

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 463**

51 Int. Cl.:

G01S 19/26 (2010.01)

H04B 1/7075 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09815689 .6**

96 Fecha de presentación: **25.09.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2331983**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.06.2011**

54

Título: **Procedimiento para optimizar una adquisición de una señal de espectro ensanchado procedente de un satélite por un receptor móvil**

30

Prioridad:

26.09.2008 FR 0805320

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:

21.12.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:

21.12.2012

73 Titular/es:

**THALES (50.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR y
CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
(C.N.E.S.) (50.0%)**

72 Inventor/es:

**KUBRAK, DAMIEN;
MONNERAT, MICHEL;
RIES, LIONEL y
ARTAUD, GÉRALDINE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 393 463 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 para optimizar una adquisición de una señal de espectro ensanchado procedente de un satélite por un receptor móvil

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para optimizar un proceso de adquisición de una señal de espectro ensanchado, aplicado por un receptor móvil. La invención se aplica, por ejemplo, a cualquier señal de navegación procedente de un sistema global de navegación por satélite de tipo GPS (*Global Positioning System*), Galileo.

10 En este documento se entiende por « receptor móvil » tanto los dispositivos (o receptores), dedicados exclusivamente al posicionamiento por satélite, portátiles o instalados a bordo de un vehículo terrestre, marítimo o aéreo, como los terminales de comunicación equipados con un dispositivo de posicionamiento por satélite, como por ejemplos teléfonos móviles, u ordenadores portátiles o asistentes personales digitales (o PDA), eventualmente de tipo colectivo.

15 En un sistema de posicionamiento por satélite que utiliza unos receptores del tipo GNSS (*Global Navigation Satellite System*), las señales de datos que permiten que el receptor calcule su posicionamiento proceden de diferentes satélites pertenecientes a una constelación de satélites de posicionamiento (cuatro como mínimo para determinar cuatro incógnitas que corresponden a las coordenadas geográficas x, y, z y temporales t del receptor).

20 El posicionamiento por satélite consiste en un encadenamiento de dos etapas. La primera etapa, denominada de adquisición, consiste en determinar, al nivel del receptor móvil en cuestión, los códigos de ensanchamiento pseudo-aleatorios que modulan las señales procedentes de los satélites que pertenecen a la constelación y relacionados con un tiempo de referencia. De hecho, se trata de « comparar » las señales recibidas de los satélites con unas réplicas de señales elaboradas localmente por el receptor y que son el resultado de hipótesis sobre el tiempo de referencia y sobre la frecuencia de cadencia de los satélites, con el fin de deducir de estas los códigos pseudo-aleatorios que modulan dichas señales recibidas o, dicho de otro modo, de sincronizar el reloj de cadencia del receptor y la frecuencia del reloj y la frecuencia de cada satélite. Para ello, se realiza una búsqueda en tiempo-frecuencia de la energía de la señal procedente del satélite, esta búsqueda realizándose habitualmente mediante unas medidas de correlación que se basan en unos pares de hipótesis de tiempo y de frecuencias con el fin de determinar la correlación máxima entre la señal recibida y la réplica local del receptor.

25 La segunda etapa consiste en determinar la posición del receptor móvil a partir de los códigos adquiridos y de los datos de navegación contenidos en particular en las señales recibidas. Esta segunda etapa puede estar dividida de manera más precisa en tres sub-etapas: una sub-etapa de determinación, a partir de los códigos pseudo-aleatorios adquiridos, de los tiempos de propagación de las señales entre cada uno de los satélites y el receptor, una sub-etapa de determinación, a partir de los datos de navegación contenidos en las señales y de los tiempos de propagación, de pseudo-distancias entre el receptor y cada uno de los satélites, y una sub-etapa de determinación de la posición del receptor a partir de las pseudo-distancias. En el documento US 2006/0115022 se describe un ejemplo de sistema de posicionamiento por satélite.

30 La precisión de cada tiempo de propagación y, por lo tanto, de cada pseudo-distancia determina directamente la precisión de la posición. Ahora bien, la precisión de cada tiempo de propagación depende de la calidad de la adquisición de los códigos pseudo-aleatorios de la señal recibida correspondiente, la cual es dependiente de la calidad de dicha señal recibida. En consecuencia, cuando una al menos de las señales recibidas de un satélite es de mala calidad, lo que es relativamente frecuente, en particular en los entornos accidentados o abarrotados como los medios urbanos, la posición determinada es por lo general errónea. Incluso se puede encontrar momentáneamente en la imposibilidad de determinar la posición del receptor, aunque las señales procedentes de los demás satélites sean de buena calidad.

