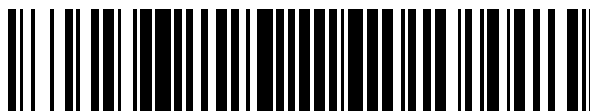


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 489**

51 Int. Cl.:

G01S 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2017** **PCT/EP2017/066109**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.01.2018** **WO18002208**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2017** **E 17732478 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020** **EP 3479136**

54 Título: **Procedimiento de estimación de un tiempo de llegada medio de un tren de impulsos**

30 Prioridad:

30.06.2016 FR 1601033

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

04.11.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SEUTE, HUGO;
ENDERLI, CYRILLE y
GRANDIN, JEAN-FRANÇOIS

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 791 489 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 estimación de un tiempo de llegada medio de un tren de impulsos

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de estimación de un tiempo de llegada medio en un detector de radares de un tren de impulsos emitido por un emisor. La presente invención también se relaciona con un dispositivo asociado de estimación de un tiempo de llegada medio en un detector de radares de un tren de impulsos.

[0002] Un detector de radares es apropiado para recibir impulsos procedentes de emisores radar distintos. Tal
10 detector de radares comprende normalmente un receptor de impulsos radar y una unidad de procesamiento de los impulsos recibidos. El receptor tiene como función recibir, detectar y caracterizar los impulsos procedentes de los emisores radar. Los impulsos son recibidos al ritmo de su emisión, el receptor es apropiado para producir caracterizaciones sucesivas correspondientes a los diferentes impulsos radar en el orden de su recepción. La unidad de procesamiento tiene como función clasificar, según un criterio de coherencia, los impulsos recibidos para construir
15 conjuntos de impulsos representativos de los emisores radar de origen.

[0003] Sin embargo, la clasificación efectuada por tal unidad de procesamiento se limita cuando las características de los diferentes emisores radar están próximas entre sí.

20 **[0004]** Además, es probable que tal clasificación cree trenes de impulsos caracterizados que no se corresponden con los trenes de impulsos realmente emitidos por cada uno de los emisores radar. Por ejemplo, los impulsos de un tren de impulsos pueden ser inexistentes con respecto al tren de impulsos realmente emitido o incluso provenir de otro emisor radar.

25 **[0005]** Además, también es probable que falten impulsos debido a la sensibilidad limitada del detector de radares o incluso a la interrupción en la recepción de las señales de radar. Los límites de sensibilidad del detector de radar se deben, por ejemplo, a una señal de potencia demasiado baja, a la falta de iluminación del detector de radares o incluso a fenómenos de propagación hertziana de la plataforma portadora del detector de radares.

30 **[0006]** Además, con el fin de localizar los emisores radar, en concreto a partir de procedimientos basados en la diferencia en tiempo de llegada (en inglés *Time Difference Of Arrival*), son conectados a la red varios detectores de radares. Los tiempos de llegada de los trenes de impulsos recibidos por tales detectores de radares son transmitidos entonces a un dispositivo central, cuya función es localizar los emisores radar a partir de los tiempos de llegada transmitidos.

35 **[0007]** No obstante, tales transmisiones requieren una velocidad de transferencia de datos relativamente alta en comparación con los enlaces de datos normalizados existentes.

[0008] El documento US 5 583 505 A describe un ejemplo de un sistema de detección y clasificación de impulsos radar. El documento US 2005/033789 A describe un dispositivo de correlación múltiple configurado para
40 estimar un periodo de repetición de los impulsos asociado a un tren de impulsos recibido. El documento EP 2 309 289 A describe un procedimiento de separación de un tren de impulsos radar anidados.

[0009] Así pues, existe una necesidad de un procedimiento que permita estimar con precisión los tiempos de
45 llegada de trenes de impulsos recibidos por un detector de radares, permitiendo al mismo tiempo una transmisión de los tiempos de llegada estimados con una velocidad de transmisión de datos adaptada para los enlaces de datos normalizados existentes.

[0010] A tal fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de estimación de un tiempo de llegada medio en
50 un detector de radares de un tren de impulsos emitido por un emisor, proporcionando el detector de radares un tiempo de llegada para cada impulso del tren de impulsos y un periodo de repetición de los impulsos del tren de impulsos, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- determinación, para cada impulso del tren de impulsos, del resto de la división euclidiana del tiempo de llegada del
55 impulso por el periodo de repetición de los impulsos, y
- estimación de un tiempo de llegada medio del tren de impulsos a partir de un promedio de los restos determinados para cada impulso.

[0011] La invención se integra, preferentemente, en un detector de radares, más precisamente con la parte
60 anteriormente denominada unidad de procesamiento.

[0012] Según unos modos de aplicación particulares, el procedimiento de estimación comprende una o varias de las características siguientes, tomadas de forma aislada o según cualquier combinación técnicamente posible:

65 - la etapa de estimación comprende la asociación de un número con cada impulso del tren de impulsos, siendo el

número de cada impulso obtenido por la división del tiempo de llegada del impulso por el periodo de repetición de los impulsos, comprendiendo la etapa de estimación, además, la determinación de una recta de regresión a partir de pares formados por los números de los impulsos y los restos determinados para los impulsos, siendo el tiempo de llegada medio estimado una función de la intersección de la recta de regresión.

