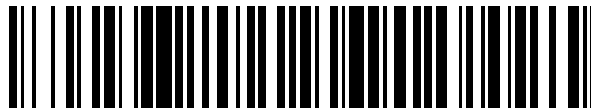


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 551**

51 Int. Cl.:

**G01S 19/07** (2010.01)

**G01S 19/32** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2015** **E 15158722 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017** **EP 2919035**

54 Título: **Sistema y procedimiento de difusión de información en un sistema de satélites de doble frecuencia**

30 Prioridad:

**14.03.2014 FR 1400613**

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

**14.09.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LOBERT, BRUNO y  
DUNAS, ETIENNE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 632 551 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de difusión de información en un sistema de satélites de doble frecuencia

El objeto de la invención se refiere a un procedimiento y su sistema para difundir información en un sistema de satélite que garantiza un servicio de aumento por satélite en la frecuencia  $L_1$  o frecuencia  $L_1$  SBAS, acrónimo anglosajón de "*Satellite based augmentation system*" y sincrónicamente un enlace de frecuencia  $L_5$  SBAS. La información es, por ejemplo, datos de corrección (precisión) y/o datos de validación (integridad) transmitidos para usuarios de doble frecuencia  $L_1$  y  $L_5$ .

Los datos proporcionados por los sistemas de navegación por satélite de navegación GNSS (*Global Navigation Satellite System*) de tipo GPS (*Global Positioning System*) o GLONASS se mejoran por la tecnología SBAS anteriormente mencionada. Esta tecnología aporta una corrección adicional por satélite de los errores inherentes al sistema GPS, aumentando de este modo muy sustancialmente la precisión de las medidas de posición de los usuarios. Proporciona, también, garantías de integridad y de disponibilidad. Los sistemas de aumento de la precisión de posicionamiento por satélite SBAS se encuadran hoy en tres zonas: l'EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) para Europa, el WAAS (*Wide Area Augmentation System*) para América del norte y el MASA (*Multifunctional Satellite augmentation System*) para Japón.

La figura 1 representa esquemáticamente un sistema 1 de navegación por satélite GPS que utiliza la tecnología SBAS. El sistema 1 consta en este ejemplo de un conjunto 2 de calculadoras, un conjunto 3 de satélites MEO, un conjunto 4 de estaciones de transmisión, más conocidas en el sistema ENOS bajo la abreviatura anglosajona NLES (*Navigation Land Earth Station*), comunicándose cada estación 4 de transmisión con un satélite 5 geoestacionario, varias estaciones 6 de control conectadas al conjunto 2 calculador, varios usuarios  $U_i$ . En el caso de un sistema SBAS como EGNOS, las estaciones 6 de control son estaciones terrestres de referencia de tipo "RIMS" (*Ranging and Integrity Monitoring Station*) y actualmente están en el número de varias decenas. Un calculador 2 es de tipo calculador central, más conocido bajo el acrónimo anglosajón "CPF" (*Central Processing Facility*). El sistema puede constar de varios calculadores, por ejemplo, cinco, que permiten garantizar una redundancia en caso de diferencia de cálculo y en caso de avería. En un momento dado, los calculadores funcionan en paralelo y en permanencia, para la difusión de datos de corrección hacia los usuarios, solo uno de estos calculadores estará activo. Una estación 4 de transmisión es, por ejemplo, una estación terrestre ascendente de navegación o NLES (*Navigation Land Earth Station*) que transmite los datos del calculador activo que selecciona en cada segundo entre los cinco calculadores, en función de la indicación sobre la calidad del cálculo que éstos anuncian según un procedimiento conocido por el experto en la materia. El satélite 5 geoestacionario es de tipo Inmarsat III, Inmarsat IV, o SES-ASTRA, por ejemplo. Para cada satélite geoestacionario hay, por ejemplo, una estación de transmisión activa y una estación de transmisión en redundancia.

Las estaciones 4 de transmisión efectúan sobre el conjunto de los satélites MEO y GEO medidas de pseudodistancia, que se comunican, con el contenido de los mensajes difundido por los satélites, a los calculadores 2. Estos últimos determinan denominados de aumento (llamados así NOF de *Navigation Overlay Frame*) que permiten, en particular, garantizar las funciones siguientes: correcciones diferenciales de base, tales como la difusión de correcciones de calendarios y relojes relacionadas con los satélites GPS, correcciones ionosféricas, datos de integridad. Los datos de aumento (NOF) se combinan por el calculador 2 antes de transmitirse hacia la o las estaciones 4 de transmisión, que son responsables de transmitir estos datos de aumento hacia el satélite 5 geoestacionario asociado. El satélite geoestacionario redistribuye datos de aumento  $D_a$  a los usuarios  $U_i$ ,  $U_1$  a  $U_k$ , que reciben igualmente señales de navegación  $S_n$  de los satélites 3. Las señales de navegación  $S_n$  combinadas con los datos de aumento  $D_a$  que permiten a un usuario  $U_i$  determinar su posición  $P(U_i)$  con una precisión aumentada. Los datos de aumento  $D_a$  se proporcionan por el calculador 2 con una cierta integridad, es decir, una capacidad de proporcionar datos de aumento indicando a los usuarios si estos datos son fiables y utilizables, induciendo de esta manera un nivel de seguridad compatible con las exigencias de la aviación civil. Para emitir estos datos de integridad, un calculador 2 necesita recibir en tiempo real, de vuelta, el conjunto de los datos que emite (I) de forma continua a los usuarios. Si este no es el caso, el calculador se declara no íntegro. El calculador verifica él mismo de este modo los datos que ha emitido. En el caso del sistema EGNOS, el calculador 2 recibe de vuelta (II) los datos que el mismo ha emitido a través del satélite 5 geoestacionario que reemite estos datos hacia el calculador a través de las estaciones 6 de control RIMS. El trayecto de los datos corresponde de esta manera a un bucle (II) llamado bucle de integridad. Un satélite geoestacionario que emite en banda  $L_1$ , en particular, tiene pues una doble función, por una parte, transmitir los datos de aumento hacia los usuarios, por otra parte, asegurar el bucle de integridad. Opcionalmente, puede igualmente ser objeto de mediciones de pseudodistancias por el usuario del sistema.

