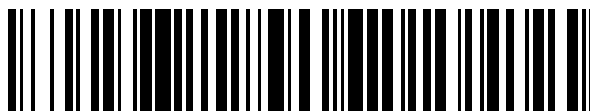


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 599**

51 Int. Cl.:

G07B 15/06

(2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2016** **E 16192337 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020** **EP 3306574**

54 Título: **Método para detectar un punto de peaje virtual**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
29.09.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

POSCHINGER, CHRISTIAN y
SIEGL, THOMAS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 784 599 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

Método para detectar un punto de peaje virtual

La presente invención se refiere a un método para detectar el paso por un punto de peaje virtual por parte de un vehículo que circula por una red de carreteras.

5 La detección de posiciones geográficas predeterminadas, tales como las coordenadas de entradas y salidas de autopistas de peaje, áreas de peaje virtuales, secciones de carreteras de peaje, entradas y salidas de estacionamientos, fronteras, centros urbanos, etc., denominados "puntos de peaje virtuales", es una parte importante de los sistemas de peaje de tráfico que se basan en unidades de a bordo (OBUs) llevadas por vehículos y que generan una secuencia de puntos de posición (*position fixes*) por medio de un receptor del sistema global de navegación por
10 satélite (GNSS). Una vez que la OBU o un sistema central al que la OBU ha enviado su secuencia de puntos de posición ha detectado el paso por un punto de peaje virtual, se puede cobrar una tarifa por usar el punto de peaje virtual, se puede verificar una autorización para pasar por el punto de peaje virtual, se puede ejecutar una infracción y similares.

15 Se conoce una multitud de métodos para detectar el paso por un punto de peaje virtual, por ejemplo, dibujando un área alrededor del punto de peaje virtual y determinando uno o más puntos de posición que se sitúan dentro de esa área. Los métodos más simples comparan los puntos de posición con un punto de peaje virtual y detectan el paso cuando las distancias respectivas entre los puntos de posición y el punto de peaje virtual caen por debajo de un umbral mínimo, que es equivalente a un círculo dibujado alrededor del punto de peaje virtual y que detecta si un punto de posición se sitúa dentro de ese círculo. Se describen métodos de este tipo, por ejemplo, en los documentos EP 0 824 731 B2, EP 2 511 892 B1, WO 99/33027 A1, US 5 359 528, WO 95/20801 A1, DE 43 10 099 C2, DE 10 2005 016 814 B4, DE 10 2004 001 906 B4, DE 44 02 614 A1 y EP 1 821 259 A2. Todos estos métodos o bien son complicados y requieren un poder de procesamiento sustancial en la OBU o el sistema central, o bien no son fiables y son propensos a errores de detección cuando son simples.

25 Es un objetivo de la invención superar los inconvenientes de la técnica anterior y proporcionar un método para detectar el paso por un punto de peaje virtual, método que, al mismo tiempo, es fácil de calcular y produce resultados de detección robustos y fiables.

Este objetivo se logra con un método para detectar el paso por un punto de peaje virtual por parte de un vehículo que circula por una red de carreteras, que comprende las etapas en el siguiente orden:

30 a) calcular una secuencia de distancias entre puntos de posición y el punto de peaje virtual, obteniéndose dichos puntos de posición secuencialmente a partir de un receptor GNSS llevado por el vehículo;

b) buscar en dicha secuencia de distancias un mínimo global seguido por un incremento y, si se encuentra el mismo, a continuación

c) detectar el paso por el punto de peaje virtual;

si no

35 d) añadir una nueva distancia calculada entre un punto de posición recién obtenido y el punto de peaje virtual a la secuencia, mientras que se descarta la distancia más antigua de la secuencia, y volver a la etapa b).

40 El método de la invención analiza continuamente la secuencia, es decir, la curva con respecto al tiempo, de distancias a un punto de peaje virtual sucesivo sobre la marcha buscando un mínimo global seguido por un incremento. Esta búsqueda se realiza en una ventana, la "secuencia", que se desliza sobre el tiempo y comprende las distancias de los puntos de posición más recientes al punto de peaje virtual a detectar. El criterio de detección de búsqueda de un mínimo global seguido por un incremento en esta ventana va más allá de la comprobación convencional de "dentro de un área de umbral" de la técnica anterior, ya que es independiente de cualquier área de umbral predeterminada, aunque autoadaptativa. El método de detección de la invención es, por lo tanto, significativamente más robusto y menos propenso a errores de detección que los métodos conocidos. Al mismo tiempo, el criterio de detección de la
45 invención es fácil de calcular en tiempo real, incluso con medios de procesamiento modestos disponibles en una unidad de a bordo.

