

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 867**

51 Int. Cl.:

G01C 21/30 (2006.01)

G01C 22/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2012 E 12180295 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 2698607**

54 Título: **Procedimiento para determinar la longitud de un trayecto recorrido por un vehículo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.12.2014

73 Titular/es:

**KAPSCH TRAFFICCOM AG (100.0%)
Am Europlatz 2
1120 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**TIJINK, JASJA;
SCHEIDER, THOMAS;
WEIMANN, FRANZ y
SCHRÖDL, SÖREN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 525 867 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 determinar la longitud de un trayecto recorrido por un vehículo

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar la longitud de un trayecto recorrido por un vehículo utilizando una *Onboard-Unit* (unidad de a bordo) que lleva consigo el vehículo, que produce una secuencia de valores de medición de su propia posición.

10 Las *Onboard-Units* (OBUs por sus siglas en inglés) se utilizan particularmente en sistemas de peaje de carreteras, para poder determinar los trayectos recorridos por un vehículo que lleva consigo la OBU, y a continuación poder cobrar el peaje. Para ello, una OBU se localiza por ejemplo en un sistema de navegación por satélite (*global navigation satellite system* (GNSS por sus siglas en inglés)) o en una red de comunicaciones móviles terrestre con varios transceptores fijos mismos y produce de esta manera una secuencia de valores de medición de la posición ("*position fixes*" (posiciones fijas)). Cada uno de los valores de medición de la posición producidos está sujeto a
15 inexactitudes de medición, por lo que la secuencia producida requiere una corrección posterior.

Para la corrección posterior se conoce la comparación de los valores de medición de la posición producidos con un mapa de carreteras digital que modeliza la red de carreteras ("*map-matching*" (comparación de mapas)). En este caso se determinan como recorridos los segmentos de carretera correspondientemente más cercanos. Dependiendo del tipo de construcción, la OBU envía para ello, bien los valores de medición de la posición a una central del sistema de peaje de carreteras, donde se lleva a cabo el *map-matching* ("*thin-client-OBU*" (OBU de cliente ligero)), o el mapa de carreteras digital está almacenado en la OBU misma, donde también se lleva a cabo el *map-matching* ("*thick-client-OBU*" (OBU de cliente pesado)).

25 Los procesos de *map-matching* tienen no obstante la desventaja, de que la exactitud de la determinación de la longitud del trayecto está limitada por la resolución de los segmentos del mapa de carreteras digital. Las longitudes de los trayectos recorridos realmente por un vehículo, se diferencian a menudo de las longitudes de los segmentos de carretera modelizados digitalmente. De esta manera, por ejemplo en la zona de las curvas, cruces o rotondas, el trayecto recorrido realmente es dependiente de la dirección de circulación del vehículo, mientras que las longitudes de los segmentos del mapa de carreteras digital están modelizadas habitualmente con independencia de ello.
30

Por otro lado también sería problemático determinar las longitudes de los trayectos basándose en los valores de medición de la posición, dado que las frecuentes inexactitudes de los valores de medición de la posición irían en contra de una determinación de la longitud del trayecto fiable y robusta.

35 Del documento EP1736932 y del documento US2010/0106405 se conocen procedimientos para la determinación de la longitud de un trayecto recorrido por un vehículo, donde no se tienen en cuenta valores de medición de la posición cuya medida de calidad de la posición queda por debajo de un valor umbral predeterminado.

40 La invención tiene como objetivo proporcionar un procedimiento para determinar la longitud de un trayecto recorrido por un vehículo, que presente una exactitud mayor que los sistemas conocidos hasta ahora con la misma robustez frente a inexactitudes de mediciones de la posición.

45 Este objetivo se logra con un procedimiento del tipo nombrado, utilizando una unidad de a bordo, que produce una secuencia de valores de medición de su propia posición y para cada valor de medición de la posición de la secuencia, una medida de calidad de la posición correspondiente, comprendiendo:

50 extracción de un conjunto de valores de medición de la posición consecutivos de la secuencia, sin tener en cuenta aquellos valores de medición de la posición cuya medida de calidad de la posición queda por debajo de un primer valor umbral predeterminado, determinación de una medida de calidad del conjunto mediante la cantidad de los valores de medición de la posición del conjunto o mediante sus medidas de calidad de la posición, y cuando la medida de calidad del conjunto supera un segundo valor umbral predeterminado: determinación de la longitud del trayecto a partir de las distancias mutuas de los valores de medición de la posición consecutivos del conjunto, de no ser así: determinación de la longitud del trayecto utilizando un mapa de carreteras digital, que se compone de segmentos de carretera de longitud de segmento correspondientemente conocida, asociando los valores de medición de la posición del conjunto a al menos un segmento de carretera y determinación de la longitud del trayecto a partir de la longitud del segmento de este al menos un segmento de carretera.

60 El procedimiento de la invención se basa en una comparación de calidad de dos pasos. En un primer paso se adquieren valores de medición de la posición de una alta calidad de posición en un conjunto y se descartan en este caso valores de medición de la posición "malos"; a continuación, en un segundo paso se evalúa la calidad del conjunto completo: en caso de que ésta sea alta, se produce la determinación de la longitud del trayecto directamente basándose en los valores de medición de la posición reales "buenos" del conjunto, y es de esta manera lo más precisa posible. En caso de que la calidad del conjunto no sea suficiente, se determina un segmento de carretera para este conjunto mediante *map-matching*, y se utiliza para precisar la longitud del trayecto. Cuando se
65

lleva a cabo el procedimiento de manera repetida para conjuntos consecutivos de valores de medición de la posición, entonces resulta para una longitud total del trayecto recorrido sumada a partir de varios conjuntos o segmentos, una exactitud particularmente alta debido a la utilización directa de los valores de medición de la posición "buenos" con una robustez del procedimiento aumentada al mismo tiempo frente a valores de medición de la posición "malos" en segmentos de carretera individuales debido al procedimiento de *map-matching* que allí se utiliza.

En una forma de realización ventajosa de la invención se determina la medida de calidad del conjunto a partir de medidas de calidad de la posición del conjunto como media de las mismas. De esta manera la medida de calidad de la posición de cada uno de los valores de medición de la posición que se han tenido en cuenta en el conjunto, tienen cabida en la medida de calidad del conjunto. La decisión sobre si los valores de medición de la posición han de utilizarse para la determinación de la longitud del trayecto, o si ha de utilizarse el procedimiento de *map-matching* más robusto, se toma de esta manera precisamente mediante las medidas de calidad de la posición relevantes de los valores de medición de la posición tenidos en cuenta.

Alternativamente a ello, puede determinarse la medida de calidad del conjunto como relación de las cantidades de los valores de medición de la posición tenidos en cuenta en el conjunto con respecto a la suma de valores de medición de la posición tenidos en cuenta más no tenidos en cuenta. De esta manera también se tienen en cuenta indirectamente inexactitudes de medición de los valores de medición de la posición que no se tienen en cuenta y de esta manera forman una base de decisión mayor. Además de ello, la medida de calidad del conjunto se determina mediante una comparación sencilla de este tipo de las cantidades, de manera eficiente en recursos y rápida.

