

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 346**

51 Int. Cl.:

**G01C 21/20** (2006.01)

**G01S 7/48** (2006.01)

**G01S 17/06** (2006.01)

**G01S 19/48** (2010.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.09.2021 PCT/EP2021/076408**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2022 WO22064008**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2021 E 21783480 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2024 EP 4217681**

54 Título: **Procedimiento de recalibración en una pluralidad de puntos de referencia, producto de programa informático y dispositivo de recalibración asociados**

30 Prioridad:

**25.09.2020 FR 2009760**

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

**11.12.2024**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)**

**Tour Carpe Diem Place des Corolles Esplanade Nord**

**92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**HEURGUIER, DOMINIQUE**

74 Agente/Representante:

**PONTI & PARTNERS, S.L.P.**

ES 2 992 346 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 recalibración en una pluralidad de puntos de referencia, producto de programa informático y dispositivo de recalibración asociados

5

**[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de recalibración en una pluralidad de puntos de referencia.

**[0002]** La presente invención se refiere también a un producto de programa informático y a un dispositivo de recalibración asociados a este procedimiento de recalibración.

10

**[0003]** Más en particular, la invención es aplicable durante la geolocalización de un dispositivo móvil, especialmente de un ingenio móvil tal como un vehículo o una aeronave, con la ayuda de puntos de referencia.

**[0004]** Por «punto de referencia» se entiende cualquier objeto natural o artificial referenciable por el dispositivo móvil y cuya posición es conocida o puede determinarse.

15

**[0005]** Según procedimientos ya conocidos en el estado de la técnica, es posible geolocalizar un dispositivo móvil o reajustar su posición determinada por otro medio, usando una pluralidad de puntos de referencia. Se describe un ejemplo de uso de los puntos de referencia, por ejemplo, en Jiazhen Lu y col.: «Backtracking scheme for single-point self-calibration and rapid in-motion alignment with application to a position and azimuth determining System».

20

**[0006]** Para hacerlo, el dispositivo móvil es en general capaz de medir direcciones (azimuts o rumbos) con respecto a los puntos de referencia y/o a las distancias hasta él. Así, analizando estas medidas y las posiciones conocidas de los puntos de referencia, es posible en general determinar o precisar la posición del dispositivo móvil.

25

**[0007]** Los procedimientos de geolocalización por puntos de referencia siguen pudiendo utilizarse cuando, por ejemplo, la geolocalización por un sistema GNSS (del inglés «Global Navigation Satellite System») es difícil o no conveniente, o cuando por ejemplo es necesario determinar la posición del dispositivo móvil usando varias fuentes redundantes. Además, en caso de uso por ejemplo de medidas inerciales para geolocalizar el dispositivo móvil, es posible reajustar estas medidas usando la geolocalización por puntos de referencia.

30

**[0008]** Para llevar a cabo una recalibración en los puntos de referencia según los procedimientos existentes, las medidas de apuntamiento con respecto a estos puntos de referencia deben tomarse en general cuando el dispositivo móvil está parado.

35

**[0009]** Se entiende así que esto impone numerosas limitaciones en el uso de estos procedimientos o los convierte a veces en inutilizables, cuando la parada del dispositivo móvil no es conveniente o no es posible. Así sucede principalmente en el caso de determinados tipos de vehículo o de misiones donde pueden utilizarse estos vehículos.

40

**[0010]** La presente invención tiene como objeto proponer un procedimiento que permita llevar a cabo una recalibración en puntos de referencia de un dispositivo móvil durante su desplazamiento, sin necesidad de tomar las medidas en parada.

**[0011]** Para este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de recalibración según la reivindicación 1.

45

**[0012]** Según otros aspectos ventajosos de la invención, el procedimiento comprende las características según las reivindicaciones 2 a 7.

**[0013]** La presente invención tiene también por objeto un producto de programa informático que incluye instrucciones de software que, cuando son implementadas por un equipo informático, implementan el procedimiento tal como se define anteriormente.

50

**[0014]** La presente invención tiene también por objeto un dispositivo de recalibración en una pluralidad de puntos de referencia durante la geolocalización de un dispositivo móvil, que comprende medios técnicos adaptados para implementar el procedimiento tal como se define anteriormente.

