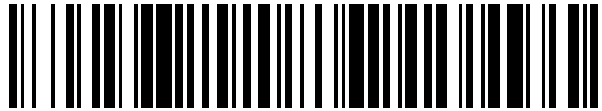


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 383**

51 Int. Cl.:

G01S 19/43 (2010.01)

G01S 19/44 (2010.01)

G01S 19/04 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2010 E 10708531 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2406661**

54 Título: **Procedimiento de geoposicionamiento que utiliza datos de asistencia**

30 Prioridad:

13.03.2009 FR 0951611

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

15.10.2013

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
(100.0%)
2 Place Maurice Quentin
75039 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**LAURICHESSE, DENIS y
MERCIER, FLAVIEN**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 425 383 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de geoposicionamiento que utiliza datos de asistencia.

5 La presente invención se refiere al campo de la radionavegación o de posicionamiento por satélite, en particular a un procedimiento de geoposicionamiento que utiliza datos de asistencia calculados con la ayuda de una red de receptores de referencia. La invención se refiere además a un procedimiento para calcular los datos de asistencia requeridos. El campo de aplicación de la invención es, en particular, la recepción de señales de radionavegación emitidas por unos emisores de un sistema de posicionamiento por satélite, por ejemplo GPS (del inglés "Global Positioning System"), Galileo, Glonass, QZSS, Compass, IRNSS, etc.

Estado de la técnica

15 De manera general, las señales de radionavegación emitidas por satélites (o pseudolitos) de un sistema de posicionamiento se presentan en forma de una portadora modulada por una forma de onda de esparcimiento que contiene un código binario pseudo-aleatorio. Ya que la modulación de la portadora provoca el esparcimiento del espectro alrededor de la frecuencia de la portadora, las señales de radionavegación se denominan frecuentemente "en espectro ensanchado". Los códigos pseudo-aleatorios representan un identificador de la señal y por lo tanto del satélite emisor. Conocidos por los receptores, les permiten un Acceso Múltiple por División de Código (AMDC). Opcionalmente, ciertas señales de posicionamiento por satélite pueden transportar también datos útiles (por ejemplo el mensaje de navegación) en forma de una secuencia binaria (con ritmo claramente menos elevado que el código pseudo-aleatorio) modulada además sobre la portadora.

25 En el caso de GPS, las señales de radionavegación son transmitidas en las bandas de frecuencias L1, centrada en 1575,42 MHz y L2, centrada en 1227,6 MHz. Durante la modernización de GPS, se añadirá la banda L5, centrada en 1176,45 MHz. Los satélites de la constelación Galileo transmitirán en las bandas E2-L1-E1 (siendo la porción de banda mediana L1 la misma que la del GPS), E5a (que, según la nomenclatura Galileo, representa la banda L5 prevista para el GPS), E5b (centrada en 1207,14 MHz) y E6 (centrada en 1278,75 MHz). Se observará que los satélites de la constelación Compass transmiten o transmitirán en la banda B1 (centrada en 1561,098 MHz), B1-2 (centrada en 1587,742 MHz), L1 (centrada en 1575,42 MHz), B2 (centrada en 1207,14 MHz), y B3 (centrada en 1268,52 MHz). Las frecuencias centrales representan las frecuencias de las portadoras de las diferentes señales.

35 La recepción de una señal de radionavegación comprende normalmente una primera desmodulación con la ayuda de una réplica interna de la portadora generada en el receptor por un oscilador pilotado por un bucle de seguimiento de portadora y una segunda desmodulación con la ayuda de una réplica interna de la forma de onda de esparcimiento producida por un generador de forma de onda pilotado por un bucle de seguimiento de forma de onda de esparcimiento (también denominado "bucle de seguimiento de código"). Las señales de condicionamiento de los bucles de seguimiento de portadora y de forma de onda de esparcimiento son utilizadas por el receptor para determinar su posición. La señal de separación de fase entre la portadora de la señal recibida y la réplica interna de portadora producida a cada paso de tiempo por el bucle de seguimiento de portadora proporciona una primera observable (la observable o medición de fase). La señal de desfase temporal entre la forma de onda de esparcimiento de la señal recibida y la réplica interna en forma de onda de esparcimiento producida a cada paso de tiempo por el bucle de seguimiento de forma de onda de esparcimiento representa una segunda observable (la observable o medición de código).

45 Las mediciones elementales que puede efectuar un receptor comprenden por lo tanto las mediciones de código y las mediciones de fase de portadora. Evidentemente, estas mediciones elementales se pueden combinar entre sí. Las mediciones de código son de una precisión métrica mientras que las mediciones de fase son de una precisión de algunos mm. Ahora bien, las mediciones de fase adolecen de la desventaja de que suministran sólo la parte real de la diferencia de fase de la portadora entre la emisión por el satélite y el receptor. Las mediciones de fase son por lo tanto ambiguas en el sentido en el que al principio se desconoce el número de ciclos enteros entre el emisor (satélite) y el receptor. Con el fin de poder aprovechar la precisión de las mediciones de fase, un receptor debe resolver las ambigüedades de las que están afectadas.

55 La resolución de las ambigüedades de fase se efectúa habitualmente por diferenciación de las mediciones de fase (simple o doble diferenciación). Esta diferenciación permite eliminar unas causas de errores (no modelizadas) comunes a varias mediciones, y permite así hacer desaparecer una información entera, que si se toma en cuenta mejora aún más los rendimientos. Sin embargo, esta información entera consiste en diferencias de una o varias ambigüedades de fase elementales y no permite, en general, volver a las ambigüedades de fase elementales.

60 La solicitud de patente FR 2 914 430 describe un procedimiento que permite resolver, de manera coherente, las ambigüedades de fase sobre una red de receptores de referencia con la ayuda de observaciones bi-frecuencia (es decir mediciones de código y de fase sobre por lo menos dos frecuencias distintas). En paralelo, este procedimiento produce un juego de relojes de satélite que pueden ser utilizados como datos de asistencia por un receptor bi-frecuencia exterior a la red (por ejemplo el de un usuario que desea conocer su posición). Estos relojes tienen la propiedad particular de poner en evidencia unas ambigüedades de fase totales durante la resolución de las

ecuaciones de posicionamiento obtenidas por unas mediciones "elementales", es decir diferenciadas ni entre satélites ni entre receptores. El inconveniente del procedimiento de la solicitud FR 2 914 430 es que puede ser aplicado sólo por unos receptores bi-frecuencia. El artículo "Real-time Precise Point Positioning Using Single Frequency Data", por K. Chen y Y. Gao (Ion GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, 13-15 de septiembre de 2005, Long Beach, CA) evalúa y compara varios métodos para mitigar el efecto ionosférico. El artículo menciona, entre otros, un método para eliminar la contribución ionosférica con la ayuda de la combinación de deslizamiento código portadora (o combinación GRAPHIC). Este método ha sido descrito anteriormente por P. Héroux *et al.* en el artículo "Products and Applications for Precise Point Positioning-Moving Towards Real-Time" (ION GNSS 17th International Technical Meeting of the Satellite Division, 21-24 de septiembre de 2004, Long Beach, CA).

Objeto de la invención

Un primer aspecto de la presente invención tiene como objetivo proponer un procedimiento de geoposicionamiento que permite que un receptor anule sus ambigüedades de fase sin recurrir necesariamente a observaciones multi-frecuencia. Un segundo aspecto de la invención tiene como objetivo proponer un procedimiento para determinar los datos de asistencia requeridos para dicho procedimiento de geoposicionamiento.