- 5 - para cada impulso del tren de impulsos, el número y el resto se calculan a partir del tiempo de llegada del impulso menos un desplazamiento, siendo el desplazamiento seleccionado de modo que la diferencia entre el tiempo de llegada del primer impulso del tren y el desplazamiento esté comprendido en un amplio sentido entre cero y el periodo de repetición de los impulsos.
 - la recta de regresión es obtenida por el procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios.
- 10 - el periodo de repetición de los impulsos se ve afectado por un error de estimación, siendo dicho error de estimación igual al opuesto de la pendiente de la recta de regresión.
 - los datos de llegada de impulsos se ven afectados por un error de medición, la etapa de estimación comprende el cálculo, para cada impulso del tren, de un residuo igual al valor absoluto de la diferencia entre el resto y el valor dado por la recta de regresión para el número correspondiente al resto considerado, dividido por la desviación típica del error de medición en los datos de llegada, comprendiendo la etapa de estimación, además, la eliminación de los impulsos cuyo residuo es superior o igual a un umbral predeterminado y la repetición de la subetapa de determinación de una recta de regresión a partir de los impulsos restantes.
 - el umbral predeterminado es igual a tres.
 - el procedimiento comprende la repetición de las subetapas de determinación de la recta de regresión, cálculo de un residuo y eliminación de impulsos hasta que los residuos calculados estén estrictamente por debajo del umbral predeterminado.
 - cuando los residuos son superiores o iguales al umbral predeterminado y corresponden a al menos tres números de impulsos consecutivos, se considera que el periodo de repetición de los impulsos tiene cambios de valores.

25 **[0013]** La invención también se refiere a un dispositivo de estimación de un tiempo de llegada medio en un detector de radares de un tren de impulsos emitido por un emisor, comprendiendo el dispositivo un procesador configurado para:

- recibir un dato de llegada de cada impulso del tren de impulso y un periodo de repetición de los impulsos de dicho tren de impulsos, procedentes del detector de radares,
- 30 - determinar, para cada impulso del tren de impulsos, el resto de la división euclidiana del tiempo de llegada del impulso por el periodo de repetición de los impulsos, y
- estimar un dato de llegada medio del tren de impulsos a partir de un promedio de los restos determinados para cada impulso.

35 **[0014]** Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la lectura de la descripción que se ofrece a continuación de realizaciones de la invención, proporcionada a modo de ejemplo únicamente y en referencia a los dibujos que son:

- 40 - figura 1, una vista esquemática de un ejemplo de un emisor, un detector de radares y un dispositivo de estimación de un tiempo de llegada medio de un tren de impulsos recibido por el detector de radares,
- figura 2, un ejemplo de un diagrama de flujo de las etapas de un procedimiento de estimación de un tiempo de llegada medio de un tren de impulsos recibido por un detector de radares,
- figura 3, un primer ejemplo de una representación de los restos determinados para cada impulso en función de los
- 45 números de cada impulso, comprendiendo la representación zonas en las que faltan los impulsos,
- figura 4, un segundo ejemplo de una representación de los restos determinados para cada impulso en función de los números de cada impulso, constando la representación de un valor atípico, y
- figura 5, un tercer ejemplo de una representación de los restos determinados para cada impulso en función de los números de cada impulso, el periodo de repetición de los impulsos varía con el tiempo.

50 **[0015]** Un emisor 8, un detector de radares 9 y un dispositivo 10 de estimación del tiempo de llegada medio de un tren de impulsos recibido por el detector de radares 9 son ilustrados por la figura 1.

[0016] El emisor 8 está dispuesto sobre una plataforma portadora, por ejemplo, una aeronave, un dron, un buque, un vehículo terrestre o una estación terrestre.

[0017] El emisor 8 está configurado para emitir trenes de impulsos.

[0018] El emisor 8 es, por ejemplo, un emisor de señales de radar.

60 **[0019]** El detector de radares 9 está dispuesto sobre una plataforma portadora distinta de la plataforma portadora del emisor 8. La plataforma portadora del detector de radares 9 es, por ejemplo, una aeronave, un dron, un buque, un vehículo terrestre o una estación terrestre.

65 **[0020]** El detector de radares 9 está configurado para recibir trenes de impulsos, en concreto procedentes del

emisor 8.

[0021] El detector de radares 9 comprende un receptor de impulsos que llegan al detector de radares 9 y una unidad de procesamiento de dichos impulsos.

5

[0022] El receptor del detector de radares 9 tiene como función recibir, detectar y caracterizar los impulsos procedentes de los emisores radar. En particular, el receptor del detector de radares 9 tiene como función medir los tiempos de llegada de los impulsos de los trenes de impulsos emitidos por el emisor 8 y que llegan al detector de radares 9.

