



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 332 433**

(51) Int. Cl.:
G01S 1/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **08101907 .7**

(96) Fecha de presentación : **22.02.2008**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1962101**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **27.08.2008**

(54) Título: **Procedimiento y sistema de vigilancia de bucles de seguimiento de código en un receptor de posicionado por satélites.**

(30) Prioridad: **22.02.2007 FR 07 53436**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.02.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.02.2010

(73) Titular/es: **SAGEM DEFENSE SECURITE**
Le Ponant de Paris - 27, rue Leblanc
75015 Paris, FR

(72) Inventor/es: **Bouvet, Denis y**
Artault, Alexandre

(74) Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 332 433 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema de vigilancia de bucles de seguimiento de código en un receptor de posicionado por satélites.

Campo técnico general

La presente invención se refiere a los receptores de posicionado por satélites y se refiere más precisamente a la mejora de las características de los bucles de seguimiento utilizados en dichos receptores.

La invención es en particular aplicable a los receptores de las señales transmitidas por los sistemas GPS, Glonass, Galileo y otros sistemas análogos de posicionado por satélites.

Estado de la técnica

Un receptor de posicionado por satélite utiliza las señales emitidas por una pluralidad de satélites en órbita alrededor de la tierra.

En particular es a través de una pluralidad de canales, cada uno asociado a un satélite, que se ha realizado el seguimiento de un satélite (seguimiento de una señal de un satélite).

Cada uno de los satélites emite sobre una o varias frecuencias dadas una señal modulada en fase por la combinación de un código de ensanchamiento de banda pseudoaleatorio y de un mensaje de navegación que contiene entre otros las efemérides de los satélites (es decir los elementos que definen su órbita y sus variaciones en función del tiempo). La señal puede también ser modulada por una subportadora, según las técnicas BOC (en inglés "*Binary Offset Carrier*") y derivadas.

El posicionado por satélites consiste en medir el tiempo de propagación de la señal emitida por los satélites hasta su llegada a la antena del receptor.

Estos tiempos de propagación multiplicados por la velocidad de transmisión de la señal dan las distancias satélite-receptor (más conocidas por el experto en la materia con el nombre de "pseudodistancias").

Estas, asociadas a la posición de los satélites calculada gracias a las efemérides, permiten calcular la posición del receptor y el desfasado de su reloj con respecto a las de los satélites.

Debe observarse que cuanto mayor es el número de satélites seguidos simultáneamente, mejor será la precisión del cálculo de posición. Este número está directamente relacionado con el número de canales de seguimiento de la señal del cual disponen los receptores de posicionado por satélites.

Debe observarse que para un sistema de posicionado dado, las señales transmitidas por un satélite dado se distinguen, o bien por la frecuencia de la portadora, o bien por el código pseudoaleatorio que modula esta portadora. Pueden también distinguirse por las características de su subportadora eventual.

En la continuación de la descripción, se coloca en el contexto de la recepción de las señales que utilizan una modulación de fase en dos estados (en inglés, "*Binary Phase Shift Keying*", (BPSK)), tal como la utilizada por el sistema GPS para la transmisión de las señales civiles que utilizan el código C/A, y de las señales militares que utilizan el código P(Y).

El principio de la medición consiste en generar para cada satélite visible por el receptor una réplica local del código pseudoaleatorio emitido por el satélite sobre una frecuencia próxima, o mejor igual, a la frecuencia de la señal recibida (transpuesta a baja frecuencia por un módulo de "Tratamiento Radio Frecuencia" no descrito) y en retardar este código local hasta que esté alineado sobre el código de la señal del satélite. El valor de este retardo medido gracias al reloj del receptor corresponde al tiempo de propagación de la señal.

La alineación de los dos códigos se observa por la correlación de los códigos recibida y generada y es mantenido de forma permanente gracias a un bucle de condicionado denominado bucle de seguimiento de código. Tal como es conocido, cada canal de seguimiento del receptor comprende tres correlacionadores, alimentados por una réplica puntual del código (correlacionador denominado "*Prompt*"), desplazado en avance en D/2 chip del código de ensanchado de banda (correlacionador denominado "*Early*") y desplazado en D/2 chip en retardo (correlacionador denominado "*Late*").

Se llamará a estos tres correlacionadores "correlacionadores de pilotaje".

Las figuras 1a, 1b y 1c ilustran respectivamente los resultados procedentes del correlacionador "*Prompt*", del correlacionador "*Early*" y del correlacionador "*Late*".

La figura 1d es la función característica "*Early*" menos "*Late*" (diferencia entre los resultados procedentes de los correlacionadores "*Early*" y "*Late*").

El bucle de seguimiento del código mantiene de forma permanente el correlacionador “*Prompt*” sobre el pico de correlación (véase la figura 1a) condicionando la generación de la réplica del código sobre el “cero”, anotado 0 en la figura 1d, de la función característica “*Early*” menos “*Late*”. Este “cero” corresponde al vértice de la correlación “*Prompt*” (véase la figura 1a).

Se trata ahora del caso en que la señal satélite sólo presenta un trayecto.

Diferentes fuentes de error pueden afectar a la medición de las pseudodistancias y degradar la precisión del cálculo de posición del receptor.

