

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 413 104**

51 Int. Cl.:

G08G 1/123 (2006.01)

G01C 21/26 (2006.01)

G01C 21/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2011 E 11450051 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2013 EP 2511892**

54 Título: **Procedimiento para detectar un paso de frontera**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.07.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

WEIMANN, FRANZ

74 Agente/Representante:

ZEA CHECA, Bernabé

ES 2 413 104 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 detectar un paso de frontera

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para detectar un paso de frontera de un objeto, cuyo movimiento se representa mediante una secuencia de posiciones en un mapa de carreteras digital con segmentos de carretera vectorizados y al menos una frontera.

La detección de un paso de frontera en un mapa de carreteras digital tiene una importancia decisiva, por ejemplo, en
 10 caso de sistemas de peaje viario electrónicos que se basan en sistemas globales de navegación por satélite (global navigation satellite system, GNSS), como GPS, GLONASS, Galileo, etc. En tales sistemas de peaje GNSS, las unidades de a bordo (onboard units, OBUs) situadas en el vehículo determinan continuamente mediante navegación por satélite sus propias posiciones ("position fixes", posición establecida) que se comparan a continuación con
 15 segmentos de carretera de un mapa de carreteras digital ("map matching"), ya sea de manera descentralizada en los OBUs o de manera centralizada en un servidor del sistema de peaje viario, a fin de determinar el uso de una carretera o de una zona (por ejemplo, una zona urbana) por parte de un vehículo y aplicar el cobro de peaje en base a esto. Para determinar el peaje correcto es necesario a menudo identificar exactamente la entrada y salida de una zona sujeta a peaje. A tal efecto, en el mapa de carreteras digital se definen fronteras virtuales, las llamadas "virtual gantries" (pórticos virtuales), cuyo cruce se ha de detectar por medio de las posiciones de un vehículo determinadas
 20 continuamente.

Por los documentos EP1696208, EP1701322, WO95/14909, DE10155501, WO2004/025574, DE102005016814 y EP0742890 son conocidos los procedimientos más diversos para conseguir este objetivo relativo a la detección, que se basa en la detección de la entrada en zonas determinadas ("geofencing", geo-vallado), la comprobación de la
 25 secuencia de segmentos de carretera recorridos o una determinación continua de la distancia respecto a un punto límite definido. Todos estos procedimientos conocidos tienen la desventaja de que requieren operaciones de cálculo muy complejas y, por tanto, son poco adecuados para implementaciones en tiempo real en procesadores de OBU con capacidad de cálculo limitada, o en caso de imprecisiones en la determinación de posición, inmanentes al sistema, no puede dar una información fiable sobre un paso de frontera realizado, por ejemplo, si un conductor se
 30 aproxima a la frontera, pero da la vuelta poco antes de llegar a ésta.

La invención tiene el objetivo de crear un procedimiento para detectar un paso de frontera de un objeto en un mapa de carreteras digital, que sea más simple y más fiable que los procedimientos conocidos y suministre una información exacta y fiable sobre un paso de frontera realizado. Este objetivo se consigue según la invención con un
 35 procedimiento del tipo mencionado al inicio que se caracteriza por las siguientes etapas:

determinar un punto de intersección de la frontera con un segmento de carretera y una dirección de referencia en la orientación de este segmento de carretera,
 proyectar continuamente vectores, que se determinan respectivamente entre una de las posiciones y el punto de
 40 intersección, en la dirección de referencia para obtener una secuencia de proyecciones, y
 detectar un paso de frontera si en la secuencia de proyecciones se produce un cambio de dirección o signo.

El procedimiento según la invención permite identificar de manera segura y fiable un paso de frontera con medios simples. En este caso se pueden excluir con seguridad los errores de detección, como los que se podrían producir,
 45 por ejemplo, al darse la vuelta poco antes de llegar a la frontera.

