(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 820 836**

(51) Int. CI.:

G01S 19/02 (2010.01)
G01S 19/03 (2010.01)
G01S 19/08 (2010.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2016 E 16174380 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2020 EP 3106896**

(54) Título: **Sistema de aumento espacial o aeronáutico con gestión simplificada de sus mensajes de navegación**

(30) Prioridad:

17.06.2015 FR 1501261

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.04.2021

(73) Titular/es:

THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade Nord
92400 Courbevoie, FR

(72) Inventor/es:

CHAMBRE, ERIC;
BENASSY FOCH, CÉLINE y
CHARLOT, BERNARD

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

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

Sistema de aumento espacial o aeronáutico con gestión simplificada de sus mensajes de navegación

La presente invención se refiere a un sistema de aumento espacial o aeronáutico, adaptado para mejorar la precisión y fiabilidad de los datos administrados por un sistema de navegación por satélites, y simplificado para la gestión de sus mensajes de navegación.

La presente invención también se refiere de manera correspondiente a un procedimiento para la gestión simplificada de los mensajes de navegación del sistema de aumento espacial o aeronáutico según la invención.

Los sistemas de aumento espaciales o SBAS para "Space Based Augmentation Systems" son sistemas de radionavegación por satélites destinados a completar los sistemas que aseguran un servicio básico de navegación por satélite o GNSS para "Global Navigation Satellite Systems" tales como los sistemas GPS, GALILEO o GLONASS para proporcionar conjuntamente rendimientos superiores en términos de precisión de ubicación, de disponibilidad y continuidad del servicio y de integridad de la información proporcionada.

Estos sistemas transmiten sobre uno o varios satélites (típicamente geoestacionarios) una señal de banda L que transporta, en particular, una serie de mensajes de navegación o NOF para "Navigation Overlay Frame" en lengua inglesa, a razón de un mensaje por segundo.

Esta señal y la serie de mensajes transmitidos están definidos por un documento normativo internacional RTCA MOPS DO-229-D, titulado "Minimum Operational Performance Standards for Global Positionning System/Wide Area Augmentation equipment".

La arquitectura básica conocida de tal sistema de aumento espacial se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente US 2013/273955 y en la solicitud de patente europea, publicada con el número EP 2 579 062 A1.

Según la arquitectura descrita en el documento EP 2 579 062 A1, una señal, emitida por satélites de una constelación de un sistema de navegación por satélite GNSS, se recibe por un conjunto de estaciones de recepción y de observación en tierra, o RIMS para "Ranging and Integrity Monitoring Station" en lengua inglesa, dispersas sobre un territorio grande (por ejemplo, Europa). Estas estaciones RIMS transmiten señales correspondientes a las señales recibidas, a través de una red de larga distancia o WAN para "Wide Area Network" en lengua inglesa, a un centro de cálculo o CPF para "Central Processing Facility" en lengua inglesa. Este centro de cálculo elabora correcciones y datos de integridad que autorizan proporcionar al usuario los rendimientos requeridos del servicio de navegación y transmite eso a cada ciclo de cálculo de una duración de un segundo una parte en forma de mensajes numéricos de navegación o NOF para "Navigation Overlay Frame" en lengua inglesa que se transmiten a través de la red de larga distancia a una estación en tierra de difusión o NLES para "Navigation Land Earth Station" en lengua inglesa. Esta estación en tierra de difusión transmite señales correspondientes a las señales recibidas, a satélites geoestacionarios que los retransmiten mediante señales de difusión hacia los receptores de los usuarios del servicio. Los receptores de los usuarios reciben simultáneamente las primeras señales de los satélites SBAS generalmente geoestacionarios y las segundas señales de los satélites de la constelación del sistema de navegación por satélite GNSS, y cada uno calcula su posición con ayuda de estos dos tipos de señales. Cabe señalar que las estaciones de recepción y de observación en tierra RIMS también reciben estas señales y que transmiten los mensajes digitales de navegación NOF hacia el centro de cálculo de la CPF junto con la información recibida de los satélites de la constelación GNSS.

El ciclo de cálculo descrito anteriormente lo efectúa el sistema de aumento espacial SBAS de forma repetitiva, típicamente cada segundo.

La implementación se realiza a menudo en tubería, efectuando cada elemento durante un ciclo de cálculo el procesamiento de los datos que serán procesados por el siguiente elemento durante el siguiente ciclo.

Cabe señalar que, a nivel del usuario, es necesario el conocimiento de una serie de flujos de mensajes de navegación NOF de una cierta longitud (típicamente varios minutos) para calcular su posicionamiento. La coherencia de los diferentes flujos de mensajes de navegación NOF emitidos sucesivamente es, por lo tanto, un problema importante, por eso se habla de una serie de mensajes de navegación NOF emitidos, y no de mensajes de navegación NOF aislados.

Tal realización de base no autoriza proporcionar la disponibilidad a muy corto plazo y la continuidad esperada por los usuarios de tal sistema, típicamente una disponibilidad del orden del 99 % y una probabilidad de pérdida de continuidad mejor que 10^{-5}/h son características de los rendimientos esperados para el uso más extendido actualmente, que es el de la aeronáutica civil.

En particular, una avería del centro de cálculo principal, es decir, el centro de cálculo diseñado para funcionar nominalmente en modo maestro, resulta en la interrupción de las transmisiones del flujo de mensajes de navegación o NOF y una pérdida inmediata de continuidad con un impacto en la disponibilidad.

Se sabe que utilizar sistemas de aumento espaciales SBAS con redundancia, siendo el sistema EGNOS un ejemplo

de tal sistema redundante 2, se representa aquí de manera simplificada en la figura 1 con solamente dos centros de cálculo 12, 14, geográficamente remotos entre sí, en lugar de los tres centros de cálculo utilizados en la práctica.

Según la figura 1, los centros de cálculo 12, 14, instalado respectivamente sobre un primer sitio llamado "sitio 1" y sobre un segundo sitio llamado "sitio 2", reciben provenientes del conjunto 20 de las estaciones RIMS y respectivamente en paralelo las señales de datos de navegación de un número entero N, aquí al menos igual a tres, satélites geoestacionarios 22, anotados como NOF 1, NOF 2, NOF N, y las señales de navegación de los satélites 24 de la constelación GNSS.

En función de estas señales recibidas, el primer y segundo centros de cálculo 12, 14 elaboran independientemente sus respectivos flujos de mensajes de navegación, NOF 1.1, NOF 1.2, ... NOF 1.N para el primer centro de cálculo 12, NOF 2.1, NOF 2.2, ..., NOD 2.N para el segundo centro de cálculo 14, que se transmiten cada uno a una estación en tierra de difusión NLES#j, es decir, la estación de difusión que tiene el mismo índice j que las señales NOF 1.j, NOF 2.j. Por ejemplo, el primer centro de cálculo 12 transmite el flujo de mensajes NOF 1.2 a la estación de difusión de rango 2 mientras que el segundo centro de cálculo 14 transmite el flujo de mensajes NOF 2.N a la estación de rango N.

Cada estación en tierra de difusión NLES#j, j variando de 1 a N, selecciona uno de los flujos de mensajes de navegación de entre los flujos de mensajes NOF1.j, NOF 2.j que recibe y transmite con destino a los receptores de los usuarios, mediante un satélite geoestacionario del mismo índice j al que está asociada la estación en tierra de difusión NLES#j a través del plano de los recursos de transmisión de dicho satélite.

Cada estación en tierra de difusión NLES#j también reciben, continuamente desde cada centro de cálculo 12, 14, datos de integridad representativos de la integridad de los flujos de mensajes NOF 1.j, NOF 2.j, recibidos por la estación NLESj y enviados por el primer y segundo centros de cálculo 12, 14, estando estos datos de integridad designados respectivamente por DI 1.j para el flujo de mensajes NOF 1.j transmitidos por el primer centro de cálculo 12 y por DI 2.j para el flujo de mensajes NOF 2.j transmitidos por el segundo centro de cálculo 14.

Cada centro de cálculo 12, 14 comprende respectivamente una unidad 52, 54 de procesamiento y de elaboración de los flujos de mensajes de navegación, siendo los flujos de mensajes NOF 1.j elaborados por la unidad 52 del primer centro de cálculo 12 o CPF#1, y siendo los flujos de mensajes NOF 2.j elaborados por la unidad 54 del segundo centro de cálculo 14 o CPF#2.

Cada centro de cálculo 12, 14 comprende respectivamente una unidad de elaboración de datos de integridad 62, 64 para la elaboración de datos de integridad DI 1.j, DI 2.j.

En caso de avería de uno de los centros de cálculo 12, 14, cada estación en tierra de difusión NLES#j selecciona el mensaje de uno de los otros centros de cálculo o CPF en buen estado de funcionamiento, manteniendo de este modo la continuidad de transmisión de flujo de mensajes de navegación o NOF con destino a los receptores de los usuarios.

Los centros de cálculo 12, 14 están ubicados en diferentes sitios geográficos y lo suficientemente distantes para evitar una avería total en caso de un problema local importante (avería de la red de comunicación en un país, accidente industrial mayor, desastre natural, ...).

La arquitectura clásica del sistema SBAS y su correspondiente procedimiento de implementación, tal como se describe anteriormente y en la figura 1, utilizan un enfoque basado en la independencia entre los flujos de mensajes difundidos por los medios de difusión espaciales que son los satélites 22.

De este modo, de manera general, un mensaje de navegación, sustancialmente diferente, en particular, en términos de la secuencia de tipos de mensajes, se genera por un satélite geoestacionario, lo conduce a la multiplicación de cadenas independientes o canales de procesamiento en el seno del mismo centro de cálculo, asociados con el flujo de mensajes recibidos por las estaciones de recepción RIMS 20, en función del número de satélites geoestacionarios, y también del aumento de los intercambios de señales entre las diferentes entidades funcionales del sistema EGNOS para el análisis de posibles averías.

Se busca, de este modo, reducir el volumen de análisis que deben efectuarse sobre los datos de observación recibidos por las estaciones de recepción y de observación del RIMS cuando aumenta el número de satélites geoestacionarios, esta reducción ya debe ser efectiva cuando el número de satélites pasa de uno a dos.

El problema técnico es reducir la complejidad de la arquitectura de un sistema SBAS, en particular, la complejidad de la arquitectura de sus centros de cálculo o CPF cuando el número de sus medios de difusión, por ejemplo, satélites geoestacionarios, aumenta sin alterar los rendimientos de precisión habituales, de fiabilidad, de continuidad y de disponibilidad, clásicamente requerido para un sistema SBAS.

De manera correspondiente, el problema técnico es reducir la complejidad del procedimiento para analizar los datos de navegación GNSS y los datos de navegación SBAS y el procedimiento para generar flujos de mensajes de navegación SBAS, implementados por el sistema SBAS cuando aumenta el número de sus medios de difusión, sin alterar los rendimientos de precisión habituales, de fiabilidad, de continuidad y de disponibilidad, clásicamente

requerido para un sistema SBAS.

Para esto, la invención tiene por objeto un sistema de aumento espacial o aeronáutico, adaptado para mejorar la precisión y fiabilidad de los datos administrados por un sistema de navegación global por satélites que comprende:

.- un segmento espacial o aeronáutico que tiene un primer número entero N, superior o igual a dos, medios de difusión espaciales o aeronáuticos GEO#j, provistos respectivamente de sus medios de emisión/recepción adaptados para emitir datos recibidos respectivamente desde estaciones en tierra de difusión asociadas NLES#j, con destino a una misma zona geográfica predeterminada;
.- un segmento en tierra de infraestructura que consta de
.- N NLES estaciones en tierra de transmisión NLES#j, asociados respectivamente con N medios de difusión espaciales o aeronáuticos GEO#j para transmitirles datos de navegación y numerados respectivamente por un primer índice entero j que varía de 1 a N, y
.- al menos una estación en tierra de observación y de recepción de señales transmitidas por al menos un satélite del sistema global de navegación por satélite y por los N medios de difusión espaciales o aeronáuticos GEO#j,
.- un segundo número K, superior o igual a 2, centros de cálculo CPF#i, mutuamente redundantes, numerados respectivamente por un segundo índice i que varía de 1 a K, y configurados para calcular, a partir de las señales transmitidas por las estaciones en tierra de observación y de recepción, flujos o secuencias de mensajes de navegación NOF i.j, i variando de 1 a K y j variando de 1 a N, listo para ser transmitidos respectivamente según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión NLES# j; estando al menos dos de los K centros de cálculo CPF#i ubicados respectivamente en sitios geográficamente remotos entre sí y conectados por una primera red de comunicaciones, la al menos una estación en tierra de recepción y de observación, estando las N estaciones en tierra de difusión NLES#j conectadas a los K centros de cálculo CPF#i respectivamente mediante una segunda red de comunicaciones y una tercera red de comunicaciones. El sistema de aumento espacial SBAS está caracterizado porque los K centros de cálculo (CPF#i) están configurados cada uno para elaborar una serie de N i-ésimos flujos paralelos de mensajes NOF i.j, j variando de 1 a N, tales como la serie de todos los flujos de mensajes NOF i.j, independientemente del centro de cálculo CPF#i que los elaboran, que consta de una misma secuencia temporal (MT) de tipos de mensajes MT independientemente de los medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j), estando los tipos de mensajes MT de la secuencia (MT) comprendidos en un conjunto predeterminado {Tm} de tipos Tm de contenidos de mensajes de navegación.