Uno de los errores principales proviene de los trayectos múltiples o multitrayectos.

En efecto, cuando la señal emitida por el satélite es reflejada antes de alcanzar el receptor, el resultado de correlación de las señales indirectas pasa a añadirse al de la señal del trayecto directo. Son posibles entonces dos casos.

El primer caso de multitrayecto denominado “*in-the-chip*” está ilustrado por las figuras 2a, 2b y 2c.

La figura 2a representa las funciones de correlación 12 y 13 respectivamente procedentes de un trayecto directo y de un trayecto reflejado (trayecto indirecto).

En el ejemplo ilustrado por las figuras 2a, 2b y 2c, el trayecto suplementario recorrido por las ondas reflejadas es suficientemente corto para que la función de correlación 12 de la señal reflejada interfiera con la función de correlación 13 del trayecto directo. La forma de la función de correlación 11 procedente del correlacionador “*Prompt*”, tal como se ha ilustrado en la figura 2b es entonces deformada así como la curva característica “*Early*” menos “*Late*” tal como se ha ilustrado en la figura 2c.

El error de seguimiento del código ε está típicamente comprendido entre más o menos un semichip. Este primer caso constituye el objeto de numerosas investigaciones y diferentes soluciones fundadas sobre la correlación estrecha o la deformación del pico de correlación han visto la luz.

El segundo caso de multitrayecto denominado “*out-of-the-chip*” está ilustrado en las figuras 3a, 3b y 3c.

La figura 3a, representa las funciones de correlación 12 y 13 respectivamente procedentes de un trayecto directo y de un trayecto indirecto.

La desviación entre el trayecto indirecto y el trayecto directo es en este ejemplo superior a $(1+D/2)$ chip (tal como es conocido se tiene $D=1$, la desviación es entonces igual a un chip y medio).

En el ejemplo ilustrado en las figuras 3a, 3b y 3c, las funciones de correlación 12 y 13 son suficientemente distintas de manera que el cero de la función característica “*Early*” menos “*Late*” no sea desplazado.

Por poco que el seguimiento de la señal esté condicionado sobre el pico de correlación 13 del trayecto directo, los trayectos indirectos no provocan error sobre la medición de la pseudodistancia. Se trata por tanto, en la adquisición, de buscar las señales satélites barriendo por lo menos con el correlacionador “*Prompt*” y de manera óptima con todos los correlacionadores disponibles en el receptor, el campo de búsqueda en código del más temprano (o más próximo) hacia el más retrasado (o más alejado) para garantizar detectar en primer lugar la energía del trayecto directo. El seguimiento de la señal se condicionará a continuación sobre el primer pico de correlación detectado.

Sin embargo, en cuanto el trayecto directo está enmascarado y solamente una señal reflejada llega al receptor, la adquisición y el seguimiento de la señal corren el riesgo de enclavarse sobre el pico de correlación del trayecto indirecto.

Esto introduce un error en la pseudodistancia, y por ello un error de cálculo de posición.

Para el segundo caso, una solución conocida consiste en dedicar un canal, denominado canal de aportación, a la búsqueda de energía corriente arriba.

Para cada uno de los satélites seguidos por los otros canales del receptor, se efectúa una búsqueda de la señal en avance del pico sobre el cual está condicionado el seguimiento y se aproxima progresivamente la búsqueda del pico corriente.

Si no se detecta ninguna energía, el canal dedicado pasa al satélite siguiente. Una vez que el conjunto de los satélites seguidos ha sido completamente ensayado, el canal dedicado emprende de nuevo su búsqueda de energía en el primer satélite y así sucesivamente.

Un dispositivo para la reducción de los componentes mutívuas en recepción de una señal CDMA, en particular para unos receptores GPS, es conocido a partir del documento EP 1 143 652.

Este enfoque adolece sin embargo del inconveniente de inmovilizar un canal que podría seguir un satélite y aportar una medida suplementaria. El mismo introduce, además, un plazo entre la reaparición del trayecto directo y la detección por el canal de aportación, y por tanto una invalidación retardada de la medida errónea.

5 Presentación de la invención

Con el fin de evitar los inconvenientes de las soluciones conocidas para tratar el segundo caso de los errores de seguimiento del tipo evocado anteriormente, la invención propone según un primer aspecto un procedimiento de vigilancia continua de un bucle de seguimiento de una señal recibida de un satélite, siendo dicha señal adquirida por un receptor de posicionado por satélites a través de un canal asociado a dicho satélite, siendo dicho bucle pilotado por unos resultados de correlación, determinados por medio de correlacionadores de pilotaje, centrados sobre un pico de correlación de la señal recibida y tomando en consideración la señal recibida y las señales de réplica desplazadas temporalmente unas con respecto a las otras, caracterizado porque se determina una pluralidad de energías por medio de una pluralidad de correlacionadores avanzados de vigilancia que toman en consideración la señal recibida y unas señales de réplica temporalmente avanzadas con respecto a las señales de réplica utilizadas por los correlacionadores de pilotaje.