Las proyecciones de los vectores de posición se pueden determinar de diferente manera. Según una primera realización de la invención, la proyección se lleva a cabo mediante la formación de productos escalares vectoriales de los vectores con la dirección de referencia, y un paso de frontera se detecta por un cambio de signo en los
 50 productos escalares. En una realización alternativa de la invención, la proyección se lleva a cabo mediante la transformación de los vectores en un sistema local de coordenadas con la dirección de referencia como eje x, y un paso de frontera se detecta por un cambio de signo en sus coordenadas x. Ambas variantes se pueden calcular con una capacidad de cálculo relativamente pequeña y, por tanto, son adecuadas también para implementaciones en tiempo real tanto en OBUs "map matching" descentralizados ("thick clients", clientes pesados) como en servidores
 55 "map matching" centralizados de un sistema de peaje viario.

Una realización preferida de la invención se caracteriza por la etapa adicional de validar el paso de frontera si los valores de las dos proyecciones situadas antes y después del cambio de dirección o signo superan un mínimo predefinido. De esta manera se pueden tener en cuenta las inexactitudes de la determinación de posiciones y lograr
 60 una identificación especialmente fiable del paso de la frontera virtual.

Otra variante preferida del procedimiento de la invención comprende la etapa adicional de validar el paso de frontera si las distancias normales de las dos posiciones, situadas antes y después del cambio de dirección o signo, respecto

a la dirección de referencia no superan un máximo predefinido. Esta comprobación adicional permite excluir una detección errónea al circularse por carreteras paralelas cercanas.

La invención se explica detalladamente a continuación por medio de ejemplos de realización preferidos con referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

- Fig. 1 el movimiento de un objeto en un mapa de carreteras digital, en una vista general esquemática;
- Fig. 2 una primera realización del procedimiento de la invención mediante la formación de producto escalar vectorial; y
- 10 Fig. 3 una segunda realización del procedimiento de la invención mediante transformación de coordenadas.

La figura 1 muestra por secciones un mapa de carreteras digital 1 con una pluralidad de segmentos de carretera 2 que forman una red de carreteras. Los segmentos de carretera 2 están vectorizados, es decir, definidos respectivamente mediante su punto inicial y su punto final 3, 4 en un sistema global de coordenadas x^g/y^g del mapa de carreteras 1, como es conocido en la técnica.

Uno de los segmentos de carretera 2 cruza al menos una frontera virtual 5. La frontera 5 puede estar situada también en el punto inicial o el punto final 3, 4 de un segmento de carretera 2, es decir, en el punto de unión de dos o varios segmentos de carretera 2; en este caso, la frontera se puede considerar como asignada a uno de estos segmentos de carretera 2.

La frontera 5 puede estar definida como tramo vectorizado con un punto inicial T_1 y un punto final T_2 , pudiéndose determinar directamente su punto de intersección T_0 con el segmento de carretera que cruza 2. De manera alternativa, la frontera 5 se puede definir también directamente como este punto de intersección T_0 .

El movimiento de un objeto 6, por ejemplo, de un vehículo, que determina continuamente posiciones establecidas (position fixes) en el sistema global de coordenadas x^g/y^g por medio de un OBU GNSS, está representado en el mapa de carreteras 1 mediante una secuencia de posiciones P_1, P_2, \dots , en general P_i . En el ejemplo mostrado en la figura 1, el vehículo u objeto 6 recorre la trayectoria de carretera representada arriba, incluyendo también el segmento de carretera 2 con la frontera 5. El paso de la frontera 5 por parte del objeto 6 se detecta de la siguiente manera mediante la evaluación de las posiciones P_i .

La figura 2 muestra dos posiciones sucesivas P_i, P_{i+1} , a modo de ejemplo, que se determinaron antes y después de la frontera 5. Debido a imprecisiones de la determinación de posición, por ejemplo, imprecisiones GNSS, las posiciones P_i, P_{i+1} no se encuentran, por lo general, exactamente en el segmento de carretera 2, sino a una distancia normal S_i o S_{i+1} respecto a éste.