35 El receptor presenta tres incertidumbres de frecuencia a las que se añade una incógnita sobre la fecha que le lleva a realizar la búsqueda en tiempo y en frecuencia de la potencia procedente de un satélite. Estas tres incertidumbres de frecuencia son el efecto Doppler asociado a la movilidad del satélite, la incertidumbre asociada a la precisión del reloj del receptor, y el efecto Doppler asociado a la movilidad del receptor. El efecto Doppler asociado al movimiento del satélite se puede determinar de la manera habitual utilizando, por ejemplo, un servidor de asistencia como el que se utiliza en las técnicas de localización de tipo AGPS (*Assisted GPS*). Los osciladores locales de los relojes son cada vez más eficientes y se han vuelto cada vez más estables. El efecto Doppler asociado al movimiento del receptor se convierte en la fuente principal de las incertidumbres sobre la localización del pico de correlación y, por lo tanto, del receptor.

40 No tener en cuenta el efecto Doppler asociado al receptor puede tener un efecto desastroso en el caso de la adquisición de señales de baja potencia que necesitan integrar la señal recibida de manera coherente en un largo intervalo de tiempo. En efecto, la anchura de las ventanas de integración de las hipótesis de frecuencia siendo inversamente proporcional al tiempo de integración, cuanto más largo es el tiempo de integración de manera coherente, más pequeña es la anchura de las ventanas de integración de las hipótesis de frecuencia y, por lo tanto, más grande es el número de hipótesis de frecuencia. Los barridos en tiempo y en frecuencias implican por tanto una

potencia de cálculo y un tiempo de tratamiento de los datos muy elevado para el receptor y aumentan la incertidumbre en la localización del receptor. En un esquema de adquisición clásico, tal y como se describe por ejemplo en el documento US 2006/0012515, la integración coherente se realiza, por lo general, en una hipótesis de frecuencia que se mantiene igual a lo largo de todo el tiempo de integración, lo que supone que la frecuencia efectiva de la señal recibida es estable durante el tiempo de integración. En una integración coherente larga, el doppler asociado al movimiento del usuario tiene como efecto que varíe la frecuencia efectiva recibida durante dicha integración y esto vuelve inoperante a la integración si esta se realiza en una hipótesis de estabilidad.

La presente invención tiene como objetivo resolver ese problema ofreciendo un procedimiento para optimizar una adquisición de una señal de navegación procedente de un satélite por un receptor móvil que tiene en cuenta el efecto Doppler asociado al receptor y que permite reducir el número de hipótesis de frecuencia que hay que explorar en la búsqueda del pico de correlación de la señal y reducir el tiempo de cálculo en el receptor.

Para ello, la invención tiene por objeto un procedimiento para optimizar una adquisición de una señal de espectro ensanchado procedente de un satélite por un receptor móvil, de acuerdo con la reivindicación 1.

De manera ventajosa, la potencia total de cada trayectoria posible de evolución de la frecuencia de la señal se obtiene sumando de manera coherente los resultados de correlación entre los instantes inicial t_0 y final t_n , la frecuencia tomando sucesivamente todos los valores de frecuencias situadas en la trayectoria seleccionada.

De manera preferente, para cada hipótesis de frecuencia inicial, las trayectorias posibles de evolución de la frecuencia de la señal se determinan teniendo en cuenta las informaciones suministradas por al menos un sensor de inercia localizado en el receptor.

De manera ventajosa, las informaciones suministradas por el sensor de inercia se tienen en cuenta en una envolvente de error que se establece a partir de las características del sensor.

De manera opcional, cuando la variación de las informaciones suministradas por el sensor, entre dos instantes de medición, es inferior a un umbral de variación predeterminado, se decide que el receptor no se ha movido entre los dos instantes de medición y entonces se hace la hipótesis de una frecuencia estable en la integración.

Se mostrarán con claridad otras particularidades y ventajas de la invención en la siguiente descripción que se da a título de ejemplo meramente ilustrativo y no excluyente, en referencia a los dibujos esquemáticos que se adjuntan, que representan:

- figura 1: un ejemplo de estructura de un receptor de un sistema global de navegación por satélite, de acuerdo con la invención;
- figura 2: un ejemplo de gráfico frecuencia-tiempo que representa las hipótesis de frecuencia que hay que explorar en una adquisición en un tiempo de integración dado;
- figura 3: un ejemplo de las trayectorias posibles que hay que explorar para una hipótesis de frecuencia inicial f_1 dada, de acuerdo con la invención;
- figura 4: un ejemplo de trayectorias posibles para una hipótesis de frecuencia inicial f_1 dada, teniendo en cuenta la información suministrada por un sensor de inercia, de acuerdo con la invención.