Otras características del procedimiento según el primer aspecto de la invención son las siguientes:

- las señales de réplica están desplazadas unas con respecto a las otras en $DE/2$ chip, siendo DE típicamente igual a uno, porque las señales de réplica S_{RC} y S_{RE} están desplazadas una con respecto a la otra en un chip, y porque las señales están desplazadas unas con respecto a las otras en $D/2$ chip, siendo D típicamente igual a 1;

- el procedimiento comprende además una comparación, por medio de un detector, de cada una de las energías procedentes de los resultados de correlación obtenidos por medio de los correlacionadores avanzados de vigilancia con un umbral de manera que vigilen que el pico de correlación sobre el cual están centrados los correlacionadores de pilotaje es relativo al trayecto directo de la señal recibida;

- el umbral es función de la estimación de la energía del ruido a la salida de los correlacionadores y de la probabilidad de falsa alarma asignada al detector;

- en el caso en que una energía entre las energías procedentes de los resultados de correlación obtenidos por los correlacionadores de vigilancia de un canal es superior o igual al umbral, se invalidan las mediciones asociadas al satélite seguido para no utilizarlas en particular en el cálculo de la posición del receptor;

- en el caso en que una energía entre las energías determinadas por los correlacionadores de vigilancia es superior o igual al umbral, se relanza la adquisición de la señal inicializando dicha adquisición en avance del correlacionador que ha detectado la energía superior a dicho umbral;

- en el caso en que una energía de correlación entre las energías determinadas en los correlacionadores de vigilancia de un canal es superior o igual al umbral, se desplaza el seguimiento de la señal centrando los correlacionadores de pilotaje sobre el emplazamiento del correlacionador de vigilancia para el cual se ha detectado el pico de energía de correlación;

- las señales de réplicas que alimentan los correlacionadores de vigilancia y de seguimiento se obtienen por desplazamiento temporal por medio de un registro de desplazamiento de la señal de réplica;

- las energías procedentes de los resultados de correlación obtenidos por medio de los correlacionadores de vigilancia son calculadas acumulando N veces, de forma no coherente, la energía de correlación calculada de forma coherente sobre k milisegundos, siendo dicha energía de correlación coherente la suma del resultado de correlación en fase elevada al cuadrado con el resultado de correlación en cuadratura elevado al cuadrado;

- las variables k y N son por lo menos función de la probabilidad de falsa alarma asignada al detector y son típicamente iguales a 5 ms y 20 ms respectivamente;

- las señales de réplica que alimentan los correlacionadores de seguimiento y de vigilancia son adyacentes;

- el procedimiento de la invención es utilizado en cada canal para el seguimiento de una señal recibida de un satélite.

Según un segundo aspecto, la invención propone un receptor de posicionado por satélite que comprende sobre un canal asociado a un satélite, que comprende unos bucles de seguimiento de una señal recibida de un satélite, unos correlacionadores de pilotaje centrados sobre un pico de correlación de la señal recibida y que toman en consideración la señal recibida y unas señales de réplica desplazadas temporalmente unas con respecto a las otras, caracterizado porque comprende además una pluralidad de correlacionadores avanzados de vigilancia que toman en consideración la señal recibida y unas señales de réplica temporalmente avanzadas con respecto a las señales de réplica utilizadas por los correlacionadores de pilotaje.

Presentación de las figuras

Otras características y ventajas de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción siguiente, la cual es puramente ilustrativa y no limitativa y debe ser leída con respecto a los planos anexos en los que, además de las figuras 1a, 1b, 1c, 1d, 2a, 2b, 2c, y 3a, 3b, 3c ya descritas:

- la figura 4 es un esquema simplificado de los medios utilizados para la realización del procedimiento según el primer aspecto,
- la figura 5 ilustra la posición relativa de las señales de réplica que alimentan los correlacionadores con respecto al pico de correlación sobre el cual el seguimiento está condicionado.

Descripción de uno o varios modos de realización

La figura 4 es un esquema simplificado de los medios utilizados para la realización del procedimiento según el primer aspecto de la invención.

El procedimiento se realiza en un receptor de posicionado por satélite y en particular en un módulo de seguimiento integrado en dicho receptor.

Un receptor de este tipo es apropiado para proporcionar una medida de su posición.

El procedimiento permite en particular la vigilancia continua del seguimiento de la señal S emitida por un satélite, siendo esta señal adquirida por el receptor de posicionado a través de un canal asociado al satélite.

Tal como es conocido, el enclavamiento de los bucles de seguimiento de código se realiza a continuación de la adquisición de la señal emitida por el satélite.

La adquisición (no descrita en detalle en la presente memoria) consiste en barrer el espacio código-frecuencia realizando una correlación entre una señal generada localmente y la señal recibida hasta detectar un pico de energía de correlación.

Una vez detectado el pico de correlación, los bucles de seguimiento del código y de la portadora de la señal son condicionados sobre este pico.

Cuando tiene lugar el seguimiento de la señal, los bucles de código y de portadora son pilotados por unos determinantes, procedentes de los resultados de correlación I^E , Q^E , I^P , Q^P , I^L , Q^L calculados entre la señal recibida y una señal de réplica S_R generada por medio de un generador 50 de señal de réplica S_R integrado en el receptor.

Estos resultados de correlación son determinados por medio de los correlacionadores de pilotaje E, P, L que toman en consideración la señal de réplica S_R desplazada sucesivamente en $D/2$ chip.