Según modos particulares de realización, el sistema de aumento espacial o aeronáutico comprende una o varias de las siguientes características:

.- en cada ciclo de cálculo actual de los mensajes, un solo centro de cálculo CPF#m, tomado de entre los K centros de cálculo CPF#i, se selecciona y autoriza a transmitir los mensajes NOF m.j actuales a las estaciones en tierra de difusión NLES#j, m designando el índice del centro de cálculo CPF#m seleccionado en el ciclo de cálculo actual y siendo considerado el centro de cálculo seleccionado CPF#m como el centro de cálculo maestro del sistema de aumento durante dicho ciclo de cálculo actual;
.- los contenidos de los N flujos de datos NOF i.j de un mismo centro de cálculo CPF#i difieren solamente en el contenido de los mensajes cuyo(s) tipo(s) de contenidos se relacionan con las trayectorias pronosticadas o medidas recientemente de los N medios de difusión espaciales o aeronáuticos;
.- los tipos Tm de mensaje se normalizan y definen según los formatos de contenido a los que se relacionan dichos tipos respectivamente, y los contenidos de dos flujos de datos NOF i.j1, NOF i.j2, elaborados en paralelo por un mismo centro de cálculo CPF i cualquiera y destinados a dos medios de difusión espaciales o aeronáuticos diferentes (j1≠j2), difieren solamente en el contenido de los mensajes de un primer tipo relacionados con datos de efemérides de uno o varios medios de difusión espaciales o aeronáuticos, y/o en el contenido de mensajes de un segundo tipo relacionados con datos de navegación de un medio de difusión espacial o aeronáutico más precisos que los datos de efemérides proporcionados por los mensajes del primer tipo;
.- los mensajes están definidos por un documento normativo internacional: RTCA MOPS DO-229-D, titulado "Minimum Operational Performance Standards for Global Positionning System/Wide Area Augmentation equipment", y el primer y segundo tipos de mensajes se designan respectivamente "MT17" y "MT9";
.- todos los flujos de datos generados por un mismo centro de cálculo comparten el mismo algoritmo implementado para el procesamiento de los datos GNSS y SBAS recibidos por la al menos una estación de observación y para la elaboración de todos los flujos de datos. datos relacionados con el mismo orden de tipos de mensajes y los mismos contenidos de una mayoría de mensajes de los que se excluyen los mensajes de un primer tipo relacionados con datos de efemérides de uno o varios medios de difusión espaciales, o mensajes aeronáuticos y/o de un segundo tipo relacionados con datos de navegación de un medio de difusión espacial o aeronáutico más precisos que los datos de efemérides proporcionados por los mensajes del primer tipo;
.- los medios de difusiones espaciales o aeronáuticos están comprendidos en el conjunto formado por satélites geoestacionarios GEO, los satélites HEO, los satélites MEO, los satélites LEO, los drones, los globos y las aeronaves;
.- el segundo número K de centros de cálculo es igual a 2; y para i variando de 1 a 2, cada i-ésimo centro de cálculo CPF#i consta de: un i-ésimo receptor radioeléctrico, ubicado en el i-ésimo sitio asociado con el i-ésimo centro de cálculo; y una i-ésima unidad de autorización del i-ésimo centro de cálculo para transmitir los N flujos de datos NOF i.j según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión NLES# j. Cada unidad de autorización i-ésima de entre las dos unidades de autorización se configura para, en cada ciclo de cálculo,

.- determinar un modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo en el sistema SBAS de entre un modo maestro y un modo de respaldo, autorizando el modo maestro al centro de cálculo único CPF#m puesto en este modo de entre los dos centros de cálculo a emitir los flujos de datos NOF m.j generados a las N estaciones en tierra de difusiones NLES# j, j variando de 1 a N, prohibiendo el modo de respaldo al centro de cálculo puesto en este modo transmitir sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión, pero autorizando que dicho centro de cálculo cambie al modo maestro cuando se detecta una avería persistente en el centro de cálculo que actualmente está en modo maestro, determinándose el modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo en función:

.* del conocimiento del centro de cálculo actualmente en modo maestro y en proceso de emitir hacia las estaciones de difusión;
.* del conocimiento regular de los estados de funcionamiento en términos de ausencia o de existencia de averías de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad; y
.* la calidad de recepción de los mensajes transmitidos a las estaciones de difusión; y
.* la calidad de los mensajes realmente emitidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos y recibidos por el receptor radioeléctrico correspondiente a la unidad de autorización; y
.- en función del modo de actividad determinado, ya sea permanecer en el modo de actividad anterior si el modo de actividad determinado es idéntico a él, o bien, cambiar al modo de actividad determinado si es diferente del modo de actividad anterior;

.- en función del modo de actividad determinado, autorizar o prohibir al i-ésimo centro de cálculo emitir sus flujos de datos hacia las N estaciones en tierra de difusión;

.- el número K de centros de cálculo es superior o igual a 3; y para i variando de 1 a K, cada i-ésimo centro de cálculo CPF#i consta de: un i-ésimo receptor radioeléctrico, ubicado en el i-ésimo sitio asociado con el i-ésimo centro de cálculo, y una i-ésima unidad de autorización del i-ésimo centro de cálculo para transmitir los N flujos de datos NOF i.j según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión NLES# j. Cada unidad de autorización i-ésima de entre las k unidades de autorización se configura para, en cada ciclo de cálculo,

.- determinar un modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo en el sistema SBAS de entre un único modo maestro, un modo de primer respaldo y un modo de respaldo de reserva, autorizando el modo maestro al único centro de cálculo CPF#m puesto en este modo de entre los K centros de cálculo a emitir los flujos de datos NOF m.j generados a las N estaciones en tierra de difusiones NLES# j, j variando de 1 a N, prohibiendo el modo de primer respaldo al centro de cálculo puesto en este modo transmitir sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión, pero autorizando que dicho centro de cálculo cambie al modo maestro cuando se detecta una avería persistente en el centro de cálculo que actualmente está en modo maestro, prohibiendo el modo de respaldo de reserva que el centro de cálculo configurado en este modo transmita sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión, pero autorizando que dicho centro de cálculo cambie al modo de primer respaldo cuando se detecta una ausencia de un centro de cálculo puesto en modo de primer respaldo; determinándose el modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo en función

*del conocimiento del centro de cálculo actualmente en modo maestro y en proceso de emitir hacia las estaciones de difusión; *del conocimiento regular de los estados de funcionamiento en términos de ausencia o de existencia de averías de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad; y
* de la calidad de recepción de los mensajes transmitidos a las estaciones de difusión; y
* la calidad de los mensajes realmente emitidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos y recibidos por el receptor radioeléctrico correspondiente a la unidad de autorización; y

.- en función del modo de actividad determinado, ya sea permanecer en el modo de actividad anterior si el modo de actividad determinado es idéntico a él, o bien, cambiar al modo de actividad determinado si es diferente del modo de actividad anterior;
.- en función del modo de actividad determinado, autorizar o prohibir al i-ésimo centro de cálculo emitir sus flujos de datos hacia las N estaciones en tierra de difusión;

cada i-ésima unidad de autorización está configurada para controlar la buena recepción de los mensajes de retorno enviados por las estaciones en tierra de difusión acusando recibo de los mensajes transmitidos por la unidad de autorización a través de la tercera red de comunicaciones; y controlar los estados de funcionamiento de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad a través de la primera red de comunicaciones; y controlar los mensajes realmente difundidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos para confirmar o no la ausencia de repetibilidad de una avería de enlace;
.- para i variando de 1 a K, cada i-ésimo centro de cálculo consta, además, de al menos una i-ésima unidad de procesamiento y de creación de flujo de mensajes de navegación NOF i.j y al menos una i-ésima unidad de verificación de la integridad del flujo de mensajes de navegación NOF i.j, variando de 1 a N; estando autorizado el i-ésimo centro de cálculo a emitir los flujos de mensajes cuando se han superado las verificaciones de integridad.

La invención también tiene por objeto un procedimiento de gestión de flujo de datos de navegación de un sistema de aumento espacial o aeronáutico adaptado para mejorar la precisión y fiabilidad de los datos administrados por un

sistema de navegación por satélites. El sistema de aumento espacial o aeronáutico comprende:

.- un segmento espacial o aeronáutico que tiene un primer número entero N, superior o igual a dos, medios de difusión espaciales o aeronáuticos GEO#j, provistos respectivamente de sus medios de emisión/recepción adaptados para emitir datos recibidos desde estaciones en tierra de difusión asociadas NLES#j, con destino a una misma zona geográfica predeterminada;
.- un segmento en tierra de infraestructura que consta de:

.- N NLES estaciones en tierra de transmisión NLES#j, asociados respectivamente con N medios de difusión espaciales o aeronáuticos GEO#j para transmitirles datos de navegación y numerados respectivamente por un primer índice entero j que varía de 1 a N, y
.- al menos una estación en tierra de observación y de recepción de señales transmitidas por al menos un satélite del sistema global de navegación por satélite y por los N medios de difusión espaciales o aeronáuticos GEO#j,
.- un segundo número K, superior o igual a 2, centros de cálculo CPF#i en redundancia, numerados respectivamente por un segundo índice i que varía de 1 a K, y configurados para calcular, a partir de las señales transmitidas por las estaciones en tierra de recepción, flujos o secuencias de mensajes de navegación NOF i.j, i variando de 1 a K y j variando de 1 a N, listo para ser transmitidos respectivamente según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión NLES#j; estando al menos dos de los K centros de cálculo CPF#i ubicados respectivamente en sitios geográficamente remotos entre sí y conectados por una primera red de comunicaciones y al menos una estación en tierra de recepción y de observación, las N estaciones en tierra de difusión NLES#j respectivamente, estando conectadas a los K centros de cálculo CPF#i mediante una segunda red de comunicaciones y una tercera red de comunicaciones. El procedimiento de gestión de flujo de mensajes de navegación está caracterizado porque comprende:
.- una primera etapa en la que los K centros de cálculo CPF#i, i variando de 1 a K, cada uno elabora por separado una serie de N flujos paralelos de mensajes de navegación NOF i.j, j variando de 1 a N, la serie de todos los flujos de datos NOF i.j, independientemente del centro de cálculo CPF#i que los elaboran, consta de una misma secuencia (MT) de tipos de mensajes MT, independiente de los medios de difusión espaciales o aeronáuticos, estando incluidos los tipos de mensajes MT de la secuencia comprendidos en un conjunto predeterminado {Tm} de tipos Tm de contenidos de mensajes de navegación.

Según modos particulares de realización, el procedimiento de gestión del flujo de datos de navegación comprende una o varias de las siguientes características:

.- los tipos Tm de mensaje se normalizan y definen según los formatos de contenido a los que se relacionan dichos tipos respectivamente; y los contenidos de dos flujos de datos NOF i.j1, NOF i.j2, elaborados en paralelo por un mismo centro de cálculo CPF i cualquiera y destinados a dos medios de difusión espaciales o aeronáuticos diferentes (j1≠j2), difieren solamente en el contenido de los mensajes de un primer tipo relacionados con datos de efemérides de uno o varios medios de difusión espaciales o aeronáuticos, y/o en el contenido de mensajes de un segundo tipo relacionados con datos de navegación de un medio de difusión espacial o aeronáutico más precisos que los datos de efemérides proporcionados por los mensajes del primer tipo;
.- para i variando de 1 a K, cada i-ésimo centro de cálculo CPF i consta de un i-ésimo receptor radioeléctrico, ubicado en el i-ésimo sitio asociado con el i-ésimo centro de cálculo, y una i-ésima unidad de autorización del i-ésimo centro de cálculo para transmitir los N flujos de datos NOF i.j según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión NLES# j. El procedimiento comprende, además:
.- una segunda etapa en la que cada i-ésima unidad de autorización determina en la fase de cálculo actual un modo de actividad actual en el sistema de aumento de entre un único modo maestro y un modo de respaldo, autorizando el modo maestro al único centro de cálculo CPFm puesto en este modo de entre los K centros de cálculo a emitir los flujos de datos NOF m.j generados a las N estaciones en tierra de difusiones NLES j, prohibiendo el modo de respaldo al centro de cálculo puesto en este modo transmitir sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión, pero autorizando que dicho centro de cálculo cambie al modo maestro de manera coordinada con otros centros de cálculo si se da el caso cuando se detecta una avería persistente en el centro de cálculo que actualmente está en modo maestro; siendo el modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo determinado en función:

.* del conocimiento del centro de cálculo actualmente en modo maestro y en proceso de emitir hacia las estaciones de difusión;
.* del conocimiento regular de los estados de funcionamiento en términos de ausencia o de existencia de averías de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad; y
.* la calidad de recepción de los mensajes transmitidos a las estaciones de difusión; y
.* de la calidad de los mensajes realmente emitidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos y recibidos por el receptor radioeléctrico correspondiente a la unidad de autorización; y

.- una tercera etapa en la que, para i variando de 1 a K, en función del modo de actividad determinado, la i-ésima unidad de autorización permanece en el modo de actividad anterior si el modo de actividad determinado es idéntico a él, o bien, cambia al modo de actividad determinado si es diferente del modo de actividad anterior; y
.- una cuarta etapa, en la que para i variando de 1 a K, en función del modo de actividad determinado, la i-ésima

unidad de autorización autoriza o prohíbe al i-ésimo centro de cálculo emitir sus flujos de datos hacia las N estaciones en tierra de difusión;

.- la segunda etapa de determinación del modo de actividad consta de la quinta, sexta, séptima etapas, controlando cada i-ésima unidad de autorización en la quinta etapa está configurada para controlar la buena recepción de los mensajes de retorno enviados por las estaciones en tierra de difusión NLES#j acusando recibo de los mensajes transmitidos por la i-ésima unidad de autorización a través de la tercera red de comunicaciones; y controlando cada i-ésima unidad de autorización, si es necesario en la sexta etapa, los estados de funcionamiento de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad mediante mensajes de mantenimiento provenientes de las unidades de autorización remotas; y controlando cada i-ésima unidad de autorización, si es necesario, en la séptima etapa los mensajes realmente difundidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos para confirmar o no la ausencia de repetibilidad de una avería.

La invención se comprenderá mejor al leer la descripción de varias formas de realización que seguirán, dada únicamente a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos en los que:

- la figura 1 es una vista de una arquitectura general de un sistema SBAS multivías convencional en el que los mensajes de navegación difundidos por los satélites de difusión SBAS son totalmente independientes y requieren en cada centro de cálculo un número igual de cadenas de procesamiento independientes el número de satélites de difusión SBAS;
- la figura 2 es una vista de una arquitectura de hardware general de un sistema SBAS monovía según la invención en el que los mensajes de navegación difundidos por los satélites de difusión SBAS son sustancialmente idénticos y se reduce la complejidad de los centros de cálculo;
- la figura 3 es una vista de una arquitectura de hardware detallada del sistema SBAS monovía según la invención de la figura 2;
- la figura 4 es una vista de una arquitectura funcional y de hardware, incluso más detallada que el de la figura 3, del sistema SBAS monovía según la invención;
- la figura 5 es una vista parcial de las arquitecturas detalladas de las figuras 3 y 4 destacando la configuración de un centro de cálculo CPF, determinado en el modo de actividad maestro por su unidad de autorización;
- la figura 6 es una vista parcial de las arquitecturas detalladas de las figuras 3 y 4 destacando la configuración de un centro de cálculo CPF, determinado en el modo de actividad de respaldo por su unidad de autorización;
- la figura 7 es un diagrama de flujo general de un procedimiento de gestión de flujo de datos de navegación implementado por el sistema SBAS según la invención descrita en las figuras 2 a 6.

Según la figura 2, un sistema de aumento espacial SBAS 102, adaptado para mejorar la precisión y fiabilidad de los datos administrados por un sistema de navegación global por satélites GNSS 104, comprende un segmento espacial o aeronáutico 106, un segmento en tierra de infraestructura 108 y un segmento de usuarios 110.

El segmento espacial o aeronáutico 106 consta de un primer número entero N, superior o igual a dos, medios de difusión espaciales o aeronáuticos 112, aquí de una manera particular un conjunto de N satélites geoestacionarios, designados, en lo sucesivo, GEO#j, j siendo un primer índice entero de numeración que varía de 1 a N. Los N satélites geoestacionarios GEO#j, j variando de 1 a N, están respectivamente provistos de sus medios de emisión/recepción adaptados para emitir datos recibidos desde estaciones en tierra de difusión asociadas diferentes NLES#j, con destino a una misma zona geográfica predeterminada.