La figura 2 representa el esquema de emisión de las estaciones 4 de transmisión hacia un satélite 5. Una estación 4 de transmisión NLES, se compone, por ejemplo, de una primera parte 4.1, banda de base, que tiene por función recibir los datos de aumento  $D_a$  que transmitirá, por parte del o de los calculadores, generar y sincronizar las señales (mensajes que modulan una portadora), conectándose la primera parte a una segunda parte 4.2, compuesta por una estación emisora/receptora, RX/TX, que emite, recibe y amplifica las señales de frecuencia RF. La estación NLES transmite a través de un enlace 11 ascendente, normalmente en banda C o  $K_u$ , a señal operativa  $L_1$  y la señal auxiliar  $E_5$  que se transmitirá hacia el satélite 5 geoestacionario con el que se conecta la estación. Los mensajes o datos de aumento  $D_a$  se transmite sobre la señal  $L_1$  y corresponden a los datos determinados por el calculador

seleccionado por la estación según un principio conocido por el experto en la materia. El satélite 5 transpone las señales recibidas y las difunde en el enlace descendente 12 en las frecuencias  $L_1$  y  $E_5$ . La parte receptora de la estación 4, 4.2, estas señales  $L_1$ ,  $E_5$ , y verifica que son idénticas a las que emite. La parte de banda 4.1 de base mide un primer momento de llegada  $t(L_1)$  de la señal  $L_1$  y un segundo tiempo de llegada  $t(E_5)$  de la señal auxiliar  $E_5$  y determina un primer intervalo temporal  $\Delta t(L_1)$  y un segundo intervalo temporal  $\Delta t(E_5)$  en relación a un tiempo de referencia del sistema  $t_{ref}$ . La estación 4 corregirá entonces el momento de emisión  $t_{emitido}$  de las señales difundidas sobre los enlaces ascendentes para cada una de las señales  $L_1$  o  $E_5$  en función del intervalo temporal constatado sobre las señales recibidas. El sometimiento de las señales en un tiempo de referencia  $t_{ref}$ , tal como se describe a continuación, se llama bucle largo. El objetivo de este sometimiento es sincronizar el tiempo de emisión de la señal  $L_1$  al nivel del satélite en una referencia de tiempo de sistema, pudiendo decidirse como siendo el tiempo GPS. La señal auxiliar  $E_5$  es necesaria para corregir el retraso ionosférico sobre la vía descendente.

Actualmente, los estándares SBAS  $L_1$  consideran únicamente usuarios monofrecuencia con una difusión de las correcciones por el SBAS a la frecuencia  $L_1$ . Uno de los problemas planteados es introducir nuevos servicios en el sistema para usuarios de doble frecuencia  $L_1$ - $L_5$  minimizando los impactos sobre el funcionamiento operativo.

Una solución consideraría introducir el servicio  $L_5$  al nivel de las estaciones NLES reemplazando las estaciones  $L_1$  existentes por nuevas estaciones NLES  $L_1$ - $L_5$ . Esta solución presenta los principales inconvenientes: siguientes:

- una imposibilidad de compartir, durante las fases de prueba y de validación que pueden durar varios meses, los satélites geoestacionarios visibles al público en general; sería, por lo tanto, necesario a la vez disponer de satélites suplementarios equipados de cargas útiles de navegación para permitir la migración del antiguo sistema hacia el sistema nuevo, sin interrupción del servicio  $L_1$ , así como modificar el conjunto de los receptores de masas y embarcados en servicio para que ignoren esta fase de transmisión
- la necesidad de modificar sensiblemente el antiguo sistema SBAS  $L_1$ , incluso de reemplazarlo completamente por un SBAS  $L_1/L_5$ , con la consecuencia de tener que volver a pasar por una fase de validación y certificación completa, incluyendo para los servicios  $L_1$ ,
- impactos colaterales en caso de fallo sobre uno de los servicios (por ejemplo, discontinuidad de servicios), el acoplamiento de los servicios sobre  $L_1$  y  $L_5$  uniendo de facto la gravedad de servicios de naturaleza potencialmente diferente, y haciendo extremadamente compleja la sincronización de los cambios de redundancias en caso de necesidad según la calidad de cada uno de los servicios,
- de una manera general, un escenario de migración complejo que induce un riesgo de interrupción del servicio  $L_1$ .

Una optimización propuesta en la técnica anterior consiste en una modificación de las estaciones del sistema SBAS  $L_1$  para permitirle difundir también las correcciones sobre  $L_5$ . Esta optimización solo mitiga parcialmente los inconvenientes expuestos anteriormente.

El documento titulado "*Evolving WAAS to Serve L1/L5 Users*", de Walter TODD, Navigation, Institute of Navigation, Fairfax, XP056000517 describe un sistema que asocia a un satélite NLES  $L_1$ , una estación de doble frecuencia.

Uno de los objetivos de la presente invención es proponer un procedimiento y un sistema para usuarios de doble frecuencia y multiconstelaciones, en particular, para usuarios que utilizarán las frecuencias  $L_1$  y  $L_5$  emitidas por los satélites MEO (GPS, GALILEO, GLONASS, ...) con el fin de transmitir datos de aumento de manera sincronizada.

El procedimiento según la invención se basa principalmente en la implementación de un sometimiento que consiste en sincronizar el mensaje operativo  $L_5$ , emitido por una estación  $L_5$ , sobre el mensaje auxiliar de sincronización  $E_5$  de la estación  $L_1$  que permite transmitir datos de aumento  $D_a$ . Esta sincronización se realiza al nivel de la estación  $L_5$  por un bucle de sometimiento secundario que compara los momentos de llegada del mensaje auxiliar  $E_5$  y operativo  $L_5$  y que adapta en función de la emisión del mensaje  $L_5$  operativo.