55

**[0015]** Estas características y ventajas de la invención se desprenderán de la lectura de la descripción que se ofrece a continuación, dada únicamente a modo de ejemplo no limitativo, y hecha en referencia a los dibujos adjuntos, donde:

60

- [Fig. 1] la figura 1 es una vista esquemática de un dispositivo de recalibración según la invención;
- [Fig. 2] la figura 2 es un organigrama de un procedimiento recalibración según la invención, tal que el procedimiento es implementado por el dispositivo de recalibración de la figura 1; y
- [Fig. 3] la figura 3 es una vista esquemática que ilustra la implementación de una de las etapas del procedimiento de

65

la figura 2.

**[0016]** De hecho, en la figura 1 se ha representado un dispositivo de recalibración 10 según la invención capaz de determinar o de precisar la posición de un dispositivo móvil 12 en cada instante. El dispositivo móvil 12 es capaz de desplazarse por ejemplo según dos o tres grados de libertad, por ejemplo en un marco de referencia terrestre.

**[0017]** Según un ejemplo de realización, el dispositivo móvil 12 es un ingenio móvil, tal como por ejemplo un vehículo terrestre o una aeronave, que lleva a bordo el dispositivo de recalibración 10. En el caso de una aeronave, puede tratarse de un avión o de un helicóptero que puede ser pilotado por un operador y/o por un sistema de aviónica a partir del mismo, o de un dron que puede ser pilotado desde un centro de control remoto por un operador y/o por un sistema de aviónica adaptado.

**[0018]** Según otro ejemplo de realización, el dispositivo móvil 12 es llevado por un operador o por cualquier otro usuario y presenta por ejemplo un teléfono móvil. En este caso, el dispositivo de recalibración 10 está integrado por ejemplo en el dispositivo móvil 12.

**[0019]** El dispositivo de recalibración 10 es capaz de determinar la posición del dispositivo móvil 12 usando las medidas de apuntamiento tomadas con respecto a los puntos de referencia 14-1,...,14-N por al menos algunos de los sensores de una pluralidad de sensores 16.

**[0020]** Cada punto de referencia 14-1,...,14-N presenta un objeto natural o artificial dispuesto por ejemplo de manera fija en la superficie terrestre según una posición conocida con una precisión también conocida y localizable desde el dispositivo móvil 12. Así, cada punto de referencia presenta por ejemplo una torre, un aerogenerador, un faro, un edificio, una montaña, una roca, etc.

**[0021]** Cada punto de referencia 14-1,...,14-N puede identificarse por ejemplo mediante un identificador que le es propio. Además, según una realización particular de la invención, el identificador de cada punto de referencia 14-1,...,14-N permite obtener su posición usando por ejemplo una base de datos de posiciones prevista para este fin. Dicha base de datos puede ser de acceso público o presentar un acceso restringido.

**[0022]** Al menos algunos de los sensores 16 son capaces de determinar medidas de apuntamiento en relación con cada uno de los puntos de referencia 14-1,...,14-N.

**[0023]** Ventajosamente según la invención, cada medida de apuntamiento determinada por los sensores 16 correspondientes corresponde a una medida de dirección o a una medida de distancia.

**[0024]** Cada medida de dirección corresponde a una medida de azimut o a una medida de elevación o a una medida de rumbo relativa a uno de los puntos de referencia 14-1,...,14-N. Dicha medida se determina por ejemplo por uno de los sensores 16 usando medidas ópticas y en el caso de una medida de azimut, comparando estas medidas con el rumbo del dispositivo móvil 12 o con una dirección fija en el espacio.

**[0025]** Cada medida de apuntamiento corresponde a una medida de distancia entre el dispositivo móvil 12 y uno de los puntos de referencia 14-1,...,14-N. Dicha medida es realizada por uno de los sensores 16 que comprende por ejemplo un radar o un láser o cualquier otro dispositivo de telemetría conocido de por sí.

**[0026]** Al menos uno de los sensores 16 es capaz de determinar una medida de velocidad del dispositivo móvil 12. Este sensor presenta por ejemplo una central inercial o cualquier otro sensor adaptado.