Descripción general de la invención

De manera general, la invención comprende dos aspectos. Por un lado, comprende un procedimiento que se desarrolla a nivel de una red de receptores (estaciones) de referencia durante el cual se determinan unas informaciones suplementarias (datos de asistencia) con la ayuda de las cuales un receptor de usuario que no forma parte de la red puede resolver las ambigüedades de fase. Por otro lado, la invención comprende el procedimiento que se desarrolla a nivel de un receptor que no forma parte necesariamente de la red que utiliza las informaciones suplementarias elaboradas con la ayuda de la red de estaciones de referencia y puestas a disposición por una vía de comunicación cualquiera.

En aras de la claridad, el procedimiento de determinación de datos de asistencia se tratará en primer lugar. En la continuación de la descripción, se supondrá que las señales de radionavegación proceden de un conjunto de satélites de radionavegación, cada uno de los cuales difunde por lo menos una primera señal de radionavegación en una primera frecuencia y una segunda señal de radionavegación en una segunda frecuencia distinta de la primera.

El procedimiento de determinación de datos de asistencia comprende las acciones de:

- recibir unas mediciones de código y de fase (elementales, es decir diferenciadas ni entre receptores ni entre satélites), de las señales de radionavegación realizadas por unos receptores de una red de referencia; presentando cada una de dichas mediciones de fase una ambigüedad de un número entero de ciclos desconocida *a priori*;
- resolver las ambigüedades de las mediciones de fase en la primera frecuencia de manera coherente sobre el conjunto de los satélites y de los receptores de referencia;
- deducir un conjunto de valores de reloj emisor iono-free de fase que se desprende de la resolución coherente de las ambigüedades y un conjunto de valores de reloj receptor iono-free de fase que se desprende de la resolución coherente de las ambigüedades;
- calcular, para cada par satélite-receptor de referencia, un valor de combinación de deslizamiento de código portadora a partir de la medición de código y de la medición de fase realizada en la primera frecuencia en este receptor de referencia y para este satélite, y restar de este valor la contribución geométrica, la contribución de los valores de reloj receptor iono-free de fase y de reloj emisor iono-free de fase así como la contribución de la ambigüedad de la medición de fase resuelta, resultando esto en un residuo de medición;
- separar de manera coherente sobre el conjunto de los satélites y de los receptores de la red cada uno de los residuos de medición obtenidos en una parte emisor y una parte receptor; y
- alisar la parte emisor de dichos residuos de medición.

Preferentemente, los valores de reloj emisor iono-free asociados a la resolución coherente de las ambigüedades así como las partes emisor alisadas de los residuos de medición están puestos a disposición de receptores exteriores a la red como datos de asistencia.

Según un modo de realización preferido de la invención, el procedimiento comprende, para cada satélite del conjunto de satélites, la acción de calcular un valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora como suma del valor de reloj emisor iono-free y del residuo de medición alisado.

Preferentemente, los valores de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora están

puestos a disposición de receptores exteriores a la red como datos de asistencia, por ejemplo por una vía de telecomunicación, como Internet, la difusión terrestre o por satélite, etc.

5 El alisado de las partes emisor de dichos residuos de medición se puede realizar cada vez por ajuste de una función seno de un período de 12 horas sobre la parte emisor a alisar. Esto se podrá realizar en particular mediante un método de los mínimos cuadrados.

10 Ventajosamente, el procedimiento de determinación de datos de asistencia está implementado en un producto de programa de ordenador que comprende unos medios de soporte (memoria de ordenador, disco duro, ondas de radio u ópticas, etc.) que soportan un código de programa de ordenador configurado para realizar el procedimiento cuando el programa se ejecuta en un ordenador.

15 En lo que se refiere al primer aspecto de la invención, un procedimiento de geoposicionamiento comprende, a nivel de un receptor de señales de radionavegación, las acciones de:

- 15 ○ recibir, para cada satélite de dicho conjunto y visible desde dicho receptor, por lo menos dicha primera señal de radionavegación;
- 20 ○ efectuar, para cada satélite visible, unas mediciones de código y de fase (elementales, es decir diferenciadas ni entre receptores ni entre satélites) de la primera señal de radionavegación recibida; presentando dichas mediciones de fase una ambigüedad de un número entero de ciclos desconocida *a priori*;
- 25 ○ recibir un conjunto de datos de asistencia, comprendiendo éste, para cada satélite del conjunto de satélites, unos datos suficientes para reconstituir el valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora, deducido de manera coherente sobre el conjunto de satélites y de receptores de una red de referencia;
- 30 ○ calcular, para cada satélite, un valor de combinación de deslizamiento de código portadora a partir de la medición de código y de la medición de fase de la primera señal de radionavegación, y restar de este valor de combinación de deslizamiento de código portadora el valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora, de manera que se obtenga así una observable de deslizamiento código portadora no ambigua; y
- 35 ○ determinar la posición del receptor con la ayuda de las observables de deslizamiento código portadora no ambiguas.

40 Los datos suficientes para reconstituir el valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora comprenden preferentemente el valor de reloj de satélite asociado a la combinación de deslizamiento código portadora misma. Alternativamente, los datos suficientes para reconstituir el valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora pueden comprender los valores de reloj emisor iono-free de fase asociados a la resolución coherente de las ambigüedades así como las partes emisoras alisadas de dichos residuos de medición obtenidas mediante un procedimiento como se ha expuesto anteriormente.

45 Los procedimientos según la invención están considerados como ventajosos en particular para la banda de frecuencia L5 (siendo la primera frecuencia en este caso 1176,45 MHz). Alternativamente, la primera frecuencia podría ser 1575,42 MHz, 1227,6 MHz, 1207,14 MHz, 1278,75 MHz, 1561,098 MHz, 1589,742 MHz, 1207,14 MHz o 1268,52 MHz.

50 Ventajosamente, el procedimiento de geoposicionamiento está implementado en un producto de programa de ordenador que comprende unos medios de soporte (memoria de ordenador, disco duro, ondas radio u ópticas, etc.) que soportan un código de programa de ordenador configurado para realizar el procedimiento.

55 Preferentemente, el procedimiento de geoposicionamiento está implementado en un dispositivo de geoposicionamiento por satélite, denominado comúnmente "receptor GNSS (del inglés "Global Navigation Satellite System").

El procedimiento de geoposicionamiento puede ser implementado como procedimiento *a posteriori* o como procedimiento en tiempo real.

60 **Breve descripción de los dibujos**

Otras particularidades y ventajas de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de descripción detallada de un modo de realización ventajoso presentado a continuación, a título de ilustración, haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Éstos muestran:

65

Figura 1: una ilustración esquemática de una red de receptores de referencia;

Figura 2: un ordinograma de un procedimiento de determinación de datos de asistencia;

5 Figura 3: un ordinograma de un procedimiento de geoposicionamiento que utiliza los datos de asistencia que pueden ser determinados en el procedimiento de la figura 2;

10 Figura 4: una representación gráfica de la parte emisor de dos residuos de medición obtenidos cada uno por el hecho de restar de una medición de deslizamiento de código portadora la contribución geométrica (modelizada), la contribución de los valores de reloj receptor y emisor iono-free de fase así como la contribución de la ambigüedad de la medición de fase;

Figura 5: una representación gráfica de la parte emisor de dos residuos de medición de la figura 4 después del alisado.