El segmento en tierra de infraestructura 108 consta de N estaciones en tierra de difusión designadas por NLES#j, j variando de 1 a N, solo las estaciones NLES#1, NLES#2, NLES#N siendo representadas en la figura 1 y designadas respectivamente con los números de referencia 122, 124, 126. Las N estaciones de difusión en tierra NLES#j están asociadas respectivamente a los N satélites geoestacionarios GEO#j para transmitirles datos de navegación. De manera particular, las estaciones en tierra de difusión 122, 124, 126, están asociadas de este modo con los satélites geoestacionarios GEO#1, GEO#2 y GEO#N.

Cabe señalar que, por razones de seguridad y disponibilidad, cada estación en tierra de difusión NLES#j puede ser redundante por al menos otra estación en tierra de respaldo, preparada para realizar las mismas funciones que las de la estación en tierra de difusión nominal NLES#j con la que está asociada en caso de falla de dicha estación en tierra de difusión nominal NLES#j. El segmento en tierra de infraestructura 108 también consta de un conjunto 130 de una o varias estaciones en tierra de observación y de recepción de señales RIMS transmitidas por al menos un satélite del sistema de navegación global de satélites 104 GNSS y por los N satélites geoestacionarios GEO#j, j variando de 1 a N.

El segmento en tierra de infraestructura 108 también consta de un segundo número entero K, superior o igual a 2, centros de cálculo CPF#i mutuamente redundantes, numerados respectivamente por un segundo índice i que varía de 1 a K, y configurados para calcular, a partir de las señales transmitidas por las estaciones en tierra de recepción 130 RIMS, series de flujo de mensajes de navegación NOF i.j, i variando de 1 a K y j variando de 1 a N, listo para ser transmitidos respectivamente según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión NLES#j. Aquí en la figura 2 y a título de ejemplo, K es superior o igual a 3, y solo los tres centros de cálculo CPF#1, CPF#2, CPF#K están

representados y designados respectivamente por los números de referencia 132, 134, 136.

Los K centros de cálculo CPF#i, i variando de 1 a K, están ubicados respectivamente en sitios "Sitio i" que son geográficamente remotos entre sí y conectados por una primera red de comunicaciones 140 para intercambiar mensajes de mantenimiento relacionados con sus respectivos estados de funcionamiento.

Las estaciones en tierra de recepción y observación del RIMS 130 están conectadas a los centros de cálculo K CPF#i, 132, 134, 136 por una segunda red 144 de comunicaciones para proporcionarles los datos de navegación de los satélites GNSS y los flujos de los mensajes de navegación retransmitidos por los satélites geoestacionarios GEO#j en cada ciclo de cálculo.

Las N estaciones en tierra de difusión NLES#j, 122, 124, 126 están conectados cada uno a los K centros de cálculo CPF#i, 132, 134, 136 por una tercera red 148 de comunicaciones para recibir los flujos de mensajes de navegación SBAS producidos por el centro de cálculo que está en un modo maestro de actividad, aquí el centro de cálculo CPF#1 o 132.

Por convención en la figura 2, los enlaces 150.1.j, j variando de 1 a N de la tercera red de comunicaciones 148 que están activas y autorizan el tránsito de mensajes de navegación SBAS producidos por el centro de cálculo maestro, aquí CPF#1 132, hacia las estaciones en tierra de difusión NLES#j, j variando de 1 a N, se trazan en líneas continuas. Los enlaces 150.i.j, i variando de 2 a K y j variando de 1 a N, de la tercera red de comunicaciones 148 que están inactivos y conectan los centros de cálculo restantes aquí en modo de respaldo, es decir, los centros de cálculo CPF#i, i variando de 2 a N, a las estaciones en tierra de difusión NLES#j, j variando de 1 a N se trazan con líneas discontinuas.

Según la invención, el sistema de aumento espacial SBAS 102 está caracterizado por el hecho de que los K centros de cálculo CPF#i, i variando de 1 a K, están configurados cada uno para elaborar una serie de i-ésimo flujos paralelos de mensajes NOF i.j, j variando de 1 a j, tal que cualquier serie de N flujos paralelos de mensajes NOF i.j, independientemente del centro de cálculo CPF#i que los elaboran, consta de la misma secuencia temporal de tipos de mensajes independientes de los medios de difusión espaciales que aquí son los satélites geoestacionarios GEO#j. Los tipos de mensajes MT de la secuencia (MT) están comprendidos en un conjunto predeterminado {Tm} de tipos de contenidos de mensajes de navegación, siendo m un número entero que varía de 1 al cardinal de dicho conjunto predeterminado {Tm}.

En cada ciclo actual de cálculo del flujo de mensajes NOF i.j, un solo centro de cálculo CPF#m, tomado de entre los K centros de cálculo CPF#i, i variando de 1 a K, se selecciona y autoriza por el sistema SBAS 102 a transmitir a las estaciones en tierra de difusión NLES#j, j variando de 1 a N, los mensajes actuales asociados con el flujo de mensajes NOF m.j, designando m el índice del centro de cálculo CPF#m seleccionado en el ciclo de cálculo actual y estando el centro de cálculo CPF#m considerado como el centro de cálculo maestro del sistema SBAS 102 durante este ciclo de cálculo actual.

Los contenidos de los N flujos de mensajes NOF i.j de un mismo centro de cálculo CPF#i difieren solamente en el contenido de los mensajes cuyo(s) tipo(s) de contenidos se relacionan con las trayectorias pronosticadas o medidas recientemente de los N satélites geoestacionarios GEO#j, j variando de 1 a N.

Los tipos de mensaje Tm del conjunto {Tm} están normalizados y definidos según los formatos de contenido con los que se relacionan respectivamente dichos tipos Tm. El contenido de dos flujos de mensajes NOF i.j1, NOF i.j2, elaborados en paralelo por el mismo centro de cálculo CPF#i cualquiera y destinado a dos satélites geoestacionarios GEO#j1, GEO#j2 con j1 y j2 diferentes, cuando los flujos son diferentes, se diferencian solamente por el contenido de los mensajes de un primer tipo relacionados con datos de efemérides de uno o varios satélites geoestacionarios, y/o por el contenido de mensajes de un segundo tipo relacionados con datos de navegación de un satélite geoestacionario más preciso que los datos de efemérides proporcionados por los mensajes del primer tipo.

Los tipos de mensajes Tm están definidos por un documento normativo internacional: RTCA MOPS DO-229-D, titulado "Minimum Operational Performance Standards for Global Positionning System/Wide Area Augmentation equipment", y el primer y segundo tipos de mensajes se designan respectivamente "MT17" y "MT9" según esta norma.

De este modo, todos los flujos de mensajes de navegación generados por el mismo centro de cálculo CPF comparten el mismo algoritmo, implementado para el procesamiento de datos GNSS y SBAS recibidos por la(s) estación(es) de observación RIMS 130 y para la elaboración de todos los flujos de mensajes SBAS. Los flujos de mensajes generados por el algoritmo están caracterizados por el mismo orden de los tipos de mensajes y el mismo contenido de la mayoría de los mensajes, con la excepción de mensajes de un primer tipo relacionados con datos de efemérides de uno o varios satélites geoestacionarios y/o mensajes de un segundo tipo relacionados con datos de navegación de un satélite geoestacionario más precisos que los datos efemérides proporcionadas por mensajes del primer tipo.

Según las figuras 3 y 4, el sistema SBAS monovía 102 de la figura 2 según la invención se describe de manera más detallada. Cuando los elementos se toman de la figura 2 en las figuras 3 y 4, se designan respectivamente mediante referencias numéricas idénticas.

para i variando de 1 a K, cada i-ésimo centro de cálculo CPF#i, 132, 134, 136, consta de un i-ésimo receptor

radioeléctrico, ubicado en el i-ésimo sitio asociado con el i-ésimo centro de cálculo CPF#i, y una i-ésima unidad de autorización del i-ésimo centro de cálculo CPF#i para ser transmitida según el índice j los N flujos de mensajes NOF i.j a las N estaciones en tierra de difusión de NLES#j.

Aquí en las figuras 2 y 4, solo el primer, segundo, K-ésimo receptores radioeléctricos designados respectivamente por 172, 174, 176, y solo el primer, segundo, K-ésimas unidades de autorización, respectivamente designados por 182, 184, 186 se representan.

para i variando de 1 a K, cada i-ésimo centro de cálculo CPF#i, 132, 134, 136 también consta de una o varias unidades de creación y de procesamiento de flujo de mensajes de navegación NOF i.j y una o varias i-ésimas unidades de verificación de la integridad de los flujos de mensajes de navegación creados NOF i.j.

Cuando, por motivos de redundancia, un i-ésimo centro de cálculo CPF#i consta de varias i-ésimas unidades de procesamiento y creación de flujos de mensajes de navegación NOF i.j y/o varias unidades de verificación de la integridad de los flujos de mensajes navegación creada NOF i.j, entonces, la i-ésima unidad de autorización correspondiente se configura para seleccionar de entre las i-ésimas unidades redundantes de procesamiento y crear flujos de mensajes de navegación NOF i.j, y/o respectivamente de entre las unidades de verificación de la integridad de los flujos de los mensajes de navegación creados NOF i.j, dicha unidad de procesamiento y/o respectivamente dicha verificación de la integridad se activan. Aquí en las figuras 2 y 4, solo la primera, segunda, K-ésimas unidades de creación y de procesamiento de flujo de mensajes de navegación, designadas por 192, 194, 196, y solo la primera, segunda, K-ésimas unidades de verificación de la integridad de los flujos de mensajes de navegación creados, respectivamente designadas por 202, 204, 206, se representan.

Cada i-ésima unidad de autorización (182, 184, 186) de entre las K unidades de autorización se configura para, determinar en cada ciclo de cálculo un modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo CPF#i dentro del sistema SBAS 102 de entre un único modo maestro, un único modo de primer respaldo y un modo de respaldo de reserva.

El modo maestro autoriza un solo centro de cálculo CPF#m, puesto en este modo de entre los K centros de cálculo, a emitir sus flujos de datos NOF m.j generados a las N estaciones en tierra de difusiones NLES#j, j variando de 1 a N.

El modo de primer respaldo prohíbe que un único centro de cálculo puesto en este modo transmita sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión NLES#j, j variando de 1 a N, pero autoriza que dicho centro de cálculo cambie al modo maestro cuando se ha detectado una avería persistente en el centro de cálculo CPF#m previamente en modo maestro en una o varias fases de cálculo anteriores.

El modo de respaldo de reserva que se puede usar cuando K es superior o igual a 3 prohíbe que el centro de cálculo puesto en este modo transmita sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión NLES#j, j variando de 1 a N, pero autoriza a que dicho centro de cálculo cambie al modo de primer respaldo cuando se detecta una ausencia de un centro de cálculo puesto en modo de primer respaldo.

El modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo se determina en función del conocimiento del centro de cálculo actualmente en modo maestro y en proceso de emitir hacia las estaciones de difusión, del conocimiento regular de los estados de funcionamiento en términos de ausencia o de existencia de averías de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad, la calidad de recepción de los mensajes transmitidos a las estaciones de difusión cuando la unidad de autorización está en modo maestro, y la calidad de los mensajes realmente emitidos por los satélites geoestacionarios y recibidos por el receptor radioeléctrico correspondiente a la unidad de autorización.

Cada i-ésima unidad de autorización 182, 184, 186 de entre las K unidades de autorización también se configura en cada ciclo de cálculo y en función del modo de actividad determinado, para permanecer en el modo de actividad anterior si el modo de actividad determinado actual y el modo de actividad anterior son idénticos, o bien, cambiar al modo de actividad determinado si es diferente del modo de actividad anterior.

Cada i-ésima unidad de autorización (182, 184, 186) de entre las K unidades de autorización también se configura, en cada ciclo de cálculo y en función del modo de actividad determinado, para autorizar o prohibir al i-ésimo centro de cálculo CPF#i emitir sus flujos de datos hacia las K estaciones en tierra de difusión.

Cada i-ésima unidad de autorización de entre las K unidades de autorización también se configura para:

.- controlar la buena recepción de los mensajes de retorno enviados por las estaciones en tierra de difusión NLES#j acusando recibo de los mensajes transmitidos por la unidad de autorización a través de la tercera red de comunicaciones 148; y

.- controlar los estados de funcionamiento de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad proporcionado por mensajes de mantenimiento ("keep alive" en inglés) provenientes de las unidades de autorización remota a través de la primera red de comunicaciones 140; y

.- controlar los mensajes de navegación SBAS realmente difundidos por satélites geoestacionarios y recibidos por el receptor radioeléctrico asociado i-ésimo para confirmar o no la ausencia de repetibilidad de una avería del centro de cálculo CPF#i y/o de sus enlaces con las otras entidades remotas del sistema 102.

Cabe señalar que cuando la m-ésima unidad de autorización determina el m-ésimo centro de cálculo CPF#m en modo maestro en la fase de cálculo actual, el centro de cálculo CPF#m está autorizado a emitir el flujo de mensajes NOF m.j hacia las K estaciones de difusión solamente cuando, además de las verificaciones de integridad de los mensajes NOF m.j, ejecutadas por la m-ésima unidad de verificación de integridad asociada se han superado.

Según las figuras 3 y 4, el centro de cálculo cuyo modo de actividad determinado es el modo maestro se supone aquí que es el primer centro de cálculo CPF#1 y, en consecuencia, el índice m es igual a 1 en estas figuras 3 y 4. Los restantes centros de cálculo CPF#i, i variando de 2 a N, por lo tanto, se supone que se encuentran en modo de respaldo y se les prohíbe emitir flujos de mensajes NOF i.j (i variando de 2 a N) hacia las K estaciones en tierra de difusión. Como en la figura 2, los enlaces que conectan la primera unidad de autorización 182 en modo maestro a las K estaciones en tierra de difusión se trazan en líneas continuas para significar que autorizan que pase el flujo de mensajes NOF 1.j, mientras que los enlaces que conectan las i-ésimas unidades 184, 186 puestas en modo de respaldo con las K estaciones en tierra de difusión se trazan en líneas discontinuas para significar que no están autorizadas a dejar pasar el flujo de mensajes NOF i.j, i variando de 2 a K y j variando de 1 a N.

Según la figura 4, el modo de actividad determinado en la fase de cálculo actual por la primera unidad de autorización 182, aquí el modo maestro, está representado por un primer semáforo tricolor cuyo punto iluminado "verde" es el punto del extremo inferior para significar la autorización para transmitir los flujos de mensajes 1.j NOF a las N estaciones en tierra de difusión. El modo determinado en la fase de cálculo actual por la segunda unidad de autorización 184, aquí asumido el modo de primer respaldo, está representado por un segundo semáforo tricolor cuyo punto iluminado "rojo" es el punto del extremo superior para significar la prohibición de transmitir flujos de mensajes NOF 2.j a las N estaciones en tierra de difusión. Respecto a las restantes unidades de autorización para i superior o igual a tres, los modos de actividad determinados son modos de respaldo de reserva, no representados por los semáforos en aras de la legibilidad de la figura 4.