Los correlacionadores utilizan por tanto unas señales de réplicas S_{RE} , S_{RP} y S_{RL} desplazadas temporalmente unas con respecto a las otras.

Debe observarse que la señal de réplica S_R es una señal de código.

Estos determinantes deben ser interpretados como una función de error del bucle de seguimiento.

Según el error de código estimado, se procede a un recalado de la réplica del código generada de manera que el correlacionador "Prompt" P esté siempre centrado sobre el pico de correlación de la señal.

Debe observarse que el receptor puede seguir una pluralidad de satélites a través de una pluralidad de canales.

Tal como es conocido, los receptores de posicionado por satélites del tipo GPS utilizan de ocho a veinticuatro canales para el seguimiento (a fin en particular de seguir las señales satélites sobre las dos frecuencias portadoras que utiliza el sistema GPS).

El procedimiento de la invención permite vigilar que el seguimiento de la señal esté bien enclavado sobre el pico de correlación relativo al trayecto directo de la señal recibida, y no sobre un pico de correlación de un trayecto indirecto.

El procedimiento utiliza una detección de energía corriente arriba apropiada para detectar si el seguimiento está enclavado sobre el pico de correlación de trayecto indirecto distinto del pico principal.

Como ya se ha mencionado, cuando el retardo del trayecto indirecto con respecto al trayecto directo es típicamente superior a un chip y medio de código, el riesgo es enclavar el seguimiento de la señal sobre el pico de correlación de un trayecto indirecto.

ES 2 332 433 T3

La sola utilización de los correlacionadores de pilotaje E, P y L utilizados para el seguimiento no puede evitar este problema.

Se trata del caso “*out-of-the-chip*”, presentado anteriormente.

Así, con el fin de encontrar una energía que los correlacionadores de pilotaje E, P, L no pueden detectar, se determina para cada canal asociado a un satélite, una pluralidad de energías $E^{VE_1}, E^{VE_2}, \dots, E^{VE_C}$ por medio de una pluralidad de correlacionadores avanzados $VE_1, VE_2, \dots, VE_C$, siendo C un entero superior a 1 corriente arriba (en avance) de los correlacionadores E, P, L.

Estos correlacionadores $VE_1, VE_2, \dots, VE_C$ se denominan en la presente memoria “correlacionadores de vigilancia”.

El número de correlacionadores de vigilancia es por ejemplo igual a 30.

Los correlacionadores $VE_1, VE_2, \dots, VE_C$ se utilizan para vigilar, en continuo, sobre cada uno de los satélites seguidos y para cada frecuencia portadora de la señal la aparición de energía de una señal satélite en avance -corriente arriba- de la señal seguida (se observará que en el caso de un receptor GPS que explota las señales de dos portadoras, conocidas por el experto en la materia por L1 y L2, se puede vigilar la aparición de la energía sobre dos canales de seguimiento).

La determinación de una pluralidad de energías por medio de los correlacionadores de vigilancia $VE_1, VE_2, \dots, VE_C$ se efectúa tomado en consideración unas réplicas $S_{R1}, \dots, S_{RC}$ temporalmente avanzadas con respecto a las señales de réplica S_{RC}, S_{RP} y S_{RL} que alimentan los correlacionadores de pilotaje E, P, L.

Las señales de réplica $S_{R1}, \dots, S_{RC}$ se obtienen generando una señal de réplica S_R por medio del generador 50.

Esta señal de réplica S_R alimenta un registro de desplazamiento 70 que desplazará esta señal.

La señal de réplica S_R desplazada por medio del registro de desplazamiento 70 alimenta entonces sucesivamente los correlacionadores $VE_1, VE_2, \dots, VE_C$.

El desplazamiento iniciado en la señal de réplica S_R es función del error de seguimiento del código medido por los correlacionadores de pilotaje y toma en cuenta la desviación entre el primer correlacionador de vigilancia VE_1 y el correlacionador “*Prompt*”, P.

La figura 5 ilustra la posición relativa de los correlacionadores con respecto al pico de correlación sobre el cual está condicionado el seguimiento.

La señal de réplica S_{RC} que alimenta el correlacionador VE_C está avanzada con respecto a la señal de réplica S_{RP} que alimenta correlacionador “*Prompt*”, P en $(1+D/2)$ chip (típicamente un chip y medio).

El desplazamiento entre las señales de réplica que alimentan los correlacionadores de vigilancia podrá ser igual a un semichip del código de ensanchamiento de banda de la señal seguida S, pero este valor no es limitativo.

En efecto, la separación entre las señales de réplica de los correlacionadores de pilotaje puede ser diferente de la separación entre las señales de réplica de los correlacionadores de vigilancia.

Además, los correlacionadores de vigilancia están relacionados con los correlacionadores de pilotaje E, P, L, puesto que la generación de la señal de réplica S_R es pilotada por el condicionado del correlacionador P sobre el pico de correlación de la señal.

Para cada canal de seguimiento, los resultados de correlación procedentes de los correlacionadores de pilotaje E, P, L sirven en particular de entrada al bucle de condicionado en código 10 y permiten derivar la pseudodistancia necesaria para el cálculo de la posición del receptor.