En caso de desearse, los valores de medición de la posición pueden producirse mediante un receptor de comunicaciones móviles de la unidad de a bordo por localización en una red de comunicaciones móviles terrestre. Es especialmente ventajoso, cuando los valores de medición de la posición se producen mediante un receptor de navegación por satélite de la unidad de a bordo por localización en un sistema de navegación por satélite (*global navigation satellite system* (GNSS por sus siglas en inglés)).

La determinación de la medida de calidad de la posición es posible en diferentes variantes, que también pueden combinarse entre sí o utilizarse unas tras otras. Una primera forma de realización, que es especialmente adecuada para OBUs basadas en GNSS, consiste en que el receptor de navegación por satélite emite para cada valor de medición de la posición un valor DOP correspondiente ("*dilution of precision*" (valor de dilución de precisión - DOP por sus siglas en inglés)), preferiblemente un valor HDOP ("*horizontal dilution of precision*" (valor de dilución de precisión horizontal - HDOP por sus siglas en inglés)), como base para su medida de calidad de la posición. Los valores DOP y HDOP son puestos a disposición nativamente por muchos receptores de navegación por satélite habituales con respecto a cada valor de medición de la posición, e indican las relaciones geométricas de la constelación de satélite actual, que sirven aquí como base de un campo de dispersión posible del correspondiente valor de medición de la posición.

En una forma de realización alternativa o adicional, se produce la medida de calidad de la posición de un valor de medición de la posición dependiendo de su distancia con respecto a un segmento de carretera más cercano del mapa de carreteras digital. Una manera de proceder de este tipo se corresponde con un procedimiento de *map-matching* simplificado, en el que no se realiza una comprobación de plausibilidad compleja mediante valores de medición de la posición cercanos, sino que solamente se determina la distancia con respecto al segmento de carretera más cercano. De esta manera la robustez del procedimiento de *map-matching* ya tiene cabida en el procedimiento según la invención durante la producción de la medida de calidad de la posición, de manera que no se tienen en cuenta por ejemplo valores de medición de la posición individuales, muy separados entre sí ("valores atípicos" o "valores discrepantes"). En las OBUs de clientes pesados, en los que el mapa de carreteras digital se encuentra en la OBU, esta forma de realización puede realizarse directamente y por ello es especialmente ventajosa. Sin embargo, también pueden utilizarse para ello OBUs de clientes ligeros, que deslocalizan este paso a un sistema de *map-matching* externo.

En otra forma de realización alternativa o adicional, se produce la medida de calidad de la posición de un valor de medición de la posición dependiendo de su distancia con respecto a un valor previsto, el cual se forma para el valor de medición de la posición nombrado por interpolación a partir de valores de medición de la posición cercanos de la secuencia. Los "valores atípicos" individuales pueden descartarse de esta manera del procedimiento sin *map-matching*. En este caso también se pueden utilizar más de dos valores de medición de la posición próximos para la interpolación, principalmente para interpolaciones de un orden mayor (no lineal), lo cual aumenta la precisión.

La medida de calidad de la posición de un valor de medición de la posición también puede producirse alternativamente dependiendo de su distancia con respecto a un valor previsto, el cual se forma para el valor de medición de la posición nombrado por extrapolación de valores de medición de la posición anteriores de la secuencia. Los valores de medición de la posición posteriores, al contrario que en la interpolación, aún no tienen que ser conocidos para ello, de manera que esta variante es particularmente adecuada para la implementación en tiempo real. Aquí también puede utilizarse más de un valor de medición de la posición anterior para la extrapolación, particularmente para extrapolaciones de orden mayor (no lineal) o por ejemplo al utilizar un filtro de Kalman para la

extrapolación, lo cual aumenta nuevamente la precisión.

Muchos receptores de navegación por satélite pueden determinar hoy con una gran precisión por sí mismos también su velocidad y dirección de movimiento, así como su aceleración. En estos casos es especialmente ventajoso cuando el receptor de navegación por satélite emite para cada valor de medición de la posición un vector de movimiento correspondiente, el cual se utiliza para la extrapolación del valor previsto. Un vector de movimiento de este tipo formado a partir de velocidad y dirección de movimiento – en su caso con la ayuda del valor para la aceleración- permite calcular el valor previsto para el siguiente valor de medición de la posición de manera particularmente precisa y proporciona un buen punto de referencia para la producción de la medida de calidad de la posición.

De manera alternativa a ello, la unidad de a bordo puede recibir para cada valor de medición de la posición un valor de medición de movimiento de un sensor del vehículo, el cual se utiliza para la extrapolación del valor previsto. El valor de medición del movimiento puede ser emitido en este caso por un sensor de velocidad o de inercia, eventualmente también por un tacógrafo del vehículo y también ser una combinación de los valores de medición de estos sensores. Esto conduce igualmente a un cálculo preciso del valor previsto, y esto sin ser dependiente de un GNSS.

Los conjuntos consecutivos de valores de medición de la posición pueden solaparse entre sí. Para facilitar una determinación más rápida de la longitud del trayecto, se extraen conjuntos consecutivos de valores de medición de la posición preferiblemente sin solaparse, de la secuencia de valores de medición de la posición, dado que de esta manera puede determinarse la longitud del trayecto con la menor cantidad de conjuntos, rápida e íntegramente.

En una variante ventajosa de la invención se determinan las distancias mutuas de los valores de medición de la posición mismos. En una variante alternativa a ello, la unidad de a bordo produce para cada valor de medición de la posición un correspondiente par de velocidad y momento de la medición, y las distancias mutuas de respectivamente dos valores de medición de la posición consecutivos se determinan a partir de la velocidad en el primero de los dos valores de medición de la posición y la diferencia de los momentos de medición de los dos valores de medición de la posición. Dado que justamente en los receptores de navegación por satélite se producen valores particularmente precisos para la velocidad y el tiempo, esta última variante posibilita una determinación particularmente exacta de las distancias de valores de medición de la posición consecutivos.

La invención se explica a continuación con mayor detalle mediante los ejemplos de realización representados en los dibujos anexos. En el dibujo muestran:

La Fig. 1 esquemáticamente en vista en planta, un recorte de una red de carreteras modelizada por un mapa de carreteras digital;

La Fig. 2 una unidad de a bordo adecuada para la utilización en el procedimiento según la invención en un diagrama de bloques esquemático;

La Fig. 3 una de las desviaciones de la red de carreteras de la Fig. 1 ampliada en detalle;

La Fig. 4 un diagrama de flujo del procedimiento de la invención para la determinación de un trayecto recorrido por un vehículo en la red de carreteras de la Fig. 1;

Las Fig. 5 y 6 diferentes variantes de la producción de una medida de calidad de la posición para un valor de medición de la posición, una vez en forma de diagrama de bloques funcional (Fig. 5), y una vez mediante valores de medición de la posición ejemplares en la red de carreteras (Fig. 6);

La Fig. 7 el paso de la extracción de conjuntos de valores de medición de la posición en correspondencia con las variantes de las Figs. 5 y 6 en detalle; y

La Fig. 8 la determinación de la longitud del trayecto dependiente de la calidad del conjunto mediante el ejemplo de las Figs. 5 a 7 en detalle.