10

[0023] La unidad de procesamiento del detector de radares 9 tiene como función clasificar, según un criterio de coherencia, los impulsos recibidos para construir conjuntos de impulsos representativos de los emisores radar de origen.

15 **[0024]**

El detector de radares 9 es, por ejemplo, un detector de señales de radar.

[0025]

El detector de radares 9 está conectado al dispositivo 10 que, por ejemplo, se dispone en la misma plataforma que el detector de radares 9.

20 **[0026]**

El dispositivo 10 es un conjunto de procesamiento conectado a la unidad de procesamiento del detector de radares 9. A este respecto, el dispositivo 10 es, por ejemplo, un procesador dedicado.

[0027]

Como variante, el dispositivo 10 se integra en el sistema de procesamiento del detector de radares 9.

25 **[0028]**

El procesador del dispositivo 10 comprende una unidad de procesamiento de datos, memorias y un lector de soporte de informaciones.

[0029]

El procesador del dispositivo 10 es apropiado para interactuar con un producto de programa informático que comprende un soporte de informaciones legible por el procesador, habitualmente por la unidad de procesamiento de datos del procesador. En el soporte legible de información se almacena en memoria un programa informático que comprende instrucciones de programa.

30

[0030]

El programa informático se puede cargar en la unidad de procesamiento de datos del procesador y está adaptado para provocar la implementación de un procedimiento de estimación de un tiempo de llegada medio de un tren de impulsos recibido por el detector de radares 9.

35

[0031]

Se describe ahora con referencia a la figura 2 un ejemplo de aplicación de un procedimiento de estimación que usa el dispositivo 10.

40 **[0032]**

A lo largo de la descripción, el índice n indica el n -ésimo impulso de un tren de impulsos.

[0033]

Inicialmente, el procedimiento de estimación comprende una etapa 100 de suministro, por el detector de radares 9, al dispositivo 10, los tiempos de llegada t_n al detector de radares 9 de los impulsos del tren de impulsos emitido por el emisor 8. Tales tiempos de llegada t_n han sido, por ejemplo, medidos por el receptor del detector de radares 9.

45

[0034]

La etapa de suministro 100 comprende, también, el suministro por el detector de radares 9, al dispositivo 10, de una estimación del periodo de repetición de los impulsos T emitidos por el emisor 8. El periodo de repetición de los impulsos T es, por ejemplo, estimado por la unidad de procesamiento del detector de radares 9. Tal periodo de repetición de los impulsos T corresponde a la duración que separa dos impulsos consecutivos emitidos por el emisor 8.

50

[0035]

En una variante, el periodo de repetición de los impulsos T surge, por ejemplo, de una base de datos tras la identificación del emisor 8.

55

[0036]

Es probable que el periodo de repetición del impulso proporcionado T se vea afectado por un error de estimación. El error de estimación en el periodo de repetición de los impulsos se debe, por ejemplo, al efecto Doppler, en concreto cuando la variación de la distancia relativa entre el emisor y el detector de radares ya no es insignificante durante la duración de recepción. Tal situación se da, por ejemplo, en el caso de los detectores de radares integrados que cambian a gran velocidad. Es probable que el error de estimación se deba a que un valor del periodo de repetición de los impulsos de una base de datos no corresponda exactamente con el del radar recibido.

60

[0037]

Se supone que el error de estimación es pequeño delante del valor del periodo de repetición de los impulsos. Por ejemplo, si el periodo de repetición de los impulsos es del orden de los milisegundos, se supone que el error de estimación es del orden de los microsegundos.

65

[0038] El procedimiento de estimación comprende una etapa 110 de determinación de un número x_n para cada impulso del tren de impulsos recibido por el detector de radares 9, cuyo tiempo de llegada es t_n . Ventajosamente, el número x_n de cada impulso es igual a la parte entera de la división de la diferencia entre el tiempo de llegada t_n del impulso y un desplazamiento, por el periodo de repetición de los impulsos T proporcionado; que se resume por la siguiente expresión:

$$x_n = \left\lfloor \frac{t_n - \Delta}{T} \right\rfloor \quad (1)$$

10 en la que:

- T es el periodo de repetición de los impulsos,
- Δ es un desplazamiento seleccionado para que el tiempo de llegada del primer impulso del tren y el desplazamiento se comprendan en un amplio sentido entre cero y el periodo de repetición T , y
- $\lfloor X \rfloor$ es la parte entera de X .

[0039] El procedimiento de estimación comprende una etapa 120 de determinación, para cada impulso del tren de impulsos recibido, del resto y_n de la división euclidiana del tiempo de llegada t_n , desplazado por el valor de Δ previamente seleccionado, por el periodo de repetición de los impulsos T . Tal resto y_n se expresa de la siguiente manera:

$$y_n = (t_n - \Delta) - x_n \cdot T \quad (2)$$

[0040] Los valores del tiempo de llegada t_n se derivan de las mediciones efectuadas por el detector de radares 9 y, como tal, los valores del tiempo de llegada t_n son, de hecho, iguales a un valor verdadero $t_{v,n}$ añadido a un error de medición w_n . De la misma manera, el periodo de repetición de los impulsos T se determina a partir de los tiempos de llegada t_n estimados por el detector de radares 9, lo que significa que el periodo de repetición de los impulsos T equivale a un valor verdadero T_v añadido a un error de estimación ε_T .