Las energías procedentes de los correlacionadores $VE_1, VE_2, \dots, VE_C$ alimentan un bloque de decisión 30 que si es necesario invalidará las mediciones (y en particular la pseudodistancia) asociadas al satélite seguido, e impedirá su utilización en particular en el cálculo de la posición del receptor.

Para cada uno de los correlacionadores avanzados (VE_1 a VE_C) de cada canal que siguen la señal emitida por un satélite dado, se suman sobre k milisegundos los resultados de correlación en fase I_i ($i=1, \dots, C$) y en cuadratura Q_i ($i=1, \dots, C$) (la duración de esta integración coherente puede ser diferente de la necesaria para calcular los determinantes utilizados para el seguimiento de la señal).

Sin conocimiento previo del mensaje de navegación, k está limitado a 20 ms, o sea la duración de un bit del mensaje emitido por los satélites. Se elegirá sin embargo por ejemplo $k=5$ ms.

ES 2 332 433 T3

Esta limitación puede sin embargo ser elevada por unas estrategias conocidas con el nombre de “*data wipe off*” (no detalladas en la presente memoria).

Las energías denominadas elementales $E_k^{VE_j}$, $j=1, \dots, C$, son calculadas de la manera siguiente

$$E_k^{VE_j} = \left(\sum_{i=1}^k I_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^k Q_i \right)^2, \quad j = 1, \dots, C.$$

Después, siempre para cada correlacionador avanzado (VE_1 a VE_C), se acumula en una suma de N energías elementales consecutivas $E_k^{VE_j}$ de manera que se obtenga la energía resultante E^{VE_j} de la manera siguiente

$$E^{VE_j} = \sum_{k=1}^N E_k^{VE_j}, \quad j = 1, \dots, C.$$

Se elegirá N de manera que minimice la probabilidad de no detección de la invención, se elegirá por ejemplo $N=20$.

Se observará que los valores de k y de N son de manera general por lo menos función de la PFA asignada al detector.

Para cada correlacionador, las energías E^{VE_j} son comparadas con un umbral V a través del bloque de decisión que comprende un detector de multitrayecto.

Según un modo de realización posible, este umbral de detección V es fijado en función de la Probabilidad de Falsa Alarma (PFA) asignada al detector y de la energía del ruido σ_b^2 , estimada para cada canal a partir de las energías elementales $E_n^{VE_j}$ calculadas sobre cada correlacionador (siendo esta estimación alisada en el tiempo y fijada cuando se detecta señal sobre unos correlacionadores).

La PFA permite regular la sensibilidad del detector. Cuanto más débil sea, menores serán las probabilidades de que el ruido solo a la salida de los correlacionadores conduzca a una detección de energía y por tanto a la invalidación de la medición, mientras que el seguimiento de la señal está bien enclavado sobre el pico de correlación del trayecto directo.

El umbral V es por tanto específico de cada canal, puesto que depende de la energía del ruido medida sobre cada canal.

Puesto que la energía E^{VE_j} es la suma de $2N$ variables aleatorias gaussianas de varianza σ_b^2 , E^{VE_j} / σ_b^2 sigue una ley de ji 2 con $2N$ grados de libertad centrada cuando sólo hay ruido a la salida del correlacionador.

Conociendo la PFA, se calcula el parámetro α invirtiendo la fórmula siguiente:

$$PFA(\alpha) = \int_{\alpha}^{+\infty} p(z) dz.$$

en la que

$$p(z) = \frac{z^{N-1} \exp(-z/2)}{2^N \Gamma(N)} \quad y \quad \Gamma(\nu) = \int_0^{+\infty} \exp(-z) z^{\nu-1} dz$$

y el umbral V viene dado por

$$V = \alpha \sigma_{b_est}^2,$$

en la que $\sigma_{b_est}^2$ es la estimación de la energía del ruido σ_b^2 a la salida de los correlacionadores.

Cuando la energía E^{VE_j} sobrepasa el umbral fijado V , esto significa que existe una señal (y no solamente ruido) en avance con respecto a la señal actualmente seguida.

ES 2 332 433 T3

En otros términos, como un trayecto reflejado llega siempre en retardo con respecto al trayecto directo, esto significa que el seguimiento de la señal de satélite está actualmente condicionado sobre un pico de correlación correspondiente a un multitrayecto y proporciona por tanto una medición errónea.

Esta detección 30 permite invalidar 20 las mediciones resultantes (pseudodistancia, pseudovelocidad y fase).

Por otra parte, según diferentes modos de realización posibles, después de haber invalidado la medición actual se puede:

- relanzar la adquisición 40 de la señal iniciando la búsqueda en avance de la energía nuevamente detectada para tener la certidumbre de condicionar el seguimiento sobre el pico del trayecto directo y no sobre el del trayecto reflejado,

- desplazar 60 el seguimiento de la señal centrando los correlacionadores de pilotaje E, P, L sobre el emplazamiento del correlacionador de vigilancia para el cual se ha detectado el pico de energía de correlación.

Así, comparado con la búsqueda secuencial de energía corriente arriba tal como es conocida (donde un canal GPS dedicado ensaya uno a uno los satélites seguidos realizando una búsqueda de energía corriente arriba con respecto al pico seguido sobre cada uno de los otros canales del receptor GPS), en el marco de la invención la capacidad de detección es continua y la invalidación de la o de las mediciones erróneas procedentes de un trayecto indirecto es inmediata.