**[0027]** Como puede verse en la figura 1, el dispositivo de recalibración 10 comprende un módulo de entrada 21, un módulo de cálculo 22 y un módulo de salida 23.

**[0028]** El módulo de entrada 21 está conectado a los sensores 16 y es capaz de adquirir el conjunto de las medidas determinadas por estos sensores 16.

**[0029]** El módulo de cálculo 22 es capaz de analizar los datos adquiridos por el módulo de entrada 21 para suministrar un resultado que determina o precisa la posición del dispositivo móvil 12.

**[0030]** Finalmente, el módulo de salida 23 es capaz de suministrar el resultado determinado por el módulo de cálculo 22 a cualquier sistema interesado. Por ejemplo, el módulo de salida 23 es capaz de suministrar a una pantalla de visualización la posición determinada del dispositivo móvil 12 para visualizarla. Según otro ejemplo, el módulo de salida 23 es capaz de suministrar esta posición por ejemplo a un dispositivo de precisión capaz de comparar esta posición con la suministrada por ejemplo por un sistema de geolocalización de tipo GNSS, con el fin de suministrar una posición precisada.

**[0031]** Cada uno de los módulos 21 a 23 se presenta por ejemplo en la forma de un software implementado

por un procesador adaptado. Como variante, al menos uno de estos módulos 21 a 23 se presenta al menos parcialmente en la forma de un circuito lógico programable, tal como un circuito de tipo FPGA (del inglés «Field Programmable Gate Array»).

5 **[0032]** El procedimiento de recalibración se explicará en adelante en referencia a la figura 2 que presenta un organigrama de sus etapas y a la figura 3 que ilustra la implementación de al menos algunas de las etapas.

**[0033]** Inicialmente, se considera que el dispositivo móvil se desplaza cerca de los puntos de referencia 14-1, ..., 14-N según las posiciones  $M_{k+1}$ ,  $M_k$ , ...,  $M_0$ , visibles en la figura 3. También se considera que la posición  $M_{k+1}$   
10 corresponde a la posición más antigua del dispositivo móvil 12 y la posición  $M_0$  corresponde a la posición más reciente del dispositivo móvil 12. En lo sucesivo, las posiciones  $M_{k+1}$ , ...,  $M_1$  serán llamadas posiciones intermedias y la posición  $M_0$  se denominará última posición.

**[0034]** Se considera además que las posiciones  $M_{k+1}$ ,  $M_k$ , ...,  $M_0$  corresponden a posiciones sucesivas del  
15 dispositivo móvil 12 obtenidas en un mismo intervalo temporal. Este intervalo temporal se denomina en lo sucesivo valor de muestreo  $\delta$ .

**[0035]** En el ejemplo descrito, cada posición  $M_{k+1}$ ,  $M_k$ , ...,  $M_0$  se presenta por ejemplo en la forma de un vector bidimensional. Para cada una de estas posiciones es posible definir un vector de estado  $X_i$  ( $0 \leq i \leq k + 1$ ) compuesto  
20 por coordenadas  $x, y$  del dispositivo móvil 12 en esta posición y por la velocidad  $x', y'$  del dispositivo móvil 12 en esta posición.

**[0036]** Durante la etapa 110, implementada en cada posición intermedia  $M_{k+1}$ , ...,  $M_1$ , el módulo de entrada 21 adquiere al menos una medida de apuntamiento con respecto a uno de los puntos de referencia 14-1, ..., 14-N y una  
25 medida de velocidad usando los sensores 16. El conjunto de estas medidas es transmitido a continuación al módulo de cálculo 22.

**[0037]** La etapa siguiente 120 se implementa cuando el dispositivo móvil 12 está en la última posición  $M_0$ .

30 **[0038]** Durante esta etapa 120, el módulo de cálculo 22 determina una posición diferencial  $x_i$  para cada posición intermedia  $M_{k+1}$ , ...,  $M_1$  con respecto a la última posición  $M_0$ . En particular, cada posición diferencial  $x_i$  corresponde a la diferencia de la posición intermedia  $M_i$  y la última posición  $M_0$ . Dicho de otro modo,  $x_i = M_i - M_0$ .