Cabe señalar que, en la figura 4, para cada centro de cálculo, la unidad asociada de tratamiento y de elaboración de flujo de mensajes, así como la unidad de verificación de datos de integridad asociada, se duplican solo una vez mediante equipo adicional para aumentar la fiabilidad y disponibilidad del centro de cálculo, estando solo ilustrado el equipo adicional 222, 224, 232, 234 del primer y segundo centros de cálculo 132, 134.

En una variante del sistema SBAS monovía de las figuras 2 a 4, el sistema SBAS monovía según la invención consta, en su configuración mínima, de solamente dos centros de cálculo y cada centro de cálculo consta de una única unidad de procesamiento y de elaboración de mensajes de navegación, una única unidad de verificación de la integridad de los mensajes de navegación generados, un único receptor radioeléctrico y una única unidad de autorización para transmitir los mensajes generados.

Con el fin de aumentar la fiabilidad del sistema, es posible en otras múltiples variantes redundar uno o varios equipos del centro de cálculo en el seno del mismo sitio, siendo la configuración de duplicación de las unidades de procesamiento y de verificación de integridad tal como se propone en la figura 4 una configuración de redundancia típica particular de entre todas las posibles redundancias.

También es posible prever y disponer de varios centros de cálculo CPF coubicados en el mismo sitio para evitar problemas de red entre sitios.

Según la figura 5, la arquitectura del sistema SBAS 102 monovía se representa desde el punto de vista del centro de cálculo en modo maestro, cuyo índice entero m puede variar entre 1 y K durante el desarrollo de las fases de cálculo.

La m-ésima unidad de procesamiento y de elaboración elabora aquí en la fase de cálculo actual N flujos de mensajes NOF m.j, j variando de 1 a N y los administra listos para ser transmitidos a la m-ésima unidad de autorización.

La m-ésima unidad de autorización determina su modo de actividad en función de los mensajes de retorno de las estaciones en tierra de difusión NLES#j, los mensajes de navegación NOF m.j realmente retransmitidos por los satélites geoestacionarios 106, y los mensajes de mantenimiento de los sitios remotos.

Si el modo determinado es el modo maestro, la m-ésima unidad de autorización autoriza la transmisión de los flujos de mensajes NOF m.j a las N estaciones en tierra NLES#j.

Las N estaciones en tierra de difusión transmiten inmediatamente los N flujos de mensajes recibidos NOF m.j a sus respectivos satélites que los difunde según una misma cobertura geográfica a los terminales de usuario que no se muestran en la figura 5, a las estaciones de recepción y observación de RIMS 130 y a los receptores radioeléctricos de los centros de cálculo.

Según la figura 6 y de manera complementaria a la figura 5, la arquitectura del sistema SBAS 102 monovía se representa desde el punto de vista de un centro de cálculo puesto en modo de respaldo cuyo índice entero i entre 1 y K es diferente del índice m del centro de cálculo actualmente determinado en modo maestro.

Cada i-ésima unidad de procesamiento y de elaboración, i variando de 1 a K y diferente de m, elabora en la fase de cálculo actual N flujos de mensajes NOF i.j, j variando de 1 a N y los administra listos para ser transmitidos a la i-ésima

unidad de autorización.

La i-ésima unidad de autorización determina su modo de actividad en función de los mensajes de retorno de las estaciones en tierra de difusión, los mensajes de navegación NOF m.j realmente retransmitidos por los satélites geoestacionarios 106, y los mensajes de mantenimiento de los sitios remotos.

Si su modo determinado es un modo de respaldo, la i-ésima unidad de autorización prohíbe al i-ésimo centro de cálculo CPF#i la transmisión de los flujos de mensajes NOF i.j a las N estaciones en tierra NLES#j.

Las N estaciones en tierra de difusión no reciben ningún mensaje de los i-ésimos centros de cálculo determinados en el modo de respaldo.

Según la figura 7, un procedimiento de gestión de flujo de datos de navegación 302 según la invención es implementado por el sistema de aumento espacial SBAS monovía según la invención, descrito en las figuras 2 a 6 y en el que el segundo número K de centros de cálculo es superior o igual a 3.

El procedimiento de gestión del flujo de datos de navegación 302 comprende una primera etapa 304 en la que los K centros de cálculo CPFi, i variando de 1 a K, elaboran cada uno por separado una serie de N flujos paralelos de mensajes de navegación NOF i.j, j variando de 1 a N, sustancialmente idénticos.

La serie de N flujos paralelos de mensajes NOF i.j, independientemente del centro de cálculo CPFi que los elaboran, consta de una misma secuencia (MT) de tipos de mensajes MT, independiente de los satélites geoestacionarios GEO#j, j variando de 1 a N, estando incluidos los tipos de mensajes MT de la secuencia comprendidos en un conjunto predeterminado {Tm} de tipos Tm de contenidos de mensajes de navegación.

Los tipos de mensaje Tm del conjunto {Tm} están normalizados y definidos según los formatos de contenido con los que se relacionan respectivamente dichos tipos Tm.

El contenido de dos flujos de mensajes NOF i.j1, NOF i.j2, elaborados en paralelo por el mismo centro de cálculo CPF#i cualquiera y destinado a dos satélites geoestacionarios GEO#j1, GEO#j2 con j1 y j2 diferentes, cuando los flujos son diferentes, se diferencian solamente por el contenido de los mensajes de un primer tipo relacionados con datos de efemérides de uno o varios satélites geoestacionarios, y/o por el contenido de mensajes de un segundo tipo relacionados con datos de navegación de un satélite geoestacionario más preciso que los datos de efemérides proporcionados por los mensajes del primer tipo.

Según la figura 7, el procedimiento de gestión del flujo de datos de navegación 302 comprende, además, ejecutadas en cada ciclo de cálculo por cada i-ésima unidad de autorización de entre las K unidades de autorización, la segunda, tercera y cuarta etapas 306, 308, 310.

Durante la segunda etapa 306, cada i-ésima unidad de autorización determina un modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo CPF#i en el sistema SBAS 102 de entre un único modo maestro, un modo de primer respaldo y un modo de respaldo de reserva.

El modo maestro autoriza un solo centro de cálculo CPF#m, puesto en este modo de entre los K centros de cálculo, a emitir sus flujos de datos NOF m.j generados a las N estaciones en tierra de difusiones NLES#j, j variando de 1 a N.

El modo de primer respaldo prohíbe que un único centro de cálculo puesto en este modo transmita sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión NLES#j, j variando de 1 a N, pero autoriza que dicho centro de cálculo cambie al modo maestro cuando se ha detectado una avería persistente en el centro de cálculo CPF#m previamente en modo maestro en una o varias fases de cálculo anteriores.

El modo de respaldo de reserva que se puede usar cuando K es superior o igual a 3 prohíbe que el centro de cálculo puesto en este modo transmita sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión NLES#j, j variando de 1 a N, pero autoriza a que dicho centro de cálculo cambie al modo de primer respaldo cuando se detecta una ausencia de un centro de cálculo puesto en modo de primer respaldo.

El modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo CPF#i se determina en función del conocimiento del centro de cálculo actualmente en modo maestro y en proceso de emitir hacia las estaciones de difusión, del conocimiento regular de los estados de funcionamiento en términos de ausencia o de existencia de averías de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad, la calidad de recepción de los mensajes transmitidos a las estaciones de difusión cuando la unidad de autorización está en modo maestro, y la calidad de los mensajes realmente emitidos por los satélites geoestacionarios y recibidos por el receptor radioeléctrico correspondiente a la unidad de autorización.

Durante la tercera etapa 308, para i variando de 1 a K, en función del modo de actividad determinado, la i-ésima unidad de autorización permanece en el modo de actividad anterior si el modo de actividad determinado es idéntico a él, o cambia en el modo de actividad determinada si es diferente del modo de actividad anterior determinado en la fase de cálculo anterior.

Durante la cuarta etapa 310, para i variando de 1 a K, a partir del modo de actividad determinado en la segunda etapa

306, la i-ésima unidad de autorización autoriza o prohíbe al i-ésimo centro de cálculo emitir sus flujos de datos hacia las N estaciones en tierra de difusión. Autoriza la emitir cuando el modo de actividad determinado es el modo maestro y prohíbe al i-ésimo centro de cálculo CPF#i emitir cuando el modo de actividad determinado es un modo de respaldo.

La segunda etapa 306 de determinación del modo de actividad consta de la quinta, sexta y séptima etapas 322, 324, 326.

Durante la quinta etapa 322, cada i-ésima unidad de autorización controla la buena recepción de los mensajes de retorno enviados por las estaciones en tierra de difusión acusando recibo de los mensajes transmitidos por la única unidad de autorización colocada en modo maestro a todos los centros de cálculo a través de la primera red de comunicaciones.

Durante la sexta etapa 324, cada i-ésima unidad de autorización, controla si es necesario los estados de funcionamiento de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad mediante mensajes de mantenimiento provenientes desde las unidades de autorización remotas.

Durante la séptima etapa 326, cada i-ésima unidad de autorización controla, si es necesario, los mensajes realmente difundidos por los satélites geoestacionarios para confirmar o no la ausencia de repetibilidad de una avería.

Durante la quinta etapa 322, después de haber verificado la buena recepción de los mensajes de retorno de las estaciones en tierra de difusión y en caso de éxito de tal verificación, cada i-ésima unidad de autorización controla el origen de los mensajes NOF m.j transmitidos anteriormente en términos del rango m del centro de cálculo que los transmitió. Si el rango de la i-ésima unidad de autorización y el rango m del origen controlado de los mensajes son idénticos, el modo de actividad determinado del i-ésimo centro de cálculo es el modo maestro. Si el rango del i-ésimo centro de cálculo y el rango m del origen controlado de los mensajes son diferentes, el modo de actividad determinado es un modo de respaldo idéntico al anterior.

En caso de fallo de una buena recepción de los mensajes de retorno provenientes de las estaciones en tierra de difusión, o cuando se detecte un problema de comunicación con el i-ésimo centro de cálculo al que está asociada la i-ésima unidad de autorización, la i-ésima unidad de autorización considera que hay una avería de comunicación entre su sitio i y el(los) sitio(s) de las estaciones en tierra de difusión, y luego controla en la sexta etapa 324 que hay buena comunicación con las unidades de autorización remotas asegurada por la primera red de comunicaciones 140.

Durante la sexta etapa 324 y después de un primer caso 334, cuando el modo de actividad en el ciclo anterior de la i-ésima unidad de autorización es modo de primer respaldo o un modo de respaldo de reserva y cuando un mensaje de mantenimiento, recibido de una unidad de autorización remota desde un sitio redundante remoto, confirma que este último está funcionando en modo maestro, el modo de actividad actual determinado de la i-ésima unidad de autorización es el modo de respaldo anterior.

Durante la sexta etapa 324 y después de un segundo caso 336, cuando el modo de actividad en el ciclo anterior de la i-ésima unidad de autorización es el modo maestro y cuando los mensajes de mantenimiento recibidos de las unidades de autorización remotas de los sitios remotos redundantes confirman que estos últimos están funcionando en modo de respaldo, la i-ésima unidad de autorización asegura durante la séptima etapa 326 que la avería del enlace con las estaciones de difusión no se repite comprobando los mensajes del flujo NOFm.j realmente transmitidos por los satélites geoestacionarios y recibidos por el i-ésimo receptor radioeléctrico asociado i-ésimo. Cuando, en comparación con el mensaje NOFi.j de la i-ésima unidad de autorización transmitida a la estación de difusión asociada, el mensaje NOFj realmente transmitido por el satélite estacionario de rango j indica una avería recurrente de la i-ésima unidad de autorización, el modo de actividad determinado de la i-ésima unidad de autorización se convierte en una unidad de respaldo de reserva que debe ser reparada y este cambio de estado se indica en un mensaje de mantenimiento del i-ésimo centro de cálculo. En caso de no repetición de avería, considerándose una pérdida de comunicación inoportuna, se da una segunda oportunidad para emitir correctamente un mensaje a la i-ésima unidad de autorización, y el modo de actividad determinado actualmente de la i-ésima unidad de autorización sigue siendo el modo maestro.

Durante la sexta etapa 324 y después de un tercer caso, cuando la i-ésima unidad de autorización no recibe un mensaje de mantenimiento de la unidad de autorización de primer respaldo de un sitio redundante y se confirma una avería de enlace entre sitios sobre la primera red de comunicación al nivel del sitio local de la unidad de autorización, y que el modo de actividad en el ciclo anterior de la i-ésima unidad de autorización es el modo maestro (m anterior es igual a i), la i-ésima unidad de autorización asegura que esta avería no sea repetitiva en la séptima etapa 326 verificando el mensaje NOF m.j realmente transmitido por los satélites geoestacionarios y recibido por el receptor radioeléctrico asociado. Cuando, en comparación con los mensajes NOF m.j del m-ésimo centro de cálculo transmitidos a las estaciones de difusión asociadas, los mensajes NOF m.j realmente transmitidos por los satélites geoestacionarios indican una avería recurrente del i-ésimo centro de cálculo anteriormente en modo maestro, la i-ésima unidad de autorización cambia de modo y su modo determinado actual es un modo de reserva de respaldo. En caso de no repetición de la avería, considerándose una pérdida de comunicación inoportuna, se deja una segunda oportunidad para emitir correctamente un mensaje al i-ésimo centro de cálculo y el modo de actividad actual determinado por la i-ésima unidad es el modo maestro.

El número de ciclos que pueden considerarse como averías inoportunas se ajusta según los criterios de integridad y

de disponibilidad específicos del sistema SBAS.

Cuando el segundo número K de centros de cálculo del sistema de aumento espacial o aeronáutico es igual a 2, el primer modo de respaldo se utiliza como solo modo de respaldo. para i variando de 1 a 2, cada i-ésimo centro de cálculo CPF# i consta de:

.- un i-ésimo receptor radioeléctrico, ubicado en el i-ésimo sitio asociado con el i-ésimo centro de cálculo, y
.- una i-ésima unidad de autorización del i-ésimo centro de cálculo para transmitir los N flujos de datos NOF i.j según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión (NLES# j).

Cada unidad de autorización i-ésima de entre las dos unidades de autorización se configura para, en cada ciclo de cálculo, determinar un modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo en el sistema SBAS de entre un modo maestro y un modo de respaldo. El modo maestro autoriza al centro de cálculo único (CPF#m) puesto en este modo de entre los dos centros de cálculo para emitir los flujos de datos NOF m.j generados a las N estaciones en tierra de difusiones NLES# j, j variando de 1 a N. El modo de respaldo prohíbe al centro de cálculo puesto en este modo transmitir sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión, pero autoriza que dicho centro de cálculo cambie al modo maestro cuando se detecta una avería persistente en el centro de cálculo que actualmente está en modo maestro.

El modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo se determina en función del conocimiento del centro de cálculo actualmente en modo maestro y en proceso de emitir hacia las estaciones de difusión, del conocimiento regular de los estados de funcionamiento en términos de ausencia o de existencia de averías de los centros de cálculo de emplazamientos remotos y su modo de actividad, y de la calidad de recepción de los mensajes transmitidos a las estaciones de difusión, y de la calidad de los mensajes realmente emitidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos y recibidos por el receptor radioeléctrico correspondiente a la unidad de autorización.

Cada unidad de autorización i-ésima de entre las dos unidades de autorización se configura para, en cada ciclo de cálculo:

.- en función del modo de actividad determinado, ya sea permanecer en el modo de actividad anterior si el modo de actividad determinado es idéntico a él, o bien, cambiar al modo de actividad determinado si es diferente del modo de actividad anterior; y
.- en función del modo de actividad determinado, autorizar o prohibir al i-ésimo centro de cálculo a emitir sus flujos de datos hacia las N estaciones en tierra de difusión.

De manera general, un número W, superior o igual a N, de estaciones de difusión, se comparten en emisión los N medios de difusión, estando cada medio de difusión asociado con al menos una estación de difusión y cada estación de difusión está asociada con un único medio de difusión. Por ejemplo, W puede ser igual a 2N y un par de estaciones de difusión diferente está asociado con un medio de difusión diferente.

De manera general, los satélites GEO#j, j variando de 1 a N, del sistema SBAS monovía de las figuras 2 a 6 pueden reemplazarse por medios de difusiones espaciales o aeronáuticos, incluido en el conjunto formado por satélites geoestacionarios, los satélites con órbitas elípticas altas y/o polares o HEO (en inglés "High-Elliptical Orbit"), los satélites con órbitas

medias o MEO (en inglés "Medium-Earth Orbit"), los satélites con órbitas bajas o LEO (en inglés "Low-Earth Orbit"), los drones, los globos y las aeronaves.

La recepción de los flujos de mensajes realmente retransmitidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos con ayuda de receptores radioeléctricos ubicados en el seno de los centros de cálculo se requiere tan pronto como se utilice una configuración mínima en dos sitios remotos para reducir el tiempo de reacción de una detección de un problema en los flujos de mensajes difundidos a través de un bucle de transmisión más corto (centro de cálculo - estaciones en tierra de difusión - medios de difusión espaciales o aeronáuticos - centro de cálculo).

REIVINDICACIONES

1. Sistema de aumento espacial o aeronáutico, adaptado para mejorar la precisión y fiabilidad de los datos suministrados por un sistema de navegación global por satélites (104) que comprende:

.- un segmento espacial o aeronáutico (106) que tiene un primer número entero N, superior o igual a dos, medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j), provistos respectivamente de sus medios de emisión/recepción adaptados para emitir datos recibidos respectivamente desde estaciones en tierra de difusión asociadas (NLES#j), con destino a una misma zona geográfica predeterminada;
.- un segmento en tierra de infraestructura (108) que consta de
. N estaciones en tierra de difusión (122, 124, 126, NLES#j), asociadas respectivamente con N medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j) para transmitirles datos de navegación y numerados respectivamente por un primer índice entero j que varía de 1 a N, y
.- al menos una estación en tierra de observación y de recepción (130) de señales transmitidas por al menos un satélite del sistema global de navegación por satélites (104) y por los N medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j),
.- un segundo número K, superior o igual a 2, de centros de cálculo (132, 134, 136, CPF#i), mutuamente redundantes, numerados respectivamente por un segundo índice i que varía de 1 a K, y configurados para calcular, a partir de las señales transmitidas por las estaciones en tierra de observación y de recepción (130), flujos o secuencias de mensajes de navegación de tramas aumentadas de navegación NOF i.j, i variando de 1 a K y j variando de 1 a N, listos para ser transmitidos respectivamente según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión (NLES# j);

estando al menos dos de los K centros de cálculo (132, 134, 136, CPF#i) que ubicados respectivamente en sitios geográficamente remotos entre sí y conectados por una primera red de comunicaciones (140),
estando la al menos una estación en tierra de recepción y de observación (130), las N estaciones en tierra de difusión (NLES#j) conectadas a los K centros de cálculo (CPF#i) respectivamente mediante una segunda red de comunicaciones (144) y una tercera red de comunicaciones (148),
estando los K centros de cálculo (CPF#i) configurados cada uno para elaborar una serie de N i-ésimos flujos paralelos de mensajes NOF i.j, j variando de 1 a N, tales como la serie de todos los flujos de mensajes NOF i.j, independientemente del centro de cálculo (132, 134, 136, CPF#i) que los elabora, que consta de una misma secuencia temporal (MT) de tipos de mensajes MT independientemente de los medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j), estando los tipos de mensajes MT de la secuencia (MT) comprendidos en un conjunto predeterminado {Tm} de tipos Tm de contenidos de mensajes de navegación;
estando el sistema de aumento espacial o aeronáutico **caracterizado porque**:
cada centro de cálculo CPF#i está configurado de modo que los contenidos de los N flujos de datos NOF i.j que dicho centro de cálculo CPF#i genera difieren solamente en el contenido de los mensajes cuyo(s) tipo(s) de contenidos se relacionan con las trayectorias pronosticadas o medidas recientemente de los N medios de difusión espaciales o aeronáuticos.

2. Sistema de aumento espacial o aeronáutico, adaptado para mejorar la precisión y fiabilidad de los datos suministrados por un sistema de navegación global por satélites (104) que comprende:

.- un segmento espacial o aeronáutico (106) que tiene un primer número entero N, superior o igual a dos, medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j), provistos respectivamente de sus medios de emisión/recepción adaptados para emitir datos recibidos respectivamente desde estaciones en tierra de difusión asociadas NLES#j, con destino a una misma zona geográfica predeterminada;
.- un segmento en tierra de infraestructura (108) que consta de
.- N estaciones en tierra de difusión (122, 124, 126, NLES#j), asociadas respectivamente con N medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j) para transmitirles datos de navegación y numerados respectivamente por un primer índice entero j que varía de 1 a N, y
.- al menos una estación en tierra de observación y de recepción (130) de señales transmitidas por al menos un satélite del sistema global de navegación por satélites (104) y por los N medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j),
.- un segundo número K, superior o igual a 2, de centros de cálculo (132, 134, 136, CPF#i), mutuamente redundantes, numerados respectivamente por un segundo índice i que varía de 1 a K, y configurados para calcular, a partir de las señales transmitidas por las estaciones en tierra de observación y de recepción (130), flujos o secuencias de mensajes de navegación de tramas aumentadas de navegación NOF i.j, i variando de 1 a K y j variando de 1 a N, listos para ser transmitidos respectivamente según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión (NLES# j);

al menos dos de los k centros de cálculo (132, 134, 136, CPF#i) ubicados respectivamente en sitios geográficamente remotos entre sí y conectados por una primera red de comunicaciones (140),
la al menos una estación en tierra de recepción y de observación (130), estando las N estaciones en tierra de difusión (NLES#j) conectadas a los K centros de cálculo (CPF#i) respectivamente mediante una segunda red de comunicaciones (144) y una tercera red de comunicaciones (148);
estando los K centros de cálculo (CPF#i) configurados cada uno para elaborar una serie de N i-ésimos flujos paralelos

de mensajes NOF i.j, j variando de 1 a N, tales como la serie de todos los flujos de mensajes NOF i.j, independientemente del centro de cálculo (132, 134, 136, CPF#i) que los elabora, que consta de una misma secuencia temporal (MT) de tipos de mensajes MT independientemente de los medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j), estando los tipos de mensajes MT de la secuencia (MT) comprendidos en un conjunto predeterminado {Tm} de tipos Tm de contenidos de mensajes de navegación;
estando el sistema de aumento espacial o aeronáutico **caracterizado porque**:
cada centro de cálculo CPF#i está configurado de modo que todos los flujos de datos que genera compartan el mismo algoritmo, implementado para el procesamiento de los datos GNSS y SBAS recibidos por la al menos una estación en tierra de recepción y de observación (130) y para la elaboración de todos los flujos de datos relacionados con un mismo orden de tipos de mensajes y unos mismos contenidos de una mayoría de mensajes de los que se excluyen los mensajes de un primer tipo relacionados con datos de efemérides de uno o varios medios de difusión espaciales o aeronáuticos, y/o de mensajes de un segundo tipo relacionados con datos de navegación de un medio de difusión espacial o aeronáutico más precisos que los datos de efemérides proporcionados por los mensajes del primer tipo.

3. Sistema de aumento espacial o aeronáutico según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los K centros de cálculo están configurados para que cada ciclo de cálculo de mensaje actual, un solo centro de cálculo (CPF#m), tomado de entre los K centros de cálculo (CPF#i), se selecciona y autoriza para transmitir los mensajes NOF m.j actuales a las estaciones en tierra de difusión NLES#j, m designando el índice del centro de cálculo (CPF#m) seleccionado en el ciclo de cálculo actual y siendo considerado el centro de cálculo seleccionado (CPF#m) como el centro de cálculo maestro del sistema de aumento durante dicho ciclo de cálculo actual.

4. Sistema de aumento espacial SBAS según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que cada centro de cálculo CPF#i está configurado de modo que los contenidos de dos flujos de datos NOF i.j1, NOF i.j2, que dicho centro de cálculo CPF#i elabora en paralelo y que están destinados a dos medios de difusión espaciales o aeronáuticos diferentes (j1≠j2), difieren solamente en el contenido de los mensajes de un primer tipo relacionados con datos de efemérides de uno o varios medios de difusión espaciales o aeronáuticos, y/o en el contenido de mensajes de un segundo tipo relacionados con datos de navegación de un medio de difusión espacial o aeronáutico más precisos que los datos de efemérides proporcionados por los mensajes del primer tipo.

5. Sistema de aumento espacial o aeronáutico según la reivindicación 4, en el que los mensajes están definidos por un documento normativo internacional: RTCA MOPS DO-229-D, titulado "Minimum Operational Performance Standards for Global Positionning System/Wide Area Augmentation equipment", y el primer y segundo tipos de mensajes se designan respectivamente "MT17" y "MT9".

6. Sistema de aumento espacial o aeronáutico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que los medios de difusiones espaciales o aeronáuticos están comprendidos en el conjunto formado por los satélites geoestacionarios GEO, los satélites HEO, los satélites MEO, los satélites LEO, los drones, los globos y las aeronaves.

7. Sistema de aumento espacial o aeronáutico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que
el segundo número K de centros de cálculo es igual a 2; y
para i variando de 1 a 2, cada i-ésimo centro de cálculo CPF#i consta de un i-ésimo receptor radioeléctrico, ubicado en el i-ésimo sitio asociado con el i-ésimo centro de cálculo, y
una i-ésima unidad de autorización del i-ésimo centro de cálculo para transmitir los N flujos de datos NOF, i.j según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión (NLES# j); y
estando cada unidad de autorización i-ésima de entre las dos unidades de autorización configurada para, en cada ciclo de cálculo,

.- determinar un modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo en el sistema SBAS de entre un modo maestro y un modo de respaldo,
. autorizando el modo maestro al centro de cálculo único (CPF#m) puesto en este modo de entre los dos centros de cálculo para emitir los flujos de datos NOF m.j generados a las N estaciones en tierra de difusiones NLES# j, j variando de 1 a N,
. prohibiendo el modo de respaldo al centro de cálculo puesto en este modo transmitir sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión, pero autorizando que dicho centro de cálculo cambie al modo maestro cuando se detecta una avería persistente en el centro de cálculo que actualmente está en modo maestro;
siendo el modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo determinado en función

.* del conocimiento del centro de cálculo actualmente en modo maestro y en proceso de emitir hacia las estaciones de difusión;
.* del conocimiento regular de los estados de funcionamiento en términos de ausencia o de existencia de averías de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad; y
.* la calidad de recepción de los mensajes transmitidos a las estaciones de difusión; y
.* de la calidad de los mensajes realmente emitidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos y recibidos por el receptor radioeléctrico correspondiente a la unidad de autorización; y

.- en función del modo de actividad determinado, ya sea permanecer en el modo de actividad anterior si el modo de actividad determinado es idéntico a él, o bien, cambiar al modo de actividad determinado si es diferente del

modo de actividad anterior;
.- en función del modo de actividad determinado, autorizar o prohibir al i-ésimo centro de cálculo a emitir sus flujos de datos hacia las N estaciones en tierra de difusión.

8. Sistema de aumento espacial o aeronáutico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el número K de centros de cálculo es superior o igual a 3; y
para i variando de 1 a K, cada i-ésimo centro de cálculo CPF#i consta de un i-ésimo receptor radioeléctrico (172, 174, 176), ubicado en el i-ésimo sitio asociado con el i-ésimo centro de cálculo (132, 134, 136), y
una i-ésima unidad de autorización (182, 184, 186) del i-ésimo centro de cálculo (132, 134, 136) para transmitir los N flujos de datos NOF i.j según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión (NLES# j); y
estando cada i-ésima unidad de autorización (182, 184, 186) de entre las K unidades de autorización configurada para en cada ciclo de cálculo,

.- determinar un modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo en el sistema SBAS de entre un único modo maestro, un modo de primer respaldo y un modo de respaldo de reserva,
. autorizando el modo maestro al único centro de cálculo (CPF#m) puesto en este modo de entre los K centros de cálculo a emitir los flujos de datos NOF m.j generados a las N estaciones en tierra de difusiones NLES# j, j variando de 1 a N,
. prohibiendo el modo de primer respaldo al centro de cálculo puesto en este modo transmitir sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión, pero autorizando que dicho centro de cálculo cambie al modo maestro cuando se detecta una avería persistente en el centro de cálculo que actualmente está en modo maestro;
. el modo de respaldo de reserva evita que el centro de cálculo puesto en este modo transmita sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión, pero autoriza que dicho centro de cálculo cambie al modo de primer respaldo cuando se detecta una ausencia de centro de cálculo puesto en modo de primer respaldo;
determinándose el modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo (132, 134, 136) en función
* del conocimiento del centro de cálculo actualmente en modo maestro y en proceso de emitir hacia las estaciones de difusión; * del conocimiento regular de los estados de funcionamiento en términos de ausencia o de existencia de averías de los centros de cálculo de los sitios remotos y de su modo de actividad; y
* de la calidad de recepción de los mensajes transmitidos a las estaciones de difusión; y
* de la calidad de los mensajes realmente emitidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos y recibidos por el receptor radioeléctrico correspondiente a la unidad de autorización; y
.- en función del modo de actividad determinado, ya sea permanecer en el modo de actividad anterior si el modo de actividad determinado es idéntico a él, o bien, cambiar al modo de actividad determinado si es diferente del modo de actividad anterior;
.- en función del modo de actividad determinado, autorizar o prohibir al i-ésimo centro de cálculo a emitir sus flujos de datos hacia las N estaciones en tierra de difusión.