La Fig. 1 muestra una red de carreteras 1, que está modelizada en forma de un mapa de carreteras digital 1' a partir de un gráfico de red de segmentos de carretera s_1, s_2, \dots , en general s_k . Un vehículo 2 ejemplar lleva consigo una unidad de a bordo (OBU) 3, la cual está capacitada para localizarse a ella misma en la red de carreteras 1. La OBU 3 tiene para ello, junto con un microprocesador 4 y una memoria 5, un receptor de navegación por satélite 6 (Fig. 2), con el que recibe señales de navegación 7 de un sistema de navegación por satélite global 8 (*global navigation satellite system* (GNSS por sus siglas en inglés)) como GPS, GLONASS, GALILEO, o similares, y produce a partir de ellas continuamente valores de medición de su propia posición ("*position fixes*") p_1, p_2, \dots , en general p_i . Alternativamente la OBU 3 también podría determinar sus valores de medición de la posición p_i de otra manera, por ejemplo por triangulación vía radio, evaluación de reconocimiento celular o similares, en una red de comunicaciones móviles terrestre (*public land mobile network* (red móvil terrestre pública - PLMN por sus siglas en inglés)) como una red GSM, UMTS u otra 3G/4G/5G.

Según la Fig. 2 la OBU 3 está dotada además de un transceptor 9, mediante el cual puede enviar los valores de medición de la posición p_i a través de una red de comunicaciones móvil 10 del tipo mencionado a una central de peajes 11. En la central de peajes 11 pueden determinarse por ejemplo a partir de los datos de la posición p_i obtenidos de esta manera mediante una comparación de mapas ("*map-matching*") con el mapa de carreteras digital

1' los segmentos de carretera s_k , que ha recorrido el vehículo 2. La *map-matching* también podría llevarse a cabo en un servidor de comparación de mapas ("*map-matching-proxy*") separado, antepuesto a la central de peajes 11, o también directamente en la OBU 3, cuando el mapa de carreteras digital está almacenado en su memoria 5. A partir de las longitudes de segmento l_k conocidas de los segmentos de carretera s_k determinados, depositados en el mapa de carreteras digital 1', puede calcularse entonces la longitud 1 del trayecto recorrido por el vehículo 2 en la red de carreteras 1.

La Fig. 3 muestra uno de los problemas de una determinación de la longitud del trayecto de este tipo mediante *map-matching*. Debido a la resolución limitada de los mapas de carreteras digitales, los cuales habitualmente también modelizan secciones de carretera de varios carriles solo mediante un segmento de carretera único s_k , las longitudes de los trayectos l_a , l_b de los trayectos recorridos w_a , w_b en diferentes carriles de conducción, se diferencian de las longitudes de los segmentos l_3 , l_4 recorridos para ello en el mapa de carreteras 1'. El procedimiento que se describe a continuación supera este problema.

La Fig. 4 muestra el procedimiento en resumen y las Figs. 5 hasta 8 muestran el procedimiento en detalle. El procedimiento de las Figs. 4 hasta 8 puede producirse tanto completamente en una OBU 3, como también parcialmente en una OBU 3 y parcialmente en la central de peajes 11 y/o en uno de estos *map-matching-proxy* antepuestos.

El procedimiento de la Fig. 4 parte de una configuración especial de las OBUs, según la cual éstas producen con cada valor de medición de la posición p_i respectivamente una medición de calidad q_i correspondiente del valor de medición de la posición p_i , es decir, dos sucesiones asociadas la una a la otra $\{p_i\}$ (llamado en lo sucesivo también F) y $\{q_i\}$ de valores de medición de la posición p_i y valores de calidad de la posición q_i o una secuencia $\{(p_i, q_i)\}$ de pares de valores de medición de la posición p_i y medidas de calidad de la posición q_i . Las Figs. 5 y 6 muestran diferentes variantes para la producción de una medida de calidad de la posición q_i para un valor de medición de la posición p_i , donde en cada uno de los segmentos de carretera ejemplares s_1 - s_5 de la Fig. 6 se representa respectivamente una variante diferente.

Como se muestra en el segmento de carretera s_1 de la Fig. 6, una primera posibilidad consiste en que la OBU 3 utilice un receptor de navegación por satélite 6, el cual ya pone a disposición él mismo ("intrínsecamente") con cada valor de medición de la posición p_i también un valor de error de medición o de rango de dispersión b_i , que en el caso más sencillo puede servir directamente como base para la medida de calidad de la posición q_i , por ejemplo en la forma $q_i \triangleq 1/b_i$. Este tipo de valores del rango de dispersión b_i pueden ser por ejemplo los llamados valores DOP ("*dilution of precision*"), PDOP ("*dilution of precision*" valores de dilución de precisión posicionales), TDOP ("*time DOP*" de dilución de precisión en tiempo), GDOP ("*geometric DOP*" valores de dilución de precisión geométricos), o preferiblemente HDOP ("*horizontal DOP*" valores de dilución de precisión horizontales), como son producidos por receptores GNSS habituales, por ejemplo receptores GPS, basados en la constelación de satélite actual y los errores de medición que conlleva.

Cuando la OBU 3 utiliza en vez de (o adicionalmente) al receptor de navegación por satélite 6 un transceptor de red de comunicaciones móviles 9 para la determinación de la posición, el valor del rango de dispersión b_i , también podría ser producido por éste intrínsecamente, por ejemplo mediante las estaciones base que pueden recibirse actualmente de la red de comunicaciones móviles 10 o de la exactitud de la localización actual de correspondientes servicios de red de comunicaciones móviles ("*location based services*" servicios basados en localización).

El camino 12 de la Fig. 5 muestra esquemáticamente una utilización directa de este tipo de los valores de rango de dispersión b_i de los receptores 6, 9 para la producción de las medidas de calidad de la posición q_i en un bloque 13.

En el segmento de carretera s_2 de la Fig. 6 se muestra una segunda variante de la producción de medidas de calidad de la posición q_i . En esta variante el receptor de navegación por satélite 6 suministra por cada valor de medición de la posición p_i , respectivamente también un vector de movimiento actual v_i (véase camino 14 en la Fig. 5), comprendiendo dirección y velocidad g_i de la OBU 3 y eventualmente también su aceleración, valores los cuales pueden determinarse con una exactitud particularmente alta mediante receptores de navegación por satélite 6 habituales, por ejemplo mediante mediciones de Doppler en la señal de navegación por satélite 7 recibida. Los receptores de red de comunicaciones móviles habituales 9 también podrían determinar un vector de movimiento v_i de este tipo, por ejemplo mediante mediciones de Doppler en las señales recibidas por estaciones de base cercanas. En las dos variantes también se podría determinar el vector de movimiento v_i adicional o exclusivamente mediante un sistema de medición de inercia (*inertial measurement unit*, IMU, por sus siglas en inglés) en relación con por ejemplo, un sistema de brújula electrónico.

Partiendo de un valor de medición de la posición actual p_j , puede estimarse (extrapolarse) mediante el vector de movimiento actual v_j un valor previsto e_{j+1} para el correspondiente siguiente valor de medición de la posición p_{j+1} de la secuencia F o $\{p_j\}$, y la diferencia δ_{j+1} del siguiente valor de medición de la posición p_{j+1} de su valor previsto e_{j+1} representa- suponiendo que por ejemplo un vector de movimiento v_j determinado por Doppler tiene una exactitud muy alta- nuevamente una medida de rango de dispersión, que puede servir como base para el cálculo de la medida de la calidad de la posición q_{j+1} del valor de medición de la posición p_{j+1} en el bloque 13, por ejemplo en la forma q_{j+1}

$$\triangleq 1/\delta_{j+1}.$$

Alternativamente (o adicionalmente) al vector de movimiento v_j , la OBU 3 también podría recibir valores de movimiento m_j de un sensor de vehículo del vehículo 2, por ejemplo un sensor de velocidad o de inercia, tacómetro, odómetro, tacógrafo o similares, véase camino 15 en la Fig. 5, que pueden utilizarse igualmente para la determinación de un valor previsto e_{j+1} para el siguiente valor de medición de la posición p_{j+1} y con ello de la diferencia δ_{j+1} y de la medida de calidad de la posición q_{j+1} .

