{n} (\xi_{\max} - \xi_{\min}), \sigma_V, k_V, l_V \right)$$

10 En total, se forman así n límites superiores conservadoramente estimados R_{Vi} .

3. A continuación, se adquiere el máximo de los n intervalos a partir de los n límites superiores R_{Vi} así estimados para los n intervalos, lo que requiere un menor coste de cálculo que un complejo método de búsqueda del máximo para la función integral R_V y además posee la ventaja de que mediante la elección del número de intervalos se puede influir sobre la estimación del riesgo de integridad respecto de la precisión del cálculo y la velocidad del mismo. Si se forman pocos intervalos, aumenta la velocidad de cálculo, mientras que, cuando se forman más intervalos, disminuye ciertamente la velocidad de cálculo, pero aumenta, en cambio, la precisión de la estimación.

15

En una búsqueda de máximo normal puede ocurrir que el máximo encontrado esté por debajo del máximo. Por el contrario, en la búsqueda según la invención se asegura, debido a las propiedades de P_{MD} e I , que se encuentre la barrera superior para el máximo.

20 Los pasos anteriores pueden implementarse enteramente o bien tan solo parcialmente en software o hardware. Típicamente, se implementan en forma de un algoritmo que se implementa en un sistema de utilización. El algoritmo puede estar integrado, por ejemplo, en un programa de navegación o de determinación de posición.

La única figura muestra un diagrama de flujo de un algoritmo de esta clase. Después del inicio del algoritmo se divide en el paso S10 el rango de la variable de integración ξ en intervalos iguales según la fórmula ya mencionada más arriba. A continuación, en el paso S12 se estima para cada intervalo un límite superior como se ha explicado anteriormente. A este fin, en el paso S121 el algoritmo pone primeramente a 1 el contador de intervalos i. En el paso siguiente S122 se estima entonces para el primer intervalo el límite superior según la ecuación ya descrita bajo 2. en lo que antecede. En el paso subsiguiente S123 se almacena el límite superior así calculado o estimado. En el paso inmediato S124 se incrementa el contador de intervalos para compararlo finalmente en el paso S125 con el número n de intervalos. Cuando el contador de intervalos i es mayor que el número n, se prosigue con el paso S14; en caso contrario, se va al paso S122 para recorrer una vez más los pasos S122-S124 para un intervalo adicional. En el paso S14, cuando se han calculado límites superiores para los n intervalos, se adquiere el máximo por debajo de los límites superiores almacenados y se le emplea como estimación del riesgo de integridad.

25

30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite, en el que varias informaciones (SISA, SISMA) relevantes para la integridad del sistema de navegación por satélite son distribuidas por satélites a sistemas de utilización por medio de señales de navegación, **caracterizado** porque se emplean las informaciones por un sistema de utilización para estimar el riesgo de integridad (R_V), a cuyo fin se adquiere como sigue el máximo de una función integral para determinar el riesgo de integridad:

- formación de intervalos de la variable de integración de la función integral (S10),
- estimación del máximo del riesgo de integridad para cada intervalo formado (S12) y
- determinación del máximo de todos los intervalos, con ayuda de los máximos estimados para cada intervalo formado, como estimación del riesgo de integridad (S14).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la estimación del máximo del riesgo de integridad para cada intervalo formado presenta el cálculo de un límite superior para el riesgo de integridad en cada intervalo.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque la formación de intervalos de la variable de integración de la función integral presenta la división del intervalo $[\xi_{min}, \xi_{max}]$ en n intervalos iguales según la fórmula siguiente:

$$\left[\xi_{min} + \frac{i-1}{n} (\xi_{max} - \xi_{min}), \xi_{min} + \frac{i}{n} (\xi_{max} - \xi_{min}) \right]$$

en donde ξ es la variable de integración, y en cada intervalo se calcula el límite superior para el riesgo de integridad según la fórmula siguiente:

$$P_{MD} \left(\xi_{min} + \frac{i-1}{n} (\xi_{max} - \xi_{min}), \sigma_{SISA}, \sigma_{SISMA} \right) I \left(\xi_{min} + \frac{i}{n} (\xi_{max} - \xi_{min}), \sigma_V, k_V, l_V \right)$$

en donde P_{MD} indica la probabilidad del evento temido de una detección errónea e I indica la probabilidad del evento temido de una influencia sobre la aplicación.

4. Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado** porque la determinación del máximo de todos los intervalos presenta la adquisición del máximo de los límites superiores calculados para todos los intervalos y la consignación del máximo así determinado como estimación del riesgo de integridad.

5. Programa informático para realizar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 cuando se ejecuta el programa informático en un ordenador.

6. Soporte de datos en el que está almacenado el programa informático según la reivindicación 5.

7. Dispositivo para estimar el riesgo de integridad en un sistema de navegación por satélite, en el que varias informaciones (SISA, SISMA) relevantes para la integridad del sistema de navegación por satélite son distribuidas por satélites a sistemas de utilización por medio de señales de navegación, **caracterizado** porque el dispositivo está concebido para emplear las informaciones para estimar el riesgo de integridad (R_V), a cuyo fin se adquiere como sigue por el dispositivo el máximo de una función integral para determinar el riesgo de integridad:

- formación de intervalos de la variable de integración de la función integral,
- estimación del máximo del riesgo de integridad para cada intervalo formado y
- determinación del máximo de todos los intervalos, con ayuda de los máximos estimados para cada intervalo formado, como estimación del riesgo de integridad.

8. Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado** porque está concebido también para realizar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4.

9. Dispositivo según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado** porque está implementado como un circuito integrado, especialmente como un ASIC o un PGA.

10. Sistema de utilización para un sistema de navegación por satélite, que está concebido para recibir señales de navegación del sistema de navegación por satélite y que está configurado para realizar un procedimiento según

cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

11. Sistema de utilización según la reivindicación 10, **caracterizado** porque presenta un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9.