15 **Descripción de una forma de realización preferida**

Un receptor de señales de radionavegación puede realizar unas mediciones de código (no ambiguas) y unas mediciones de fase (ambiguas de un número entero de ciclos) sobre las señales de radionavegación que recibe de los diferentes satélites en visibilidad (es decir por encima del horizonte). Un receptor multifrecuencia puede efectuar estas mediciones en por lo menos dos frecuencias f_1 y f_2 distintas. Suponiendo un receptor bi-frecuencia, se tiene por lo tanto, para cada satélite en visibilidad y a cada paso de tiempo, dos mediciones de código, anotadas P_1 y P_2 y dos mediciones de fase, anotadas L_1 y L_2 , en las frecuencias f_1 y f_2 . A cada paso de tiempo (t_k), se obtiene por lo tanto, en un receptor, un juego de mediciones de código $P_1^j(t_k)$, $P_2^j(t_k)$, $L_1^j(t_k)$ y $L_2^j(t_k)$, en el que el índice superior (j) indica el satélite cuya señal procede del receptor. Como los satélites orbitan alrededor de la Tierra, sólo una parte de ellos es visible en un momento dado desde el lugar del receptor. Para facilitar la anotación, la dependencia del tiempo y el índice de satélite no siempre estarán indicados explícitamente en la continuación de la descripción.

Se utilizarán las anotaciones siguientes:

$$\gamma = \frac{f_1^2}{f_2^2}, \quad \lambda_1 = \frac{c}{f_1}, \quad \lambda_2 = \frac{c}{f_2}$$

30 en las que c representa la velocidad de la luz. Para las bandas L1 y L2 del sistema GPS, se tiene, por ejemplo: $f_1 = 154 f_0$ y $f_2 = 120 f_0$, en el que $f_0 = 10,23$ MHz. Por convención, las mediciones de código P_1 , P_2 están expresadas en unidades de longitud, mientras que las mediciones de fase L_1 , L_2 están expresadas en ciclos.

35 Las mediciones de código y de fase cumplen las ecuaciones (mediciones a la izquierda, parámetros del modelo a la derecha) siguientes:

$$\begin{aligned} P_1 &= D_1 + e + \Delta H_{p,1} \\ P_2 &= D_2 + \gamma e + \Delta H_{p,2} \\ \lambda_1 L_1 &= D_1 + \lambda_1 W - e + \Delta H_1 - \lambda_1 N_1 \\ \lambda_2 L_2 &= D_2 + \lambda_2 W - \gamma e + \Delta H_2 - \lambda_2 N_2 \end{aligned} \tag{E1}$$

- D_1 representa la distancia de propagación entre los centros de fase del satélite y del receptor para la frecuencia f , que incluye la elongación troposférica, efectos relativistas, etc.
- 40 - D_2 es la cantidad análoga para la frecuencia f_2 ;
- e es el término de alargamiento ionosférico que varía en función del cuadrado de la frecuencia y que interviene con un signo opuesto entre la medición de código y la medición de fase;
- 45 - N_1 y N_2 representan las ambigüedades de fase (enteras) de las dos portadoras;
- W representa la contribución del efecto "wind-up" en ciclos; y
- 50 - $\Delta H_{p,1}$, $\Delta H_{p,2}$, ΔH_1 , ΔH_2 son las diferencias entre el reloj del receptor y el reloj del emisor para las diferentes mediciones.

Evidentemente, un receptor mono-frecuencia puede realizar únicamente una sola medición de código y una sola medición de fase por satélite y paso de tiempo. Sin pérdida de generalidad, se puede admitir que estas mediciones son P_1 y L_1 (en lugar de P_2 y L_2).

55 Se denomina combinación "iono-free" de código y se anota P_c la combinación de las mediciones de código que elimina la contribución ionosférica:

$$P_c = \frac{\gamma P_1 - P_2}{\gamma - 1} = \frac{\gamma D_1 - D_2}{\gamma - 1} + \frac{\gamma \Delta H_{p,1} - \Delta H_{p,2}}{\gamma - 1} \quad (E2)$$

Una combinación "iono-free" de fase (ambigua) se puede definir de manera análoga. El interés de trabajar con unas combinaciones "iono-free" reside principalmente en el hecho de que la ionosfera es una fuente de error relativamente mal conocida en el sentido en el que la contribución ionosférica es difícilmente modelizable con una buena precisión. Ahora bien, las combinaciones "iono-free" de código y de fase están disponibles sólo en un receptor por lo menos bi-frecuencia.

En un receptor mono-frecuencia, es posible sin embargo eliminar la contribución ionosférica con la ayuda de las mediciones sobre la frecuencia única, gracias a la combinación, anotada a continuación P_e , denominada "de deslizamiento de código portadora" (también denominada combinación GRAPHIC, que es el acrónimo del término inglés "GRoup And PHase Ionospheric Correction"), que utiliza la suma de la medición de fase y de la medición de código. Para la frecuencia f_1 , esta combinación se puede escribir como media aritmética de la medición de código y de la medición de fase:

$$P_e = \frac{P_1 + \lambda_1 L_1}{2} \quad (E3)$$

Se obtiene por lo tanto:

$$P_e = D_1 + \frac{\lambda_1 W}{2} + \frac{\Delta H_{p,1} + \Delta H_1}{2} - \frac{\lambda_1 N_1}{2} \quad (E4)$$

El término $\Delta\Theta = (\Delta H_{p,1} + \Delta H_1)/2$ corresponde a la diferencia de un reloj receptor asociada a la combinación de deslizamiento código portadora (común a todos los canales del receptor, anotado Θ_{rec}) y de un reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora (que depende del satélite, anotado Θ_{emi}). Este reloj emisor Θ_{emi} es *a priori* desconocido para cada satélite (para cada canal del receptor), razón por la cual la combinación de deslizamiento código portadora tenía hasta ahora poco interés práctico en el caso de mediciones no diferenciadas entre satélites.

El mérito de los inventores es haber reconocido que se puede estimar la parte emisor del término $\Delta\Theta$ de manera coherente sobre el conjunto de los satélites. Esta estimación se lleva a cabo con la ayuda de una red de receptores de referencia (o de estaciones de referencia). La parte emisor Θ_{emi} de $\Delta\Theta$ puede ser comunicada a otros receptores externos a la red como información de asistencia. Gracias a esto, un receptor externo a la red puede descomponer el término $\Delta\Theta$ en su parte emisor Θ_{emi} y su parte receptor Θ_{rec} , común a todos los canales, y reducir así de manera drástica el número de incógnitas en el sistema de ecuaciones de posicionamiento. Como la parte emisor Θ_{emi} de $\Delta\Theta$ se determina de manera coherente sobre el conjunto de los satélites, la solución del sistema de ecuaciones de posicionamiento demuestra las ambigüedades enteras de las mediciones de fase N_1 para los diferentes canales (es decir para los diferentes satélites).

Se describirá ahora el procedimiento que permite determinar los datos de asistencia con la ayuda de una red de receptores de referencia, de la cual una parte está esquemáticamente mostrada en la figura 1. Un ordinograma de este procedimiento se encuentra en la figura 2. Los receptores de referencia 10, 12, 14 efectúan cada uno unas mediciones de código (no ambiguas) y unas mediciones de fase (ambiguas) sobre las señales de radionavegación emitidas por los satélites de radionavegación 16, 18, 20. Cada satélite emite unas señales de radionavegación 22, 24 en por lo menos las frecuencias f_1 y f_2 . (En aras de la claridad, la figura 1 no muestra todas las conexiones satélite-receptor posibles). A cada paso de tiempo (t_k) se obtiene por lo tanto, para el conjunto de la red, un juego de mediciones de código $P_{1,j}(t_k)$, $P_{2,i}(t_k)$, $L_{1,j}(t_k)$ y $L_{2,i}(t_k)$, en el que el índice superior (j) indica de nuevo el satélite cuyas señales han sido recibidas y el índice inferior (i) el receptor que ha proporcionado la medición (etapa S1 en la figura 2). Como los satélites orbitan alrededor de la Tierra, sólo una parte de ellos es visible en un momento dado desde cada receptor de referencia. La dependencia del tiempo, el índice de receptor y el índice de satélite no se indicarán explícitamente, a menos que sea necesario para la buena comprensión.