**[0039]** En el ejemplo descrito, cada posición diferencial  $x_i$  se determina aplicando un filtro de Kalman de forma retrógrada a partir de la última posición  $M_0$ . Este filtro de Kalman corresponde, por ejemplo, a un modelo de velocidad  
35 sustancialmente constante que usa un ruido de aceleración instantánea gaussiano centrado. Este modelo se conoce por la expresión inglesa «Nearly Constant Velocity» o «NCV».

**[0040]** Según este modelo, el vector de estado  $X_{i+1}$  para cada posición siguiente puede expresarse por medio  
40 del vector de estado  $X_i$  de la posición anterior, una matriz de evolución  $A_k$  y un ruido de modelo  $\varepsilon_{xk}$ , también denominado ruido de posición o incertidumbre asociada a la posición diferencial  $x_k$ , mediante el uso de la relación siguiente:

$$X_{k+1} = A_k X_k + \varepsilon_{xk}.$$

45 **[0041]** Como se indica anteriormente, cada vector de estado comprende la velocidad y la posición del dispositivo móvil 12 en la posición correspondiente. Esta velocidad puede estimarse así mediante la medida de velocidad correspondiente.

50 **[0042]** En el caso bidimensional, la matriz de evolución  $A_k$  y la matriz de covarianza  $E\{\varepsilon_{xk}\varepsilon'_{xk}\}$  del ruido de modelo  $\varepsilon_{xk}$  adoptan respectivamente las formas siguientes:

$$A_k = \begin{bmatrix} 1 & -\delta & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -\delta \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$E[\varepsilon_{xk} \varepsilon'_{xk}] = \begin{bmatrix} \frac{q\delta^3}{3} & \frac{q\delta^2}{2} & 0 & 0 \\ \frac{q\delta^2}{2} & q\delta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{q\delta^3}{3} & \frac{q\delta^2}{2} \\ 0 & 0 & \frac{q\delta^2}{2} & q\delta \end{bmatrix}.$$

**[0043]** En lo sucesivo, la estimación de cada posición diferencial  $x_i$  obtenida durante esta etapa se denotará como  $\hat{x}_i$ .

5

**[0044]** Durante la etapa 130 siguiente, el módulo de cálculo 22 determina la última posición  $M_0$  a partir de las posiciones diferenciales  $\hat{x}_i$  de las medidas de apuntamiento y de las incertidumbres asociadas a estas posiciones diferenciales, usando una función de observación predeterminada  $h$ .

10 **[0045]** En particular, según el tipo de medida de apuntamiento considerado, la función de observación  $h(x)$  se elige de manera que su valor en la posición  $x$  del dispositivo móvil 12 sea igual a una medida de apuntamiento teórica que se obtendría en ausencia de ruido.

**[0046]** Dicho de otro modo, la función de observación  $h$  relaciona la posición  $M_i = \hat{x}_i + M_0$  del dispositivo móvil 12 con la medida de apuntamiento  $m_i$  tomada en esta posición por medio de la relación siguiente:

15

$$m_i = h(\hat{x}_i + M_0 + \varepsilon_{xi}) + \varepsilon_{mi},$$

donde

20  $\varepsilon_{xi}$  es el ruido de posición tal como se define anteriormente; y  $\varepsilon_{mi}$  es el ruido de la medida.

**[0047]** Esta última relación puede linealizarse en la forma siguiente:

$$m_i \approx h(\hat{x}_i + \hat{M}_0) + \left( \frac{\partial h}{\partial x} \Big|_{\hat{x}_i + \hat{M}_0} \right) (M_i - \hat{M}_0 + \varepsilon_{xi}) + \varepsilon_{mi}$$

25

donde

$\hat{M}_0$  es una primera estimación de la última posición  $M_0$  que puede elegirse aleatoriamente o corresponder a la última posición conocida del dispositivo móvil 12 o determinarse mediante una heurística cualquiera.