[0041] Así, el resto y_n corresponde al tiempo de llegada en el que el impulso correspondiente debería haber llegado al detector de radares 9, con un error de medición w_n cercano y con un error de estimación ε_T en el periodo de repetición de los impulsos cercano.

[0042] El resto y_n se expresa también de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} y_n &= (t_{v,n} + w_n - \Delta) - x_n \cdot (T_v + \varepsilon_T) \\ y_n &= (t_{v,n} - x_n \cdot T_v) - \Delta + w_n - x_n \cdot \varepsilon_T \end{aligned} \quad (3)$$

[0043] Se observa que $(t_{v,n} - x_n \cdot T_v)$ corresponde a un tiempo único que no depende de n , ya que se resta del tiempo de llegada verdadero actual el número actual de periodos de repetición de los impulsos verdadero. Este tiempo único se toma como el tiempo de llegada inicial del tren de impulso y se representa t_0 . Así, el resto y_n se expresa, también, de la siguiente manera:

$$y_n = t_0 - \Delta + w_n - x_n \cdot \varepsilon_T \quad (4)$$

[0044] Esto significa que los valores de los restos y_n se distribuyen alrededor de una recta de regresión que tiene como ecuación:

$$y = y(x_n) = a \cdot x_n + b \quad (5)$$

con:

$$a = -\varepsilon_T \quad (6)$$

$$b = t_0 - \Delta \quad (7)$$

[0045] El procedimiento de estimación comprende una etapa 130 de ajuste de una curva a los restos y_n de cada impulso en función de los números x_n de cada impulso para obtener una curva ajustada, también denominada "recta de regresión" de ecuación $y = ax + b$.

[0046] Tal curva ajustada se obtiene por regresión lineal a partir de dos series de valores previamente calculados: los restos y_n y los números de x_n . La recta de regresión se obtiene, por ejemplo, por el procedimiento de los mínimos cuadrados.

[0047] Tal recta de regresión de ecuación $y = ax + b$ se define entonces por los siguientes términos:

$$a = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\bar{x}^2 - \bar{x}^2} \quad (8)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (9)$$

en los que:

- $\bar{y}$ es la media aritmética de los restos de y_n ,
- $\bar{x}$ es la media aritmética de los números de x_n ,
- $\bar{x}^2$ es la media aritmética de los cuadrados de los números x_n , y
- $(\bar{x} \cdot \bar{y})$ es la media aritmética de los productos $x_n \cdot y_n$ de los números x_n por los restos y_n .

[0048] El tiempo de llegada medio estimado es igual a la suma de la intersección de la curva ajustada y del desplazamiento calculado previamente. Tal ajuste es asimilable a un promedio de los restos de y_n determinados para cada impulso.

[0049] Cuando la estimación del periodo de repetición de los impulsos T proporcionada en la etapa 110 se ve afectada por un error de estimación, el error de estimación es igual al opuesto del coeficiente director o de la pendiente de la recta de regresión.

[0050] En la figura 3 se muestra un ejemplo de ajuste. En esta figura, el eje de abscisas corresponde a los números x_n de los impulsos y el eje de ordenadas corresponde a los restos y_n de los impulsos. Los valores de los restos y_n de cada impulso en función de los números x_n de cada impulso están representados por puntos en negrita. Los números de impulsos x_n en las llaves M no comprenden restos y_n asociados, debido a la falta de impulsos.

[0051] La recta C es la curva que se obtiene después del ajuste. El valor $(t_0 - \Delta)$ es la intersección de la recta C, que permite por lo tanto una estimación del tiempo de llegada medio. El valor $-\varepsilon_T$ es el coeficiente director de la recta C, que es por lo tanto lo opuesto al error de estimación del periodo de repetición de los impulsos T proporcionado. El valor w_n indica el error de medición w_n en los tiempos de llegada de los impulsos.

[0052] El procedimiento de estimación comprende una etapa 140 de cálculo, para cada impulso, un residuo de ajuste con el fin de eliminar los valores atípicos de los restos y_n . El residuo de ajuste de cada impulso se obtiene en función del resto y_n determinado para el impulso y del resto correspondiente obtenido por el ajuste.