9. Sistema de aumento espacial o aeronáutico según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en el que cada i-ésima unidad de autorización (182, 184, 186) está configurada para controlar la buena recepción de los mensajes de retorno enviados por las estaciones en tierra de difusión acusando recibo de los mensajes transmitidos por la unidad de autorización a través de la tercera red de comunicaciones (148); y controlar los estados de funcionamiento de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad a través de la primera red de comunicaciones (140); y
controlar los mensajes realmente difundidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos para confirmar o no la ausencia de repetibilidad de una avería de enlace.

10. Sistema de aumento espacial o aeronáutico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que
para i variando de 1 a K, cada i-ésimo centro de cálculo (132, 134, 136) también consta de, además
al menos una i-ésima unidad de procesamiento y de creación (192, 194, 196) de flujo de mensajes de navegación NOF i.j y al menos una i-ésima unidad de verificación de la integridad del flujo de mensajes de navegación NOF i.j, variando de 1 a N;
estando autorizado el i-ésimo centro de cálculo (132, 134, 136) a emitir los flujos de mensajes cuando se han superado las verificaciones de integridad.

11. Procedimiento de gestión de flujo de datos de navegación de un sistema de aumento espacial o aeronáutico (102) adaptado para mejorar la precisión y fiabilidad de los datos suministrados por un sistema de navegación por satélites (104),
comprendiendo el sistema de aumento espacial o aeronáutico (102):

.- un segmento espacial o aeronáutico (106) que tiene un primer número entero N, superior o igual a dos, medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j), provistos respectivamente de sus medios de emisión/recepción adaptados para emitir datos recibidos desde estaciones en tierra de difusión asociadas (NLES#j), con destino a una misma zona geográfica predeterminada;
.- un segmento en tierra de infraestructura (108) que consta de
.- N estaciones en tierra de transmisión (NLES#j), asociadas respectivamente con N medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j) para transmitirles datos de navegación y numerados respectivamente por un primer índice entero j que varía de 1 a N, y

.- al menos una estación en tierra de observación y de recepción (130) de señales transmitidas por al menos un satélite del sistema global de navegación por satélites (104) y por los N medios de difusión espaciales o aeronáuticos (GEO#j),
.- un segundo número K, superior o igual a 2, centros de cálculo (CPF#i) en redundancia, numerados respectivamente por un segundo índice i que varía de 1 a K, y configurados para calcular, a partir de las señales transmitidas por las estaciones en tierra de observación y de recepción (130), flujos o secuencias de mensajes de navegación de tramas aumentadas de navegación NOF i.j, i variando de 1 a K y j variando de 1 a N, listos para ser transmitidos respectivamente según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión (NLES#j);

estando al menos dos de los K centros de cálculo (CPF#i) ubicados respectivamente en sitios geográficamente remotos entre sí y conectados por una primera red de comunicaciones (140),
estando la al menos una estación en tierra de recepción y de observación (130), las N estaciones en tierra de difusión (NLES#j) conectadas a los K centros de cálculo (CPF#i) respectivamente mediante una segunda red de comunicaciones (144) y una tercera red de comunicaciones (148),
comprendiendo el procedimiento de gestión del flujo de mensajes de navegación una primera etapa (304) en la que los K centros de cálculo (CPF#i), i variando de 1 a K, elaboran cada uno por separado una serie de N flujos paralelos de mensajes de navegación NOF i.j, j variando de 1 a N, y la serie de todos los flujos de datos NOF i.j, independientemente del centro de cálculo (CPF#i) que los elaboran, consta de una misma secuencia (MT) de tipos de mensajes MT, independiente de los medios de difusión espaciales o aeronáuticos, estando incluidos los tipos de mensajes MT de la secuencia comprendidos en un conjunto predeterminado {Tm} de tipos Tm de contenidos de mensajes de navegación;
estando el procedimiento de gestión de flujo de mensajes de navegación **caracterizado porque**:
los contenidos de dos flujos de datos NOF i.j1, NOF i.j2, elaborados en paralelo por un mismo centro de cálculo CPF i cualquiera y destinados a dos medios de difusión espaciales o aeronáuticos diferentes (j1≠j2), difieren solamente en el contenido de los mensajes de un primer tipo relacionados con datos de efemérides de uno o varios medios de difusión espaciales o aeronáuticos, y/o en el contenido de mensajes de un segundo tipo relacionados con datos de navegación de un medio de difusión espacial o aeronáutico más precisos que los datos de efemérides proporcionados por los mensajes del primer tipo.

12. Procedimiento de gestión de flujo de mensajes de navegación de un sistema de aumento espacial o aeronáutico (102) según la reivindicación 11, en el que para i variando de 1 a K, cada i-ésimo centro de cálculo CPF i consta de un i-ésimo receptor radioeléctrico, ubicado en el i-ésimo sitio asociado con el i-ésimo centro de cálculo, y
una i-ésima unidad de autorización del i-ésimo centro de cálculo para transmitir los N flujos de datos NOF i.j según el índice j a las N estaciones en tierra de difusión NLES j;
comprendiendo el procedimiento, además

.- una segunda etapa (306) en la que cada i-ésima unidad de autorización determina en la fase de cálculo actual un modo de actividad actual en el sistema de aumento (102) de entre un único modo maestro y un modo de r respaldos,
. autorizando el modo maestro al único centro de cálculo CPFm puesto en este modo de entre los K centros de cálculo a emitir los flujos de datos NOF m.j generados a las N estaciones en tierra de difusiones NLES j,
. prohibiendo el modo de respaldo al centro de cálculo puesto en este modo transmitir sus flujos de datos a las estaciones en tierra de difusión, pero autorizando que dicho centro de cálculo cambie al modo maestro de manera coordinada con otros centros de cálculo si se da el caso cuando se detecta una avería persistente en el centro de cálculo que actualmente está en modo maestro; siendo el modo de actividad del i-ésimo centro de cálculo determinado en función

.* del conocimiento del centro de cálculo actualmente en modo maestro y en proceso de emitir hacia las estaciones de difusión;
.* del conocimiento regular de los estados de funcionamiento en términos de ausencia o de existencia de averías de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad; y
.* de la calidad de recepción de los mensajes transmitidos a las estaciones en tierra de difusión; y
.* de la calidad de los mensajes realmente emitidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos y recibidos por el receptor radioeléctrico correspondiente a la unidad de autorización; y

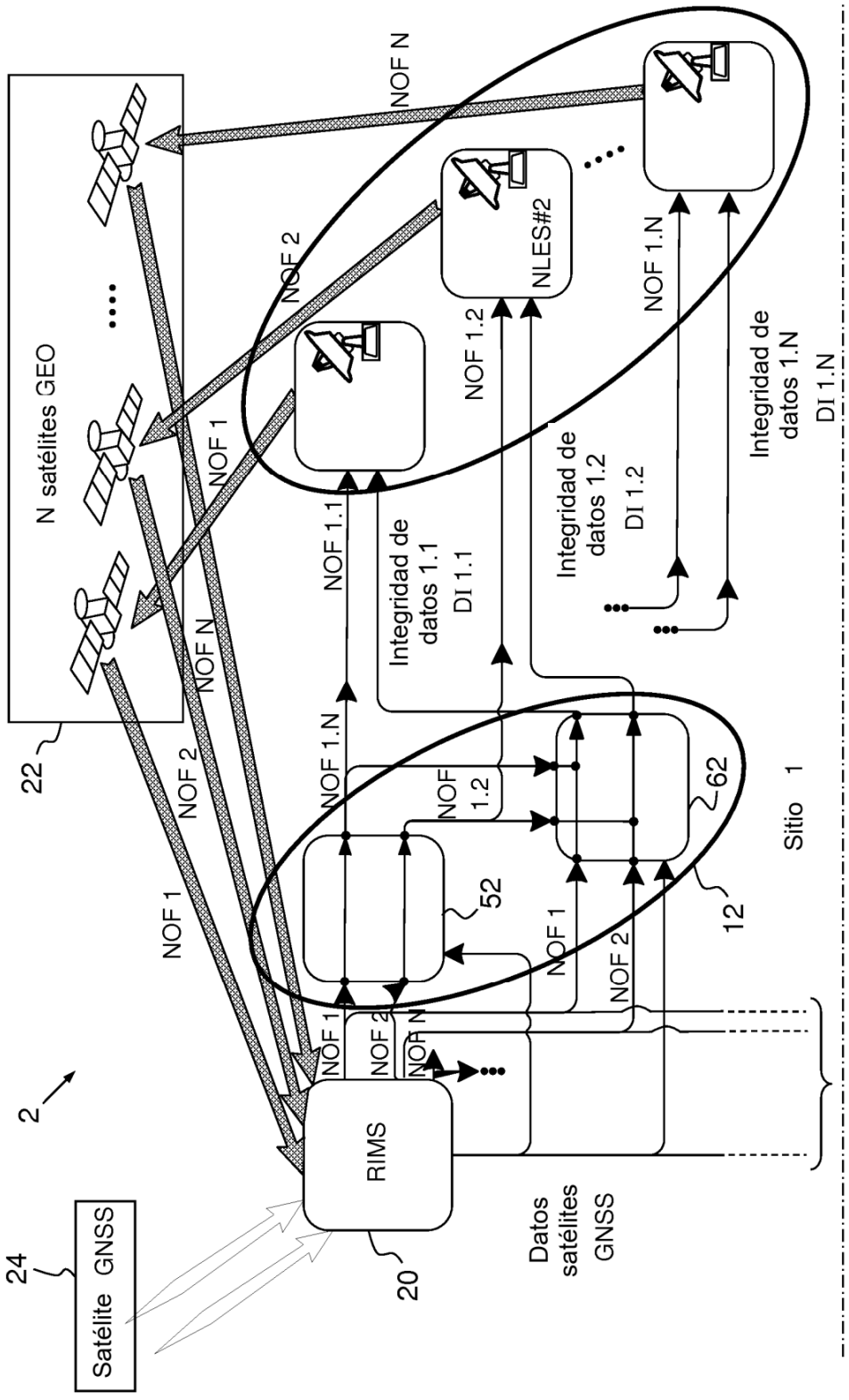
.- una tercera etapa (308) en la que, para i variando de 1 a K, en función del modo de actividad determinado, la i-ésima unidad de autorización permanece en el modo de actividad anterior si el modo de actividad determinado es idéntico a él, o bien, cambia al modo de actividad determinado si es diferente del modo de actividad anterior; y
.- una cuarta etapa (310), en la que para i variando de 1 a K, en función del modo de actividad determinado, la i-ésima unidad de autorización autoriza o prohíbe al i-ésimo centro de cálculo emitir sus flujos de datos hacia las N estaciones en tierra de difusión.

13. Procedimiento de gestión de flujo de mensajes de navegación de un sistema de aumento espacial o aeronáutico (102) según la reivindicación 12, en el que la segunda etapa (306) de determinación del modo de actividad consta de la quinta, sexta, séptima etapas (322, 324, 326),
controlando cada i-ésima unidad de autorización en la quinta etapa (322) la buena recepción de los mensajes de retorno enviados por las estaciones en tierra de difusión (NLES#j) acusando recibo de los mensajes transmitidos por

la i-ésima unidad de autorización a través de la tercera red de comunicaciones (148); y

controlando cada i-ésima unidad de autorización, si es necesario en la sexta etapa (324), los estados de funcionamiento de los centros de cálculo de los sitios remotos y su modo de actividad mediante mensajes de mantenimiento provenientes de las unidades de autorización remotas; y

controlando cada i-ésima unidad de autorización, si es necesario, en la séptima etapa (326) los mensajes realmente difundidos por los medios de difusión espaciales o aeronáuticos para confirmar o no la ausencia de repetibilidad de una avería.


N satélites GEO
22
NOF 1
NOF 2
NOF N
NOF 1.1
NOF 1.2
NOF 1.N
NLES#2
Integridad de datos 1.1
DI 1.1
Integridad de datos 1.2
DI 1.2
Integridad de datos 1.N
DI 1.N
Sitio 1
12
62
52
RIMS
20
Satélite GNSS
24
2
Datos satélites GNSS

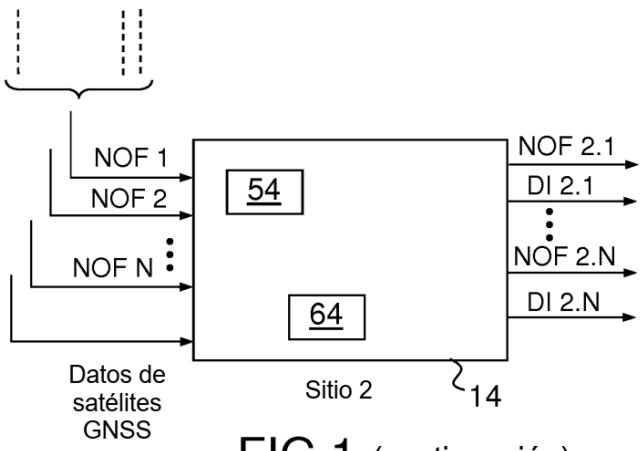


FIG.1 (continuación)