La estructura que se representa en la figura 1 comprende unos medios de recepción 10 de las señales de radiofrecuencia transmitidas por un satélite, unos medios de adquisición 11 de las señales recibidas para determinar los códigos de ensanchamiento pseudo-aleatorios que modulan las señales procedentes del satélite, unos medios de seguimiento 12 de las señales que permiten compensar la dinámica del receptor, unos medios de cálculo 13 de la posición del receptor. Además, la estructura comprende unos sensores de inercia 14 para suministrar, tras el tratamiento por unos medios de tratamiento 15, unas informaciones relativas a la velocidad y a la actitud del receptor con respecto al satélite.

El gráfico de la figura 2 comprende un eje vertical que corresponde a las hipótesis de frecuencia que hay que explorar y un eje horizontal que corresponden al tiempo de integración. Las hipótesis de frecuencias que hay que explorar están comprendidas entre una frecuencia mínima ligada a un efecto Doppler mínimo y una frecuencia máxima ligada a un efecto Doppler máximo. El eje de los tiempos y el eje de las frecuencias están divididos respectivamente en intervalos temporales elementales y en bandas de frecuencias elementales y cada par frecuencia-tiempo corresponde a una casilla particular del esquema de cuadrícula de la figura 2.

A cada hipótesis de frecuencia le corresponde una disposición relativa receptor-satélite y un desfase de reloj de receptor posibles en un instante dado. Entre dos instantes dados t_0 y t_n la posición del receptor puede evolucionar siguiendo una multitud de trayectorias posibles. Para conocer la posición del receptor en cada instante, la invención consiste, por lo tanto, en explorar cada trayectoria posible y en calcular la potencia de la señal para cada una de esas trayectorias. La trayectoria que presenta la potencia más alta es la trayectoria que ha seguido el receptor. En cada frecuencia f_i dada y en un instante t_k dado correspondiendo a una casilla elemental del gráfico de la figura 2, se calcula la potencia de la señal. Para ello, el receptor correlaciona la señal recibida con una réplica del código pseudo-aleatorio del satélite que ha enviado la señal. Se conoce el código pseudo-aleatorio del satélite y no cambia en toda la vida del satélite. El resultado de la correlación en la frecuencia f_i y en el instante t_k se escribe:

$$s(f_i, t_k, \tau) = \int_{kT}^{(k+1)T} r(t) \cdot c\left(t - kT - \tau \frac{f_i}{f_c} R_c\right) \cdot e^{-2j\pi f_i t} dt$$

En la que $r(t)$ es la señal que recibe el receptor, $c(t)$ es el código de ensanchamiento que se utiliza en la modulación de la señal recibida, T es el tiempo de integración coherente que corresponde de manera general a un periodo del código de ensanchamiento $c(t)$, τ es el desfase estimado entre el código de ensanchamiento recibido y el código de ensanchamiento transmitido, f_c es la frecuencia de la portadora (tradicionalmente 1.575,42 MHz para GPS L1C/A), R_c es el ritmo de fragmentos del código de ensanchamiento (tradicionalmente 1.023 Mfragmentos/s para GPS L1C/A). Por ejemplo, en el caso de una señal GPS C/A, T es de manera habitual igual a 1 ms. Pero T podría tener cualquier otro valor.

Cuando se han realizado todas las correlaciones elementales correspondientes a cada hipótesis de frecuencia, el procedimiento de acuerdo con la invención consiste en seleccionar una primera hipótesis de frecuencia inicial f_1 correspondiente a un instante inicial t_0 , a continuación en seleccionar una trayectoria particular de evolución de la frecuencia de la señal entre t_0 y t_n entre todas las trayectorias posibles y en determinar la potencia total de la señal que corresponde a esa trayectoria mediante la suma de cada elemento $s(f_i, t_k, \tau)$ que constituye la trayectoria. t_n corresponde al instante final de la búsqueda. La figura 3 ilustra el conjunto de las trayectorias posibles a partir de una hipótesis de frecuencia inicial f_1 en un instante t_0 hasta el instante t_n . La potencia total correspondiente a una trayectoria seleccionada se obtiene sumando de manera coherente los resultados de correlación $s(f_1, t_k, \tau)$, t_k tomando sucesivamente todos los valores entre t_0 y t_n , y f_1 tomando sucesivamente todos los valores de frecuencias situadas en la trayectoria seleccionada. Por ejemplo, en el instante t_1 , el valor de la frecuencia puede haber evolucionado al valor f_2 o f_3 o mantenerse invariable.