Así, la invención explota sobre cada canal de seguimiento de una señal emitida por un satélite las salidas de C correlacionadores $VE_1, VE_2, \dots, VE_C$, dispuestos en avance de los correlacionadores de pilotaje E, P, L utilizados en un receptor para calcular las determinantes necesarias para el seguimiento del código, de la portadora y de la fase de las señales emitidas por los satélites.

Las prestaciones del receptor GPS se encuentran por ello mejoradas.

Por otra parte, la invención permite detectar los trayectos indirectos cuya desviación con el trayecto directo está, en el caso de un receptor GPS, provista de correlacionadores separados en un semichip en por lo menos 45 m en código P(Y) y 450 m en código C/A (puesto que un chip de código equivale a 30 m en P(Y) y 300 m en C/A).

Además, la invención no está solamente limitada al procedimiento, sino que se extiende asimismo a los sistemas que disponen de medios para utilizar el procedimiento según el primer aspecto.

Estos medios son en particular un registro de desplazamiento 70 apropiado para desplazar una señal de réplica S_R obtenida por medio de un generador 50 para obtener una pluralidad de señales de réplica que alimentan una pluralidad de correlacionadores y un bloque de decisión 30 para la vigilancia del seguimiento.

La descripción efectuada se ha enfocado sobre los receptores GPS, pero la invención no está evidentemente limitada a este tipo de receptor de posicionado por satélite sino que puede ser transpuesta a otros tipos de receptor tales como los receptores GLONASS, GALILEO, etc....

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de vigilancia continua de un bucle de seguimiento (10) de una señal recibida (S) de un satélite, siendo dicha señal adquirida por un receptor de posicionado por satélite a través de un canal asociado a dicho satélite, siendo dicho bucle (10) pilotado por unos resultados de correlación (E^E , Q^E , I^M , Q^P , I^L , Q^L), determinados por medio de correlacionadores de pilotaje (E, P, L) centrados sobre un pico de correlación de la señal recibida (S) y tomando en consideración la señal recibida (S) y unas señales de réplica (S_{ER} , S_{RP} , S_{RL}) desplazadas temporalmente unas con respecto a las otras,

caracterizado porque se determina una pluralidad de energías (E^{VE1} , E^{VE2} , ..., E^{VEC}) por medio de una pluralidad de correlacionadores avanzados de vigilancia (VE_1 , VE_2 , ..., VE_C) que toman en consideración la señal recibida (S) y unas señales de réplica temporalmente avanzadas (S_{R1} , ..., S_{RC}) con respecto a las señales de réplica (S_{RE} , S_{RP} , S_{RL}) utilizadas por los correlacionadores de pilotaje (E, P, L), y porque se compara por medio de un detector (30) cada una de las energías (E^{VE1} , E^{VE2} , ..., E^{VEC}) procedentes de los resultados de correlación obtenidos por medio de los correlacionadores avanzados de vigilancia (VE_1 , VE_2 , ..., VE_C) con un umbral (V) de manera que vigilen que el pico de correlación sobre el cual están centrados los correlacionadores de pilotaje es relativo al trayecto directo de la señal recibida (S), siendo dicho umbral (V) función de la estimación de la energía del ruido a la salida de los correlacionadores y de una probabilidad de falsa alarma asignada al detector (30).

2. Procedimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado** porque las señales de réplica (S_{R1} , ..., S_{RC}) están desplazadas unas con respecto a las otras en $DE/2$ chip, siendo (DE) típicamente igual a uno, porque las señales de réplica S_{RC} y S_{RE} están desplazadas una con respecto a la otra en un chip, y porque las señales (S_{RE} , S_{RP} , S_{RL}) están desplazadas unas con respecto a las otras en $D/2$ chip, siendo D típicamente igual a 1.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado** porque en el caso en que una energía entre las energías (E^{VE1} , E^{VE2} , ..., E^{VEC}) procedentes de los resultados de correlación obtenidos por los correlacionadores de vigilancia de un canal es superior o igual al umbral (V), se invalidan las mediciones asociadas al satélite seguido para no utilizarlas en particular en el cálculo de la posición del receptor.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado** porque en el caso en que una energía entre las energías (E^{VE1} , E^{VE2} , ..., E^{VEC}) determinadas por los correlacionadores de vigilancia es superior o igual al umbral (V), se relanza la adquisición de la señal (S) inicializando dicha adquisición en avance del correlacionador que ha detectado la energía superior a dicho umbral (V).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado** porque en el caso en que una energía de correlación entre las energías (E^{VE1} , E^{VE2} , ..., E^{VEC}) determinadas en los correlacionadores de vigilancia de un canal es superior o igual al umbral (V), se desplaza el seguimiento de la señal centrando los correlacionadores de pilotaje sobre el emplazamiento del correlacionador de vigilancia para el cual se ha detectado el pico de energía de correlación.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las señales de réplicas que alimentan los correlacionadores de vigilancia (VE_1 , VE_2 , ..., VE_C) y de seguimiento (E, P, L) se obtienen por desplazamiento temporal por medio de un registro de desplazamiento (70) de la señal de réplica (S_R).