50 En una realización particularmente preferida de la invención, los puntos de peaje virtuales se definen, cada uno de ellos, como coordenadas tridimensionales y los puntos de posición se obtienen, cada uno de ellos, como coordenadas tridimensionales. La secuencia de puntos de posición forma así una "curva polinómica" ("spline") poligonal en el espacio 3D, y las distancias se calculan como distancias 3D entre los puntos de la curva polinómica y el punto de peaje virtual. Esto permite una discriminación entre puntos de peaje virtuales que aparecen en la red de carreteras muy próximos entre ellos, pero a diferentes alturas, tal como, por ejemplo, en el caso de autopistas de peaje que se cruzan en puentes o discurren en paralelo a niveles diferentes.

Una realización adicional de la invención comprende, antes de la etapa a), las etapas:

almacenar un conjunto de puntos de peaje virtuales de la red de carreteras en una memoria;

obtener un punto de posición del receptor GNSS; y

seleccionar, como dicho punto de peaje virtual, a partir de dicho conjunto almacenado, el punto de peaje virtual que está más cercano a dicho punto de posición.

- 5 Esto permite una selección automática de un punto de partida para el método en caso de múltiples puntos de peaje virtuales definidos en la red de carreteras.

En el caso de múltiples puntos de peaje virtuales almacenados en el conjunto que forman nodos en un grafo que representa la red de carreteras, una realización preferida adicional de la invención comprende, tras la etapa c), la etapa:

- 10 seleccionar, del conjunto almacenado, como punto de peaje virtual que se utilizará en las etapas posteriores del método, un punto de peaje virtual que es uno de los nodos vecinos del punto de peaje virtual utilizado hasta el momento, y volver a la etapa a).

En esta realización, el método hace uso de una representación gráfica de puntos de peaje virtuales distribuidos geográficamente sobre la red de carreteras, en el sentido de que después de cada paso por un punto de peaje virtual, el método se repite para detectar el paso por aquel o aquellos punto/s de peaje virtual/es sucesivo/s a los que llegará a continuación el vehículo en la red de carreteras. Cuando hay más de un nodo vecino sucesivo, es decir, punto de peaje virtual alcanzable sucesivo, y cuando se pasa por el primero de ellos, entonces preferiblemente el método puede abortarse para el resto de dichos nodos vecinos. De esa manera, el método avanza a lo largo de la mejor ruta en el grafo para detectar siempre el paso por el punto de peaje virtual alcanzable sucesivo a lo largo de la ruta del vehículo.

- 15
- 20 De acuerdo con una característica preferida adicional de la invención, el incremento que se detectará en la etapa b) se define por dos distancias sucesivamente más altas que suceden al mínimo global. Este criterio es particularmente fácil de calcular y robusto.

De acuerdo con una variante preferida adicional de la invención, en la etapa a) los puntos de posición o las distancias se suavizan con respecto al tiempo, lo cual elimina valores atípicos y mejora la fiabilidad de detección.

- 25 La fiabilidad de detección se puede aumentar más y se puede economizar tiempo de cálculo si en la etapa b), cuando dicho mínimo global se encuentra por encima de un primer umbral y/o la diferencia entre dicho mínimo global y un máximo global de dicha secuencia se encuentra por debajo de un segundo umbral, el método prosigue directamente a la etapa d). Ambos criterios evitan una búsqueda innecesaria del mínimo global y del incremento si un punto de peaje virtual está demasiado alejado (el mínimo global está por encima del primer umbral) o la secuencia (curva) de distancias es demasiado estrecha (la extensión entre mínimo y máximo está por debajo del segundo umbral), lo cual puede indicar un paso incierto o demasiado distante que no podría utilizarse para una detección fiable.
- 30

El método de la invención es particularmente adecuado para una implementación en tiempo real "en movimiento", es decir, en una unidad de a bordo llevada por el vehículo y que comprende el receptor GNSS, una memoria para almacenar punto/s de peaje virtual/es, una memoria intermedia para almacenar la secuencia de distancias y un procesador conectado a las mismas para realizar las etapas del método.

- 35 La invención se explicará a continuación de manera detallada por medio de realizaciones ejemplificativas de la misma en referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Figura 1 muestra una red de carreteras con puntos de peaje virtuales en forma de grafo y un vehículo ejemplificativo que circula por la red de carreteras de manera esquemática;

- 40 la Figura 2 muestra en los diagramas superior y central una secuencia de puntos de posición y una secuencia de distancias a un punto de peaje virtual, respectivamente, en una representación espacial tridimensional, y en el diagrama inferior una secuencia de distancias con respecto al tiempo;

la Figura 3 es un diagrama de bloques de una unidad de a bordo para realizar el método de la invención;

- 45 la Figura 4 son instantáneas, en tres instancias diferentes de tiempo, de la memoria intermedia de la unidad de a bordo de la Figura 3 que contiene la secuencia de distancias; y

la Figura 5 es un diagrama de flujo de una realización del método de la invención.

