

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 982**

51 Int. Cl.:

**G01S 19/13** (2010.01)

**G01S 19/21** (2010.01)

**G07B 15/06** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2012 PCT/EP2012/055526**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2012 WO12130889**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2012 E 12710756 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2017 EP 2691789**

54 Título: **Sistema de posicionamiento con mecanismo de detección de fraude para aplicación crítica**

30 Prioridad:

**31.03.2011 FR 1100961**

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

**05.07.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BARDOUT, YVES**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 621 982 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**

Sistema de posicionamiento con mecanismo de detección de fraude para aplicación crítica

La invención se refiere a un sistema de posicionamiento con mecanismo de detección de fraude para aplicación crítica y se aplica en particular en los ámbitos de los sistemas de navegación por satélite.

5 Los terminales electrónicos móviles que implementan aplicaciones que requieren informaciones sobre su posicionamiento geográfico constan de medios para estimar lo más precisamente posible su posición. Para esto, se utilizan comúnmente sistemas de geolocalización por satélite, denominándose estos sistemas con el acrónimo GNSS que viene de la expresión anglosajona "Global Navigation Satellite Systems". Un ejemplo de sistema GNSS es el sistema GPS, acrónimo que viene de la expresión anglosajona "Global Positioning System".

10 Es necesario que estas estimaciones de posiciones sean íntegras y precisas para las aplicaciones críticas de posicionamiento. Una aplicación crítica de posicionamiento designa una aplicación para la cual las estimaciones de posiciones deben presentar un grado de fiabilidad. Este es el caso, por ejemplo, de los sistemas de pago apto para el seguro, aparcamientos y redes de carreteras en particular, así como sistemas electrónicos legales como la pulsera electrónica o los equipos para el seguimiento de sospechosos por parte de la policía. Además, se  
15 consideran igualmente aplicaciones de control de mercancías como contenedores o aplicaciones de asistencia a la conducción como aplicaciones críticas de posicionamiento.

Los terminales utilizados en sistemas que implementan aplicaciones críticas de posicionamiento son normalmente inviolables y utilizan medios de comunicación seguros. Estos terminales también se llaman equipos incrustados y de designan por el acrónimo OBU que viene de la expresión anglosajona "Onboard Unit".

20 Sin embargo, el enlace de radio entre el terminal y los satélites que pertenecen al sistema GNSS se implementa habitualmente con la ayuda de una señal no protegida y es accesible a todo el mundo. Es, por lo tanto, posible que un usuario malintencionado interrumpa el funcionamiento normal del terminal con el fin de que éste adquiera estimaciones distorsionadas de su posición. Estas estimaciones distorsionadas se transmiten habitualmente por radio a servidores de tratamiento cuyo funcionamiento también se distorsiona. Este tipo de fraude es posible sin que  
25 incluso el usuario pirata no modifique el terminal OBU. Para esto, se puede utilizar un equipo de bajo coste, por ejemplo, un equipo que pueda recibir señales GNSS y retransmitirlas después de modificarlas. La señal retransmitida y modificada se sustituye por la señal real que proviene de los satélites del sistema GNSS y el terminal estima una posición errónea.

30 En el caso de un sistema que implementa una aplicación de pago, el desencadenamiento de un pago se vincula a eventos de tarificación desencadenada por el paso del terminal OBU a través de puertas virtuales o por la entrada/salida de una zona geográfica. En este caso, el equipo utilizado para el fraude puede concebirse para neutralizar puntos de tarificación apareciendo conforme a los puntos de control y minimizar estas desviaciones en relación con las trayectorias reales para evitar la detección.

35 Los procedimientos existentes permiten verificar el funcionamiento de los terminales OBU. Esta verificación se realiza de manera estadística sobre puntos de control fijos o móviles. Otro modo de hacerlo es verificar a posteriori la coherencia de los eventos de tarificación, por ejemplo, cruzando los eventos de tarificación con las matriculaciones de los vehículos observados en las zonas de tarificación. Sin embargo, un equipo de fraude puede concebirse para ser silencioso en el momento de los controles, pudiendo publicarse la posición de las zonas de control por un servicio centralizado sobre el modelo de los equipos anti radares de control de la velocidad.

40 Existen diferentes procedimientos de control de la coherencia de las estimaciones de posición. Esta coherencia puede verificarse vigilando la potencia absoluta o relativa de las señales GNSS o vigilando la potencia de la señal para cada satélite.

45 La coherencia de las medidas puede verificarse igualmente utilizando técnicas de filigrana digital que permite en particular a los terminales localizar los emisores de una red. Esta técnica a menudo se designa con la palabra inglesa "watermarking". Un ejemplo de implementación de filigrana digital se divulga en la solicitud de patente WO 2009/037133.

El documento US2010/0287038 divulga un sistema de posicionamiento que comprende al menos un receptor satélite GNSS, así como medios de detecciones para determinar si las posiciones estimadas para el receptor GPS se falsean basándose en una comparación de las medidas GNSS con las de otros sensores a bordo de un vehículo.