[0053] Más precisamente, para cada valor de número x_n , se calcula un residuo de ajuste igual al valor absoluto de la relación de la desviación, entre el resto y_n y el valor $y(x_n)$ de la recta de regresión para el número x_n considerado por la desviación típica σ_t del error de medición w_n en los tiempos de llegada. El residuo, señalado α_n , viene dado por la siguiente fórmula:

$$\alpha_n = \left| \frac{y_n - y(x_n)}{\sigma_t} \right| \quad (10)$$

[0054] Si el residuo α_n es superior o igual a un umbral predeterminado A, el valor de y_n se considera un valor atípico y se elimina el par (x_n, y_n) correspondiente, formado por un número x_n y el resto y_n asociado. El umbral predeterminado A es, por ejemplo, igual a tres. Un ejemplo de un valor atípico se ilustra en la figura 4 con la referencia

"VA".

[0055] De lo contrario no hay ningún valor atípico, el tiempo de llegada medio del tren de impulsos equivale a (véase la fórmula (7)):

$$t_0 = b + \Delta \quad (11)$$

y el error cometido en el periodo de repetición del impulso proporcionado equivale a (véase la fórmula (6)):

$$\varepsilon_T = -a \quad (12)$$

[0056] Si un número predeterminado B de valores consecutivos de y_n son atípicos, esto significa que hay un cambio en el periodo de repetición de los impulsos y, por consiguiente, que la medida del periodo de repetición de los impulsos T proporcionada no es representativa de la realidad. El número predeterminado B es, por ejemplo, igual a tres.

[0057] El procedimiento de estimación comprende la repetición de: la etapa de determinación 130 sobre la base de los números x_n y los restos y_n restantes después de la etapa anterior 140 de análisis y eliminación; así como la etapa 140 hasta la eliminación completa de los valores atípicos, es decir, hasta que los residuos calculados estén estrictamente por debajo del umbral predeterminado A .

[0058] En la medida en que quede un número de impulsos superior o igual a un valor dado D , los valores de tiempo de llegada medio del tren de impulsos y del error cometido en el periodo de repetición de los impulsos se basan respectivamente en los últimos valores de intersección b y del coeficiente director a de la recta de regresión, siendo tales valores calculados según las fórmulas (11) y (12). El valor dado D es, por ejemplo, igual a diez.

[0059] Por razones de tiempo de cálculo limitado en la aplicación, una variante simplificada repite la etapa 130 sólo una vez proporcionando segundos valores de intersección b y coeficiente director a de la recta de regresión, para determinar los valores de tiempo de llegada medio del tren de impulsos y el error cometido en el periodo de repetición de los impulsos siempre según las fórmulas (11) y (12).

[0060] La figura 5 ilustra un ejemplo de la variación del periodo de repetición de los impulsos T de un emisor. Esta figura muestra las zonas Z1 y Z3 correspondientes a los impulsos para los que el error de estimación en el periodo de repetición de los impulsos T es bajo y las zonas Z2 y Z4 correspondientes a los impulsos para los que el error de estimación en el periodo de repetición de los impulsos T es alto. Como resultado, los residuos de ajuste relativos a los impulsos en las zonas Z2 y Z4 tienen valores elevados, de manera similar a los valores atípicos. La representación de los restos y_n en función de los números x_n permite destacar tales cambios significativos en el periodo de repetición de los impulsos T y deducir los motivos de conmutación del periodo de repetición de los impulsos T . La llave G se indica un ejemplo de motivo de conmutación. El reconocimiento de los motivos de conmutación permite contribuir a la identificación del modo y del tipo de emisor observado.

[0061] Así, el procedimiento es particularmente robusto tanto en lo que respecta a la escasez de impulsos recibidos, como a las imprecisiones en el periodo de repetición de los impulsos proporcionado o como a los valores atípicos que pueden ser causados, por ejemplo, por fallos de procesamiento corriente arriba, reflexiones múltiples, fallos materiales o incluso por cambios en el periodo de repetición T de los impulsos.

[0062] Como resultado, el procedimiento permite estimar precisamente un tiempo de llegada medio de un tren de impulsos recibido por el detector de radares 9. La noción de tiempo de llegada medio permite proporcionar un solo valor consolidado para un tren de impulsos, en lugar de un conjunto de valores. Como resultado, se reduce la velocidad de transmisión de datos de los datos intercambiados entre el detector de radares 9 y un dispositivo central cuya función es estimar la ubicación de los emisores de señales de radar a partir de las diferencias en los tiempos de llegada.

[0063] Así, los tiempos de llegada medios estimados para los trenes de impulsos recibidos por el detector de radares 9 son particularmente adecuados para ser transmitidos y utilizados con el fin de localizar el emisor 8 por un procedimiento de diferencia en los tiempos de llegada.

[0064] El experto en la materia comprende que la invención abarca todas las combinaciones posibles de los modos de aplicación descritos anteriormente.

[0065] Por ejemplo, en una variante, no se utiliza ningún desplazamiento Δ para calcular los números (x_n) y los restos (y_n), lo que equivale a tomar el desplazamiento Δ como siempre nulo en las fórmulas y realizaciones anteriores. La introducción de un desplazamiento Δ no nulo en las realizaciones anteriores permite trabajar con tiempos de llegada

desplazados que corresponden a números más pequeños, lo que facilita por tanto su utilización.