La Figura 1 muestra un grafo 1 de una red 2 de carreteras que comprende una multitud de carreteras, áreas de tráfico, estacionamientos, etc. 3, por los que pueden circular vehículos 4. Los vehículos 4 llevan, cada uno de ellos, una unidad de a bordo (OBU) 5 (Figura 3), que tiene un receptor 6 del sistema global de navegación por satélite (GNSS). El receptor GNSS 6 genera una secuencia de puntos de posición $p_1, p_2, \dots$, de manera general p_i , correspondientes a la posición geográfica de la OBU 5 en la red 2 de carreteras.

- 50

La OBU 5 puede ser, por ejemplo, un transpondedor activo o pasivo, una etiqueta inalámbrica, un transceptor, un teléfono móvil o un teléfono inteligente, o en general cualquier otro dispositivo electrónico equipado con o que conste de un receptor GNSS 6 que pueda ser llevado por el vehículo 4 ó que se pueda montar en o sobre este último.

5 Dentro de la red 2 de carreteras, se define un conjunto de puntos de peaje virtuales A, B, C, ..., de manera general "TP", de manera que el paso por estos últimos será detectado por la unidad 5 de a bordo cuando el vehículo 4 circule por la red 2 de carreteras. Los puntos de peaje virtuales TP pueden, por ejemplo, definirse en medio de un tramo de carretera entre dos cruces, tal como se muestra en la mitad izquierda de la Figura 1 para los puntos de peaje virtuales A, B, C; o se puede definir en cruces de dos o más tramos de carretera, tal como se muestra en la mitad derecha de la Figura 1 para los puntos virtuales de peaje D, F, G.

10 Los puntos de peaje virtuales TP pueden ser de cualquier tipo del descrito al principio, incluyéndose - entre otros - áreas de peaje virtuales, entradas o salidas de autopistas, puntos de cruce fronterizo, centros urbanos, accesos de estacionamiento y similares.

15 El conjunto de puntos de peaje virtuales TP se almacena en una memoria 7 de la unidad 5 de a bordo. Los puntos de peaje virtuales TP se almacenan preferiblemente en forma de grafo en la memoria 7, es decir, como nodos unidos por líneas de conexión tal como en el grafo 1 de Figura 1, de modo que, para cada punto de peaje virtual TP, los puntos de peaje virtuales TP sucesivos a los que puede llegar el vehículo 4 en la red 2 de carreteras pueden identificarse como nodos vecinos. En el ejemplo de la Figura 1, cuando se circula desde el punto de peaje virtual A, los puntos o de peaje virtuales o nodos sucesivos (vecinos) serían los puntos de peaje virtuales B y C, pero no D - G.

20 La Figura 2, diagrama superior, muestra una secuencia ejemplificativa de puntos de posición $p_1 - p_9$ obtenidos por el receptor GNSS 6, y representados como una curva polinómica 8 - poligonal o (en este caso) interpolada - en un sistema de coordenadas tridimensional con los ejes x, y, z. Como puede observarse, la secuencia de puntos de posición $\{p_1, \dots, p_9\}$ o la curva polinómica 8, respectivamente, comprende información de altura en la dirección del eje z, es decir, cada punto de posición p_i tiene coordenadas tridimensionales $x_i/y_i/z_i$. En una realización simplificada (no mostrada), los puntos de posición p_i también podrían ser solo bidimensionales en el plano x/y.

25 Refiriéndose al diagrama central de la Figura 2, para cada punto de posición p_i se calcula una distancia d_i a uno de los puntos de peaje virtuales TP (aquí el punto de peaje ejemplificativo G). Para puntos de posición tridimensionales p_i , también se definen con coordenadas tridimensionales los puntos de peaje TP y las distancias d_i se calculan en un espacio tridimensional entre cada punto de posición p_i y aquel punto de peaje TP por el cual se detectará el paso.

30 En el diagrama inferior de la Figura 2, las distancias d_i se representan como una secuencia, es decir, una curva discreta, con respecto al tiempo t. Como puede observarse, la secuencia $\{d_i\}$ de distancias d_i muestra un mínimo global M a la distancia d_5 , precedido por un descenso D (de d_1 a d_4) y seguido por un incremento I (de d_6 a d_9) cuando se pasa por el punto de peaje virtual G. Este comportamiento puede usarse como criterio de detección para detectar el paso por un punto de peaje virtual TP, de la manera siguiente.