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las energías (E^{VE1} , E^{VE2} , ..., E^{VEC}) procedentes de los resultados de correlación obtenidos por medio de los correlacionadores de vigilancia son calculadas acumulando N veces, de forma no coherente, la energía de correlación calculada de forma coherente sobre k milisegundos, siendo dicha energía de correlación coherente la suma del resultado de correlación en fase (I_i), elevada al cuadrado con el resultado de correlación en cuadratura (Q_i) elevado al cuadrado.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado** porque k y N son por lo menos función de la probabilidad de falsa alarma asignada al detector (30).

9. Procedimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado** porque k es por ejemplo igual a 5 ms y N es igual a 20.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las señales de réplica que alimentan los correlacionadores de seguimiento y de vigilancia son adyacentes.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se utiliza en cada canal para el seguimiento de una señal recibida (S) de un satélite.

12. Receptor de posicionado por satélite que comprende sobre un canal asociado a un satélite, que comprende:

- unos bucles de seguimiento (10) de una señal recibida (S) de un satélite,

ES 2 332 433 T3

- unos correlacionadores de pilotaje (E, P, L) centrados sobre un pico de correlación de la señal recibida (S) y que toman en consideración la señal recibida (S) y unas señales de réplica (S_{RE} , S_{RP} , S_{RL}) desplazadas temporalmente unas con respecto a las otras,

5 **caracterizado** porque comprende además una pluralidad de correlacionadores avanzados de vigilancia (VE_1 , $VE_2, \dots$, VE_C) que toman en consideración la señal recibida (S) y unas señales de réplica temporalmente avanzadas ($S_{R1}, \dots$, S_{RC}) con respecto a la señales de réplica (S_{RE} , S_{RP} , S_{RL}), utilizadas por los correlacionadores de pilotaje (E, P, L),

10 - un detector (30) para comparar cada una de las energías (E^{VE1} , $E^{VE2}, \dots$, E^{VEC}) procedentes de los resultados de correlación obtenidos por medio de los correlacionadores avanzados de vigilancia (VE_1 , $VE_2, \dots$, VE_C) con un umbral (V) de manera que vigilen que el pico de correlación sobre el cual están centrados los correlacionadores de pilotaje es relativo al trayecto directo de la señal recibida (S), siendo dicho umbral (V) función de la estimación de la energía del ruido a la salida de los correlacionadores y de una probabilidad de falsa alarma asignada al detector.