- [0066]** Además, se considera que el experto en la materia comprenderá que la desviación típica de un conjunto de valores es el valor medio cuadrático de los valores centrados, siendo los valores centrados los valores reducidos cada uno del valor medio de dichos valores. Dicho de otro modo, la desviación típica del conjunto de valores es la raíz cuadrada del valor medio aritmético de los cuadrados de los valores menos el valor medio aritmético de dichos valores. En términos matemáticos, la desviación típica σ de un conjunto de valores $v_1, \dots, v_N$ viene dada por la siguiente fórmula (13):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i - \bar{v})^2} \quad (13)$$

10

en la que:

- $\bar{v}$ es la media aritmética de los valores $v_1, \dots, v_N$,
 - $\sqrt{X}$ es la raíz cuadrada de X, y
- 15 • $\sum_{i=1}^N X_i$ - es la suma de 1 a N de los valores $X_1, \dots, X_N$.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de estimación de un tiempo de llegada medio en un detector de radares (9) de un tren de impulsos emitido por un emisor (8), proporcionando el detector de radares (9) un tiempo de llegada (t_n) para cada impulso del tren de impulsos y un periodo de repetición (T) de los impulsos del tren de impulsos, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - determinación, para cada impulso del tren de impulsos, del resto (y_n) de la división euclidiana del tiempo de llegada (t_n) del impulso por el periodo de repetición de los impulsos (T), y
 - estimación de un tiempo de llegada medio del tren de impulsos a partir de un promedio de los restos (y_n) determinados para cada impulso.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de estimación comprende la asociación de un número (x_n) a cada impulso del tren de impulsos, siendo el número (x_n) de cada impulso obtenido por división del tiempo de llegada (t_n) del impulso por el periodo de repetición de los impulsos (T), comprendiendo la etapa de estimación, además, la determinación de una recta de regresión ($y(x)$) a partir de pares ((x_n, y_n)) formados por los números (x_n) de los impulsos y los restos (y_n) determinados para los impulsos, siendo el tiempo de llegada medio estimado una función de la intersección de la recta de regresión ($y(x)$).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que, para cada impulso del tren de impulsos, el número (x_n) y el resto (y_n) se calculan a partir del tiempo de llegada del impulso (t_n) menos un desplazamiento (Δ), siendo el desplazamiento (Δ) seleccionado de modo que la diferencia entre el tiempo de llegada del primer impulso del tren y el desplazamiento esté comprendido en un amplio sentido entre cero y el periodo de repetición de los impulsos (T).
4. Procedimiento según las reivindicaciones 2 o 3, en el que la recta de regresión se obtiene por el procedimiento de los mínimos cuadrados ordinarios.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que el periodo de repetición de los impulsos se ve afectado por un error de estimación, siendo dicho error de estimación igual al opuesto de la pendiente de la recta de regresión.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en el que los tiempos de llegada (t_n) de los impulsos se ven afectados por un error de medición (σ_t), la etapa de estimación comprende el cálculo, para cada impulso del tren, de un residuo igual al valor absoluto de la diferencia entre el resto (y_n) y el valor ($y(x_n)$) dado por la recta de regresión para el número (x_n) correspondiente al resto (y_n) considerado, dividido por la desviación típica del error de medición (σ_t) en los tiempos de llegada (t_n), comprendiendo la etapa de estimación, además, la eliminación de los impulsos cuyo residuo es superior o igual a un umbral predeterminado (A) y la repetición de la subetapa de determinación de una recta de regresión a partir de los impulsos restantes.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el umbral predeterminado (A) es igual a tres.
8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, en el que el procedimiento comprende la repetición de las subetapas de determinación de la recta de regresión, cálculo de un residuo y eliminación de los impulsos hasta que los residuos calculados estén estrictamente por debajo del umbral predeterminado (A).
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que cuando los residuos son superiores o iguales al umbral predeterminado (A) y corresponden a al menos tres números de impulsos (x_n) consecutivos, se considera que el periodo de repetición de los impulsos (T) tiene cambios de valores.
10. Dispositivo (10) de estimación de un tiempo de llegada medio en un detector de radares (9) de un tren de impulsos emitido por un emisor (8), comprendiendo el dispositivo un procesador configurado para:
 - recibir un tiempo de llegada (t_n) de cada impulso del tren de impulsos y un periodo de repetición de los impulsos (T) de dicho tren de impulsos, procedente del detector de radares (9),
 - determinar, para cada impulso del tren de impulsos, el resto (y_n) de la división euclidiana del tiempo de llegada (t_n) del impulso por el periodo de repetición de los impulsos (T), y
 - estimar un tiempo de llegada medio del tren de impulsos a partir de un promedio de los restos (y_n) determinados para cada impulso.