35 Con este fin, la OBU 5 comprende una memoria intermedia 9 (Figura 3), que puede almacenar la secuencia $\{d_i\}$ de distancias d_i con vistas a un análisis por parte de un procesador 10 de la OBU 5 en relación, respectivamente, con la aparición del descenso D, el mínimo global M y el incremento I. La memoria intermedia 9 es una memoria intermedia del tipo primero en entrar, primero en salir (FIFO), por ejemplo, un registro de desplazamiento, que recibe la distancia más reciente (la última) d_i por un extremo y rechaza o descarta la distancia N más antigua d_{i-N} por el otro extremo, de modo que en cualquier momento contiene una secuencia $\{d_i, \dots, d_{i-N}\}$ o ventana de tiempo T de N diferencias d_i . Esto se muestra en la Figura 4 para tres instancias ejemplificativas de tiempo antes (diagrama superior), durante (diagrama central) y después (diagrama inferior) del paso por un punto de peaje virtual TP.

40 Como se muestra en la Figura 3, la secuencia $\{d_i\}$ de distancias d_i se puede calcular en la medida en la que, de cada punto de posición p_i , se restan las coordenadas del punto de peaje virtual TP (véase el restador 11), de modo que la memoria intermedia 9 se llena sucesivamente con distancias calculadas d_i . Alternativamente, la memoria intermedia 9 podría llenarse con los puntos de posición entrantes p_i , y el punto de peaje virtual TP se puede restar de cada punto de posición p_i en la memoria intermedia 9 lo cual, por supuesto, es equivalente.

45 Como se muestra en la Figura 4, no sería suficiente buscar un mínimo global M en la secuencia $\{d_i\}$ o ventana de tiempo T de distancias d_i , dado que dicho mínimo global M podría aparecer en los bordes 12, 13 de la ventana T tal como se muestra en los diagramas superior e inferior. Más bien, el criterio de detección para detectar el paso por un punto de peaje virtual TP es la detección de un mínimo global M dentro de la secuencia $\{d_i\}$ o ventana de tiempo T seguido por un incremento I; no es necesario detectar también el descenso anterior D. Cuando, en la secuencia $\{d_i\}$ de distancias d_i , se encuentra dicho mínimo global M seguido por un incremento I, entonces se detecta el paso por el punto de peaje virtual TP (aquí: en el momento de aparición t_5 de la distancia d_5).

50 Además, se pueden aplicar criterios adicionales sobre la secuencia $\{d_i\}$ para mejorar la fiabilidad de detección. Un primer criterio es que el mínimo global M encontrado debe estar por debajo de un primer umbral s_1 para generar una detección. En otras palabras, si el mínimo global M está por encima del umbral s_1 , el punto de peaje virtual TP está demasiado lejos de la curva polinómica 8, por lo que no se materializa ninguna detección.

Un segundo criterio puede ser que la extensión S de las distancias d_i en la secuencia $\{d_i\}$ o ventana de tiempo T , respectivamente, es decir, la diferencia entre el mínimo global M y un máximo global X en esa ventana T , esté por encima de un segundo umbral s_2 . En otras palabras, si la extensión S es demasiado pequeña, es decir, por debajo del segundo umbral s_2 , la secuencia $\{d_i\}$ o curva de distancias d_i es "estrecha" dentro de la memoria intermedia 9, o ventana de tiempo T , respectivamente, indicando un paso incierto que no cumple los requisitos de un resultado de detección.

La Figura 5 muestra una implementación ejemplificativa del método a realizar por el procesador 10 de la unidad 5 de a bordo.

En una etapa de inicialización 12, se selecciona un primer punto de peaje TP del conjunto de puntos de peaje virtuales TPs almacenados en la memoria 7. Con este fin, por ejemplo, simplemente se selecciona aquel punto de peaje TP del conjunto almacenado más cercano al punto de posición más reciente (inicial) p_1 del receptor GNSS 6.

Si hay más de un punto de peaje TP del conjunto almacenado muy próximo al punto de posición inicial p_1 , las etapas adicionales del método 13 - 18 mostradas en la Figura 5 podrían realizarse para cada uno de esos puntos de peaje TP más cercanos; y cuando se detecta el paso por el primero de estos puntos de peaje más cercanos TPs, entonces se pueden abortar los ciclos del método 13 - 18 de los restantes de entre dichos puntos de peaje más cercanos TPs.