15

20

25

30

35

40

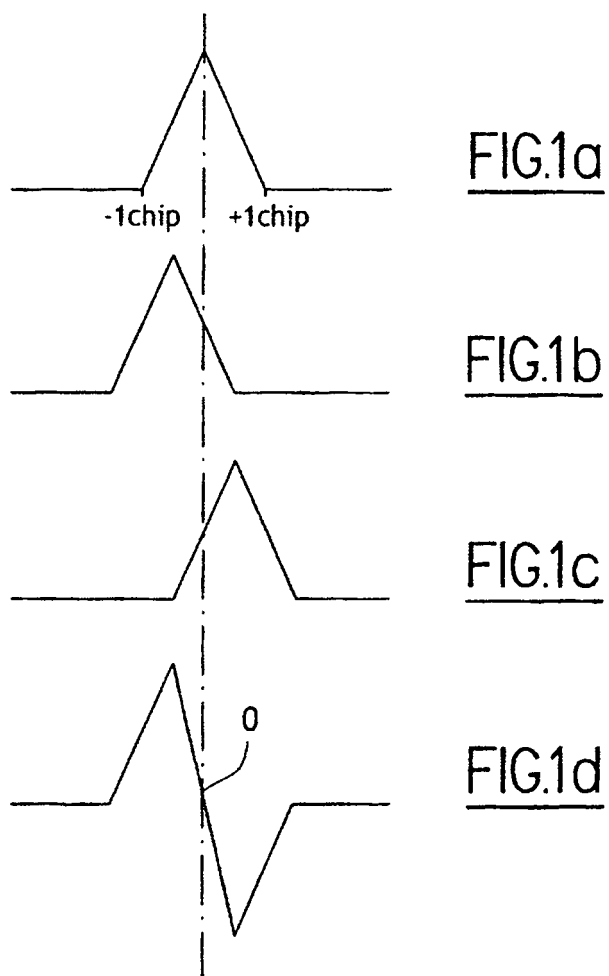
45

50

55

60

65



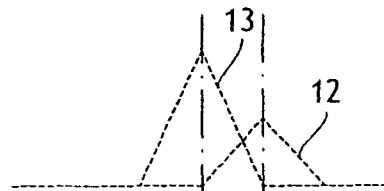


FIG.2a

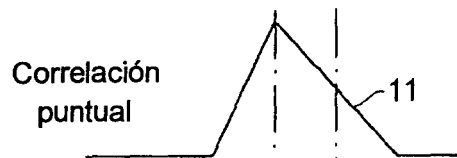


FIG.2b

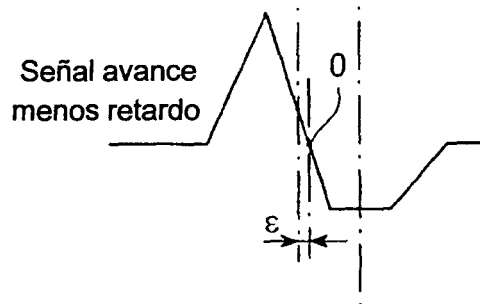


FIG.2c

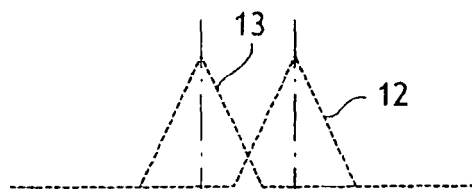


FIG.3a



FIG.3b

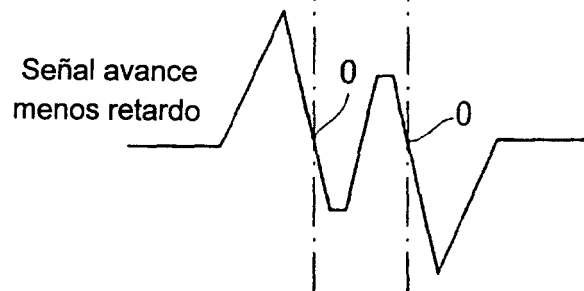


FIG.3c

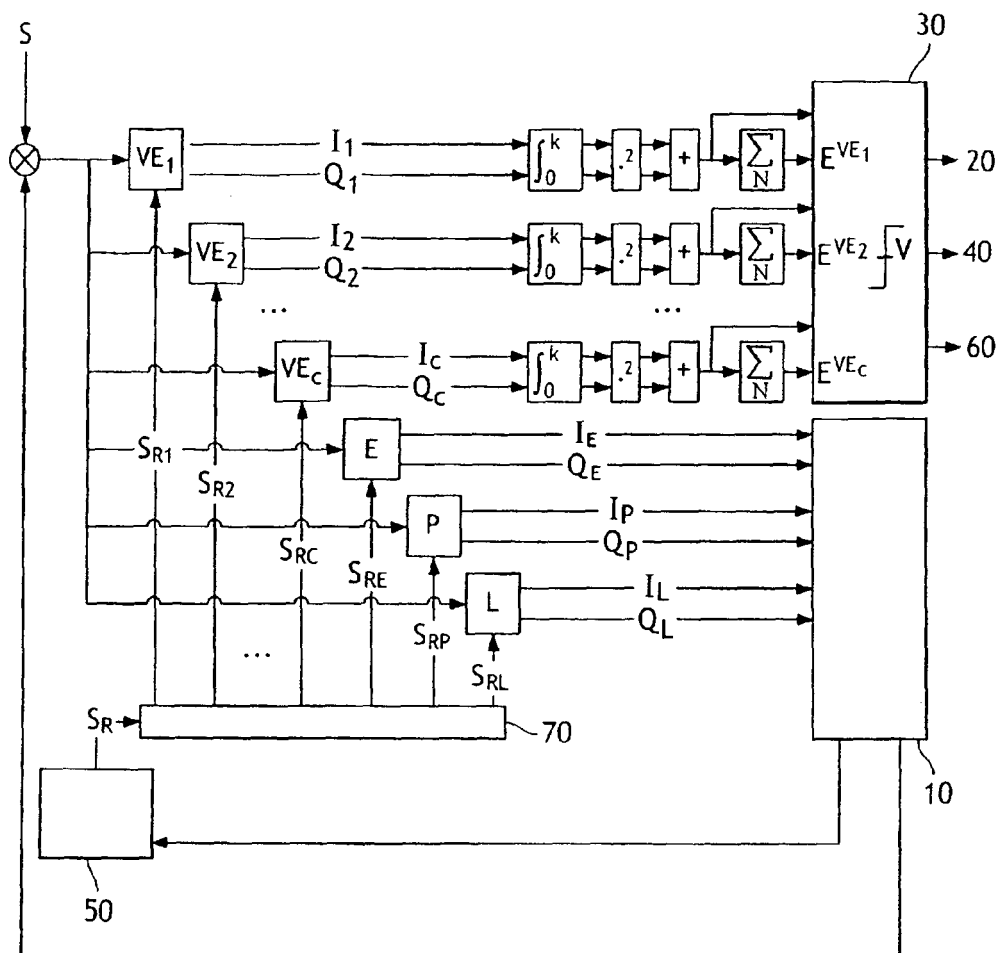


FIG. 4

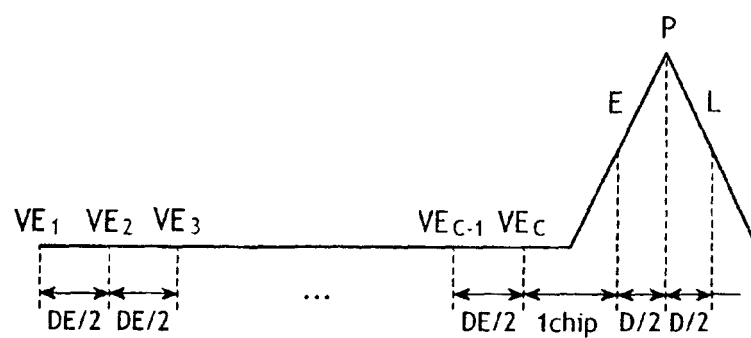


FIG. 5