Para cada posición P_i de la secuencia de posiciones, a modo de ejemplo en este caso P_i, P_{i+1} , se calcula un vector V_i entre esta posición y el punto de intersección T_0 de la frontera 5 con el segmento de carretera 2. Los vectores V_i se proyectan a continuación en cada caso, o inmediatamente después de calcularse, en el segmento de carretera 2, más exactamente en una dirección de referencia R_0 del segmento de carretera 2, de manera que se obtiene una secuencia de proyecciones d_i . La dirección de referencia R_0 se encuentra en la orientación del segmento de carretera 2 y tiene preferentemente, aunque no forzosamente, la longitud uno (vector unitario).

En la realización mostrada en la figura 2, las proyecciones d_i se forman mediante la formación respectivamente de un producto escalar vectorial entre los vectores V_i y la dirección de referencia R_0 , es decir,

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \overrightarrow{T_0 P_1} \cdot \overrightarrow{R_0} = \overrightarrow{v_1} \cdot \overrightarrow{R_0} \\
 &\quad \vdots \\
 d_i &= \overrightarrow{T_0 P_i} \cdot \overrightarrow{R_0} = \overrightarrow{v_i} \cdot \overrightarrow{R_0} \\
 &\quad \vdots \\
 d_{i+1} &= \overrightarrow{T_0 P_{i+1}} \cdot \overrightarrow{R_0} = \overrightarrow{v_{i+1}} \cdot \overrightarrow{R_0} \\
 &\quad \vdots
 \end{aligned}$$

Si en la secuencia, generada así, de proyecciones (productos escalares) d_i se produce un cambio de signo (cambio de dirección), se pasó la frontera 5 y se detectó un paso de frontera.

De manera opcional se puede comprobar adicionalmente si los valores de las dos posiciones situadas antes y después del cambio de dirección o signo d_i, d_{i+1} superan un mínimo predefinido \min , es decir, $|d_i| > \min$ y $|d_{i+1}| > \min$.

Si es así, se acepta el paso de frontera detectado previamente (“validado”). Esto impide detecciones erróneas por imprecisiones de posición.

5 Como otra etapa de validación se pueden evaluar también las distancias normales S_i de las posiciones P_i respecto al segmento de carretera 2. En este caso se comprueba si las dos distancias normales S_i, S_{i+1} antes y después del cambio de dirección o signo detectado previamente son menores que las máximas predefinidas max_1, max_2, max_3 , es decir, $|S_i| < max_1$ y $|S_{i+1}| < max_2$, pudiendo ser iguales también las máximas max_1 y max_2 , y/o $|S_i - S_{i+1}| < max_3$. Esta comprobación permite excluir las detecciones erróneas, por ejemplo, al circularse por segmentos de carretera paralelos cercanos 2 que no tienen fronteras 5.

10

La figura 3 muestra una realización alternativa para calcular proyecciones d_i de los vectores V_i . En este caso, a partir de la dirección de referencia R_0 se sitúa un sistema local de coordenadas x^1/y^1 con la dirección de referencia R_0 como eje x^1 , y los vectores V_i , calculados en el sistema global de coordenadas x^g/y^g , se transforman en el sistema local de coordenadas x^1/y^1 , específicamente mediante la aplicación de la matriz de rotación

15

$$R = \begin{bmatrix} \cos \sigma & -\sin \sigma \\ \sin \sigma & \cos \sigma \end{bmatrix}$$

con σ ... ángulo entre x^1 y x^g .