A partir de la misma hipótesis de frecuencia, a continuación se seleccionan de manera sucesiva todas las trayectorias posibles, una tras otra, y se calcula su potencia respectiva de forma similar. Entre todas las trayectorias posibles, solo existe una única trayectoria que permite una recombinación de los resultados de correlación no destructiva, que se ilustra con trazo grueso 3 en la figura 3. Esa trayectoria depende, entre otros aspectos, de la dinámica relativa entre el satélite y el receptor. A esa trayectoria le corresponde, por lo tanto, una potencia máxima de la señal. El procedimiento de acuerdo con la invención consiste por tanto, para cada hipótesis de frecuencia inicial, en seleccionar la trayectoria cuya potencia total es la más alta y en decidir que, entre todas las trayectorias seleccionadas en cada hipótesis de frecuencia, la trayectoria que tiene la potencia más alta es la trayectoria más verosímil y corresponde a la trayectoria real seguida por el receptor.

Este procedimiento que exige explorar todas las trayectorias posibles para cada hipótesis de frecuencia inicial es muy pesado y muy largo en tiempo de tratamiento. De manera ventajosa, para reducir el número de trayectorias que hay que explorar para cada hipótesis de frecuencia inicial, entre los instantes inicial y final, el procedimiento comprende una etapa intermedia que consiste en utilizar al menos un sensor de inercia, por ejemplo de tipo MEMS (*Micro-Electro-Mechanical Systems*). El sensor de inercia está colocado, por ejemplo, en el receptor y suministra unas informaciones relativas a la posición del receptor como, por ejemplo, la aceleración y/o la posición angular del receptor, y/o el rumbo con respecto al norte magnético, suministrándose esas informaciones para las tres direcciones espaciales. Para ello, el sensor de inercia puede comprender un acelerómetro de tres ejes y/o un giroscopio de tres ejes y/o un magnetómetro de tres ejes. Las informaciones que suministra el sensor de inercia se tratan a continuación con los medios de tratamiento para obtener la actitud y/o la posición y/o la velocidad del receptor. Esos datos se transmiten entonces a los medios de adquisición para que se tengan en cuenta en la fase de adquisición las posiciones sucesivas del receptor suministradas por el sensor de inercia y de este modo limitar las hipótesis de las evoluciones de frecuencia a lo largo del tiempo y, por lo tanto, el tiempo de tratamiento durante la fase de adquisición. En efecto, una hipótesis de frecuencia corresponde a una hipótesis del efecto Doppler y el efecto Doppler es proporcional a la velocidad relativa entre el usuario y el satélite. En consecuencia, la información que suministra el sensor de inercia es una información relativa a la evolución del efecto Doppler durante la adquisición. Esta información permite acotar las posibilidades de recombinaciones posibles entre los instantes inicial y final.

La figura 4 es un ejemplo que representa las trayectorias posibles para una hipótesis de frecuencia inicial f_1 dada, teniendo en cuenta la información suministrada por el sensor de inercia. La trayectoria real 3 que corresponde a la potencia máxima de la señal se representa con trazo grueso, las trayectorias 2 que hay que explorar a causa de la incertidumbre sobre las informaciones procedentes del sensor de inercia presentan un margen de error que aumenta, en particular, con el tiempo de funcionamiento del sensor y la temperatura. Al venir dadas las características de los sensores por el fabricante, tras el tratamiento, el margen de error sobre las informaciones que emite el sensor se puede convertir en frecuencia y a partir de esas características se puede determinar con facilidad una envolvente del error de frecuencia correspondiente a un sensor dado.

5 De este modo, tal y como se muestra en la figura 4, el procedimiento consiste entonces, cuando se han realizado todas las correlaciones elementales correspondientes a cada hipótesis de frecuencia, en seleccionar una hipótesis de frecuencia inicial f_1 que corresponde a un instante inicial t_0 , en seguir la trayectoria extraída de las informaciones suministradas por el sensor hasta un instante t_k que corresponde al momento en el que los datos suministrados por el sensor comienzan a presentar un margen de error, y a continuación entre el instante t_k y el instante final t_n , en seleccionar una trayectoria entre todas las trayectorias posibles comprendidas en la envolvente del error de frecuencia establecida previamente.