Mediante los segmentos de carretera s_3 y s_4 de la Fig. 6 y del bloque 16 de la Fig. 5 se muestra otra variante de la producción de la medida de calidad de la posición q_i , y concretamente por interpolación o extrapolación de valores previstos e_k, e_{i+1} de la secuencia F de valores de medición de la posición p_i . En el segmento de carretera s_3 se forma a modo de ejemplo un valor previsto e_k por interpolación entre dos valores de medición de la posición p_{k-1} y p_{k+1} próximos al valor de medición de la posición p_k , y se determina la diferencia δ_k del valor de medición de la posición p_k correspondiente. En el segmento de carretera s_4 se forma un valor previsto e_{i+1} para un valor de medición de la posición siguiente p_{i+1} por extrapolación de valores de medición de la posición anteriores $\dots, p_{i-2}, p_{i-1}, p_i$ y vuelve a determinarse la correspondiente diferencia δ_{i+1} del valor de medición de la posición p_{i+1} .

La interpolación o extrapolación también puede llevarse a cabo mediante dos o más valores de medición de la posición anteriores o posteriores p_i de la secuencia F, y tanto la interpolación y extrapolación lineal, como también aquellas de orden mayor ("*wavelet-fitting*" ajuste de ondas pequeñas, "*spline fitting*" ajuste de interpolación) pueden tenerse en cuenta y llevarse a cabo en un interpolador o extrapolador 16 de la Fig. 5.

A partir de las diferencias δ_k, δ_i pueden determinarse entonces nuevamente en el bloque 13 las correspondientes medidas de calidad de la posición q_i (aquí: q_k, q_i) por ejemplo en la forma $q_k \triangleq 1/\delta_k$ y $q_i \triangleq 1/\delta_i$.

En el segmento de carretera s_5 de la Fig. 6 y en el bloque 17 de la de la Fig. 5, se muestra una variante, en la que se determina para cada valor de medición de la posición p_m , mediante una comparación *map-matching* con el mapa de carreteras digital 1', la distancia o la diferencia δ_m del segmento de carretera más próximo s_k , en este caso s_5 . Al utilizar una OBU de "cliente pesado" la *map-matching* del bloque 17 puede ocurrir en la OBU 3; en el caso de una OBU de "cliente ligero", este paso puede deslocalizarse a un *map-matching-proxy* externo o a la central de peaje 11. A partir de la diferencia δ_m puede volver a determinarse en el bloque 13 la medida de calidad de la posición $q_m \triangleq 1/\delta_m$ para el valor de medición de la posición p_m .

Se entiende que la medida de calidad de la posición q_i puede calcularse en el bloque 13 también a partir de una función F cualquiera, por ejemplo una suma ponderada, de los valores de rango de dispersión b_i y de las diferencias $\delta_j, \delta_k, \delta_i, \delta_m$, es decir, $q_i = f(b_i, \delta_j, \delta_k, \delta_i, \delta_m)$.

Los valores obtenidos a partir de los caminos 12 y 15-17 también podrían evaluarse en el bloque 13 eventualmente de manera escalonada, para producir la medida de calidad q_i , por ejemplo primeramente con la ayuda de los valores del rango de dispersión b_i , y, cuando estos son lo suficientemente pequeños, a continuación a partir de los valores previstos e_i, e_j, e_k, e_l . También podrían producirse las medidas de calidad de la posición q_i de manera diferente para diferentes valores de medición de la posición p_i , por ejemplo, cuando durante la localización GNSS existen valores DOP, que no se producen durante una localización de red de comunicaciones móvil transitoria, o las medidas de calidad de la posición q_i se forman mediante indicadores de calidad específicos del fabricante, que pueden producir receptores GNSS habituales.

Volviendo a la Fig. 4 se extraen ahora en un primer paso 18 del procedimiento de las secuencias $\{p_i\}$ y $\{q_i\}$ producidas por la OBU 3 de valores de medición de la posición y de medias de la calidad de la posición correspondientes, segmentos o conjuntos consecutivos S_1, S_2, \dots , en general S_n , de valores de medición de la posición, de tal manera que los valores de medición de la posición p_i , cuyas medidas de calidad de la posición q_i no alcanzan o quedan por debajo de un primer valor umbral predeterminado σ_1 , no quedan recogidos, es decir, no se tienen en cuenta en los conjuntos S_n . La Fig. 7 muestra el resultado del paso 18 para los valores de medición de la posición ejemplares de la Fig. 6.

Como se muestra en la Fig. 7, no se tuvo en cuenta en el conjunto S_1 aquel valor de medición de la posición p_i del segmento de carretera s_1 de la Fig. 6, cuyo gran rango de dispersión b_i habría llevado a una medida de calidad de la posición q_i , que sería inferior al valor umbral σ_1 . Igualmente no se tuvieron en cuenta en los conjuntos S_2, S_3 y S_4 los valores de medición de la posición p_{j+1}, p_k, p_{i+1} de la Fig. 6, dado que sus diferencias $\delta_{j+1}, \delta_k, \delta_{i+1}$ de los correspondientes valores previstos e_{j+1}, e_k, e_{i+1} eran grandes, y por ello sus medidas de calidad de la posición q_{j+1}, q_k, q_{i+1} eran más pequeñas que el valor umbral σ_1 . Y en el conjunto S_5 no se utilizó el valor de medición de la posición p_m ejemplar –entre otros- del segmento de carretera s_5 de la Fig. 6, cuya distancia grande δ_m del segmento de carretera s_5 habría llevado a una medida de calidad de la posición q_m que no alcanzaría el valor umbral σ_1 .

La extracción de los conjuntos S_n – y de los conjuntos correspondientes respectivamente $\{q_i\}_n$ de medidas de calidad de la posición q_i – de las secuencias $\{p_i\}$ y $\{q_i\}$ puede ocurrir particularmente de tal forma, que los conjuntos vecinos S_n se sucedan sin solaparse, también aunque esto no sea obligatorio. Tampoco es obligatorio que los conjuntos S_n

sigan de manera aproximada a los segmentos de carretera s_k , esto se representa así en las Figs. 6 y 7 solo para una mayor claridad. Efectivamente la extracción de los conjuntos S_n ("segmentación y extracción") puede producirse en el paso 18 de manera totalmente separada de la segmentación de la red de carreteras 1 del mapa de carreteras digital 1', también cuando sea ventajosa una orientación aproximada a los segmentos de la carretera s_k , no solo para la *map-matching* mostrada en el segmento de carretera s_5 para la determinación de la distancia δ_m , sino también para los siguientes pasos del procedimiento para precisar el trayecto recorrido por el vehículo 2.