50 Un gran número de terminales OBU ya desplegados y en funcionamiento no incluyen tales técnicas que permiten verificar la coherencia de las estimaciones de posición. Para poner a nivel estos receptores, es decir, para incluir en ellos funcionalidades que les permitan verificar la coherencia de las medidas, sería necesario intervenir sobre cada receptor lo que induciría a costes significativos de mano de obra.

55 Además, estas técnicas no permiten garantizar la integridad de las estimaciones. Los ataques sofisticados pueden evitarlos al menos parcialmente. Por ejemplo, una trayectoria puede modificarse con una débil diferencia de giro en

relación con la trayectoria real para bloquear por ejemplo la verificación de la coherencia con los datos que provienen de un sensor inercial a bordo del vehículo.

Un objetivo de la invención es en particular paliar los inconvenientes citados anteriormente.

Para ello, la invención tiene como objeto un sistema de posicionamiento según las reivindicaciones 1 a 6.

5 Aparecerán otras características y ventajas de la invención con ayuda de la descripción que sigue dada a título ilustrativo y no limitante, realizada junto con los dibujos adjuntos entre los que:

- la figura 1 ilustra de manera simplificada el sistema de posicionamiento según la invención;
- la figura 2 da un ejemplo de aplicación de un criterio de coherencia basándose en un filtro cartográfico;
- la figura 3 ilustra el principio de un indicador de coherencia basándose en el análisis de las señales recibidas por un receptor GNSS.

10 El sistema descrito con ayuda de la figura 1 comprende un terminal OBU en el que un receptor 100 GNSS tiene como función la estimación de la posición de un elemento móvil sobre el que el terminal se integra. El elemento móvil corresponde por ejemplo a una persona, un animal, un vehículo o un trayecto cualquiera. El sistema comprende también fuentes de informaciones secundarias. Estas informaciones secundarias son de dos tipos. El primer tipo de informaciones secundarias es relativo al elemento móvil 101 localizado. El segundo tipo de informaciones secundarias es relativo a las condiciones 102 locales en las que se encuentra el terminal OBU. El sistema comprende además medios para verificar la fiabilidad de la posición 103, 104, 105 estimada.

15 El conjunto de los componentes del sistema puede implementarse en el terminal OBU. De manera alternativa, el receptor 100 GNSS, así como la fuente de informaciones secundarias relativas al elemento 101 móvil pueden implementarse en el terminal, y el resto de los componentes 102, 103, 105 puede implementarse en las infraestructuras fijas. A título de ejemplo, los sistemas de peaje de carreteras se apoyan habitualmente sobre una infraestructura fija de una red de telecomunicaciones.

20 La trayectoria X del elemento móvil sobre el que se implementa el terminal 100 se compone de un conjunto de posición X (t) estimadas con momentos t y se asocian a una incertidumbre en posición AX y a una incertidumbre temporal At.

25 Los datos proporcionados por las fuentes de informaciones 101, 102 secundarias son independientes del receptor 100 GNSS, pero también dependen de la posición absoluta o de un cambio de posición de dicho receptor 100. Los ejemplos de fuentes de datos secundarios relativos al elemento 101 móvil son:

- sensores inerciales u odómetros que proporcionan datos de posición relativa del elemento móvil;
- un modelo mecánico del elemento móvil que indica intervalos, parámetros dinámicos para la velocidad, la aceleración y/o el giro del elemento móvil.

Por otra parte, los ejemplos de fuentes de datos secundarios relativos a las condiciones 102 locales son:

- una base de datos cartográficos que proporcionan indicaciones sobre las carreteras, por ejemplo, sus tipos, sus anchuras, sus curvas, así como indicaciones sobre el entorno cercano a dichas carreteras;
- un almanaque de la o de las constelaciones de satélites del sistema GNSS utilizado.

35 Un módulo 103 de tratamiento deriva un indicador de coherencia señalado como coh(x) combinando las informaciones de posicionamiento proporcionadas por el receptor 100 GNSS con los datos proporcionados por las fuentes de informaciones 101, 102 secundarias.

40 Los medios 105 de detección determinan entonces un indicador estadístico A(X) que permite decidir si la posición X[t] estimada en el momento t es auténtica. Este indicador corresponde a una representación digital de una confianza en la posición.

Un ejemplo de indicador estadístico a(X) viene dado por la siguiente expresión:

$$A(X) = 1 \text{ si } coh(X) > k \text{ y } A(X) = 0 \text{ si } coh(X) \leq k$$

45 El indicador vale 1 cuando la posición estimada X[t] se considera suficientemente fiable y 0 es la que se considera falsificada. K es un valor real positivo o negativo que corresponde a un umbral de decisión.