La invención se refiere a un procedimiento para transmitir información o datos "de corrección"  $D_a$  en un sistema de navegación por satélites de doble frecuencia que comprende al menos un satélite SBAS para redistribuir los datos de corrección  $D_a$  a varios usuarios (U), una o varias primeras estaciones NLES  $L_1$  que administran servicios de aumento para satélites SBAS  $L_1$  y una señal auxiliar y una o varias segundas estaciones NLES que administra servicios SBAS  $L_5$ , caracterizado porque:

- una primera estación NLES  $L_1$  transmite un mensaje SBAS  $L_1$  que modula una portadora  $UL_1$  y un mensaje  $E_5$  auxiliar que modula una portadora  $UL_5$  hacia un satélite,
- una segunda estación NLES  $L_5$  transmite un mensaje SBAS  $L_5$  que modula una portadora  $UL_5$  hacia un satélite,
- el satélite (5) transmite los mensajes SBAS  $L_1$  y SBAS  $L_5$  hacia uno o varios usuarios  $U_i$ ,
- el satélite transmite los mensajes SBAS  $E_5$  y el mensaje SBAS  $L_5$  hacia la segunda estación NLES  $L_5$ , la segunda estación NLES  $L_5$  sincroniza en fase y en frecuencia la emisión del mensaje  $L_5$  y de su portadora  $UL_5$  sobre el mensaje  $E_5$  y su portadora  $DL_5$ , con el fin de que el mensaje  $L_1$  y el mensaje  $L_5$  se emitan en el mismo momento o con un sesgo constante conocido por los usuarios al nivel del satélite SBAS para que los datos y medidas dependientes de la diferencia entre  $L_1$  y  $L_5$  se traten correctamente por uno o varios usuarios  $U_i$ .

El procedimiento puede constar al menos de las etapas siguientes:

- al nivel de una primera estación NLES  $L_1$ , un módulo emisor/receptor transmite información de corrección hacia el satélite por medio de un mensaje  $L_1$  que modula una portadora  $UL_1$ , así como un mensaje auxiliar de sincronización  $E_5$  que modula una portadora  $UL_5$ , y recibe de vuelta los mensajes  $L_1$  y  $E_5$  que modula respectivamente las portadoras  $DL_1$  y  $DL_5$ ,
- 5 • al nivel de una segunda estación NLES  $L_5$ , un módulo emisor/receptor transmite el mensaje  $L_5$  que modula una portadora  $UL_5$  hacia el satélite y recibe de vuelta el mensaje  $UL_5$  que modula una portadora  $DL_5$  y el mensaje auxiliar  $E_5$  que modula una portadora  $DL_5$  generada por la primera estación NLES  $L_1$  y retransmitido por el satélite,
- 10 • al nivel de la segunda estación NLES  $L_5$ , un dispositivo complementario o integrado al dispositivo sincroniza en frecuencia y fase la emisión del mensaje  $L_5$  y su portadora  $UL_5$  sobre el mensaje  $E_5$  y su portadora  $DL_5$ .

Según una variante de realización, el procedimiento utiliza un dispositivo emisor-receptor común a una primera estación NLES  $L_1$  y a una segunda estación NLES  $L_5$  y que consta de al menos las siguientes etapas:

- 15 • al nivel de la primera estación NLES  $L_1$ , el dispositivo emisor/receptor transmite información de corrección  $D_a$  hacia el satélite geoestacionario por medio de un mensaje  $L_1$  que modula una portadora  $UL_1$ , así como un mensaje auxiliar de sincronización  $E_5$  que modula una portadora  $UL_5$  y recibe de vuelta los mensajes  $L_1$  y  $E_5$  que modula respectivamente las portadoras  $DL_1$  y  $DL_5$ ,
- al nivel de la segunda estación NLES  $L_5$ , el dispositivo emisor/receptor transmite el mensaje  $L_5$  hacia el satélite y recibe de vuelta el mensaje  $L_5$  que modula una portadora  $DL_5$ , así como el mensaje auxiliar  $E_5$  que modula una portadora  $DL_5$  generada por la primera estación NLES  $L_1$  y retransmitido por el satélite,
- 20 • al nivel de la segunda estación NLES  $L_5$ , un dispositivo complementario o integrado al dispositivo sincroniza en frecuencia y fase la emisión del mensaje  $L_5$  y su portadora  $UL_5$  sobre el mensaje  $E_5$  y su portadora  $DL_5$ .

Según un modo de realización, se sincroniza la emisión del mensaje  $L_5$  y su portadora  $UL_5$  en función del momento de la llegada del mensaje  $E_5$ .

25 Los mensajes  $L_1$ ,  $L_5$  y  $E_5$  modulan, por ejemplo, códigos periódicos que permiten determinar el inicio de los ciclos y el momento de inicio de los mensajes que modulan estos códigos.

Es posible sincronizar el momento de inicio de ciclo de emisión del mensaje  $L_5$  en función del inicio de ciclo a la llegada del mensaje  $L_5$  en relación con el momento de inicio de ciclo a la llegada del mensaje  $E_5$ .

Según un modo de realización, el procedimiento utiliza bandas de frecuencias idénticas para los mensajes  $L_5$  y  $E_5$ .

30 La invención se refiere también a un sistema para transmitir información o datos "de corrección" en un sistema de satélite que comprende al menos un satélite, una o varias primeras estaciones NLES que administran mensajes SBAS  $L_1$  y un mensaje auxiliar  $E_5$  caracterizado porque consta al menos de los elementos siguientes:

- al menos un módulo de emisión/recepción de mensajes de los servicios  $L_1$ ,  $E_5$ ,  $L_5$ ,
- al menos una segunda estación NLES que administra servicios SBAS  $L_5$ , transmitiendo dicha al menos una estación NLES mediante el módulo de emisión un mensaje  $L_5$  que modula una portadora  $UL_5$  hacia el satélite y recibiendo un mensaje  $E_5$  que modula una portadora  $UL_5$  retransmitido por el satélite, comprendiendo la estación NLES  $L_5$  un medio de sincronización de la emisión el mensaje  $L_5$  sobre el mensaje  $E_5$  según el procedimiento anteriormente citado.
- 35

40 Según un modo de realización, el módulo de emisión/recepción comprende, por ejemplo, un primer módulo de emisión/recepción unido a la primera estación NLES  $L_1$  y un segundo módulo de emisión/recepción unido a la segunda estación NLES  $L_5$ .

Según otra variante, el módulo de emisión/recepción de las señales de servicio es un módulo compartido entre una primera estación NLES  $L_1$  y una segunda estación NLES  $L_5$ .

El sistema puede constar de uno o varios filtros adaptados para seleccionar las señales de servicios entre los componentes no deseados.