30

**[0048]** Para esta última relación es posible determinar una covarianza global  $\Gamma_i$  sobre la medida de apuntamiento  $m_i$  con la expresión siguiente:

$$\Gamma_i = \left( \frac{\partial h}{\partial x} \Big|_{\hat{x}_i + \hat{M}_0} \right) \Gamma_{x_i} \left( \frac{\partial h}{\partial x} \Big|_{\hat{x}_i + \hat{M}_0} \right)^t + \Gamma_{m_i},$$

35

donde

$\Gamma_{x_i}$  es la matriz de covarianza del ruido de posición  $\varepsilon_{x_i}$

$$\Gamma_{x_i} = E((\hat{x}_i - x_i)(\hat{x}_i - x_i)^t),$$

5

$\Gamma_{m_i}$  es la matriz de covarianza del ruido de medida  $\varepsilon_{m_i}$

$$\Gamma_{m_i} = E((m_i - E(m_i))(m_i - E(m_i))^t).$$

10

**[0049]** La última posición  $M_0$  del dispositivo móvil 12 se obtiene entonces usando un estimador del máximo de verosimilitud que aprovecha el conjunto de las medidas y su covarianza global. En particular, para determinar la última posición  $M_0$ , es posible aplicar un algoritmo de tipo Gauss-Newton al criterio de los mínimos cuadrados siguiente, que se aplica sobre el conjunto de las medidas de apuntamiento:

15

$$Q(M_0) = \sum_i [m_i - h(M_0, x_i)]^t \Gamma_i^{-1} [m_i - h(M_0, x_i)].$$

**[0050]** Al final de esta etapa 130, el módulo de cálculo 22 transmite la última posición  $M_0$  al módulo de salida 23 que la transmite a cualquier sistema interesado.

20

**[0051]** En lo sucesivo, el procedimiento según la invención puede reiterarse a medida que avanza el dispositivo móvil 12. En estos casos, para cada iteración del procedimiento, su última posición corresponderá a la posición del dispositivo móvil en el momento de la implementación de la etapa 120. Así, en cada iteración del procedimiento, la trayectoria del dispositivo móvil puede recalibrarse con respecto a los puntos de referencia.

25

**[0052]** Se entiende así que la presente invención presenta un cierto número de ventajas. En primer lugar, según la invención, la recalibración en los puntos de referencia puede llevarse a cabo a medida que se desplaza el dispositivo móvil, y no es necesaria ninguna parada para hacerlo.

30

**[0053]** Para ello, además de las medidas de apuntamiento tomadas con respecto a los puntos de referencia, solo son necesarias las medidas de velocidad del dispositivo móvil.

**[0054]** Finalmente, la recalibración se lleva a cabo teniendo en cuenta los ruidos de medida, lo que la convierte en especialmente precisa.