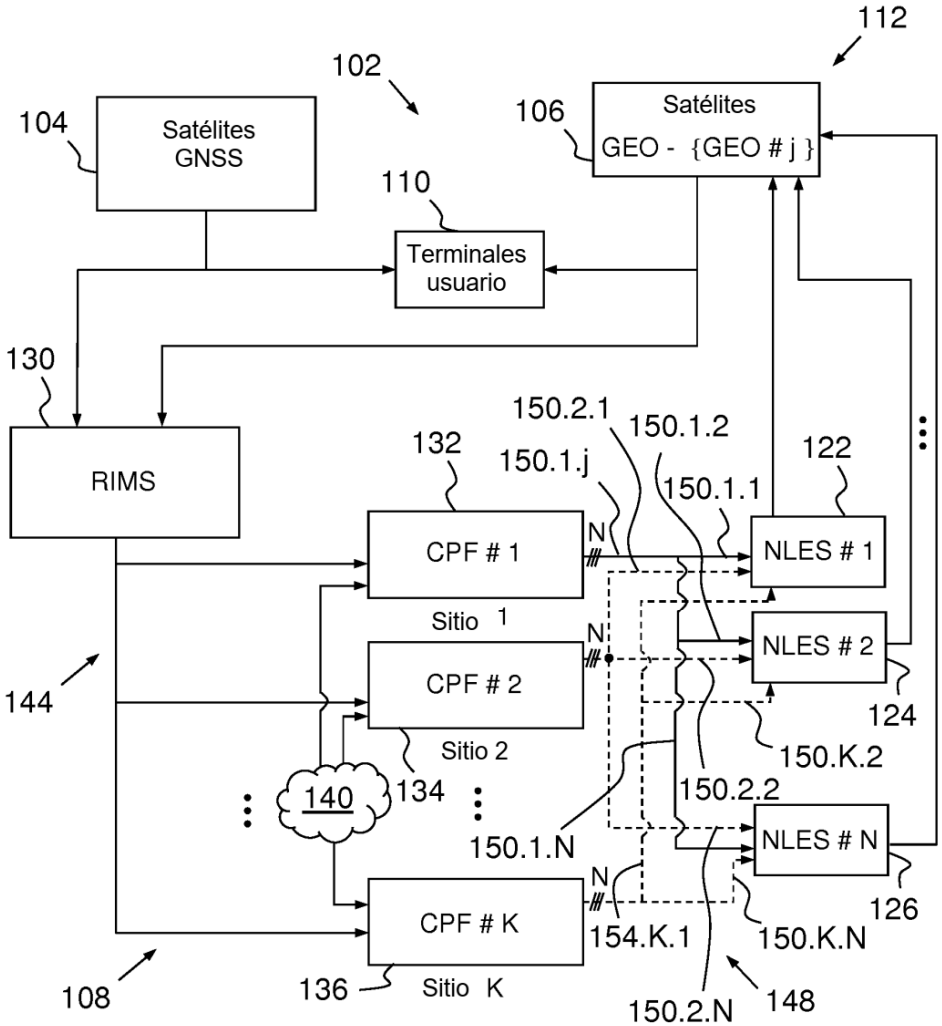


FIG.2

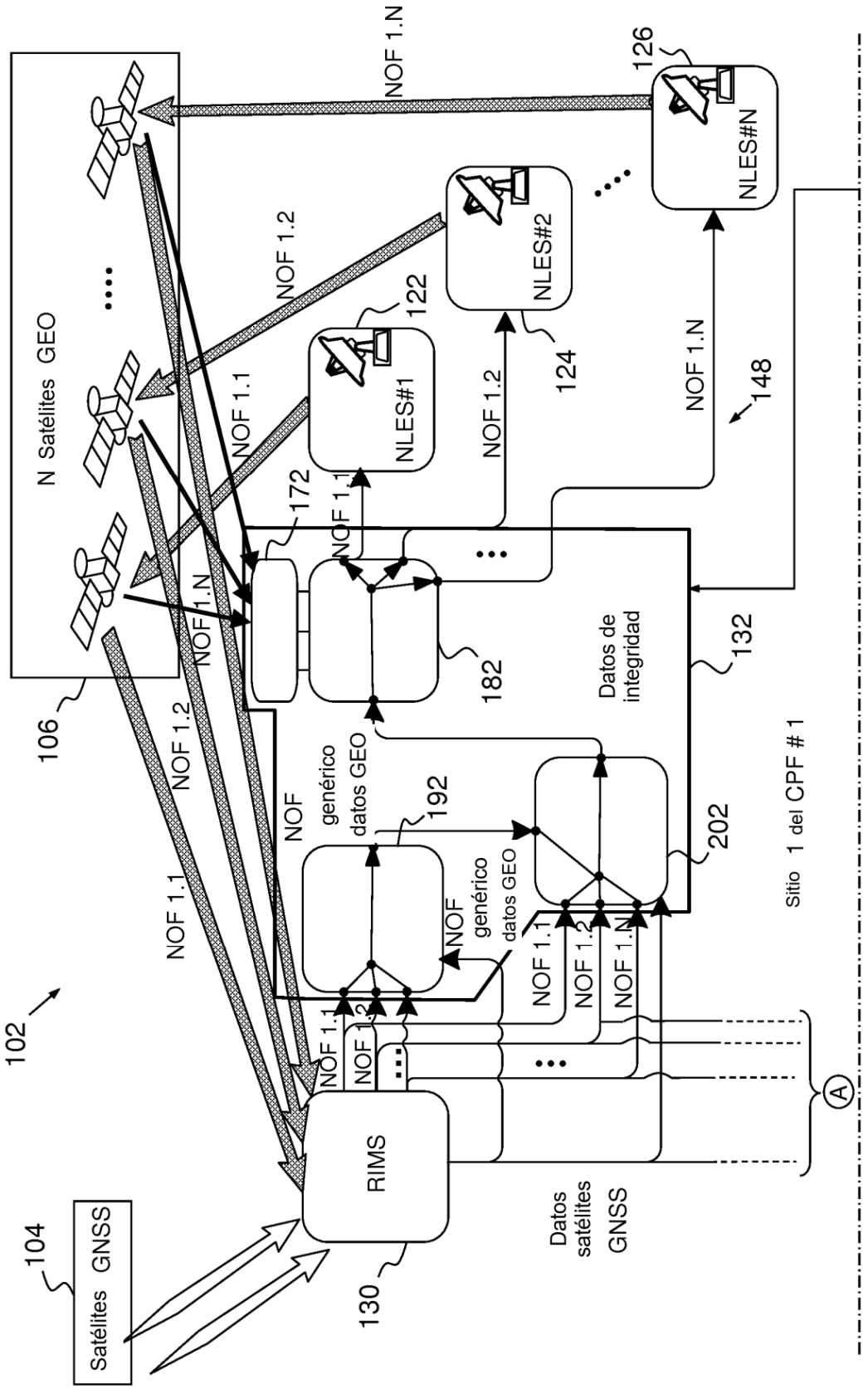

N Satélites GEO
106
NOF 1.1
NOF 1.2
NOF 1.N
NLES#1
122
NLES#2
124
NLES#N
126
148
172
182
132
Datos de integridad
NOF genérico datos GEO
192
202
Sitio 1 del CPF # 1
102
104
Satélites GNSS
RIMS
130
Datos satélites GNSS
A

FIG.3

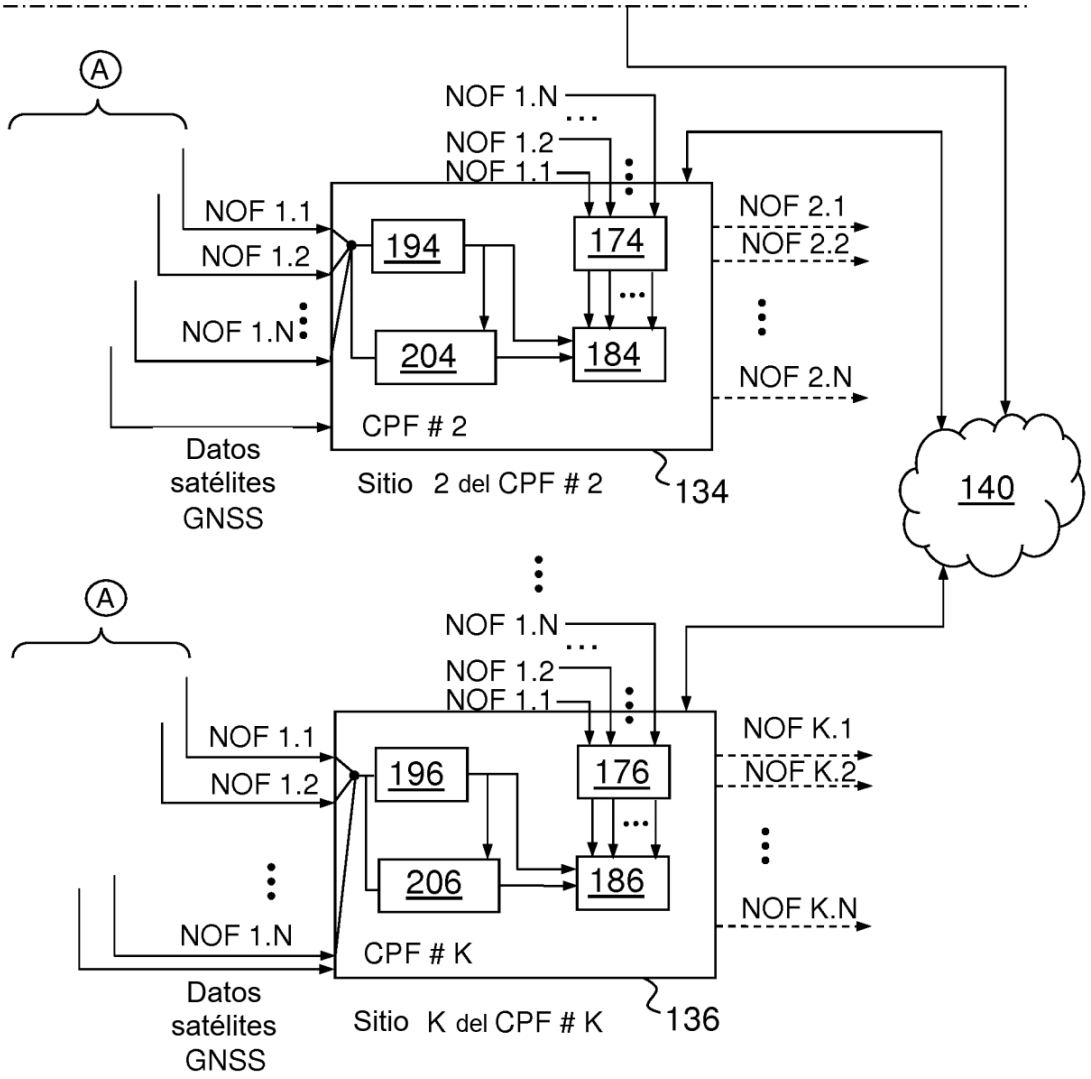


FIG.3 (continuación)

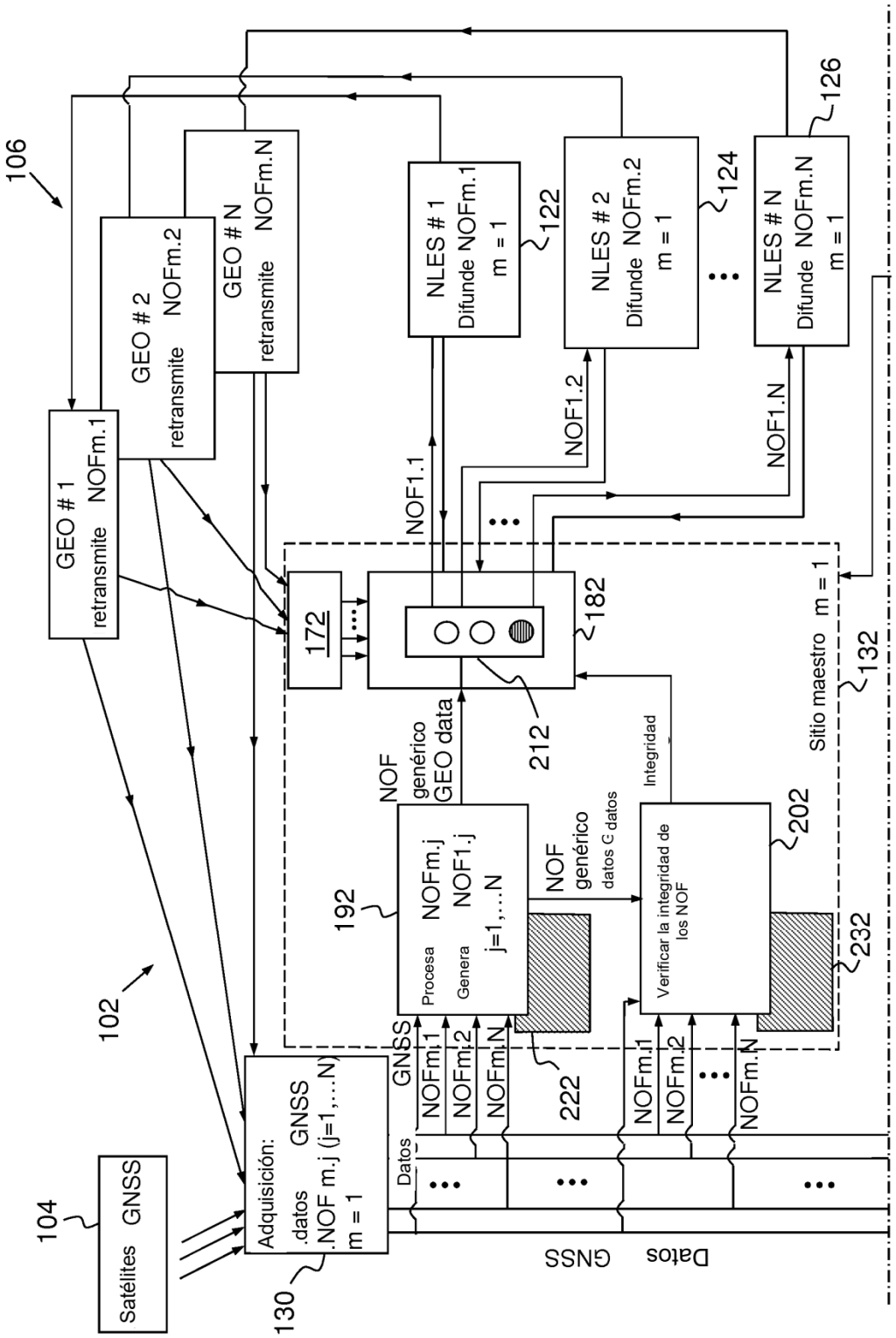

106
GEO # 1 retransmite NOFm.1
GEO # 2 retransmite NOFm.2
GEO # N retransmite NOFm.N
NLES # 1 Difunde NOFm.1 m = 1
NLES # 2 Difunde NOFm.2 m = 1
NLES # N Difunde NOFm.N m = 1
122
124
126
NOF1.1
NOF1.2
NOF1.N
172
182
212
Sitio maestro m = 1
132
NOF genérico GEO data
Integridad
192
Procesa Genera NOFm.j NOF1.j j=1,...N
NOF genérico datos G datos
202
Verificar la integridad de los NOF
232
222
102
GNSS
NOFm.1
NOFm.2
NOFm.N
Datos
Adquisición: .datos GNSS .NOF m.j (j=1,...N) m = 1
130
104
Satélites GNSS
Datos GNSS