45 El satélite es, por ejemplo, un satélite geoestacionario.

Otras características y ventajas del dispositivo según la invención aparecerán mejor tras la lectura de la descripción que sigue de un ejemplo de realización dado a título ilustrativo y en ningún caso limitante anexo de las figuras que representan:

- La figura 1, una representación de un sistema de navegación por satélite de tipo SBAS,
- 50 • La figura 2, el esquema de emisión de estaciones de transmisión del sistema de la figura 1,
- La figura 3, una representación de un sistema de navegación por satélite de tipo SBAS que garantiza los servicios monofrecuencia  $L_1$  y dobles frecuencias  $L_1$ - $L_5$ ,
- La figura 4, un ejemplo de arquitectura de un sistema que permite la implementación de una primera variante del procedimiento según la invención,

- La figura 5, un ejemplo para la implementación de una segunda variante del procedimiento según la invención.

El procedimiento según la invención consiste en particular en:

- conservar el sistema existente SBAS  $L_1$ , sin modificación de las estaciones  $L_1$ ,
- desarrollar para los nuevos servicios un componente nuevo que permite calcular las correcciones  $D_a$  que se difundirán sobre  $L_5$ ,
- difundir estas nuevas correcciones con ayuda de estaciones  $L_5$  sometidas sobre las estaciones  $L_1$ , coubicadas o no con las estaciones  $L_1$ .

La figura 3 representa un primer ejemplo del sistema de la implementación de una primera variante de un procedimiento según la invención. Las referencias comunes a los elementos que figuran sobre las figuras 1 y 3 que designan los mismos elementos del dispositivo, que presentan funcionalidades similares.

El ejemplo del sistema descrito en la figura 3 consta además de los elementos de la figura 1, una o varias estaciones 24 de transmisión NLES, que se adaptan al servicio  $L_5$ . Por ejemplo, un satélite 5 geoestacionario se unirá con una estación 4 NLES, servicio  $L_1$  y una estación 24 de transmisión NLES, servicio  $L_5$ . Sobre este ejemplo, se representa un segundo conjunto de calculadores 22 unidos con las estaciones 24 de transmisión NLES. Se conserva una red 6 de RIMS para este ejemplo, pero se podría utilizar una red de RIMS para cada conjunto 2, 22 de calculadores. También es posible utilizar un mismo conjunto 2 de calculadores para las estaciones NLES, servicio  $L_1$  y para las estaciones NLES, servicio  $L_5$ .

El sistema de la figura 3 garantiza el servicio  $L_1$  solo o " $L_1$ -only" y la difusión o "*broadcast*" de los datos de aumento, NOF  $L_1$ , y el servicio  $L_5$  que reagrupa, los servicios biconstelación, doble frecuencia. El sistema genera, en particular, los datos de aumento, NOF  $L_5$ . Los NOF  $L_1$  y  $L_5$  son independientes; ningún usuario  $U_i$  necesita explotar simultáneamente los mensajes sobre  $L_1$  y sobre  $L_5$ . Esto presenta la siguiente ventaja: la generación de NOFs por el calculador de  $L_1$  y por el calculador de  $L_5$  puede realizarse independientemente entre sí, los puntos de referencia de tiempos que pueden ser, posiblemente, diferentes.

En este primer ejemplo de implementación detallado en la figura 4, el sistema comprende para cada estación  $L_1$  o  $L_5$  un dispositivo emisor/receptor propio.

Como se describió anteriormente, la estación 4 NLES  $L_1$  ejecutará el bucle largo II descrito en la figura 1. La estación NLES  $L_1$  consta de una parte de banda 41 de base que tiene por función recibir los datos de aumento o de corrección  $D_a$  que transmitirá, generar y sincronizar las señales y un módulo 42 emisor/receptor que emite, recibe y amplifica las señales. La estación NLES  $L_1$  transmite un mensaje SBAS  $L_1$  que modula una portadora  $UL_1$  y un mensaje  $E_5$  auxiliar que modula una portadora  $UL_5$  hacia el satélite 5, normalmente en la banda C o Ku hacia el satélite 5 geoestacionario asociado. El módulo 42 emisor/receptor transmite, por ejemplo, información de corrección  $D_a$  hacia el satélite 5 por medio del mensaje  $L_1$  que modula una portadora  $UL_1$ .

La primera estación 4 recibe (módulo 42 emisor/receptor) de vuelta el mensaje operativo  $L_1$  que modula una portadora  $DL_1$  y el mensaje auxiliar  $E_5$  que modula una portadora  $DL_5$ .

La segunda estación 24, NLES  $L_5$  consta de una parte de banda 43 de base similar a la primera parte 41 asociada a un módulo 44 emisor/receptor. La segunda estación 24 transmite un mensaje SBAS  $L_5$  que modula una portadora  $UL_5$  hacia el satélite 5 geoestacionario y recibe de vuelta el mensaje  $L_5$  que modula una portadora  $DL_5$  y el mensaje auxiliar  $E_5$  que modula una portadora  $DL_5$ ,  $E_5$ , generándose por la primera estación NLES  $L_1$  y retrasmítido por el satélite 5. La segunda estación 24, NLES  $L_5$  comprende un módulo 45 adaptado para sincronizar en fase y frecuencia la emisión del mensaje  $L_5$  y de su portadora  $UL_5$  sobre el mensaje  $E_5$  y su portadora  $DL_5$ . El módulo de sincronización, por ejemplo, se adapta a calcular el intervalo de tiempo  $\Delta T$  que existe entre el instante de llegada  $t(L_5)$  del mensaje  $L_5$  que modula una portadora  $DL_5$  y el instante de llegada  $t(E_5)$  del mensaje auxiliar  $E_5$  que modula una portadora  $DL_5$ .

El satélite 5 geoestacionario transmite el mensaje  $L_1$  y el mensaje  $L_5$  hacia el usuario  $U_i$  relacionados.