Una vez determinado el punto de peaje virtual TP con el que comenzar en la etapa 12, el método a continuación da inicio a la recopilación de una secuencia de N puntos de posición p_i desde el receptor GNSS 6 (etapa 13) y al cálculo de la secuencia $\{d_i\}$ de distancias $d_i = p_i - TP$ utilizando la memoria intermedia 9 (etapa 14). Por supuesto, tal como se ha descrito anteriormente, las etapas 13 y 14 se pueden realizar en una etapa de manera que, después de cada etapa de obtención de un punto de posición p_i , podría calcularse inmediatamente la distancia d_i para llenar la memoria intermedia 9 con distancias d_i de inmediato.

La etapa 15 muestra una etapa de filtrado opcional en la que la secuencia de puntos de posición $\{p_i\}$ y/o la secuencia de distancias $\{d_i\}$, respectivamente, se suaviza con respecto al tiempo t mediante técnicas de filtrado convencionales, tales como un valor de media deslizando, una técnica de adaptación de curvas, eliminación de valores atípicos, etc. El filtrado también se puede realizar de manera recursiva, y el filtrado se puede realizar sobre los puntos de posición p_i , sobre las distancias d_i , o sobre ambos, según se requiera.

En la etapa 16, en la secuencia (opcionalmente filtrada) $\{d_i\}$ de distancias d_i se busca un mínimo global (extremo inferior) M seguido por un incremento I . Dicho incremento I puede ser, por ejemplo, la detección de una distancia d_i más alta que el mínimo M encontrado, en este caso d_6 , que es mayor que d_5 , o, preferiblemente, mediante la detección de dos distancias sucesivamente más altas tras el mínimo global, en este caso $d_7 > d_6 > d_5 = M$. Alternativamente, se puede analizar un gradiente de la secuencia $\{d_i\}$ de distancias d_i para detectar el mínimo global M (gradiente es cero) y el incremento I (gradiente mayor que cero).

Si no se puede encontrar un mínimo global M seguido por un incremento I (bifurcación "n"), el método vuelve al comienzo de la etapa 13, donde se obtiene un nuevo punto de posición p_{i+1} y se calcula una nueva distancia d_{i+1} y la misma se añade a la secuencia $\{d_i\}$, mientras que la distancia más antigua d_{i-N} se descarta de la secuencia, para desplazar la memoria intermedia 9 y la ventana de tiempo T hacia adelante.

Sin embargo, si la búsqueda en la etapa 16 resultó exitosa (bifurcación "s"), el método prosigue hacia una etapa de verificación opcional 17, en la que se comprueban los criterios mencionados anteriormente con respecto a los umbrales s_1 y/o s_2 . Es decir, en la etapa opcional 17 se verifica si el mínimo M encontrado está por debajo del primer umbral s_1 y/o la extensión S de la secuencia $\{d_i\}$ está por encima del segundo umbral s_2 . Si alguno de los criterios falla (bifurcación "n"), el método vuelve al comienzo de la etapa 13. Si se cumplen ambos criterios, se verifica la detección de paso por el punto de peaje virtual TP y se emite un resultado de detección (18).

Por supuesto, el orden de las etapas de comprobación 16 y 17 se puede cambiar, es decir, antes de buscar el mínimo M y el incremento I en la etapa 16, se puede analizar la secuencia $\{d_i\}$ en relación con el cumplimiento de los criterios s_1 , s_2 , economizando algo de poder de procesamiento correspondiente a la búsqueda del mínimo y el incremento cuando no se cumplen esos criterios.

Hasta el momento, los métodos detectaron el paso por un punto de peaje virtual TP, por ejemplo, el primero o el más cercano inicialmente, del conjunto almacenado en la memoria 7. En el transcurso posterior, el método puede repetirse para detectar el paso por un punto de peaje virtual TP sucesivo en el camino del vehículo 4 en la red 2 de carreteras.

Con este fin, en una etapa posterior 19 después de la detección exitosa 18 del punto de peaje virtual TP más reciente, se selecciona/n el/los punto/s de peaje virtual/es TP sucesivo/s (más cercano/s) del conjunto almacenado en la memoria 7. En la etapa de selección 19, se utiliza la estructura del grafo de los puntos de peaje virtuales TPs almacenados para determinar aquel o aquellos de los puntos de peaje virtuales TPs en la memoria 7 que es/son realmente alcanzable/s por el vehículo 4 en la red 2 de carreteras cuando se parte del punto de peaje virtual TP recientemente detectado. Estos son los puntos de peaje virtuales TPs que en el grafo 1 son nodos vecinos del punto de peaje virtual TP recientemente detectado (usado hasta el momento). Por ejemplo, cuando se ha detectado un paso por el punto de peaje virtual A en la primera pasada del método, es decir, en las etapas 13 - 18, a continuación, en la

etapa 19, los puntos de peaje virtuales B y C se recuperan como nodos vecinos del nodo A en el grafo 1, y el método se repite, es decir, se hace volver al comienzo de la etapa 13, para cada uno de esos nodos vecinos B y C. Es decir, se inicia un nuevo ciclo 13 - 18 del método para detectar el paso por el punto de peaje virtual (nodo) B y se inicia un segundo ciclo nuevo 13 - 18 para detectar el paso por el punto de peaje virtual (nodo) C. Cuando el primero de estos ciclos 13 - 18 detecta un paso, en este caso, por ejemplo, por el nodo B, entonces es seguro que el vehículo 4 ha tomado la ruta A - B y no la A - C, y el ciclo 13 - 18 iniciado para detectar el paso por el nodo C se puede abortar.