Los conjuntos S_n extraídos en el paso 18 de valores de medición de la posición p_i que superan el valor umbral σ_1 , se aportan a continuación –junto con las medidas de calidad de la posición $\{q_i\}_n$ correspondientes a los conjuntos S_n – a un paso de procedimiento 19, en el que se determina para cada conjunto S_n una medida de calidad del conjunto Q_n , y concretamente de la siguiente manera.

En una forma de realización se determina la medida de calidad del conjunto Q_n a partir de las correspondientes medidas de calidad de la posición q_i de los valores de medición de la posición p_i contenidos en el conjunto S_n , por ejemplo como media o como suma ponderada de los mismos, para lo cual son adecuados todos los procedimientos para la interconexión de valores de medición conocidos en las matemáticas y en la estadística.

En una forma de realización simplificada, la medida de calidad del conjunto Q_n se forma solamente a partir de la cantidad A de los valores de medición de la posición p_i comprendidos en el conjunto S_n , por ejemplo la cantidad absoluta de valores de medición de la posición p_i en el conjunto S_n o una cantidad "relativa" referida a los valores de medición de la posición p_i originales de la secuencia F , es decir, como relación de las cantidades de los valores de medición de la posición p_i tenidos en cuenta del conjunto S_n con respecto a la suma de los valores de medición de la posición p_i tenidos en cuenta y no tenidos en cuenta del conjunto S_n . En este caso también puede proporcionarse una cantidad mínima de valores de medición de la posición p_i en el conjunto S_n , por debajo de la cual se establece la medida de calidad del conjunto Q_n en cero.

Los conjuntos S_n y sus medidas de calidad de conjunto Q_n se suministran a continuación a un paso de comparación 20, en el que se compara la medida de calidad del conjunto Q_n de cada conjunto S_n con un segundo valor umbral σ_2 predeterminado. Si la medida de calidad del conjunto Q_n supera el segundo valor umbral σ_2 , entonces la cantidad o la calidad conjunta de los valores de medición de la posición p_i del conjunto S_n , es lo suficientemente buena, se deriva a un paso de cálculo 21 (derivación "y"), en el que se determina el trayecto recorrido por el vehículo 2 directamente a partir de las distancias mutuas a_i de los valores de medición de la posición p_i consecutivos del conjunto S_n ("*direct calculation*" cálculo directo, DC por sus siglas en inglés).

Esto se muestra en la Fig. 8 a modo de ejemplo para los segmentos de carretera s_1 , s_3 y s_4 y los conjuntos S_1 , S_3 y S_4 , cuyas medidas de calidad de conjunto Q_1 , Q_3 y Q_4 superan el valor umbral σ_2 : la longitud l_1 del trayecto recorrido en el segmento de carretera s_1 y conjunto S_1 resulta en este caso de la suma de las distancias mutuas a_1 , a_2 y a_3 de los valores de medición de la posición consecutivos p_1 , p_2 , p_4 y p_5 del conjunto S_1 , es decir, no teniendo en cuenta el valor de medición de la posición p_3 (p_i en la Fig. 6) ya descartado en el paso 18.

Las distancias a_1 , a_2 y a_3 pueden determinarse en este caso a partir de las distancias geométricas de los valores de medición de la posición p_1 , p_2 , p_4 y p_5 mismos, es decir, $a_i \triangleq (p_{i+1} - p_i)$. Si la unidad de a bordo 3 ha producido por ejemplo con la ayuda del receptor de navegación por satélite 6 para cada valor de medición de la posición p_i también un par correspondiente (g_i, t_i) de velocidad g_i y de momento de medición t_i , entonces pueden determinarse las distancias a_1 , a_2 y a_3 alternativamente también a partir de las velocidades g_1 , g_2 y g_4 y las correspondientes diferencias de los momentos de medición t_1 , t_2 , t_4 y t_5 de los valores de medición de la posición p_1 , p_2 , p_4 y p_5 , es decir, en la forma $a_i \triangleq g_i \cdot (t_{i+1} - t_i)$.

La medida de calidad del conjunto Q_1 del conjunto S_1 se ha formado en el presente ejemplo como media de las medidas de calidad de las posiciones q_i de los valores de medición de la posición p_i contenidos en el conjunto S_1 . De igual manera se determinan las longitudes l_3 y l_4 para los conjuntos S_3 y S_4 .

Si la medida de calidad del conjunto Q_n no alcanza por el contrario en el paso de comparación 20 el segundo valor umbral σ_2 , se deriva al paso de cálculo alternativo 22 (derivación "n") en el que se determina el trayecto recorrido por el vehículo 2 mediante *map-matching* ("MM"). Esto se muestra por su parte en la Fig. 8 a modo de ejemplo para los segmentos de carretera s_2 y s_5 y los conjuntos S_2 y S_5 , cuyas medidas de calidad de conjunto Q_2 y Q_5 no alcanzan el valor umbral σ_2 . En el caso del conjunto S_2 la cantidad A de los valores de medición de la posición p_i contenidos en el conjunto S_2 , se mantiene por ejemplo por debajo de una cantidad mínima (en este caso: cuatro), en el caso del conjunto S_5 la cantidad relativa $A = 4/7$ (cuatro valores de medición de la posición p_i tenidos en cuenta de un total siete) estaba por debajo del segundo valor umbral σ_2 .

En el paso de cálculo 22 se determina la longitud l_2 o l_4 del trayecto recorrido por el vehículo 2 en el segmento de carretera s_2 o s_5 y el conjunto S_2 o S_5 mediante comparación de mapas (*map-matching*) a partir de las longitudes de segmento l_2 y l_5 depositadas en el mapa de carreteras digital 1' de los segmentos de carretera s_2 y s_5 . Para ello se asignan –como ya se ha explicado mediante la Fig. 3– los valores de medición de la posición p_i del conjunto S_n al o a los segmentos de carretera correspondientemente más cercanos s_k y se seleccionan sus longitudes de segmento l_k

del mapa de carreteras 1'. El paso de la *map-matching* 22 puede volver a llevarse a cabo dependiendo del tipo de construcción de la OBU 3, bien en la OBU 3 (en el caso de clientes pesados de OBUs) o externamente (en el caso de clientes ligeros de OBUs).

- 5 Cuando se repite el procedimiento de la Fig. 4 para juegos S_n consecutivos, pueden sumarse las longitudes de los trayectos correspondientemente determinados $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ a una longitud del trayecto total

$$l = \sum_n l_n$$

- 10 recorrido por el vehículo 2. La longitud del trayecto 1 recorrido sumado de esta manera tiene una exactitud mayor que una longitud del trayecto calculado exclusivamente por *direct calculation* (DC por sus siglas en inglés) 21 o por *map-matching* 22 (MM por sus siglas en inglés).

- 15 Se entiende que en la práctica los valores de medición de la posición p_i se producen mucho más a menudo y con ello como secuencia más seguida F que como se representa en las Figs. 1 y 6 hasta 8 debido a la claridad de la manera fuertemente simplificada. Los segmentos de carreteras s_k de segmentos de peaje de sistemas de peajes de carreteras existentes también pueden ser diferentes y presentar particularmente longitudes de segmento reducidas l_k . Los conjuntos S_n se adaptan convenientemente de tal manera a los segmentos de carretera s_k , que en la zona de los límites entre dos segmentos de carretera s_k, s_{k+1} también limitan entre sí dos conjuntos S_n, S_{n+1} ; en una
 20 secuencia seguida F de valores de medición de la posición p_i pueden descartarse eventuales diferencias en los límites entre los segmentos de carretera s_k, s_{k+1} o se descentran en longitudes de trayecto 1 más grandes.