35

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de recalibración en una pluralidad de puntos de referencia (14-1, ..., 14-N) durante la geolocalización de un dispositivo móvil (12) que se desplaza según una pluralidad de posiciones ( $M_{k+1}$ ,  $M_k$ , ...,  $M_0$ ), comprendiendo la pluralidad de posiciones ( $M_{k+1}$ ,  $M_k$ , ...,  $M_0$ ) una pluralidad de posiciones intermedias ( $M_{k+1}$ , ...,  $M_1$ ), comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:
- en cada posición intermedia ( $M_{k+1}$ , ...,  $M_1$ ) del dispositivo móvil (12), adquisición (110) de al menos una medida de apuntamiento ( $m_i$ ) con respecto a uno de los puntos de referencia (14-1, ..., 14-N) y de una medida de velocidad del dispositivo móvil (12) en esta posición;
  - en una posición, denominada última posición ( $M_0$ ), posterior a cada una de las posiciones intermedias ( $M_{k+1}$ , ...,  $M_1$ ), determinación (120) de una posición diferencial ( $x_i$ ) para cada posición intermedia ( $M_{k+1}$ , ...,  $M_1$ ) con respecto a la última posición ( $M_0$ ) y de una incertidumbre ( $\varepsilon_{xi}$ ) asociada a esta posición diferencial ( $x_i$ ), a partir de las medidas de velocidad correspondientes;
  - determinación (130) de la última posición ( $M_0$ ) a partir de las posiciones diferenciales ( $x_i$ ), de las medidas de apuntamiento ( $m_i$ ) y de las incertidumbres ( $\varepsilon_{xi}$ ) asociadas a estas posiciones diferenciales, usando una función de observación ( $h$ ) predeterminada.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde cada posición intermedia ( $M_{k+1}$ , ...,  $M_1$ ) siguiente corresponde a la posición del dispositivo móvil (12) en el instante retrasado en un mismo valor de muestreo ( $\delta$ ) con respecto al instante que corresponde a la posición intermedia ( $M_{k+1}$ , ...,  $M_1$ ) anterior.
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cada posición diferencial ( $x_i$ ) se determina aplicando un filtro de Kalman de forma retrógrada a partir de la última posición ( $M_0$ ).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, donde dicho filtro de Kalman corresponde a un modelo de velocidad sustancialmente constante que usa un ruido de aceleración instantánea gaussiano centrado.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde, en ausencia de ruido, la función de observación ( $h$ ) relaciona cada posición ( $M_{k+1}$ ,  $M_k$ , ...,  $M_0$ ) con un valor teórico de la medida de apuntamiento ( $m_i$ ) en esta posición.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la última posición ( $M_0$ ) se determina aplicando un estimador del máximo de verosimilitud para las posiciones diferenciales ( $x_i$ ), para las medidas de apuntamiento ( $m_i$ ), para las incertidumbres ( $\varepsilon_{xi}$ ) asociadas a estas posiciones diferenciales y para los ruidos de medida ( $\varepsilon_{mi}$ ).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cada medida de apuntamiento ( $m_i$ ) corresponde a una medida de dirección de un punto de referencia (14-1, ..., 14-N) o a una medida de distancia hasta un punto de referencia (14-1, ..., 14-N) a partir del dispositivo móvil (12).
8. Producto de programa informático que incluye instrucciones de software que, cuando son implementadas por un equipo informático, implementan el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
9. Dispositivo de recalibración (10) en una pluralidad de puntos de referencia (14-1, ..., 14-N) durante la geolocalización de un dispositivo móvil (12), que comprende medios técnicos (21, 22, 23) adaptados para implementar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