5

De esta manera, después de detectar el paso por el punto de peaje virtual B en la etapa 18, el método siempre puede seleccionar en la etapa 19 los siguientes nodos alcanzables como nuevo/s punto/s de peaje virtual/es TP a detectar en los siguientes ciclos (pasadas) del método

10 A partir de la detección de una secuencia predeterminada de puntos de peaje virtuales TP de esta manera, tal como A-B-D-E-F-G en el ejemplo de la Figura 1, se puede determinar, entonces, la circulación del vehículo 4 sobre una ruta específica en la red 2 de carreteras, identificada por esa secuencia de puntos de peaje TP.

15 La invención no se limita a las realizaciones específicas dadas a conocer en el presente documento, sino que abarca todas las variantes, modificaciones y combinaciones de las mismas que se sitúen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para detectar el paso por un punto de peaje virtual (TP) por parte de un vehículo (4) que circula en una red (2) de carreteras, que comprende las etapas en el siguiente orden:
 - a) calcular una secuencia de distancias (d_i) entre puntos de posición (p_i) y el punto de peaje virtual (TP), obteniéndose secuencialmente dichos puntos de posición (p_i) a partir de un receptor GNSS (6) llevado por el vehículo (4);
 - b) buscar en dicha secuencia de distancias (d_i) un mínimo global (M) seguido por un incremento (I) y, si se encuentra el mismo,
 - a continuación
 - c) detectar el paso por el punto de peaje virtual (TP);
 - d) añadir una nueva distancia (d_{i+1}) calculada entre un punto de posición recién obtenido (p_{i+1}) y el punto de peaje virtual (TP) a la secuencia mientras se descarta la distancia más antigua (d_{i-N}) de la secuencia, y volver a la etapa b).
2. Método de la reivindicación 1, en el que los puntos de peaje virtuales (TP) se definen, cada uno de ellos, como coordenadas tridimensionales y los puntos de posición (p_i) se obtienen, cada uno de ellos, como coordenadas tridimensionales.
3. Método de la reivindicación 1 ó 2, que comprende, antes de la etapa a), las etapas:
 - almacenar un conjunto de puntos de peaje virtuales (TP) de la red (2) de carreteras en una memoria (7);
 - obtener un punto de posición (p_i) del receptor GNSS (6); y
 - seleccionar (12), como dicho punto de peaje virtual (TP), a partir de dicho conjunto almacenado, el punto de peaje virtual (TP) más cercano a dicho punto de posición (p_i).
4. Método de la reivindicación 3, en el que los puntos de peaje virtuales (TP) en el conjunto almacenado forman nodos en un grafo (1) que representa la red (2) de carreteras, que comprende, tras la etapa c), la etapa:
 - seleccionar (19), del conjunto almacenado, como punto de peaje virtual (TP) que se utilizará en las etapas posteriores (13 - 18) del método, un punto de peaje virtual (TP) que es uno de los nodos vecinos del punto de peaje virtual (TP) utilizado hasta el momento, y volver a la etapa a).
5. Método de la reivindicación 4 que se realiza para cada nodo vecino, en el que, cuando uno de dichos nodos vecinos (TP) se pasa primero, el método se aborta para el resto de dichos nodos vecinos (TP).
6. Método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que, en la etapa b), dicho incremento (I) se define por dos distancias sucesivamente más altas (d_i) que suceden al mínimo global (M).
7. Método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que, en la etapa a), los puntos de posición (p_i) o distancias (d_i) se suavizan con respecto al tiempo.
8. Método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que, en la etapa b), cuando dicho mínimo global (M) se encuentra por encima de un primer umbral (s_1), el método prosigue directamente a la etapa d).
9. Método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que, en la etapa b), cuando la diferencia entre dicho mínimo global (M) y un máximo global (X) de dicha secuencia se encuentra por debajo de un segundo umbral (s_2), el método prosigue directamente a la etapa d).
10. Método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, llevándose a cabo dicho método en una unidad (5) de a bordo llevada por el vehículo (4) y que comprende el receptor GNSS (6), una memoria (7) para almacenar el/los punto/s de peaje virtual/es (TP), una memoria intermedia (9) para almacenar la secuencia de distancias (d_i), y un procesador (10) conectado a las mismas para realizar las etapas del método.