- La invención no se limita a las formas de realización representadas, sino que comprende todas las variantes, combinaciones y modificaciones que caen dentro del marco de las reivindicaciones adjuntas.
 25

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la longitud (1) de un trayecto recorrido por un vehículo (2) en una red de carreteras (1), que está modelizada en forma de un mapa de carreteras digital (1') a partir de un gráfico de red de segmentos de carretera (s_k) de longitudes de segmento (l_k) conocidas en cada caso, utilizando una unidad de a bordo (3) que lleva consigo el vehículo (2), que produce una secuencia (F) de valores de medición (p_i) de su propia posición y para cada valor de medición de la posición (p_i) de la secuencia (F) una medida de calidad de la posición correspondiente (q_i), comprendiendo:
- 5
- 10 extracción de un conjunto (S_n) de valores de medición de la posición (p_i) consecutivos de la secuencia (F), no teniendo en cuenta aquellos valores de medición de la posición (p_i), cuya medida de calidad de la posición (q_i) queda por debajo de un primer valor umbral (σ_1) predeterminado, **caracterizado por** los pasos de procedimiento:
- 15 determinación de una medida de calidad de conjunto (Q_n) mediante la cantidad (A) de los valores de medición de la posición (p_i) del conjunto (S_n) o mediante sus medidas de calidad de la posición (q_i) y cuando la medida de calidad del conjunto (Q_n) supera un segundo valor umbral (σ_2) predeterminado: determinación de la longitud del trayecto (1) a partir de las distancias mutuas (a_i) de valores de medición de la posición (p_i) consecutivos del conjunto (S_n),
- 20 en otro caso: determinación de la longitud del trayecto (1) utilizando el mapa de carreteras digital (1') **por** asociación de los valores de medición de la posición (p_i) del conjunto (S_n) a al menos un segmento de carretera (s_k) y determinación de la longitud del trayecto (1) a partir de la longitud del segmento (l_k) de este al menos un segmento de carretera (s_k).
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la medida de calidad del conjunto (Q_n) se determina a partir de las medidas de calidad de la posición (q_i) del conjunto (S_n) como media de las mismas.
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la medida de calidad del conjunto (Q_n) se determina como relación de las cantidades (A) de valores de medición de la posición (p_i) tenidos en cuenta en el conjunto (S_n) con respecto a la suma de valores de medición de la posición (p_i) tenidos en cuenta más no tenidos en cuenta.
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** los valores de medición de la posición (p_i) se producen mediante un receptor de comunicaciones móviles (9) de la unidad de a bordo (3) por localización en una red de comunicaciones móviles terrestre (10).
- 40 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** los valores de medición de la posición (p_i) se producen mediante un receptor de navegación por satélite (6) de la unidad de a bordo (3) por localización en un sistema de navegación por satélite (8).
- 45 6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el receptor de navegación por satélite (6) emite para cada valor de medición de la posición (p_i) un valor DOP correspondiente, preferiblemente un valor HDOP, como base para su medida de calidad de la posición (q_i).
- 50 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** la medida de calidad de la posición (q_m) de un valor de medición de la posición (p_m) se produce dependiendo de su distancia (δ_m) a un segmento de carretera (s_k) próximo del mapa de carreteras digital (1').
- 55 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la medida de calidad de la posición (q_k) de un valor de medición de la posición (p_k) se produce dependiendo de su distancia (δ_k) a un valor previsto (e_k), que se forma para el valor de medición de la posición (p_k) nombrado mediante interpolación a partir de valores de medición de la posición vecinos de la secuencia (F).
- 60 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la medida de calidad de la posición (q_j, q_i) de un valor de medición de la posición (p_j, p_i) se produce dependiendo de su distancia (δ_j, δ_i) a un valor previsto (e_j, e_i), que se forma para el valor de medición de la posición (p_j, p_i) nombrado mediante extrapolación a partir de valores de medición de la posición anteriores de la secuencia (F).
- 65 10. Procedimiento según la reivindicación 9 en conexión con la reivindicación 5, **caracterizado por que** el receptor de navegación por satélite (9) emite para cada valor de medición de la posición (p_j) un correspondiente vector de movimiento (v_j), el cual se utiliza para la extrapolación del valor previsto (e_j).
11. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** la unidad de a bordo (3) recibe para cada valor de medición de la posición (p_j) un valor de medición de movimiento (m_j) de un sensor del vehículo, que se utiliza para la extrapolación del valor previsto (e_j).

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por que** conjuntos (S_n) consecutivos de valores de medición de la posición (p_i) se extraen sin solaparse de la secuencia (F) de valores de medición de la posición (p_i).
- 5 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por que** las distancias mutuas (a_i) se determinan a partir de los valores de medición de la posición (p_i) mismos.
- 10 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por que** la unidad de a bordo (3) produce para cada valor de medición de la posición (p_i) un par (g_i, t_i) correspondiente de velocidad (g_i) y momento de medición (t_i), y por que las distancias mutuas (a_i) de respectivamente dos valores de medición de la posición (p_i) consecutivos se determinan a partir de la velocidad (g_i) en el primero de los dos valores de medición de la posición (p_i) y de la diferencia de los momentos de medición (t_i, t_{i+1}) de los dos valores de medición de la posición (p_i, p_{i+1}).