Conviene definir el segundo término del lado derecho de la ecuación (E2) como diferencia de reloj "iono-free" de código, anotada $\Delta h_p = h_{p,rec} - h_{p,emi}$. De manera análoga, se define una diferencia de reloj "iono-free" de fase, anotada $\Delta h = h_{rec} - h_{emi}$. El sistema de ecuaciones (E1) se vuelve así:

$$\begin{aligned} P_1 &= D_1 + e + \Delta h_p + \Delta\tau_p \\ P_2 &= D_2 + \gamma e + \Delta h_p + \gamma \Delta\tau_p \\ \lambda_1 L_1 &= D_1 + \lambda_1 W - e + \Delta h + \Delta\tau - \lambda_1 N_1 \\ \lambda_2 L_2 &= D_2 + \lambda_2 W - \gamma e + \Delta h + \gamma \Delta\tau - \lambda_2 N_2 \end{aligned} \quad (E5)$$

en el que:

- $\Delta\tau = \tau_{rec} - \tau_{emi}$ es el diferencial de las desviaciones de reloj entre el receptor y el emisor entre el reloj "iono-free" de fase y el reloj de fase para la frecuencia f_1 - por construcción, la cantidad correspondiente para la

frecuencia f_2 es $\gamma\Delta\tau$;

- $\Delta\tau_p = \tau_{rec} - \tau_{emi}$ es el diferencial de las desviaciones de reloj entre el receptor y el emisor entre el reloj "iono-free" de código y el reloj de código para la frecuencia f_1 - por construcción, la cantidad correspondiente para la frecuencia f_2 es $\gamma\Delta\tau_p$;

Con esta nueva anotación, se puede expresar la combinación de deslizamiento código portadora de esta manera:

$$P_e = D_1 + \frac{\lambda_1 W}{2} + \Delta h + \frac{\Delta h_p - \Delta h + \Delta\tau_p + \Delta\tau}{2} - \frac{\lambda_1 N_1}{2} \quad (E6)$$

Se anota que el valor de esta combinación (lado izquierdo de la ecuación (E6)) se calcula directamente con las mediciones de código y de fase (etapa S2 de la figura 2) mientras que los valores de los parámetros de modelización (lado derecho de la ecuación (E6)) no se conocen al principio. Se reconoce que:

$$\Delta\Theta = \Delta h + \frac{\Delta h_p - \Delta h + \Delta\tau_p + \Delta\tau}{2} \quad (E7)$$

Para calcular los valores de Θ_{emi} para los diferentes satélites, se determinan, en una primera etapa, los valores h_{emi} de manera coherente sobre la red de receptores. Este procedimiento (etapa S3 de la figura 2) se describe en la solicitud de patente FR 2 914 430 y en el artículo "Integer Ambiguity Resolution on Undifferenced GPS Phase Measurements and its Application to PPP" de D. Laurichesse y F. Mercier en "Proceedings of ION GNSS 2007", Forth Worth, Texas, 25-28 de septiembre, p. 839-848.

Las diferencias de fase (no ambiguas) entre la emisión de las señales por el satélite y la recepción por el receptor se escriben $L_1 + N_1$ y $L_2 + N_2$, en la que N_1 y N_2 representan las ambigüedades (enteras). Se plantea $N_w = N_2 - N_1$, siendo N_w denominada ambigüedad widelane (entera).

Se calcula el alargamiento ionosférico de código por:

$$eP = \frac{P_1 - P_2}{1 - \gamma} \quad (E8)$$

Se plantea:

$$\tilde{N}_1 = \frac{P_1 - 2eP}{\lambda_1} - L_1 \quad \text{y} \quad \tilde{N}_2 = \frac{P_2 - 2\gamma eP}{\lambda_2} - L_2 \quad (E9)$$

Estas cantidades dependen sólo de las mediciones.

Ahora bien, los ruidos de medición de código son tales que, a escala de un paso (tiempo de visibilidad de un satélite), las estimadas de \tilde{N}_1 y \tilde{N}_2 sufren un ruido del orden de la decena de ciclos. Se utilizan las mediciones de código para determinar la ambigüedad widelane.

Se introduce el valor bruto \tilde{N}_w (que es un valor estimado) de la ambigüedad widelane por:

$$\tilde{N}_w = \tilde{N}_2 - \tilde{N}_1 \quad (E10)$$

Sustituyendo (E5) en (E9) se encuentra para N_w una expresión de la forma:

$$\tilde{N}_w = N_w + d + \mu_{rec} - \mu_{emi} \quad (E11)$$

en la que μ_{rec} es una combinación lineal de τ_{rec} , $\tau_{p,rec}$, $h_{rec} - h_{p,rec}$, μ_{emi} es una combinación lineal de τ_{emi} , $\tau_{p,emi}$, $h_{emi} - h_{p,emi}$ y d es proporcional a la diferencia entre D_1 y D_2 . Siendo el valor de d generalmente inferior a 0,1 ciclos de la widelane, esta cantidad se podrá desprestigiar a continuación. Mediante el cálculo de la media sobre un paso, se obtiene:

$$\langle \tilde{N}_w \rangle = N_w + \langle \mu_{rec} \rangle - \langle \mu_{emi} \rangle \quad (E12)$$

A escala de un paso, \tilde{N}_w presenta un ruido suficientemente bajo (por debajo de la fracción de ciclo) para efectuar una estimación correcta de N_w y por lo tanto de μ_{rec} y μ_{emi} (las desviaciones widelane μ_{rec} y μ_{emi} siguen constantes sobre largas duraciones).

En ausencia de hipótesis suplementarias, este problema mixto enteros-reales es singular: es posible desplazar N_w en un número entero si se modifica al mismo tiempo la diferencia μ_{rec} y μ_{emi} . Además, μ_{rec} y μ_{emi} están definidos sólo pudiendo diferir en una constante real.

Se empieza el proceso de cálculo seleccionando una primera estación de la red, preferentemente una de la cual se sabe que los μ_{rec} son estables en el tiempo. Para esta estación, se fija el valor de μ_{rec} de manera arbitraria, por ejemplo planteando $\mu_{rec}=0$. Se recorren entonces los pasos de los satélites en visibilidad de esta estación. Para cada paso, se obtiene $\langle \tilde{N}_w \rangle = N_w - \mu_{emi}$, por definición de la primera estación (siendo $\mu_{rec}=0$). Se descompone entonces $\langle \tilde{N}_w \rangle$ en una cantidad entera arbitraria (por ejemplo, el número entero más próximo), anotada N_w , y una cantidad no necesariamente entera que corresponde a la diferencia $N_w - \langle \tilde{N}_w \rangle$, que se anota μ_{emi} . Esto proporciona los μ_{emi} de los

satélites en visibilidad de la primera estación.

Para el conjunto de los satélites de los cuales se conocen ahora los plazos internos μ_{emi} , se estiman los plazos μ_{rec} de las otras estaciones. Esta vez, en la ecuación $\langle \tilde{N}_w \rangle = N_w + \mu_{rec} - \mu_{emi}$, el valor de μ_{emi} es conocido. Se descompone entones $\langle \tilde{N}_w \rangle + \mu_{emi}$ en un número entero arbitrario N_w (de la nueva estación) y el plazo de la estación μ_{rec} correspondiente. Se repiten estas etapas para todos los satélites y todas las estaciones de la red de referencia. Se obtienen finalmente unos valores μ_{emi} coherentes sobre toda la red de referencia. Los valores μ_{emi} se pueden considerar como constantes en por lo menos un día.

Después de determinar la ambigüedad widelane, la ambigüedad N_1 sigue siendo desconocida.