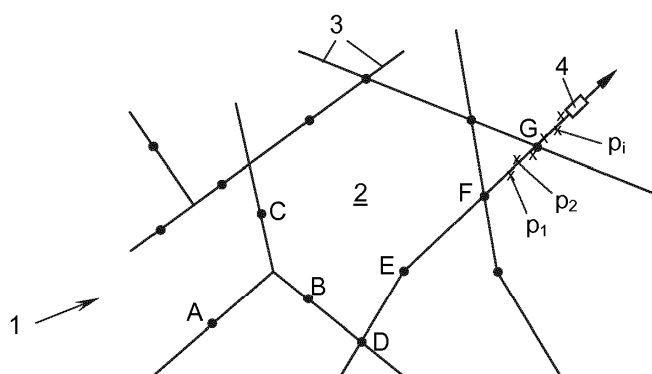


Fig. 1

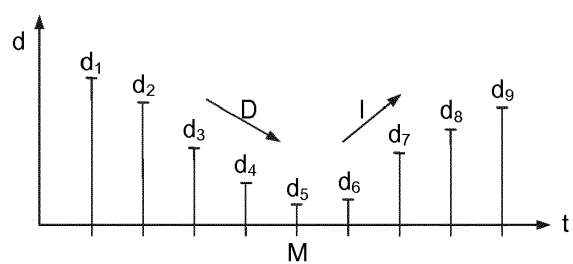
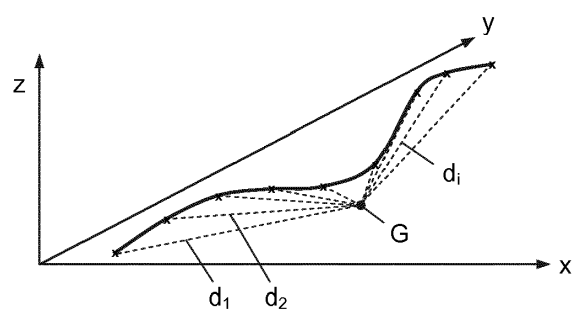
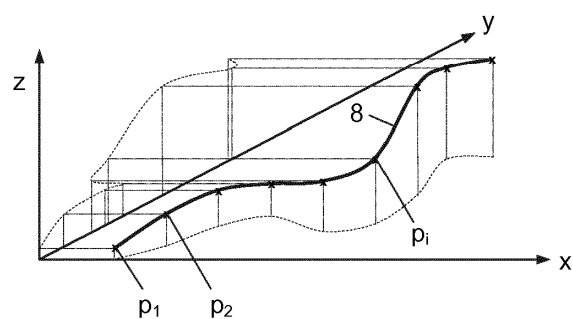