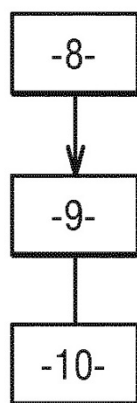


FIG.1

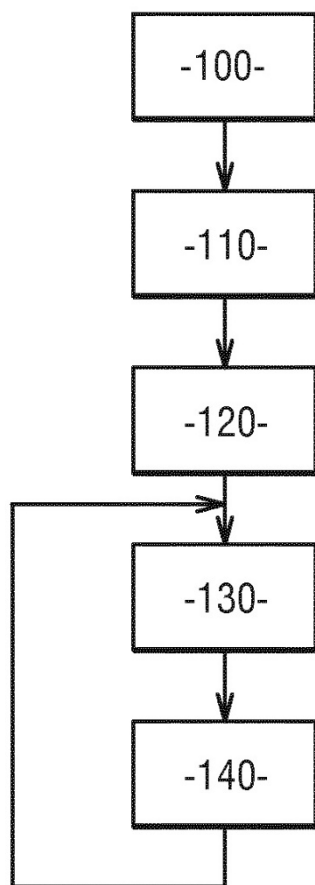


FIG.2

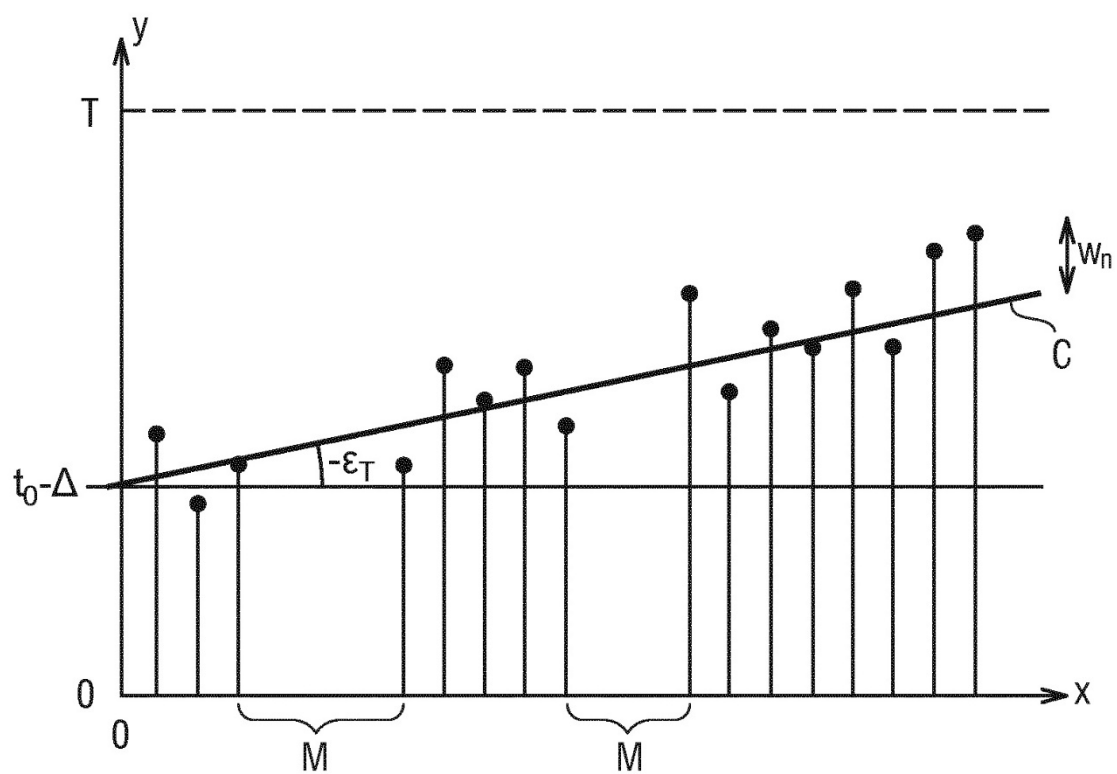