Puesto que la ambigüedad widelane es conocida, la resolución de la ambigüedad de fase N_1 o N_2 (ambigüedad narrowlane) está facilitada de manera significativa, en particular en lo que se refiere a las precisiones de modelización necesarias.

Las mediciones de código P_1 y P_2 dependen de varios parámetros entre los cuales se encuentran la distancia geométrica entre los puntos de emisión y de recepción, los efectos ionosféricos, los efectos troposféricos así como los relojes de emisor y de receptor. Para identificar las ambigüedades restantes, se necesita disponer de una modelización suficientemente precisa de estas magnitudes, lo cual necesitará una resolución global sobre la red de receptores a tratar, a causa de los relojes.

Se plantea:

$$\hat{Q}_c = \frac{\gamma \lambda_1 (L_1 + \hat{N}_1) - \lambda_2 (L_2 + \hat{N}_1 + N_w)}{\gamma - 1} \quad (E13)$$

en la que \hat{N}_1 es una estimada entera de N_1 , por ejemplo el número entero más próximo de $\langle \tilde{N}_1 \rangle$. \hat{N}_1 puede estar alejado del verdadero valor de N_1 en una decena de ciclos a causa del ruido de medición sobre el código.

\hat{Q}_c representa por lo tanto una estimada de la combinación iono-free no ambigua de fase Q_c (que no se puede medir directamente):

$$Q_c = \frac{\gamma \lambda_1 (L_1 + N_1) - \lambda_2 (L_2 + N_1 + N_w)}{\gamma - 1} \quad (E14)$$

Planteando $\delta N_1 = N_1 - \hat{N}_1$, se obtiene el sistema:

$$\begin{aligned} P_c &= D + \Delta h_p \\ Q_c &= D_w + \Delta h + \lambda_c \delta N_1 \end{aligned} \quad (E15)$$

en el que $\lambda_c = (\gamma \lambda_1 - \lambda_2) / (\gamma - 1)$, $D = (\gamma D_1 - D_2) / (\gamma - 1)$ (distancia geométrica entre los centros de fase, contribución ionosférica compensada), y $D_w = \lambda_c D$.

En lugar de calcular directamente N_1 , se determina en primer lugar δN_1 . Para ello, se necesita una modelización precisa de D_w que hace intervenir en particular los elementos siguientes:

- combinación de los centros de fase bi-frecuencia: se trata de la combinación iono-free de los centros de fase antena (L1-L2) receptor y emisor;
- las órbitas precisas de los satélites;
- ley de altitud de los satélites (ley de actitud nominal direccional);
- efectos relativistas debidos a la excentricidad de los satélites;
- modelización precisa de la posición del receptor (con modelo de mareas terrestres);
- modelización del alargamiento troposférico (un alargamiento vertical por estación con la función de descenso que depende del sitio tal como se define en Stanag);
- modelización del Wind-up (rotación geométrica de fase).

Los parámetros estimados por el filtro son:

- a cada paso de tiempo, los relojes h_{emi} y h_{rec} de los satélites y de las estaciones;
- para cada paso, una ambigüedad de fase constante δN_1 (sin la obligación que se trate de un número entero);

- un alargamiento troposférico vertical para cada estación, con una variación lenta en el tiempo (típicamente un segmento constante cada 4 horas);
- unas órbitas precisas de los satélites (si no se proporcionan unas órbitas precisas como datos de entrada).

5 El filtro puede estar en formulación de mínimos cuadrados o en formulación de Kalman, más compatible con un tratamiento en tiempo real. Los valores de entrada utilizados por el filtrado son los valores de código iono-free y de fase iono-free, con sus ruidos respectivos, que son del orden de 1 m para el código y de 1 cm para la fase.

10 Al final de esta etapa, se obtienen unas estimadas de los residuos δN_1 identificados calculados por $(\hat{Q}_c - D_w - \Delta h) / \lambda_c$. Unos ejemplos de residuos δN_1 se muestran en la figura 1. (Los δN_1 no son enteros ya que no se ha realizado durante el filtrado ninguna hipótesis sobre los números enteros).

15 Esta etapa de filtrado sirve ante todo para calcular limpiamente el término D_w (modelización geométrica). Los relojes identificados en esta etapa se utilizan a continuación como valores iniciales, lo cual permite trabajar a continuación sobre pequeñas variaciones de relojes, pero no es indispensable.

Con el valor de D_w obtenido por el filtrado, se busca ahora, a nivel de la red de referencia, los valores enteros de los δN_1 . Se utiliza de nuevo la ecuación

$$20 \quad \hat{Q}_c - D_w = \lambda_c \delta N_1 + h_{rec} - h_{emi}, \quad (E16)$$

en la que D_w adquiere ahora el valor encontrado por el filtrado. Se observa que la ecuación posee una inobservabilidad global. En efecto, se pueden desplazar los valores δN_1 que se refieren a un emisor dado y los valores h_{emi} y/o h_{rec} correspondientes conservando la ecuación válida:

$$25 \quad \hat{Q}_c - D_w = \lambda_c (\delta N_1 + \alpha) + (h_{rec} - \lambda_c \alpha) - h_{emi} \quad (E17)$$

En esta etapa, se calculan de manera iterativa los valores h_{emi} empezando con una primera estación (un primer receptor de referencia) cuyo reloj se considera como reloj de referencia, y añadiendo sucesivamente unas estaciones con el fin de completar la totalidad de la red.

30 Para la primera estación, se selecciona $\delta N_1 = 0$, y $h_{rec} = 0$. Esta elección es arbitraria y resulta en un juego de h_{emi} para los satélites visibles desde la primera estación tal que se verifica la ecuación (E16).

La adición de una estación se efectúa como sigue. Con el juego de h_{emi} conocido antes de la adición de la estación se calculan los residuos $\delta N_1 + h_{rec} / \lambda_c$ que es preciso expresar en forma de un valor entero por paso (el δN_1), y uno real a cada paso de tiempo (que corresponde al reloj h_{rec} de la estación añadida). La figura 2 muestra los residuos $\delta N_1 + h_{rec} / \lambda_c$ para una estación añadida de nuevo. Se observa que los residuos están espaciados en valores enteros y que su desplazamiento con respecto al valor entero más próximo es idéntico. Se puede por lo tanto plantear que el desplazamiento entre el residuo y el valor entero más próximo corresponda a h_{rec} / λ_c y el valor entero en sí a δN_1 .

35 Se observa que para una nueva estación, los relojes de los satélites, y por lo tanto los residuos $\delta N_1 + h_{rec} / \lambda_c$ son conocidos, a priori, sólo sobre una parte de los pasos. Pero como δN_1 es constante por paso (los saltos de ciclos se contabilizan en $\hat{Q}_c - D_w$), se le puede extender a la totalidad del paso. Las épocas en las que un satélite dado es visible a partir de una estación corresponden sólo en parte a las épocas en las que el mismo satélite es visible para una estación cercana. Cuanto más distantes sean las estaciones, menos grandes son las duraciones de tiempo de observación común. Esto implica que se añade siempre una estación cercana por lo menos a una de las estaciones anteriores.

Se señala que junto con el juego de δN_1 enteros, se obtiene también un juego de relojes de satélite h_{emi} y de receptores h_{rec} coherentes, que tienen como reloj de referencia el de la primera estación.

50 Con la ayuda de los valores $\{\mu_{emi}^j\}$ (válidos durante por lo menos un día) y $\{h_{emi}^j\}$ (que se deben actualizar en cada época), un receptor bi-frecuencia exterior a la red puede determinar las ambigüedades N_1 de manera eficaz para los satélites a la vista.