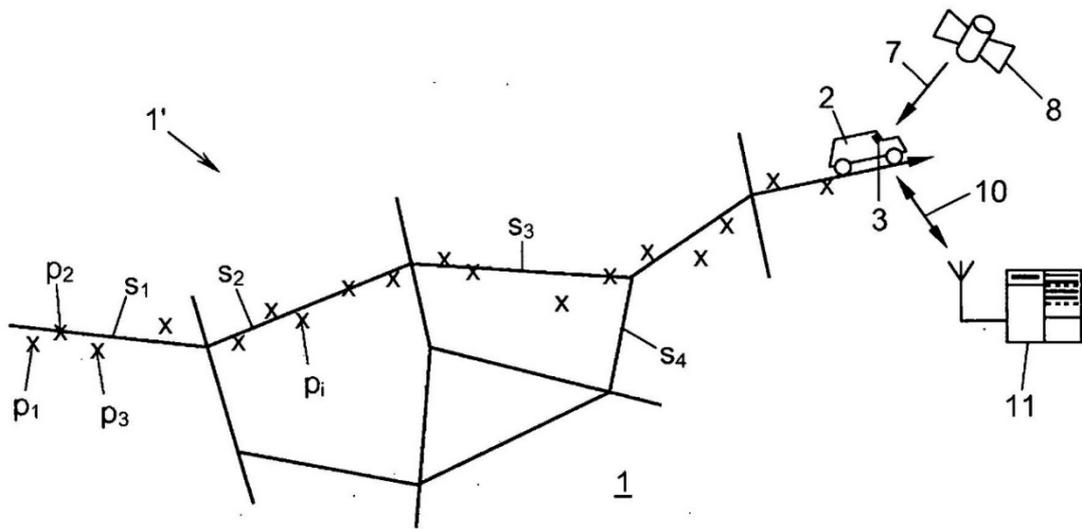


Fig. 1

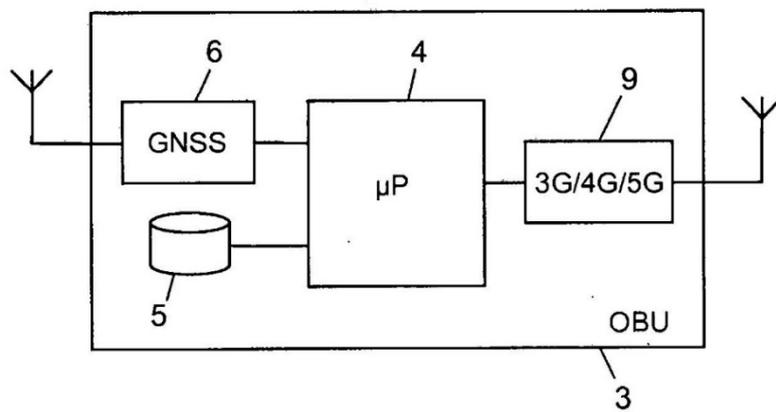


Fig. 2

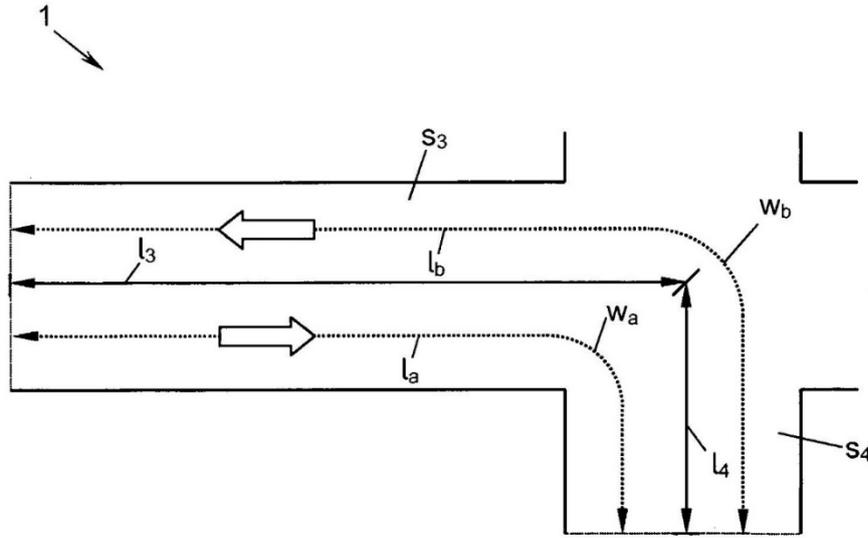


Fig. 3

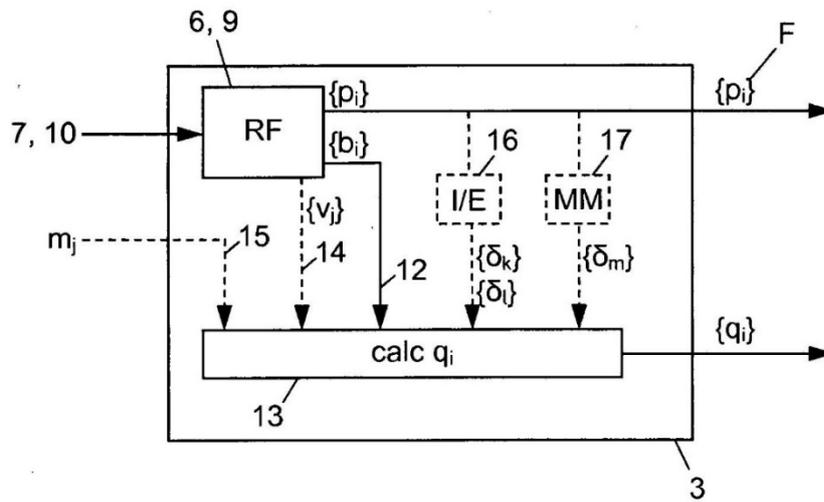