El mensaje  $L_1$  y el mensaje  $L_5$  deben emitirse en el mismo momento al nivel del satélite geoestacionario, o casi al mismo para que las medidas de pseudodistancias efectuadas por el usuario sobre los satélites geoestacionarios puedan tratarse correctamente por el usuario. Los mensajes que pueden emitirse con un intervalo constante con sesgo constante conocido por los usuarios  $U_i$ . La estación NLES  $L_5$  asegurará la sincronización de los dos mensajes  $L_1$ ,  $L_5$ , sincronizando la emisión del mensaje  $L_5$  en función, por ejemplo, del momento de llegada del mensaje  $E_5$ . La sincronización es tal que el mensaje  $L_1$  y el mensaje  $L_5$  se emiten en un mismo momento o con un sesgo constante conocido por los usuarios  $U_i$  al nivel del satélite SBAS con el fin de que los datos y las medidas independientes del intervalo entre  $L_1$  y  $L_5$  puedan tratarse correctamente por uno o varios usuarios  $U_i$  según principios conocidos por el experto en la materia.

La utilización de espectro ensanchado y un código pseudoaleatorios cíclicos para los mensajes  $L_1$ ,  $L_5$  y  $E_5$  permiten, en particular, compartir la misma banda de frecuencia y efectuar medidas de tiempos de llegada muy precisos.

Los mensajes  $L_1$ ,  $L_5$  y  $E_5$  modulan, por ejemplo, códigos periódicos que permiten determinar el inicio de los ciclos y el momento de inicio de los mensajes que modulan estos códigos.

Se sincroniza, por ejemplo, el momento de inicio de ciclo de emisión del mensaje  $L_5$  en función del inicio de ciclo a la llegada del mensaje  $L_5$  en relación con el momento de inicio de ciclo a la llegada del mensaje  $E_5$ .

- 5 El principio de medida de tiempo de llegada de una señal con espectro ensanchado, comúnmente utilizan al nivel de los receptores GNSS, consiste en generar, a partir de un reloj Hr local, una señal que tiene la misma forma de onda que la señal esperada y a hacer coincidir temporalmente el código y la portadora de la señal generada con la señal recibida. Cuando se alcanza el sincronismo, el tiempo de recepción es igual al tiempo de generación de la réplica que se conoce ella misma por la relación con el reloj local. Para mantener la sincronización en el tiempo se recurre  
10 generalmente a bucles de sometimiento de código y de fase que, a partir de los intervalos constatados sobre los códigos y las portadoras, corrigen la generación de la réplica según métodos conocidos por el experto en la materia.

- 15 En el caso de la estación NLES  $L_5$ , es suficiente medir el tiempo de llegada  $t(E_5)$ ,  $t(L_5)$  de los mensajes  $E_5$  y  $L_5$  en relación con el reloj Hr local del receptor GNSS de la estación NLES  $L_5$ , y calcular la diferencia  $t(E_5) - t(L_5)$  para determinar el intervalo de tiempo de llegada  $\Delta T$  entre estos mensajes. El conocimiento de este intervalo de tiempo permite adelantar o retrasar la generación del mensaje  $L_5$  para sincronizarlo con la emisión del mensaje  $L_5$  al nivel de la recepción en la NLES  $L_5$ . El sistema podrá constar de uno o varios filtros adaptados para seleccionar las señales de servicios entre los componentes no deseados. Para ello, se utilizan filtros y métodos conocidos por el experto en la materia dispuestos al nivel del receptor GNSS.

- 20 Los mensajes  $E_5$  y  $L_5$ , emitiéndose a bandas de frecuencia idénticas o muy cercanas, tienen tiempos de propagación casi idénticos, posiblemente calibrables, desde una antena del satélite hasta el punto de referencia en la NLES  $L_5$  para la medida de los tiempos de llegada. De esto, resulta, pues, que la simultaneidad de la recepción asegura la coincidencia de los tiempos de emisión al nivel del satélite. En el caso en el que las frecuencias no son estrictamente idénticas, sin embargo, es deseable, para mejorar la precisión de sincronización, comparar la diferencia de tiempo de propagación de las señales  $E_5$  y  $L_5$  a través de la ionosfera, por una estimación de esta  
25 diferencia obtenida gracias a un modelo ionosférico (Klobuchar o cuadrícula ionosférica calculada por los calculadores 2 o 22).

- La figura 5 esquematiza otra variante de implementación del procedimiento. En este ejemplo, la parte de banda de base de la estación 41 NLES  $L_1$ , y la parte de banda de base de la estación 43  $L_5$ , están unidas con una misma estación 51 de emisión-recepción compartida entre los componentes de estos mensajes  $L_1$  y  $L_5$ . En esta variante, el usuario recibirá, de la misma manera que anteriormente, los mensajes  $L_1$  y  $L_5$ .

Como se ha descrito anteriormente, la parte de banda de base de la estación 41, NLES  $L_1$  ejecutará el bucle largo II descrito en la figura 1.

- al nivel de la primera estación 41 NLES  $L_1$ , el dispositivo 51 emisor/receptor transmite información de corrección  $D_a$  hacia el satélite 5 geoestacionario por medio de un mensaje  $L_1$  que modula una portadora  $UL_1$ , así como un  
35 mensaje auxiliar de sincronización  $E_5$  que modula una portadora  $UL_5$ , y recibe de vuelta los mensajes  $L_1$  y  $E_5$  que modula respectivamente las portadoras  $DL_1$  y  $DL_5$ ,
- al nivel de la segunda estación NLES  $L_5$ , 43, el dispositivo 51 emisor/receptor transmite el mensaje  $L_5$  hacia el satélite 5 y recibe el mensaje  $L_5$ , así como el mensaje auxiliar  $E_5$  generado por la estación NLES  $L_1$  retransmitido por el satélite,
- 40 • al nivel de la segunda estación NLES  $L_5$ , 43, un dispositivo complementario o integrado al dispositivo 51 sincroniza en frecuencia y fase la emisión del mensaje  $L_5$  y su portadora  $UL_5$  sobre el mensaje  $E_5$  y su portadora  $DL_5$ .

- 45 El conjunto de los mensajes  $L_1$ ,  $E_5$ ,  $L_5$  recibidos por la estación 51 emisora/receptora y transmitido simultáneamente a los mensajes a las dos estaciones 41, 43  $L_1$ , y  $L_5$ . La estación NLES  $L_1$  utiliza, como anteriormente, los mensajes  $L_1$  y  $E_5$  para garantizar el funcionamiento del bucle largo anteriormente mencionado. La estación 43 NLES  $L_5$ , trata los mensajes  $L_5$  y  $E_5$  tiene en particular como función calcular el intervalo de tiempo  $\Delta T$  existente entre el momento de llegada  $t(L_5)$  de  $L_5$  y el momento de llegada  $t(E_5)$  de la señal auxiliar  $E_5$ . El procedimiento de sometimiento de la señal  $L_5$  sobre la señal  $E_5$  es idéntica a la descrita anteriormente en la figura 4.