Por el contrario, para encontrar la cantidad Θ_{emi} , es preciso conocer la parte emisor del segundo término en el lado derecho de la ecuación (E7), es decir $(h_{p,emi} - h_{emi} + \tau_{p,emi} + \tau_{emi}) / 2$ que se anotará C_{emi} a continuación. Se define además: $C_{rec} = (h_{p,rec} - h_{rec} + \tau_{p,rec} + \tau_{rec}) / 2$ y $\Delta C = C_{rec} - C_{emi}$.

En la red de receptores de referencia, los valores de μ_{rec} , N_w , N_1 , h_{rec} y h_{emi} son conocidos gracias a los cálculos anteriores. La cantidad ΔC se puede por lo tanto observar:

$$60 \quad \Delta C = \frac{P_1 + \lambda_1 L_1}{2} - D_1 - \frac{\lambda_1 W}{2} - \Delta h + \frac{\lambda_1 N_1}{2} = C_{rec} - C_{emi} \quad (E18)$$

Se observa que ΔC corresponde al residuo de medición que se obtiene sustrayendo de la combinación de deslizamiento de código portadora (es decir del término $(P_1 + \lambda_1 L_1)/2$), la contribución geométrica (modelizada) que incluye la distancia y el efecto windup (es decir el término $D_1 \lambda_1 W/2$), la contribución de los valores de reloj receptor y emisor iono-free de fase (es decir el término Δh), así como la contribución de la ambigüedad de la medición de fase (es decir el término $-\lambda_1 N_1/2$). Se pueden calcular las partes receptor y emisor C_{rec} y C_{emi} del residuo de medición, por ejemplo mediante el método de los mínimos cuadrados a cada paso de tiempo (etapa S4 en la figura 2). Teniendo en cuenta todos los receptores de la red, se obtiene un sistema de ecuaciones de la forma:

$$\{\Delta C_i^j = C_{rec,i} - C_{emi}^j\}_{i,j}, \quad (E19)$$

lo cual se puede escribir $\overline{\Delta C} = \Gamma \vec{x}$ en la que Γ es la matriz de las derivadas parciales y \vec{x} es el vector de las desconocidas: $\vec{x} = (C_{rec,1}, \dots, C_{rec,l}, C_{emi}^1, \dots, C_{emi}^j)^T$, siendo $l =$ número de receptores en la red y $J =$ número de satélites.

Se se observa otra vez que los C_{emi} dependen sólo de los satélites mientras que los C_{rec} dependen sólo de los receptores. Como el sistema (E19) comprende una ecuación menos que incógnitas, conviene añadir una ecuación de obligación, que fija por ejemplo la suma o media de los C_{emi} a 0:

$$\sum_j C_{emi}^j = 0 \quad (E20)$$

Los valores C_{emi} que se encuentran tienen muchos ruidos a causa del ruido de código sobre las mediciones. Dos ejemplos de trazados 26, 28 de C_{emi} están representados en la figura 4. Preferentemente, se alisan los valores C_{emi} mediante un modelo (etapa S5 en la figura 2). Se ha encontrado que se utiliza preferentemente una función seno en el periodo de 12 horas para ajustarla sobre cada C_{emi} . Se encuentran así los valores alisados $C'_{emi}(t)$. La figura 5 muestra los trazados de la figura 4 después del alisado con unas funciones seno.

Como datos de asistencia, se tiene por último (etapa S6 en la figura 2) los valores de reloj emisor iono-free h_{emi} (un valor por paso de tiempo y por satélite) y los valores C'_{emi} (identificados por los parámetros de las funciones seno) que pueden ser transmitidos a un receptor exterior a la red y utilizados por éste para fijar las ambigüedades N_1 .

Un procedimiento de geoposicionamiento en un receptor exterior a la red de referencia que pone a disposición los valores h_{emi} y C'_{emi} se muestra esquemáticamente en la figura 3. El receptor efectúa unas mediciones de código y de fase para los satélites visibles desde su lugar geográfico (etapa S7 en la figura 3). Además, recibe los valores h_{emi} y C'_{emi} (etapa S8 de la figura 3). Con las mediciones de código y de fase en la frecuencia f_1 , el receptor puede derivar el observable de deslizamiento de código portadora (etapa S9 en la figura 3). Utilizando además los datos de asistencia, el receptor puede calcular a continuación las cantidades:

$$\frac{P_1^j + \lambda_1 L_1^j}{2} + h_{emi}^j + C'_{emi}^j = D_1^j + \frac{\lambda_1 W^j}{2} - \frac{\lambda_1 N_1^j}{2} + h_{rec} + C_{rec} \quad (E21)$$

En el sistema (E21), los índices de satélite han sido utilizados para demostrar mejor qué términos son comunes a todos los satélites (todos los canales del receptor). Se señala que el término $h_{rec} + C_{rec}$ es común a todos los canales del receptor y equivale a un reloj global, a estimar a cada paso de tiempo (es decir para cada medición). La ambigüedad de fase N_1 , que depende del satélite, solamente adquiere un solo valor por paso (tiempo de visibilidad del satélite) si se admite que la observación no se interrumpe durante este tiempo y que los saltos de fase se detectan y compatibilizan en la medición de fase L_1 . Es útil señalar que es suficiente que el receptor conozca los valores $h_{emi} + C'_{emi}$; los valores h_{emi} y C'_{emi} no necesitan por lo tanto ser transmitidos separadamente. Se señala asimismo que $h_{rec} + C_{rec}$ corresponde a Θ_{rec} tal como se ha definido anteriormente; se tiene asimismo: $h_{emi} + C'_{emi} = \Theta_{emi}$.

Si la posición del receptor y el alargamiento troposférico correspondiente son conocidos (es decir si se conoce D_1), las cantidades $(P_1 + \lambda_1 L_1)/2 - \lambda_1 W/2 - D_1 + h_{emi} + C_{emi}$ se agregan alrededor de valores separados entre sí por unos espacios iguales a unos múltiplos enteros de $\lambda_1/2$.

Si se desea determinar la posición del receptor (siendo D_1 en este caso desconocido al principio), se puede, por ejemplo, resolver un problema de mínimos cuadrados sobre un cierto tiempo (por ejemplo algunas horas), en los que se deben determinar los parámetros siguientes (etapa S10 en la figura 3):

- la posición del receptor (incluida en la modelización de D_1);
- el alargamiento troposférico a la vertical (incluido en la modelización de D_1);
- el reloj receptor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora ($h_{rec} + C_{rec}$); y
- las ambigüedades de fase (un valor por paso).

Las ambigüedades pueden ser fijadas después mediante un mecanismo de "bootstrap": se fija una ambigüedad sobre un número entero arbitrario, tras lo cual las demás ambigüedades se agregan alrededor de valores enteros y pueden ser fijadas de manera iterativa.