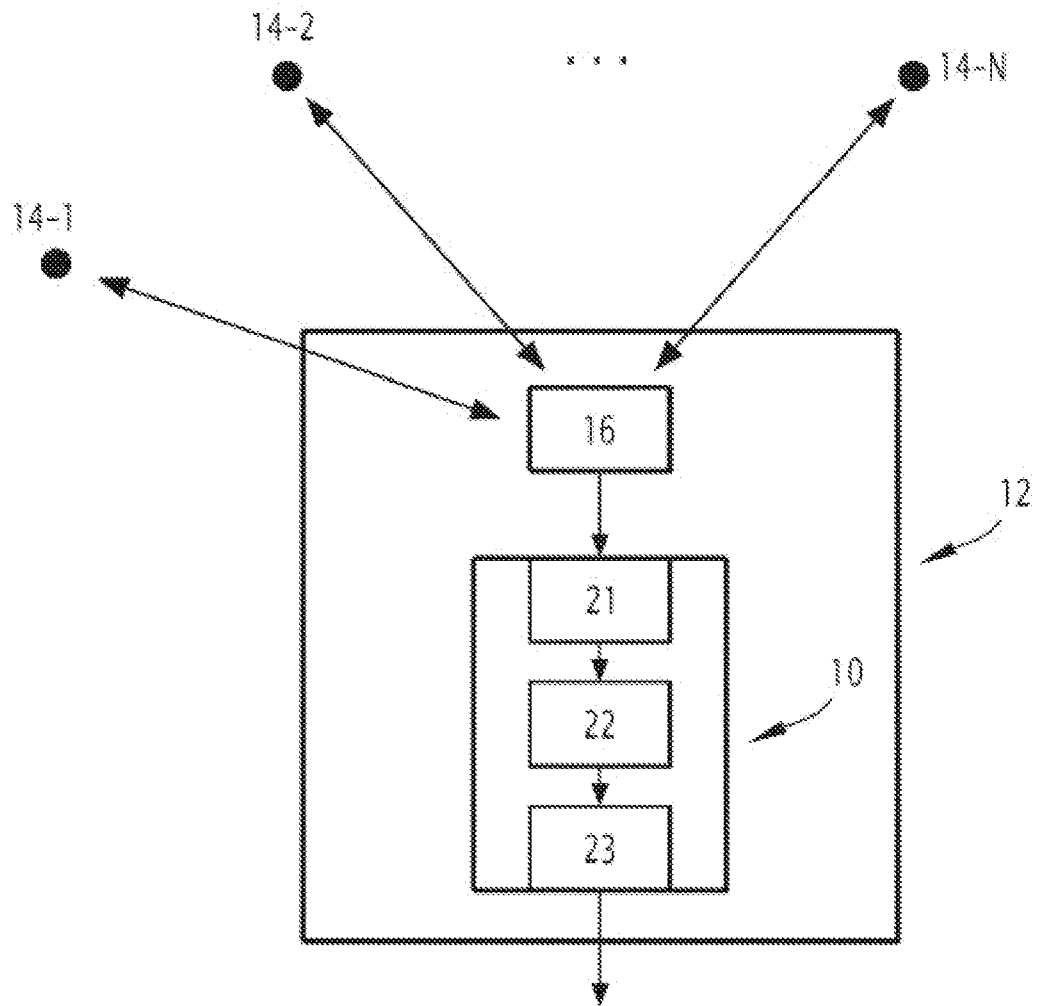


FIG.1

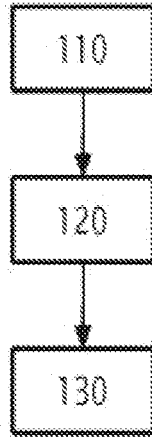


FIG.2

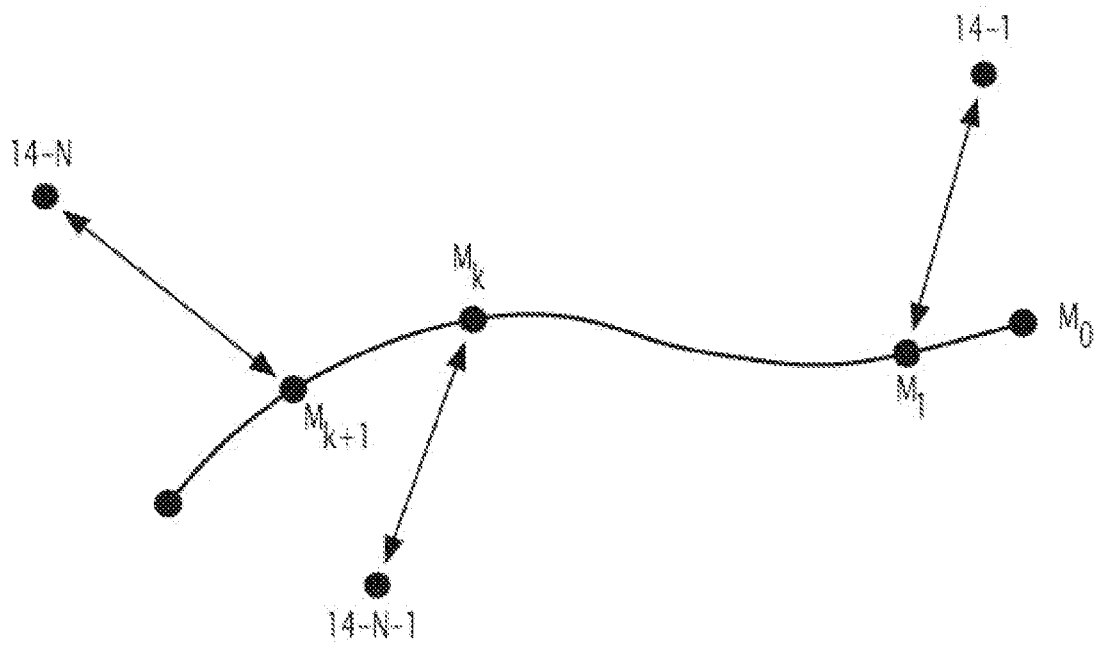


FIG.3