FIG.4

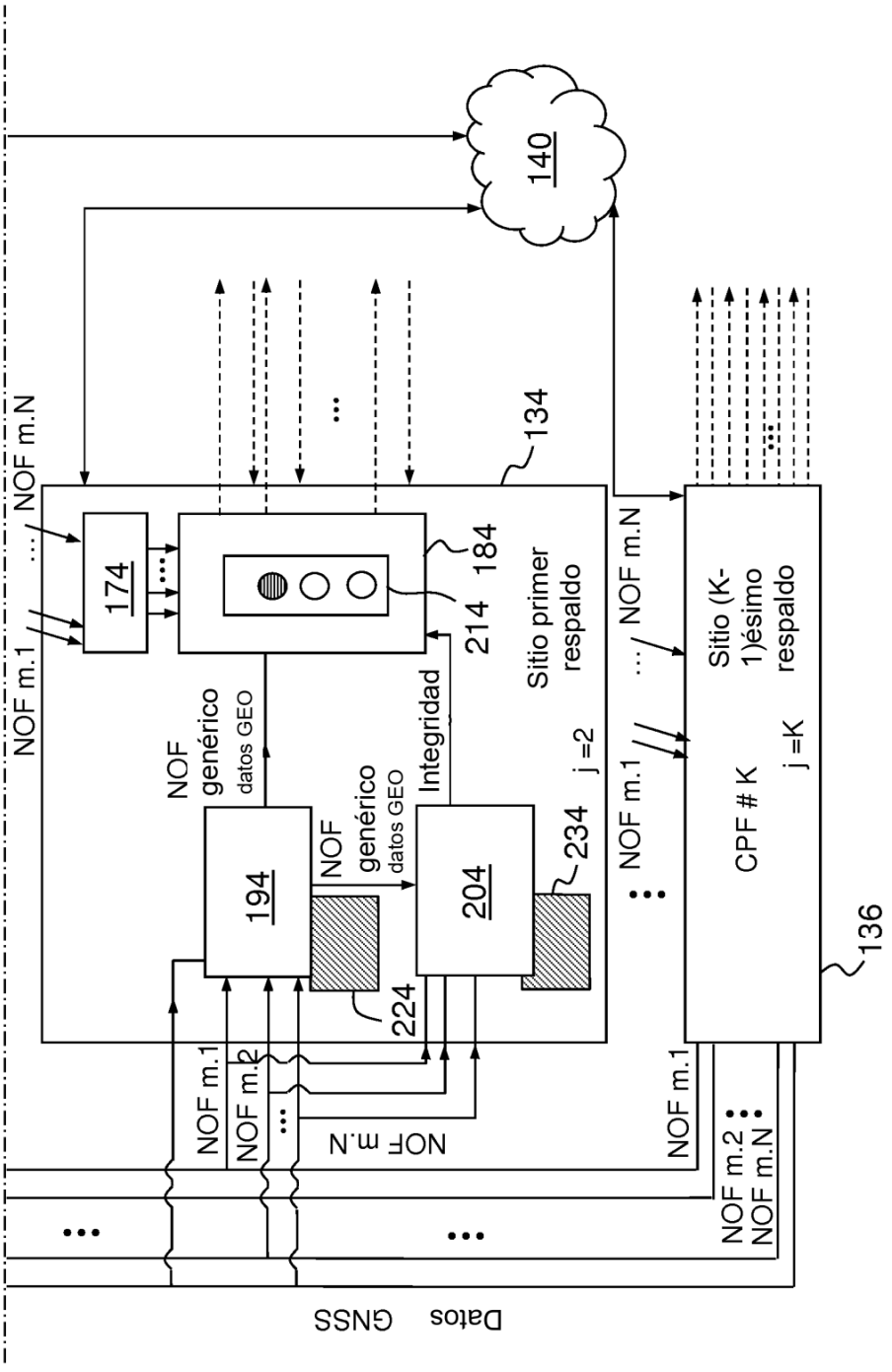


FIG.4 (continuación)

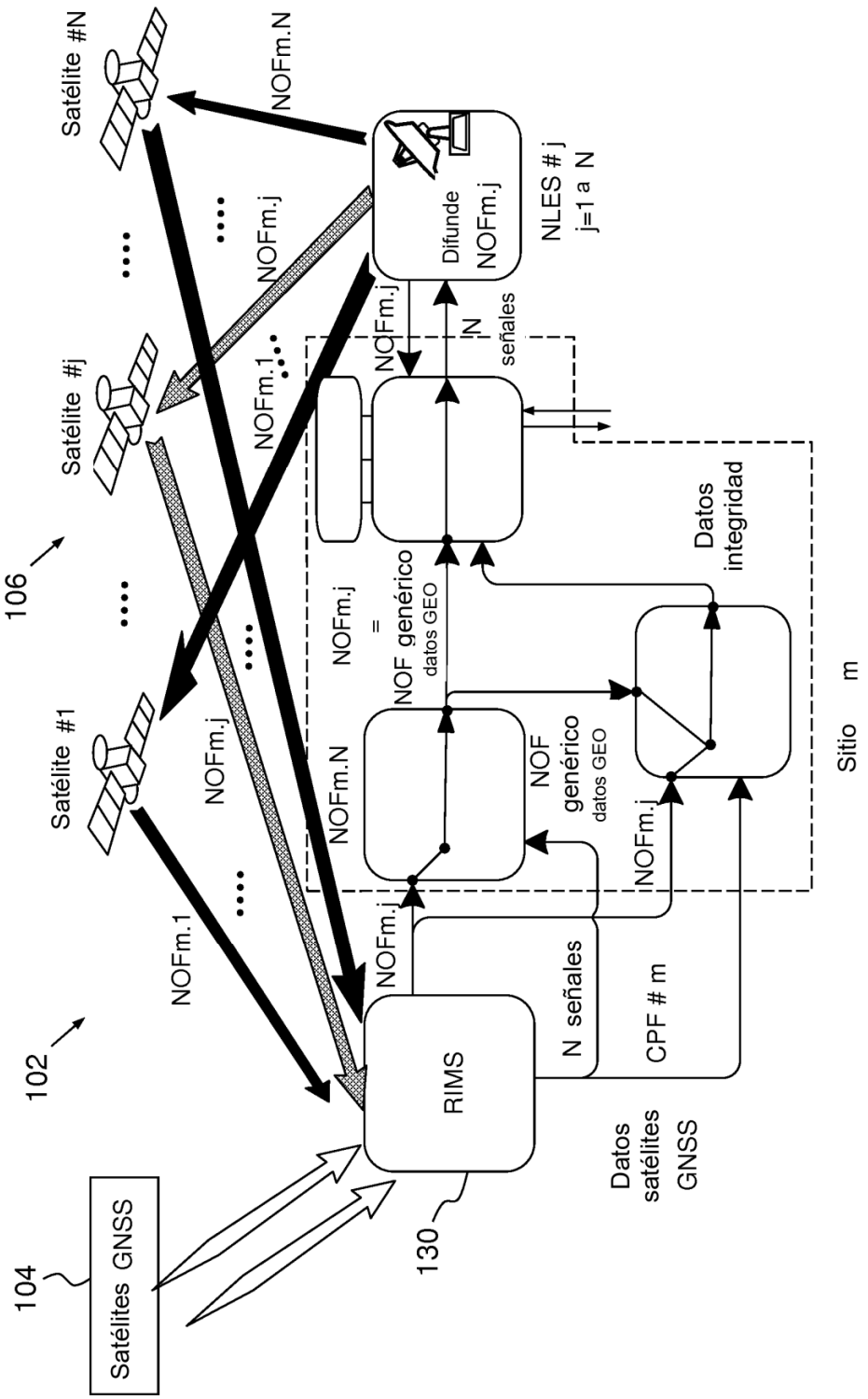

Satélite #N
NOFm.N
NOFm.j
Satélite #j
NOFm.1
Satélite #1
NOFm.j
NOFm.1
106
102
104
Satélites GNSS
RIMS
130
NOFm.j
N señales
CPF # m
Datos satélites GNSS
NOFm.j
NOF genérico datos GEO
NOFm.N
NOF genérico datos GEO
NOFm.j
Difunde NOFm.j
NLES # j j=1 a N
NOFm.j
N señales
Datos integridad
Sitio m

FIG.5

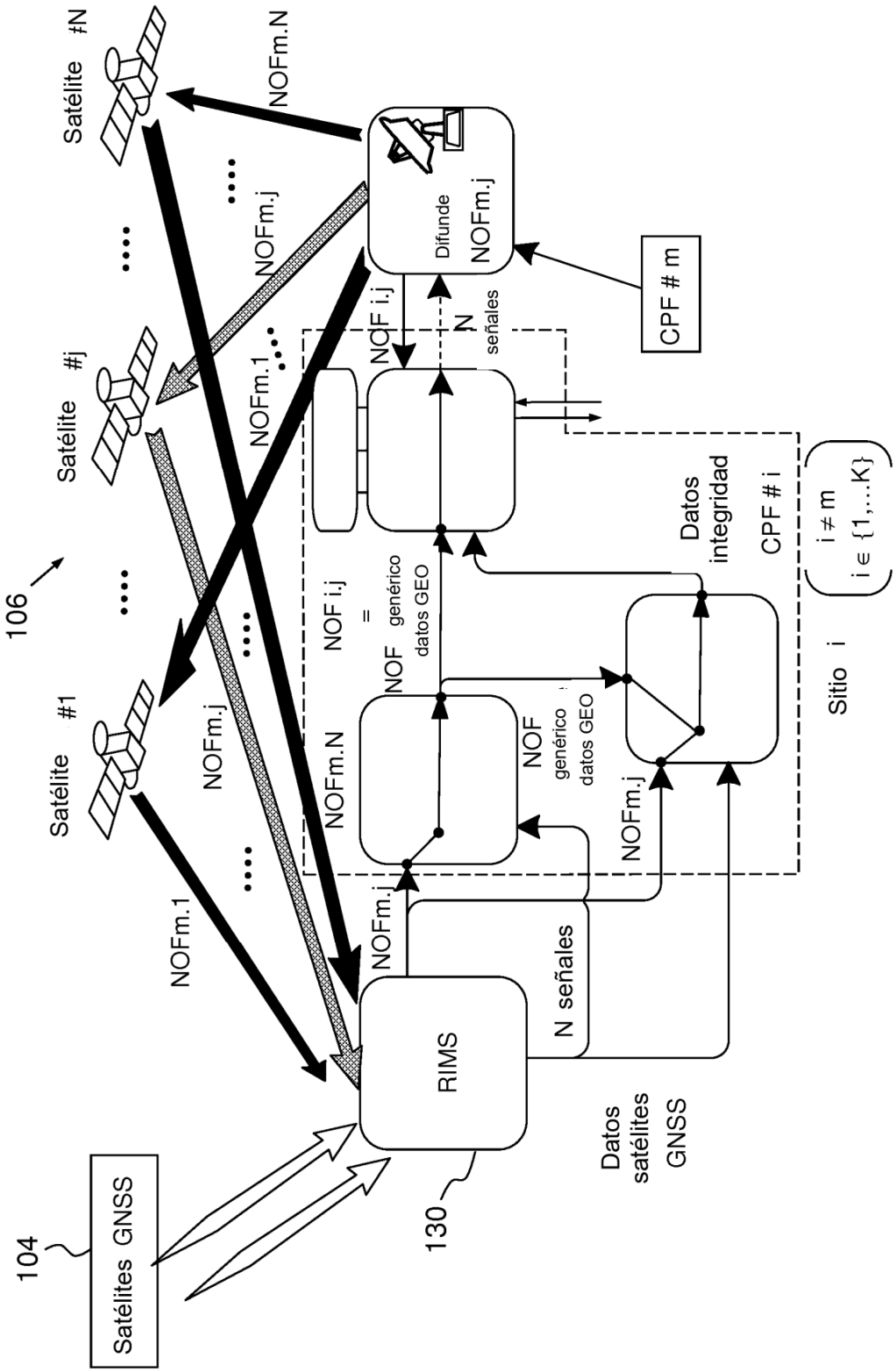

Satélite #N
Satélite #j
Satélite #1
NOFm.N
NOFm.j
NOFm.1
Difunde
NOFm.j
CPF # m
N señales
NOF i,j
106
NOF i,j = NOF genérico datos GEO
NOFm.N
NOF genérico datos GEO
NOFm.j
Datos integridad
CPF # i
i ≠ m
i ∈ {1,...K}
Sitio i
NOFm.1
NOFm.j
N señales
RIMS
Datos satélites GNSS
130
104
Satélites GNSS

FIG.6

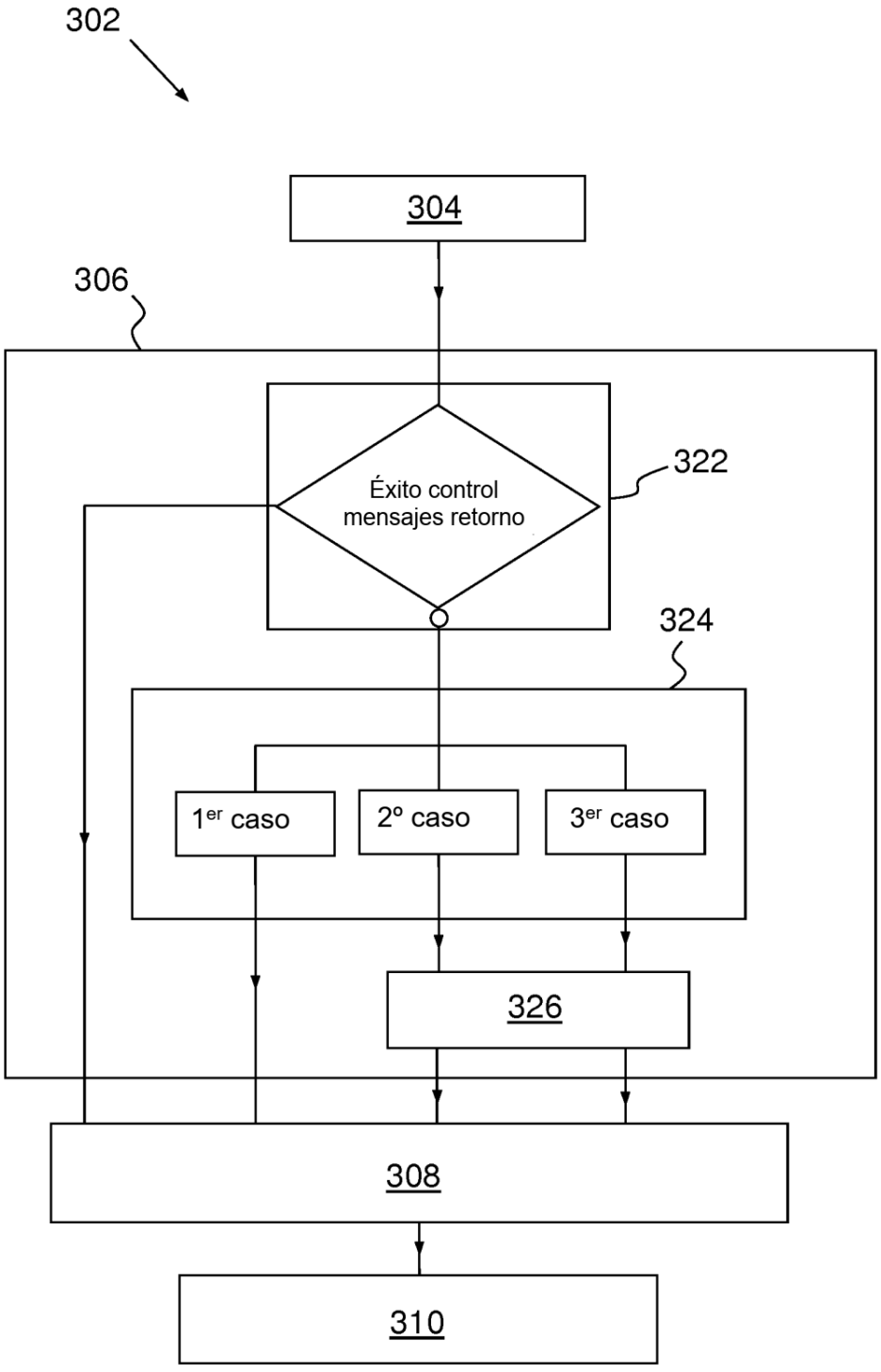

302
304
306
322
Éxito control mensajes retorno
324
1er caso
2º caso
3er caso
326
308
310

FIG.7