Con la ayuda de las informaciones h_{emi} y C'_{emi} , la medición de deslizamiento de código portadora se convierte en una observable no ambigua, liberada de la contribución ionosférica ("iono-free"), que posee un ruido que vale la mitad del

5 ruido de código. El PPP (del inglés "Precise Point Positioning" - posicionamiento preciso de punto) tiene una precisión de 20 a 50 cm en posicionamiento puramente estocástico. Su precisión aumenta rápidamente si se realiza un posicionamiento estático del receptor almacenando varios minutos de mediciones. A título de ejemplo, se obtiene una precisión de posicionamiento del orden de 10 cm para un cuarto de hora de mediciones y de aproximadamente 2 cm para una media hora de datos (con un receptor que no está demasiado afectado por los multi-trayectos). Los tiempos de inicialización son del orden de una hora.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de determinación de datos de asistencia que facilita el tratamiento de señales de radionavegación que proceden de un conjunto de satélites de radionavegación (16, 18, 20), de los cuales cada uno difunde por lo menos una primera señal de radionavegación (22) en una primera frecuencia y una segunda señal de radionavegación (24) en una segunda frecuencia distinta de la primera, comprendiendo el procedimiento las acciones siguientes:
- 5 recibir unas mediciones de código y de fase de dichas señales de radionavegación realizadas por unos receptores de una red de referencia (10, 12, 14); presentando cada una de dichas mediciones de fase una ambigüedad de un número entero de ciclos *a priori* desconocido (S1);
- 10 resolver las ambigüedades de las mediciones de fase en la primera frecuencia de manera coherente sobre el conjunto de los satélites y de los receptores de referencia (S3);
- 15 deducir un conjunto de valores de reloj emisor iono-free de fase que se desprenden de la resolución coherente de dichas ambigüedades y un conjunto de valores de reloj receptor iono-free de fase que se desprenden de la resolución coherente de dichas ambigüedades (S3);
- 20 caracterizado porque comprende las acciones siguientes:
- 25 calcular, para cada par satélite-receptor de referencia, un valor de combinación de deslizamiento de código portadora, denominado asimismo combinación GRAPHIC y que utiliza la suma de la medición de fase y de la medición de código, a partir de la medición de código y de la medición de fase realizada en este receptor de referencia para este satélite en la primera frecuencia (S2), y restar de este valor la contribución geométrica, la contribución de los valores de reloj receptor iono-free de fase y de reloj emisor iono-free de fase así como la contribución de la ambigüedad de la medición de fase resuelta, de manera que se obtenga así un residuo de medición (S4);
- 30 separar de manera coherente sobre el conjunto de los satélites y de los receptores de la red cada uno de los residuos de medición obtenidos en una parte emisor y en una parte receptor; y
- 35 alisar la parte emisor de dichos residuos de medición (S5).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los valores de reloj emisor iono-free asociados a la resolución coherente de las ambigüedades así como las partes emisor alisadas de dichos residuos de medición se ponen a disposición de los receptores exteriores a la red como datos de asistencia.
- 40 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, que comprende, para cada satélite (16, 18, 20) de dicho conjunto de satélites, la acción de calcular un valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora como suma del valor de reloj emisor iono-free y del residuo de medición alisado.
- 45 4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que dichos valores de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora se ponen a disposición de receptores exteriores a la red como datos de asistencia.
5. Procedimiento según la reivindicación 2 o 4, en el que dicha puesta a disposición se efectúa por una vía de telecomunicación.
- 50 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el alisado de las partes emisor de dichos residuos de medición se realiza cada vez por ajuste de una función seno de un periodo de 12 horas.
7. Producto de programa de ordenador que comprende unos medios de soporte que soportan un código de programa de ordenador configurado para realizar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, cuando se ejecuta en un ordenador.
- 55 8. Procedimiento de geoposicionamiento por señales de radionavegación que proceden de un conjunto de satélites (16, 18, 20), de los cuales cada satélite difunde por lo menos una primera señal de radionavegación (22) en una primera frecuencia y una segunda señal de radionavegación (24) en una segunda frecuencia distinta de la primera, comprendiendo dicho procedimiento, a nivel de un receptor de señales de radionavegación, las acciones siguientes:
- 60 recibir, para cada satélite de dicho conjunto y visible desde dicho receptor, por lo menos dicha primera señal de radionavegación;
- 65 efectuar, para cada satélite visible, unas mediciones de código y de fase de la primera señal de radionavegación recibida; presentando dichas mediciones de fase una ambigüedad de un número entero de ciclos *a priori* desconocido (S7);

recibir un conjunto de datos de asistencia (S8);

estando el procedimiento caracterizado

5 porque el conjunto de datos de asistencia comprende, para cada satélite del conjunto de satélites, unos datos suficientes para reconstituir el valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora, también denominado GRAPHIC que utiliza la suma de la medición de fase y de la medición de código, deducido de manera coherente sobre el conjunto de satélites (16, 18, 20) y de receptores de una red de referencia (10, 12, 14); y

porque comprende las acciones siguientes:

15 calcular, para cada satélite, un valor de combinación de deslizamiento de código portadora a partir de la medición de código y de la medición de fase de la primera señal de radionavegación, y restar de este valor de combinación de deslizamiento de código portadora el valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora, de manera que se obtenga así una observable de deslizamiento código portadora no ambigua; y

20 determinar la posición del receptor con la ayuda de las observables de deslizamiento código portadora no ambiguas (S10).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que los datos suficientes para reconstituir el valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora comprenden el valor de reloj de satélite asociado a la combinación de deslizamiento código portadora.

25 10. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que los datos suficientes para reconstituir el valor de reloj emisor asociado a la combinación de deslizamiento código portadora comprenden los valores de reloj emisor iono-free de fase asociados a la resolución coherente de las ambigüedades así como las partes emisor alisadas de dichos residuos de medición obtenidas mediante un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

30 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 u 8 a 10, en el que la primera frecuencia se selecciona de entre 1575,42 MHz, 1227,6 MHz, 1176,45 MHz, 1207,14 MHz, 1278,75 MHz, 1561,098 MHz, 1589,742 MHz, 1207,14 MHz o 1268,52 MHz.

35 12. Producto de programa de ordenador que comprende unos medios de soporte que soportan un código de programa de ordenador configurado para realizar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 cuando se ejecuta en un ordenador.

40 13. Receptor GNSS configurado para realizar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10.