Fig. 5

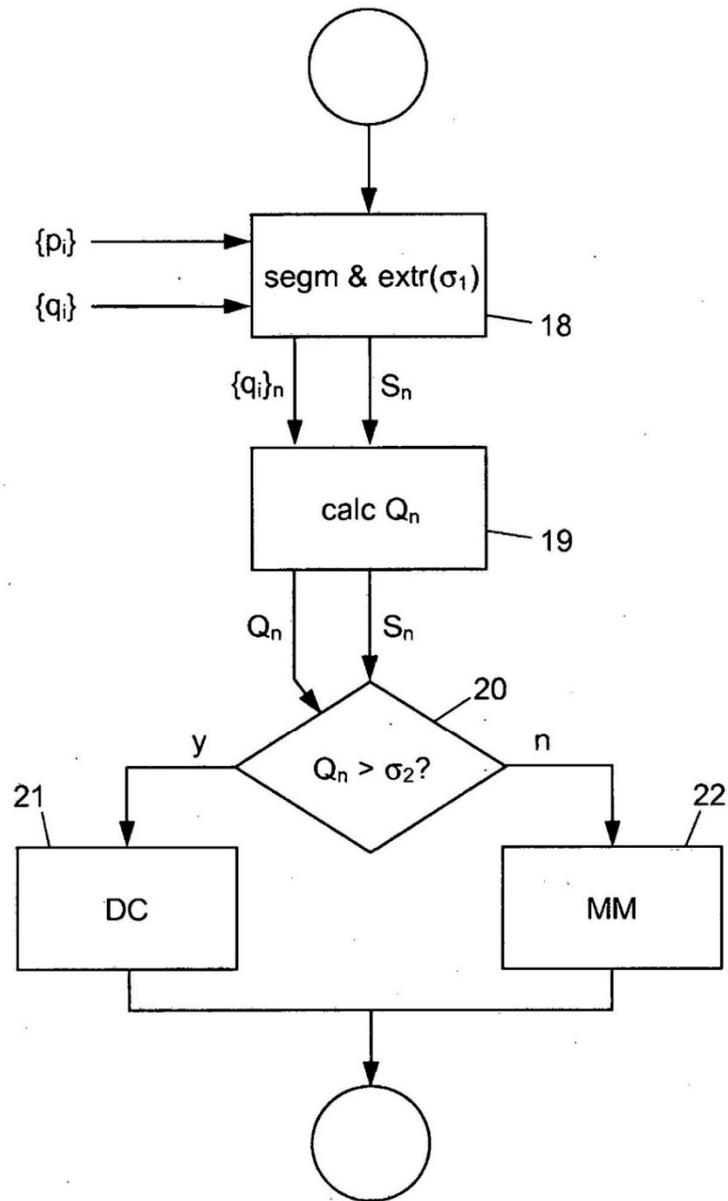


Fig. 4

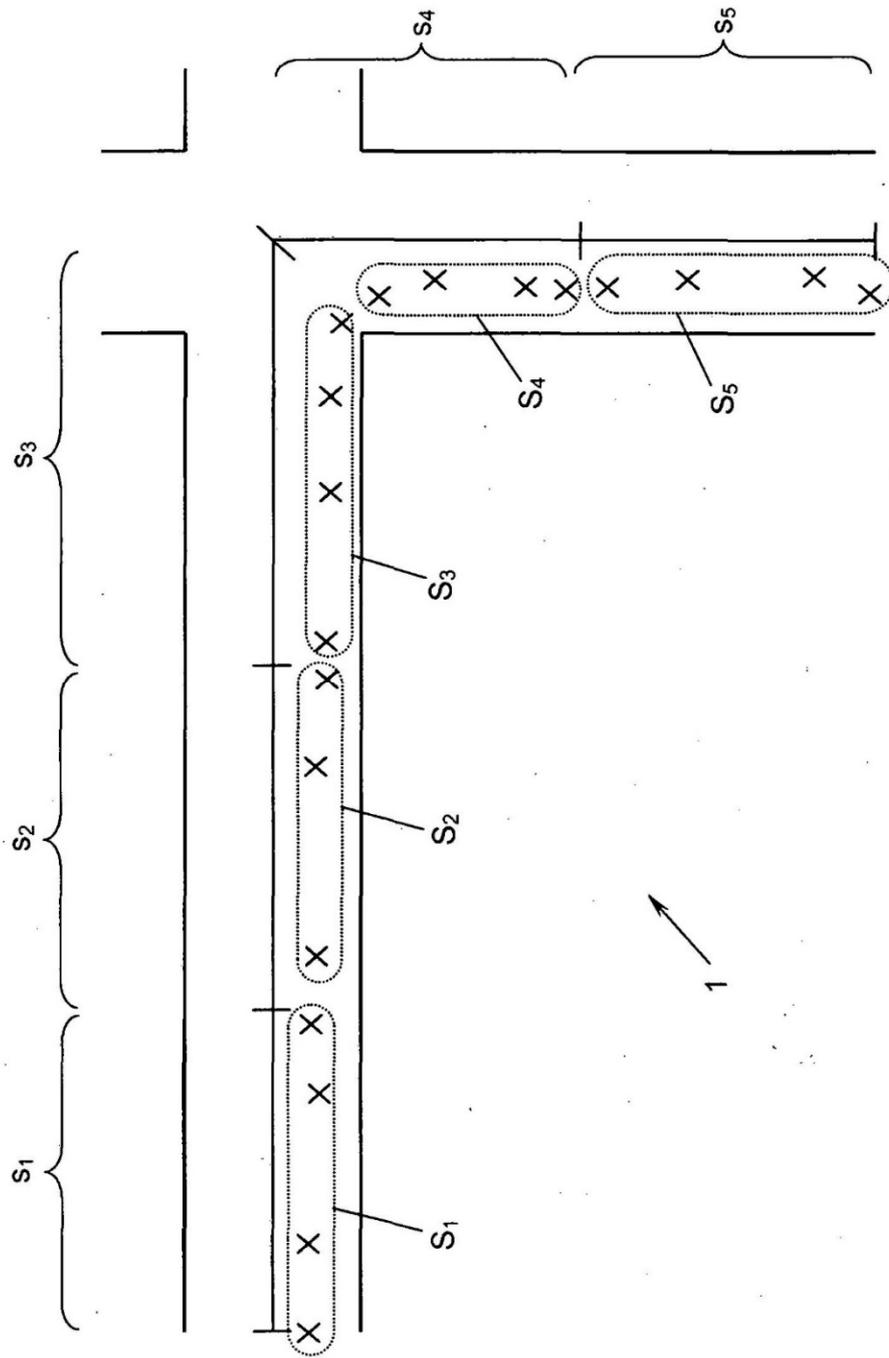


Fig. 7

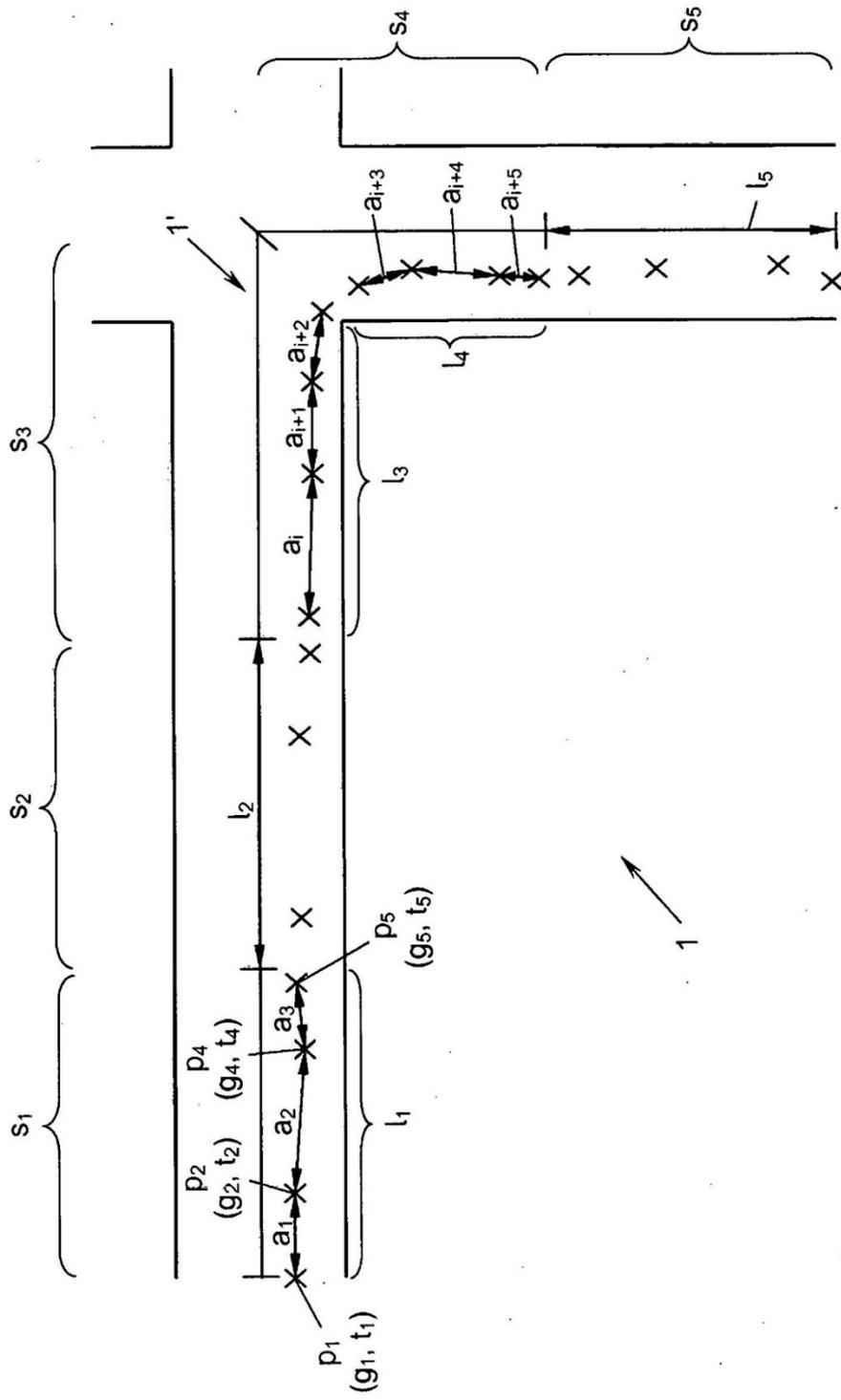


Fig. 8