Fig. 2

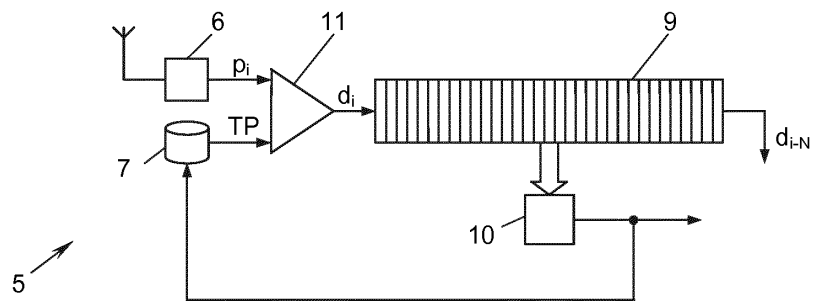


Fig. 3

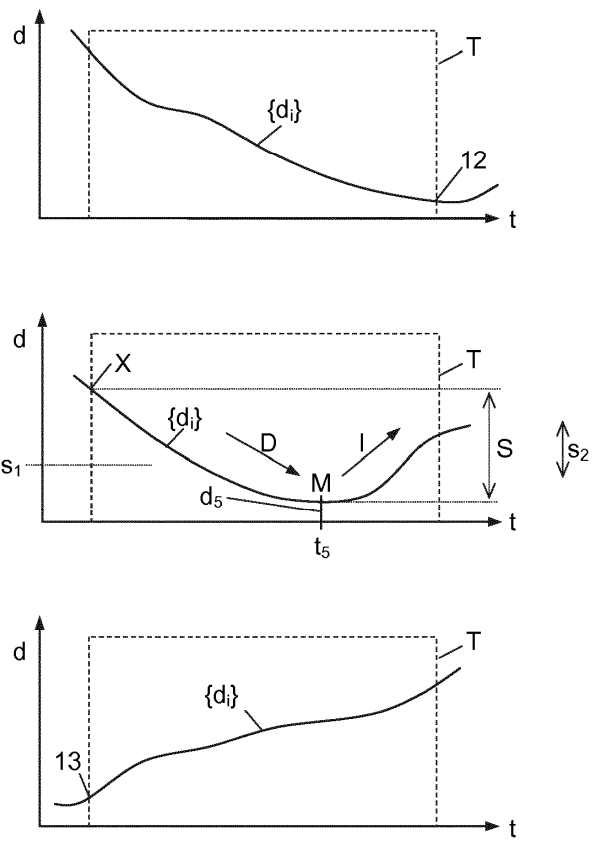


Fig. 4

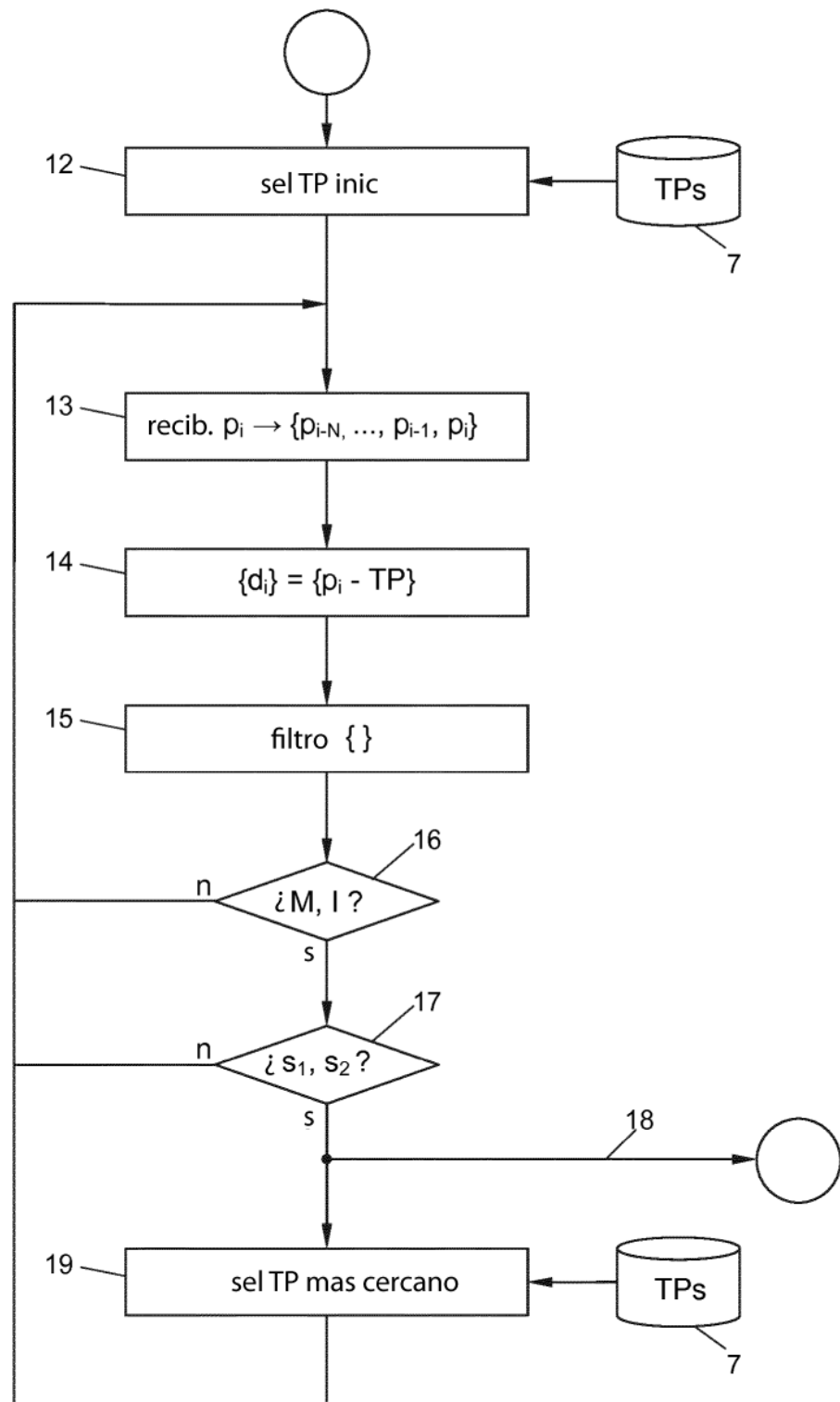


Fig. 5