20 Por tanto, los vectores V_i^1 , transformados en el sistema local de coordenadas x^1/y^1 dan por resultado

$$\vec{v}_i^1 = R^{-1} \vec{v}_i = \begin{bmatrix} x_i^1 \\ y_i^1 \end{bmatrix}$$

$$\vec{v}_{i+1}^1 = R^{-1} \vec{v}_{i+1} = \begin{bmatrix} x_{i+1}^1 \\ y_{i+1}^1 \end{bmatrix}$$

25

Las coordenadas x^1 y x_{i+1}^1 de los vectores transformados V_i^1, V_{i+1}^1 corresponden a su vez a las proyecciones d_i y d_{i+1} . Un cambio de signo, como el que se produce entre las proyecciones $x_i^1 = d_i$ y $x_{i+1}^1 = d_{i+1}$, indica nuevamente el paso de frontera.

30 En este caso se pueden comprobar también adicionalmente las proyecciones x_i^1, x_{i+1}^1 de la manera mencionada arriba respecto a la superación del mínimo min , es decir, si $|x_i^1| > min$ y $|x_{i+1}^1| > min$.

Las coordenadas y_i^1 y y_{i+1}^1 de los vectores transformados V_i^1, V_{i+1}^1 corresponden a las distancias normales S_i, S_{i+1} y se pueden volver a comprobar respecto al cumplimiento de los límites máximos max_1, max_2, max_3 , es decir, si $|y_i^1| < max_1$ y $|y_{i+1}^1| < max_2$ y/o $|y_i^1 - y_{i+1}^1| < max_3$.

35

De manera adicional a la evaluación descrita de las posiciones P_i se pueden usar otros valores de medición de la determinación de posición, como la orientación, las velocidades, los pseudorángos, etc., de una determinación de posición GNSS para mejorar o validar la detección del paso de la frontera 5.

40

El procedimiento descrito para detectar el paso de fronteras virtuales 5 se puede usar tanto de manera descentralizada en un OBU como de manera centralizada en un servidor de cálculo de peaje de un sistema de peaje viario.

45 La invención no está limitada a las realizaciones representadas, sino que comprende todas las variantes y modificaciones que entran en el marco de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar un paso de frontera de un objeto (6), cuyo movimiento se representa mediante una secuencia de posiciones (P_i) en un mapa de carreteras digital (1) con segmentos de carretera vectorizados (2) y al menos una frontera (5), que comprende:
- 5 determinar un punto de intersección (T_0) de la frontera (5) con un segmento de carretera (2) y una dirección de referencia (R_0) en la orientación de este segmento de carretera (2),
 proyectar continuamente vectores (v_i), que se determinan respectivamente entre una de las posiciones (P_i) y el punto
 10 de intersección (T_0), en la dirección de referencia (R_0) para obtener una secuencia de proyecciones ($d_i, d_{i+1}; x^1_i, x^1_{i+1}$),
 y
 detectar un paso de frontera si en la secuencia de proyecciones ($d_i, d_{i+1}; x^1_i, x^1_{i+1}$), se produce un cambio de
 dirección o signo.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la proyección se lleva a cabo mediante la formación de productos escalares vectoriales (d_i, d_{i+1}) de los vectores (v_i) con la dirección de referencia (R_0), y un paso de frontera se detecta por un cambio de signo en los productos escalares.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la proyección se lleva a cabo
 20 mediante la transformación de los vectores (v^1_i) en un sistema local de coordenadas (x^1/y^1) con la dirección de referencia (R_0) como eje x (x^1), y un paso de frontera se detecta por un cambio de signo en sus coordenadas x (x^1_i, x^1_{i+1}).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por** la etapa adicional de
 25 validar el paso de frontera si los valores de las dos proyecciones ($d_i, d_{i+1}; x^1_i, x^1_{i+1}$), situadas antes y después del cambio de dirección o signo, superan un mínimo predefinido (min).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por** la etapa adicional de
 30 validar el paso de frontera si las distancias normales ($s_i, s_{i+1}; y^1_i, y^1_{i+1}$) de las dos posiciones (P_i, P_{i+1}), situadas antes y después del cambio de dirección o signo, respecto a la dirección de referencia (R_0) no superan un máximo predefinido (max_1, max_2, max_3).