10 De manera ventajosa, el procedimiento puede comprender también una opción que consiste en realizar una discriminación de la información que proporciona el sensor cuando este indica que el receptor no se ha movido. La discriminación se realiza introduciendo un umbral de desplazamiento por debajo del cual se decide seguir la información indicada por el sensor. De este modo, en el caso de que el sensor indique que, entre dos instantes de medición consecutivos, el receptor se ha movido una distancia inferior al umbral de desplazamiento, el procedimiento considera que el receptor, y por lo tanto la frecuencia, no se ha movido durante esos dos instantes de medición.

15 El procedimiento presenta las ventajas de permitir la detección de toda la potencia de la señal recibida durante todo el tiempo de integración sin afectar al tiempo de tratamiento y, por lo tanto, al tiempo de respuesta del receptor. Por otra parte, el receptor gana en sensibilidad en su capacidad de detección de las bajas potencias ya que el procedimiento permite la consideración de un mayor número de hipótesis frecuencia-tiempo.

20 Aunque se haya descrito la invención en relación a un modo de realización particular, resulta evidente que no está limitada en absoluto a esta y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos así como sus combinaciones si estas entran dentro del marco de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para optimizar una adquisición de una señal de espectro ensanchado procedente de un satélite por un receptor móvil, que consiste:

- 5 - en recibir (10) una señal transmitida por al menos un transmisor, la señal modulándose mediante un código pseudo-aleatorio;
- en elaborar una réplica local del código pseudo-aleatorio de la señal transmitida;
- en emitir una multitud de hipótesis relativas a la frecuencia f_i de la señal recibida en un instante inicial t_0 y a la evolución de esa frecuencia a lo largo del tiempo hasta un instante final t_n que corresponde a un tiempo de integración, cada hipótesis de evolución de la frecuencia de la señal entre el instante inicial y el instante final denominándose trayectoria de evolución;
- 10 - en calcular las funciones de correlación $s(f_i, t_k, \tau)$ de todos los pares de hipótesis frecuencia-tiempo (f_i, t_k) , t_k siendo un instante comprendido entre t_0 y t_n , τ siendo el desfase temporal entre el código pseudo-aleatorio recibido y el código pseudo-aleatorio transmitido;

caracterizado porque consiste, además:

- 15 - en adquirir, a partir de al menos un sensor de inercia (14), unas informaciones de posiciones sucesivas del desplazamiento del receptor móvil entre los instantes t_0 y t_n ;
- a partir de las informaciones de posiciones sucesivas, en deducir un efecto Doppler entre el receptor móvil y el satélite entre los instantes t_0 y t_n , y en determinar una evolución de la frecuencia f_i entre los instantes t_0 y t_n que corresponden al efecto Doppler;
- 20 - en emitir una primera hipótesis de frecuencia inicial f_1 relativa a la frecuencia de la señal recibida en el instante inicial t_0 y a continuación en seleccionar las trayectorias de evolución de la frecuencia f_1 correspondientes a las informaciones de posiciones suministradas por el sensor de inercia (14) y a unas hipótesis de evolución de la frecuencia comprendidas en una envolvente del error (1) establecida a partir de las características del sensor de inercia (14);
- 25 - en determinar la energía total respectiva, que corresponde al máximo de la función de correlación denominada también pico de correlación, de todas las trayectorias de evolución seleccionadas entre los instantes t_0 y t_n , la energía total de cada trayectoria de evolución seleccionada obteniéndose al sumar de manera coherente los resultados de correlación entre los instantes inicial t_0 y final t_n , la frecuencia tomando sucesivamente todos los valores de frecuencias situadas en la trayectoria de evolución seleccionada;
- 30 - en validar la trayectoria de evolución cuya energía total es la más alta;
- en seleccionar de manera sucesiva todas las demás hipótesis de frecuencias iniciales posibles y, para cada hipótesis de frecuencia inicial, en validar la trayectoria de evolución de la frecuencia de la señal cuya energía total es la más alta;
- 35 - en decidir que, entre todas las trayectorias validadas en cada hipótesis de frecuencia, la trayectoria que tiene la energía más alta (3) es la trayectoria más verosímil y corresponde a la trayectoria real seguida por el receptor.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** cuando la variación de las informaciones suministradas por el sensor, entre dos instantes de medición, es inferior a un umbral de variación predeterminado, se decide que el receptor no se ha movido entre los dos instantes de medición y se realiza entonces la hipótesis de una frecuencia estable en la integración.