- 50 Esta segunda solución permite ventajosamente compartir los equipos de la estación de emisión/recepción gracias a un acoplamiento muy simple que se efectúa únicamente al nivel de radiofrecuencia, no hay necesidad de interfaz numérica, ni de mensajes de intercambio entre  $L_1$  y  $L_5$ . Pudiendo existir las variaciones diferenciales sobre las rutas RF, se reducen considerablemente debido a esta compartición de estación Rx/Tx.

- 55 La descripción que se acaba de dar se utiliza para satélites de tipo geoestacionarios, o incluso, para satélites colocados sobre órbitas inclinadas de tipo IGSO o elíptico. Las hipótesis siguientes deben verificarse: el satélite queda visible permanentemente o casi permanentemente a las estaciones, el satélite se equipa de una carga útil transparente que se puede llamar "SBAS3" que vuelve a emitir las señales recibidas después de la traslación de frecuencia.

El procedimiento y el sistema según la invención ofrecen la posibilidad de difundir sobre la señal  $L_5$  datos de

5 aumento sin necesitar satélites geoestacionarios suplementarios. La invención permite, en particular, el mantenimiento del servicio L<sub>1</sub> sin interrupción, puesto que no hay necesidad de modificar el componente SBAS L<sub>1</sub>, y garantiza así que el funcionamiento del, componente L<sub>5</sub>, no interrumpirá el servicio L<sub>1</sub>, debido a la separación de las estaciones tanto de forma lógica como física o geográfica. No aporta degradación de los rendimientos de misión (precisión, continuidad, disponibilidad, integridad...) y queda conforme al dossier de certificación de un sistema.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para transmitir información o datos "de corrección"  $D_a$  en un sistema de navegación para satélites de doble frecuencia que comprende al menos un satélite (5) SBAS adaptado para distribuir los datos  $D_a$  de corrección a uno o varios usuarios ( $U_i$ ), una o varias primeras estaciones (4) NLES que administran servicios de aumento para satélites SBAS  $L_1$  y una señal auxiliar y una o varias segundas estaciones (24) NLES  $L_5$  que administra servicios SBAS  $L_5$ , **caracterizado porque**:
- una primera estación (4) NLES  $L_1$  transmite un mensaje SBAS  $L_1$  que modula una portadora  $UL_1$  y un mensaje  $E_5$  auxiliar que modula una portadora  $UL_5$  hacia un satélite (5),
  - una segunda estación (24) NLES  $L_5$  transmite un mensaje SBAS  $L_5$  que modula una portadora  $UL_5$  hacia un satélite (5),
  - el satélite (5) transmite los mensajes SBAS  $L_1$  y SBAS  $L_5$  hacia uno o varios usuarios  $U_i$ ,
  - el satélite (5) transmite los mensajes SBAS  $E_5$  y el mensaje SBAS  $L_5$  hacia la segunda estación (24) NLES  $L_5$ , la segunda estación NLES  $L_5$  sincroniza en fase y frecuencia la emisión del mensaje  $L_5$  y de su portadora  $UL_5$  sobre el mensaje SBAS  $E_5$  y su portadora  $DL_5$  con el fin de que el mensaje  $L_1$  y el mensaje  $L_5$  se emitan en un mismo momento o con un sesgo constante conocido por los usuarios ( $U_i$ ) al nivel del satélite SBAS.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** consta al menos de las etapas siguientes:
- al nivel de una primera estación (4) NLES  $L_1$ , un módulo (42) emisor/receptor transmite información de corrección hacia el satélite (5) por medio de un mensaje  $L_1$  que modula una portadora  $UL_1$ , así como un mensaje auxiliar de sincronización  $E_5$  que modula una portadora  $UL_5$ , y recibe de vuelta los mensajes  $L_1$  y  $E_5$  que modula respectivamente las portadoras  $DL_1$  y  $DL_5$ ,
  - al nivel de una segunda estación (24) NLES  $L_5$ , un módulo (44) emisor/receptor transmite el mensaje  $L_5$  que modula una portadora  $UL_5$  hacia el satélite (5) y recibe de vuelta el mensaje  $L_5$  que modula una portadora  $DL_5$  y el mensaje auxiliar  $E_5$  que modula una portadora  $DL_5$  generada por la primera estación NLES  $L_1$  y retransmitido por el satélite (5),
  - al nivel de la segunda estación (24) NLES  $L_5$ , un dispositivo complementario o integrado al dispositivo (44) sincroniza en frecuencia y fase la emisión del mensaje  $L_5$  y su portadora  $UL_5$  sobre el mensaje  $E_5$  y su portadora  $DL_5$ .
3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se utiliza un dispositivo (51) emisor-receptor común a una primera estación (41) NLES  $L_1$  y una segunda estación (43) NLES  $L_5$  y **porque** consta al menos de las etapas siguientes:
- al nivel de la primera estación NLES  $L_1$ , el dispositivo (51) emisor/receptor transmite información de corrección  $D_a$  hacia el satélite (5) geoestacionario por medio de un mensaje  $L_1$  que modula una portadora  $UL_1$ , así como un mensaje auxiliar de sincronización  $E_5$  que modula una portadora  $UL_5$  y recibe de vuelta los mensajes  $L_1$  y  $E_5$  que modula respectivamente las portadoras  $DL_1$  y  $DL_5$ ,
  - al nivel de la segunda estación NLES  $L_5$ , el dispositivo (51) emisor/receptor transmite el mensaje  $L_5$  hacia el satélite (5) y recibe de vuelta el mensaje  $L_5$  que modula una portadora  $DL_5$ , así como el mensaje auxiliar  $E_5$  que modula una portadora  $DL_5$  generada por la primera estación NLES  $L_1$  y retransmitido por el satélite (5),
  - al nivel de la segunda estación NLES  $L_5$ , un dispositivo complementario o integrado al dispositivo (51) sincroniza en frecuencia y fase la emisión del mensaje  $L_5$  y su portadora  $UL_5$  sobre el mensaje  $E_5$  y su portadora  $DL_5$ .
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizado porque** se sincroniza la emisión del mensaje  $L_5$  y su portadora  $UL_5$  en función del momento de la llegada del mensaje  $E_5$ .
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado porque** los mensajes  $L_1$ ,  $L_5$  y  $E_5$  que modulan los códigos periódicos que permiten determinar el inicio de los ciclos y el momento de inicio de los mensajes que modulan estos códigos.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** se sincroniza el momento de inicio de ciclo de emisión del mensaje  $L_5$  en función del inicio de ciclo a la llegada del mensaje  $L_5$  en relación con el momento de inicio de ciclo a la llegada del mensaje  $E_5$ .
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado porque** se utilizan bandas de frecuencia idénticas para los mensajes  $L_5$  y  $E_5$ .
8. Sistema para transmitir información o datos "de corrección" en un sistema de satélite que comprende al menos un satélite (5), una o varias primeras estaciones (4) NLES que administran mensajes SBAS  $L_1$  y un mensaje auxiliar  $E_5$  **caracterizado porque** consta de al menos los elementos siguientes:
- al menos un módulo (51, 42, 44) de emisión/recepción de mensajes de los servicios  $L_1$ ,  $E_5$ ,  $L_5$ ,
  - al menos una segunda estación (24) NLES que administra servicios SBAS  $L_5$ , transmitiendo dicha al menos segunda estación (24) NLES mediante el módulo de emisión un mensaje  $L_5$  que modula una portadora  $UL_5$  hacia