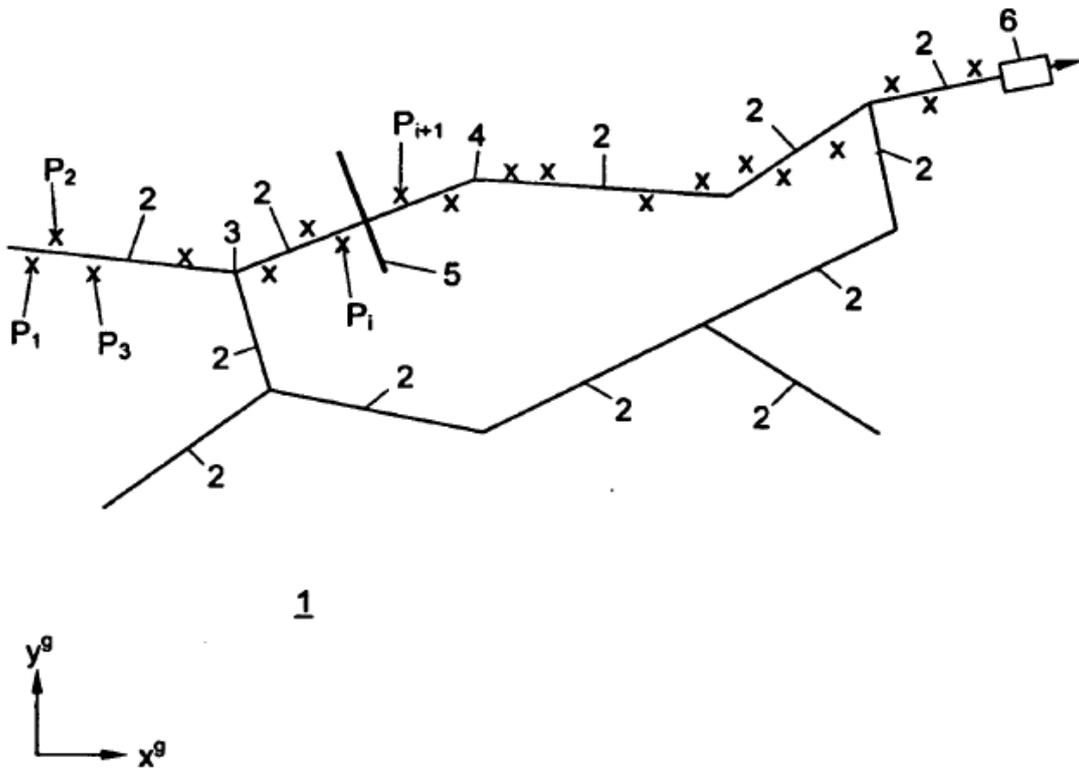


Fig. 1

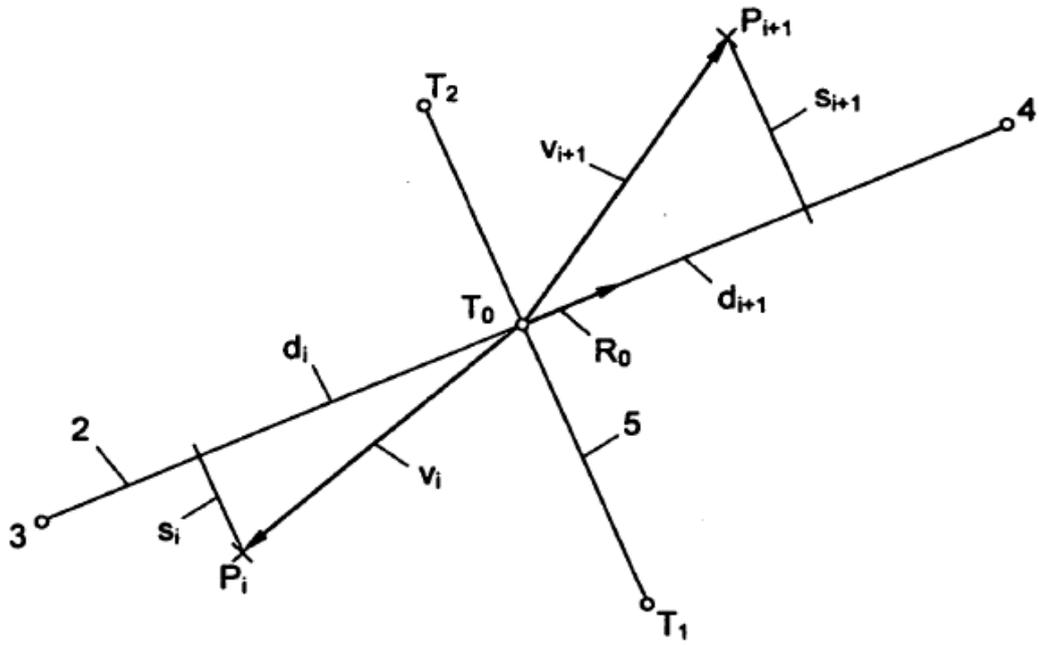


Fig. 2

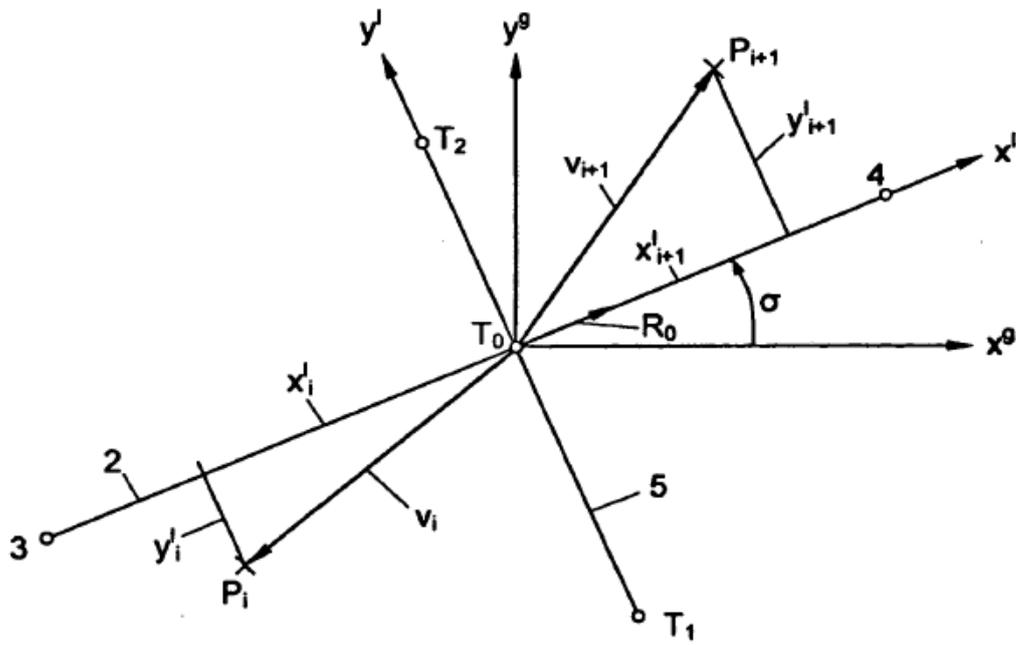


Fig. 3

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden 5 excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.

Documentos de patente citados en la descripción

- | | | | |
|------|-------------------|---|-----------------------|
| 10 • | EP1696208A [0003] | • | WO2004025574A [0003] |
| • | EP1701322A [0003] | • | DE102005016814 [0003] |
| • | WO9514909A [0003] | • | EP0742890A [0003] |
| • | DE10155501 [0003] | | |