FIG.3

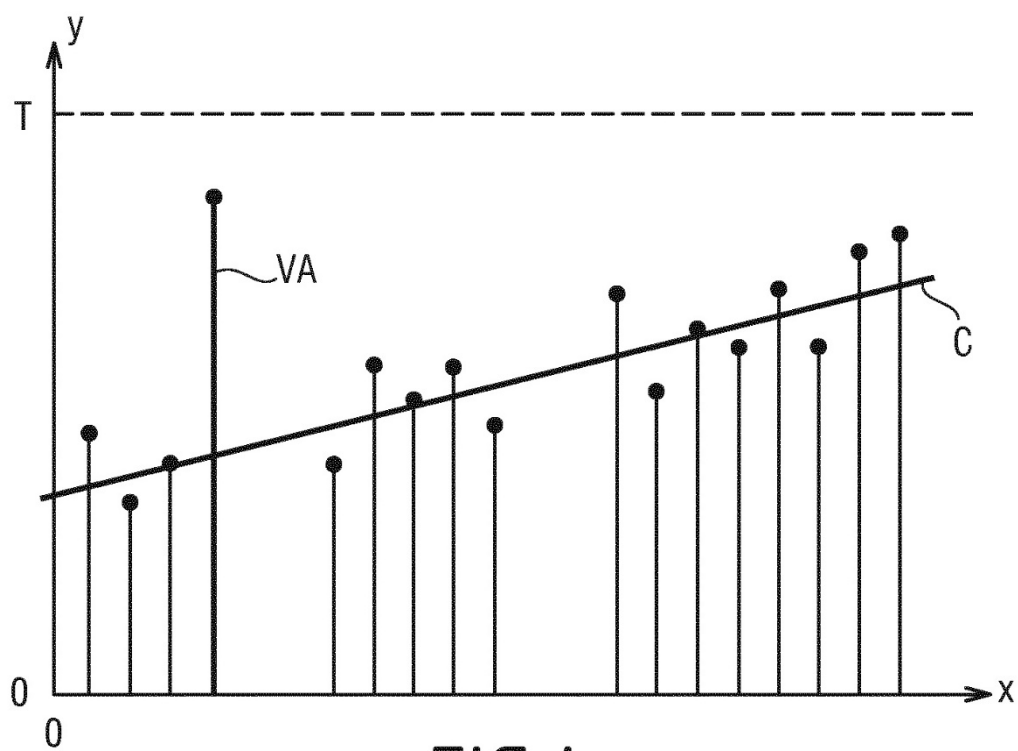


FIG.4

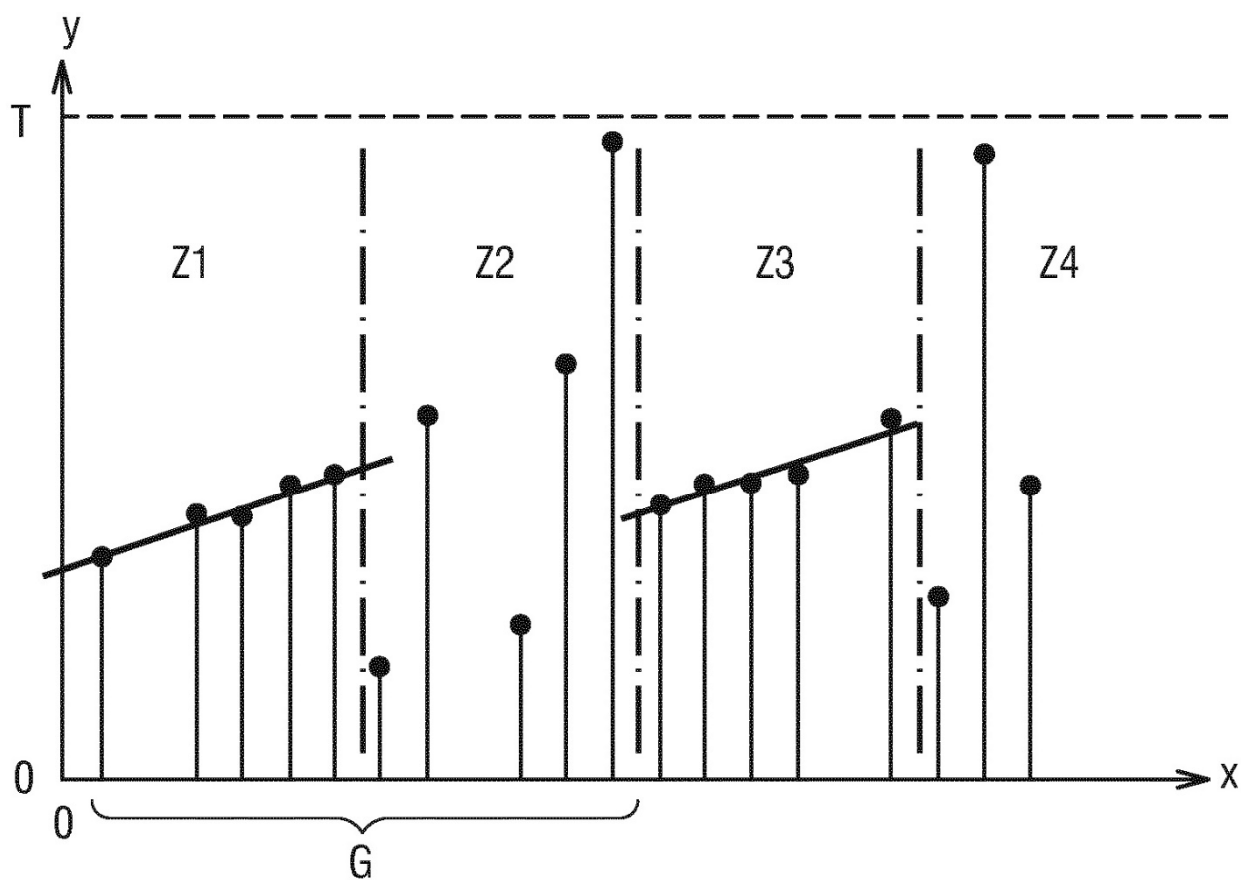


FIG.5