el satélite (5) y recibiendo un mensaje  $E_5$  que modula una portadora  $UL_5$  retransmitido por el satélite (5), comprendiendo la estación NLES  $L_5$  un medio de sincronización de la emisión el mensaje  $L_5$  sobre el mensaje  $E_5$  según las etapas del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7.

5 9. Sistema según la reivindicación 8 **caracterizado porque** el módulo de emisión/recepción comprende un primer módulo (42) de emisión/recepción unido a la primera estación (4) NLES  $L_1$  y un segundo módulo (44) de emisión/recepción unido a la segunda estación (24) NLES  $L_5$ .

10. Sistema según la reivindicación 8 **caracterizado porque** el módulo de emisión/recepción de las señales de servicio es un módulo (51) compartido entre la primera estación (4) NLES  $L_1$  y la segunda estación (24) NLES  $L_5$ .

10 11. Sistema según una de las reivindicaciones 8 a 10 **caracterizado porque** consta de uno o varios filtros adaptados para seleccionar las señales de servicio entre los componentes no deseados.

12. Sistema según una de las reivindicaciones 8 a 11 **caracterizado porque** el satélite (5) es un satélite geostacionario.

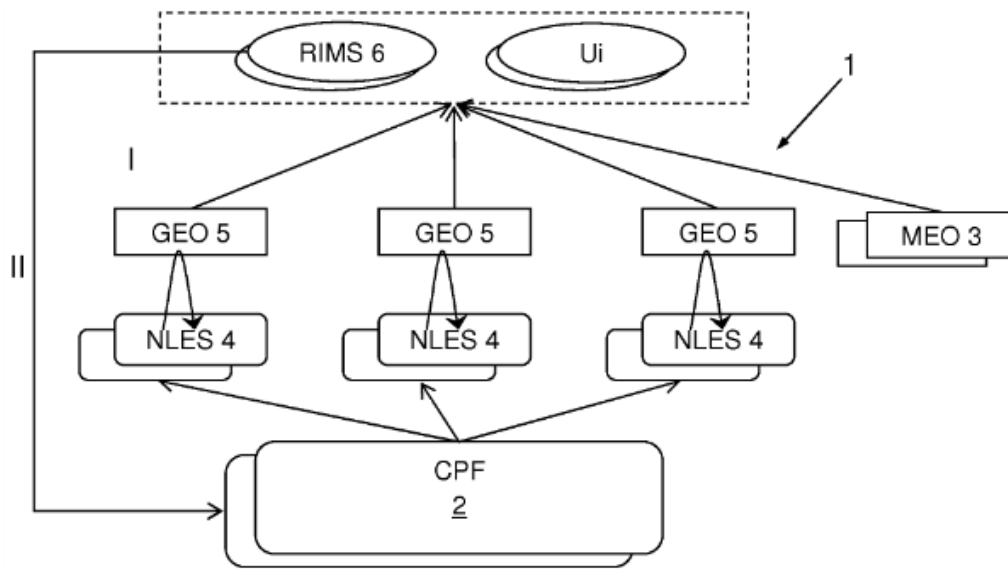


FIG.1

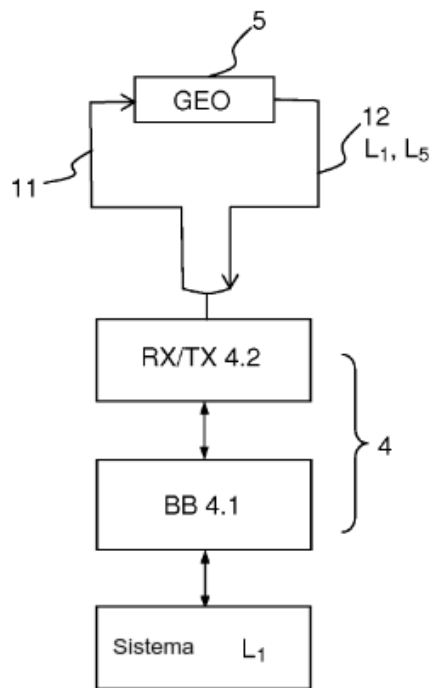


FIG.2

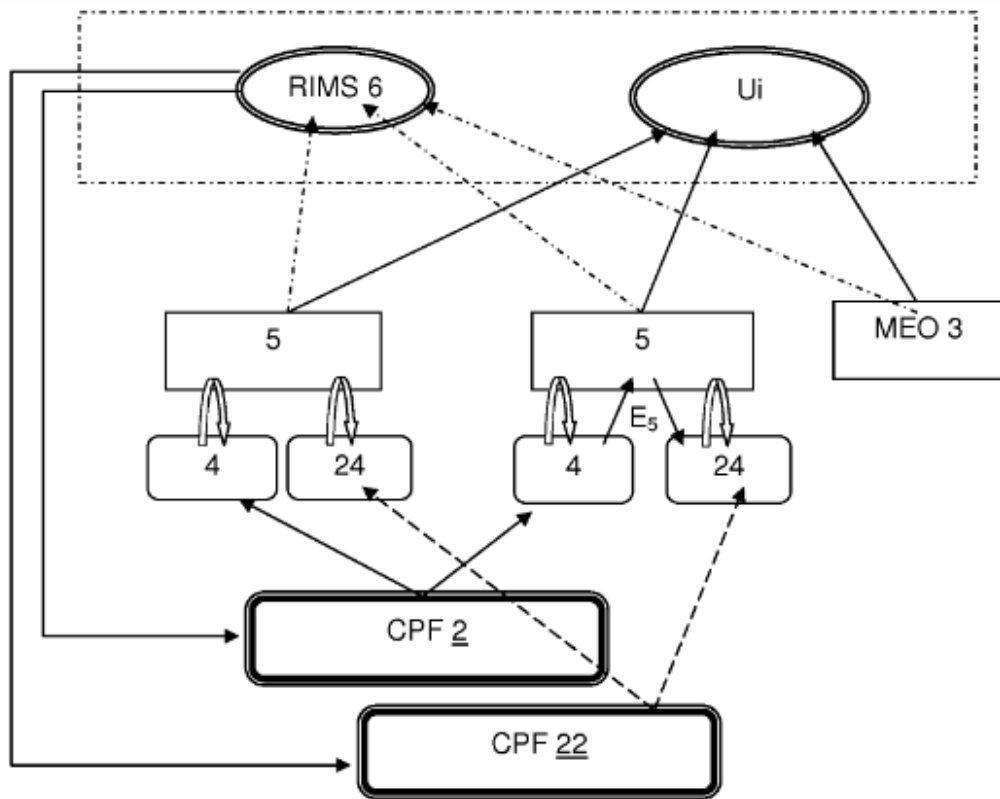


FIG.3

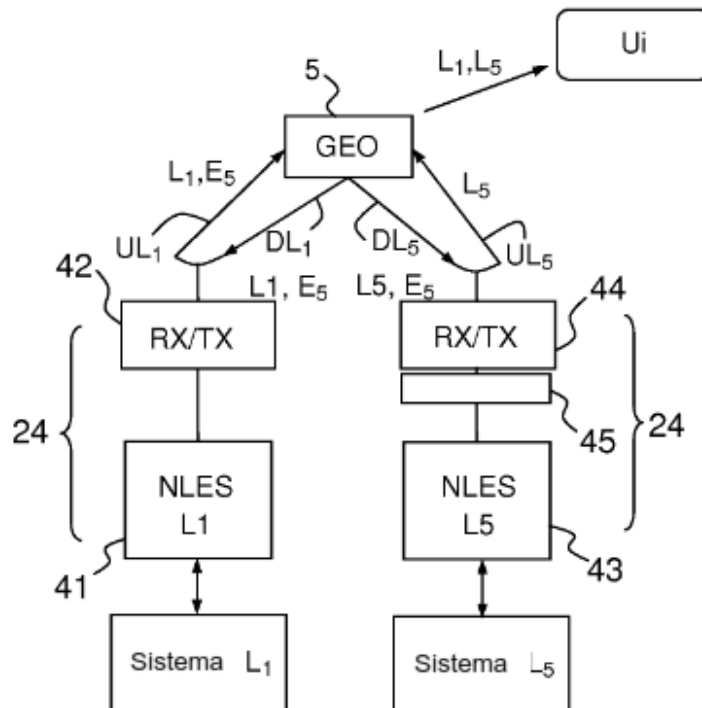


FIG.4

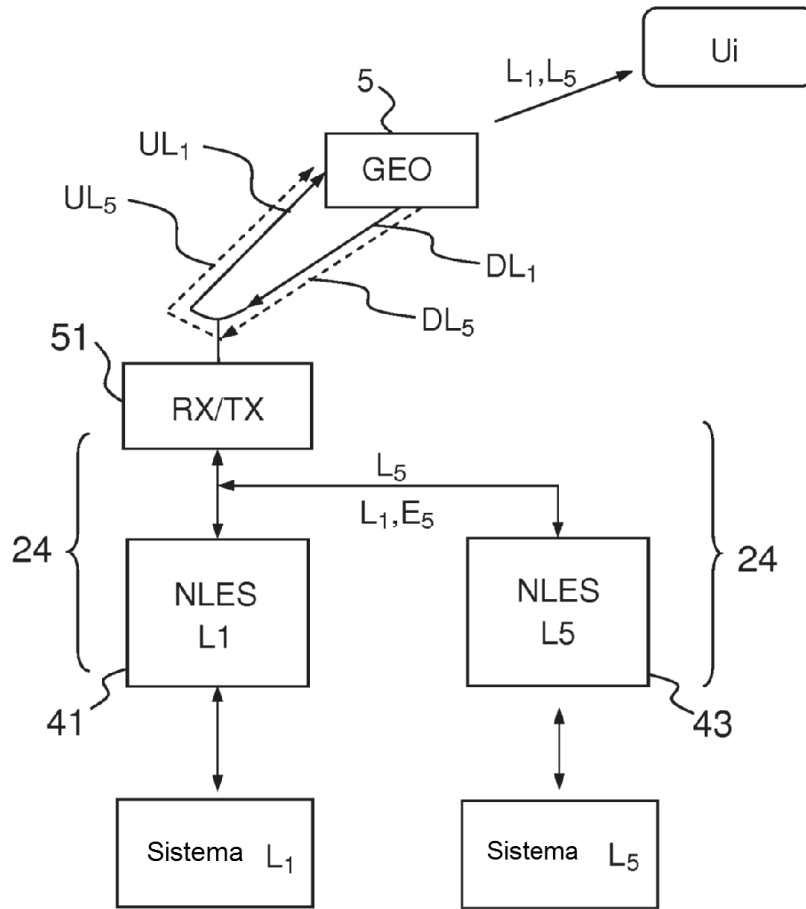


FIG.5