Fig. 1

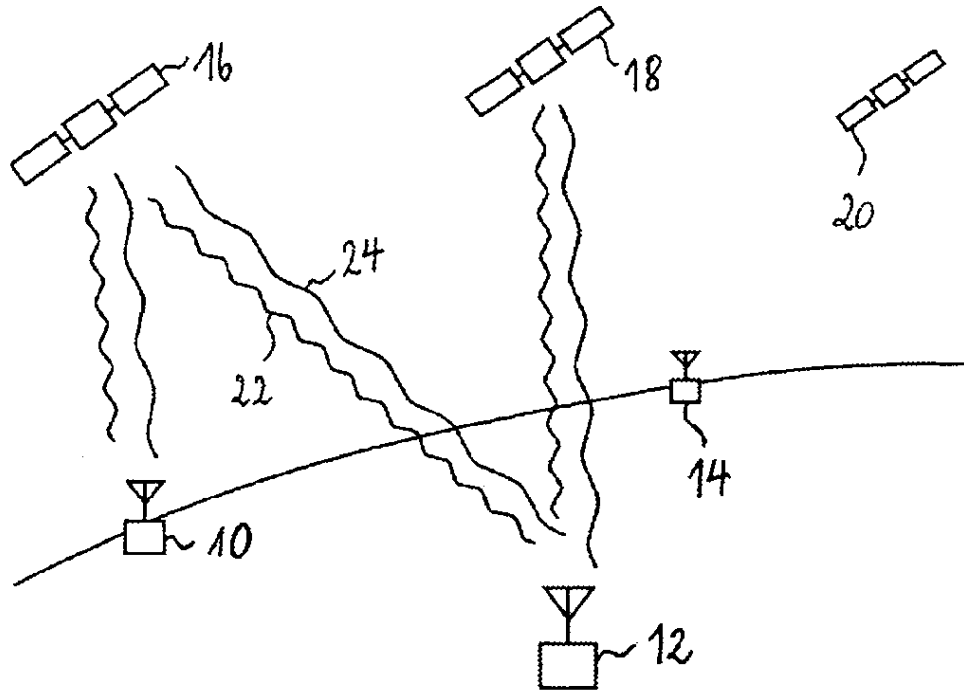


Fig. 2

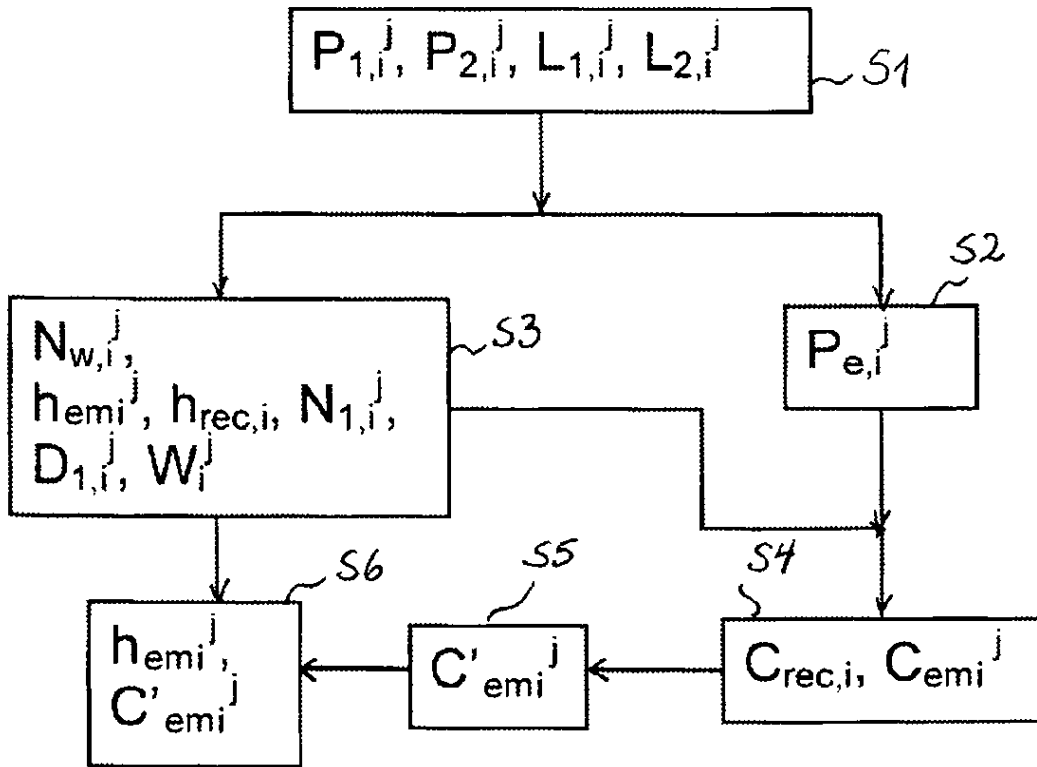


Fig. 3

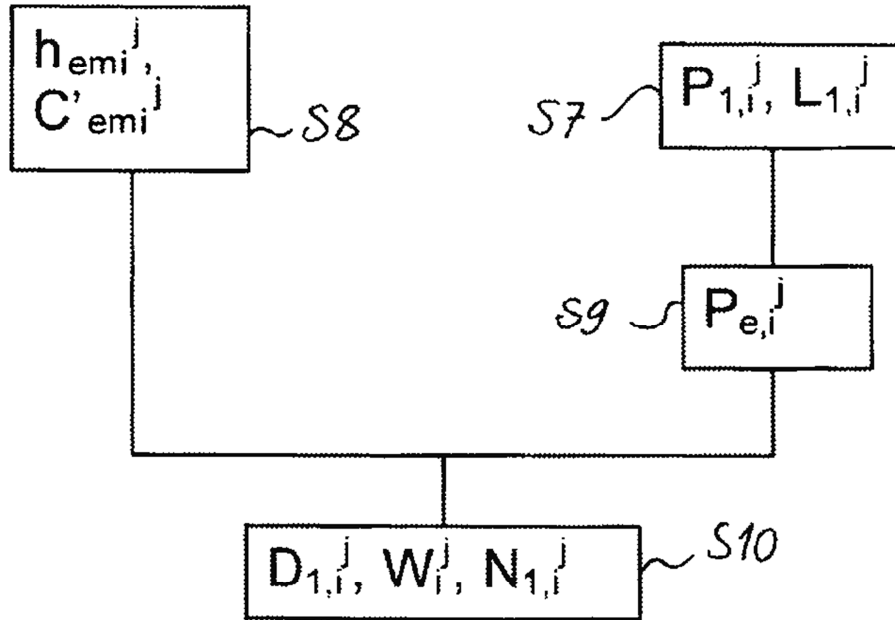


Fig. 4

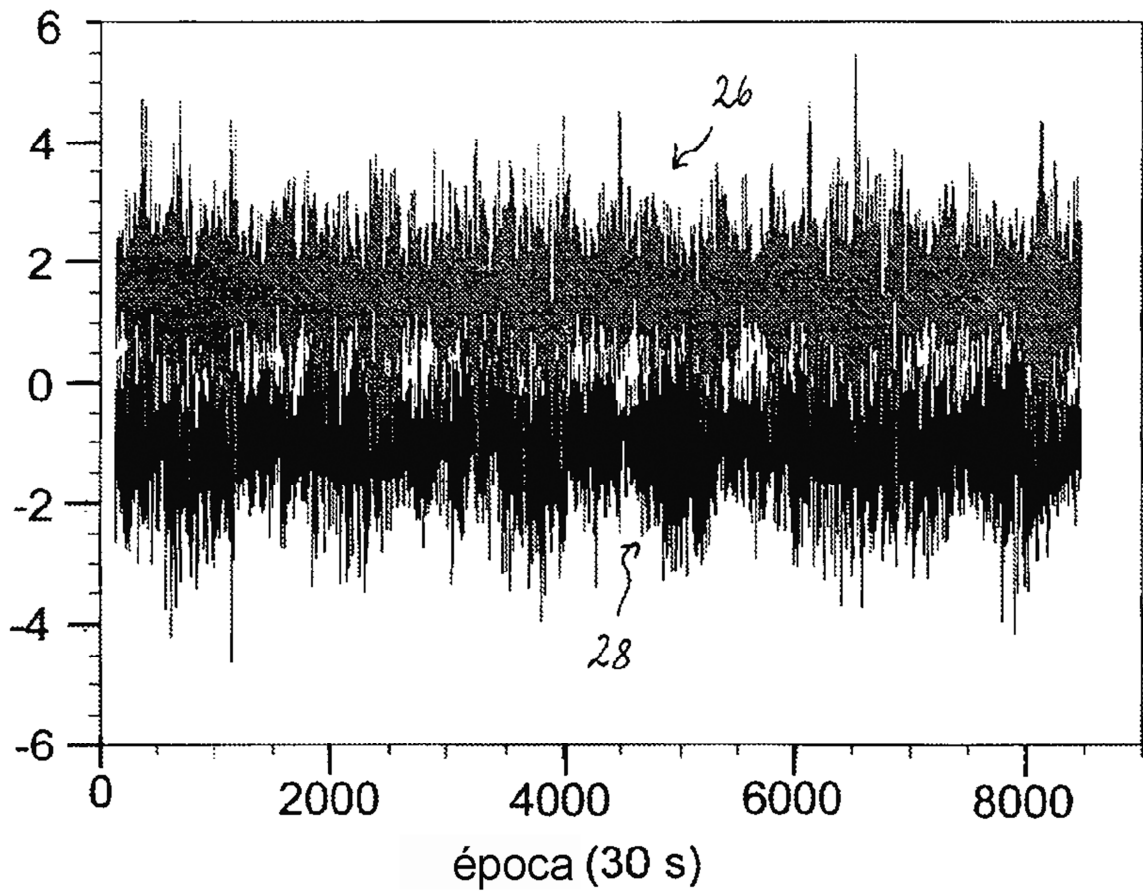


Fig. 5