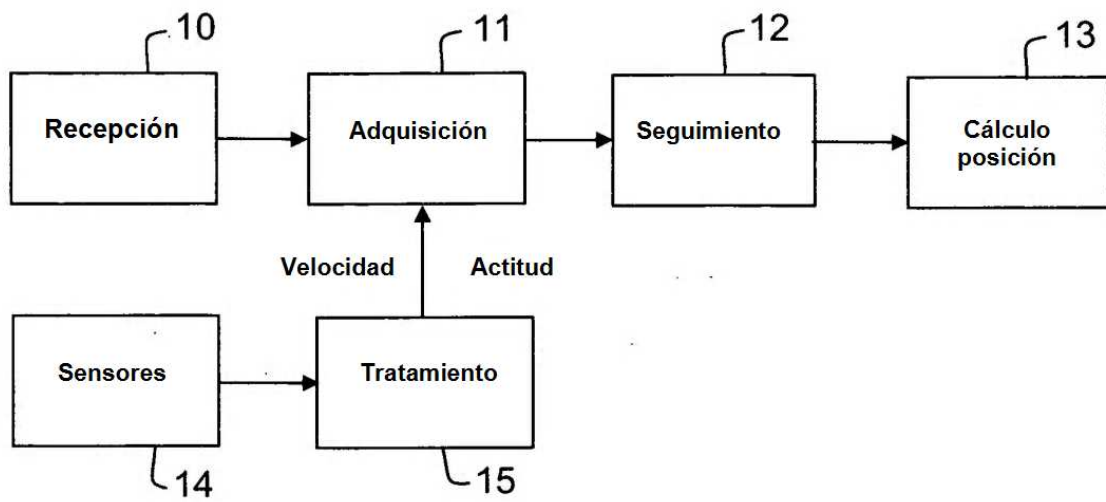


FIG.1

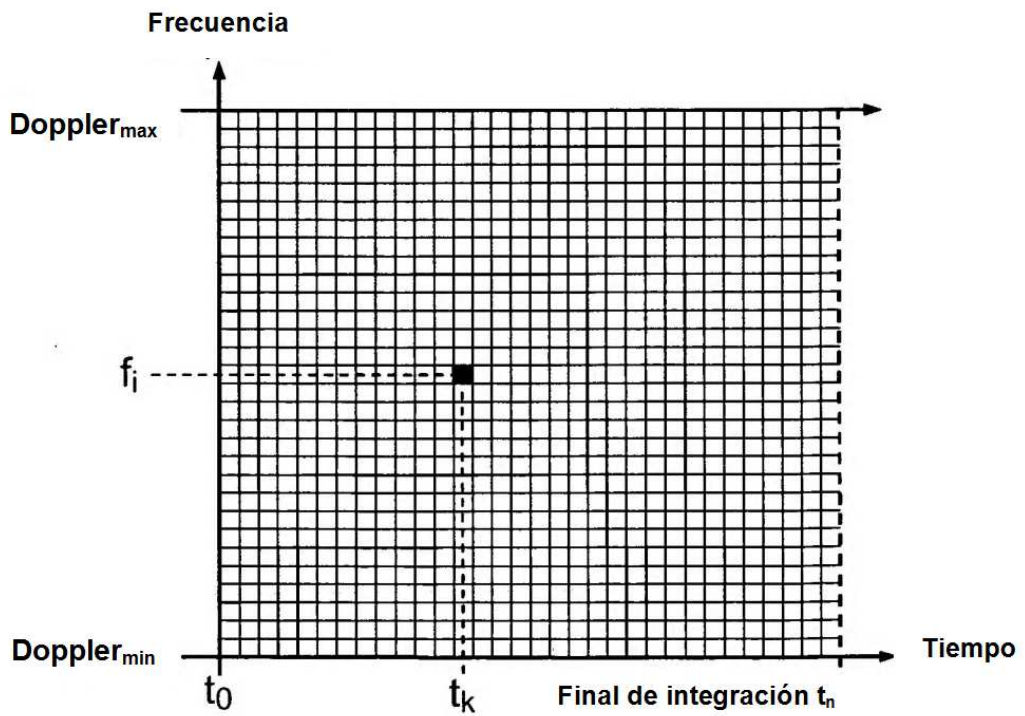


FIG.2