Otro ejemplo de indicador A(X) corresponde a una probabilidad de falsificación o una pareja de posibilidad/necesidad que sigue la lógica difusa de Zadeh. Entonces tenemos  $A(X) = 1-p(X)$  y se basa entonces en una probabilidad de falsificación p(X). Esta probabilidad de falsificación viene dada por la siguiente expresión:

$$p(X) = f(coh(X))$$

en la que  $f$  es una función de  $[0; \infty[$  hacia  $[0; 1]$ . A título de ejemplo, la función  $f$  viene dada por la siguiente expresión:

$$f(\text{coh}(X)) = (2/TT)^{\alpha} \arctan(\alpha \text{coh}(X)^n)$$

5 en la que los factores reales  $\alpha > 0$  y  $n > 0$  permiten el ajuste de la decisión;  $\alpha$  se define como el inverso del valor de  $\text{coh}(X)$  que corresponde a una probabilidad de confianza de  $1/2$ ;  $n$  es un número real positivo que permite ajustar la "rampa" de la función  $f$ .

Como se explicó anteriormente, este indicador de confianza  $A(X)$  se obtiene a partir de un indicador de coherencia  $\text{coh}(X)$  o de una combinación de indicadores de coherencia. Los ejemplos de indicadores de coherencia se describen en el conjunto de la descripción.

10 El indicador o los indicadores de coherencia corresponden a una probabilidad de autenticidad de la posición estimada. Sin embargo, la medida de un indicador de coherencia en cada posición estimada  $X[t]$  no es suficiente para probar que hay fraude. Como cualquier decisión basada en medidas, el resultado de la detección puede presentar falsos positivos, es decir, que las posiciones registradas pueden detectarse como falsificadas mientras que no lo son en realidad. El impacto de los falsos positivos puede ser importante en el caso de una tasa fiable de falsificación, lo que es la situación habitual. De la misma manera, los falsos negativos pueden aparecer, es decir, que una medida falsificada se considere por el sistema como medida fiable.

20 Para reforzar la fiabilidad de la detección de fraude, el sistema según la invención comprende un módulo 104 de consolidación. El módulo 104 de consolidación implementa los procedimientos de interfaz estadística bayesiana, de filtrado o de cualquier otro cálculo que tenga como objetivo asegurar la confianza suficiente al resultado de la autenticación de las posiciones estimadas. Para esto, se examina un conjunto de posiciones estimadas  $X[t]$  y de indicadores de coherencia  $\text{coh}(X)$  asociados a dichas posiciones. El objetivo es disminuir las tasas de falsos positivos y de falsos negativos determinando una probabilidad de autenticidad o de falsificación con un margen de seguridad predeterminado.

25 Para esto, las posiciones  $X[t]$  así como los indicadores  $\text{coh}(X)$  se memorizan en una base de datos comprendida en el sistema, y por todos los terminales del sistema. Estos datos entonces se reagrupan en un subconjunto de estadísticas. La validación de la posición comprende una o varias pruebas de hipótesis basadas en estos datos de subconjuntos de estadísticas.

30 La distribución de los errores en el tiempo, así como las coordenadas geográficas de las zonas de pago y de las zonas gratuitas permiten distinguir un funcionamiento debilitado de un terminal de una voluntad de fraude deliberado. Es posible pues desencadenar una notificación de incidente de fraude o de mal funcionamiento.

35 En un modo de realización preferente, un vector que consta de las estimaciones de posiciones  $X_u[t]$  para un usuario  $u$  dado se utiliza en la entrada de un filtro digital. A título de ejemplo, la función de consolidación implementada por el filtro digital integra un conjunto de posiciones estimadas  $X_u[t]$  sobre todo o parte de un trayecto, reduciendo así la dispersión del indicador. En otras palabras, las posiciones estimadas  $X_u$  para un usuario  $u$  dado se promedian sobre un intervalo de tiempo predefinido.

La frecuencia de las sospechas de falsificación para un usuario  $u$  dado se memoriza en un historial 106 de sospechas.

40 La frecuencia de sospecha de falsificación para las zonas geográficas seleccionadas puede memorizarse 106 igualmente con el fin de poder evitar un efecto local. De hecho, en las zonas geográficas dadas pueden aparecer tasas de falsos positivos y de falsos negativos elevadas, por ejemplo, debido a las condiciones de propagación de radio degradadas.

45 El módulo 104 de consolidación puede efectuar igualmente una correlación entre las posiciones estimadas sospechosas y una base de datos de tarificación que comprenden las coordenadas geográficas de las zonas de tarificación y así caracterizar mejor un fraude intencionado. Esto permite tener en cuenta el hecho de que las falsificaciones se producen habitualmente en proximidad o en las zonas de tarificaciones. Este criterio de coincidencia con las zonas de tarificación permite discriminar las trayectorias erróneas que tienen como objetivo evitar el paso de una puerta virtual.

50 En un modo de realización preferente, el sistema comprende un mecanismo de actualización de software. De esta manera, los componentes del sistema pueden actualizarse periódicamente o siguiendo la necesidad de los datos y de los programas utilizados por el sistema. Esto puede implementarse para cualquier tipo de equipo del sistema, sin importar si se distribuyen en la infraestructura fija de la red o bien a bordo. El objetivo de estas actualizaciones es mejorar la eficacia del sistema siguiendo la evolución de los procedimientos de falsificación.

Como se describió anteriormente, el funcionamiento del sistema requiere la determinación de los indicadores de coherencia. Se describen a continuación diversos ejemplos de indicadores de coherencia  $\text{coh}(X)$ .

55

El indicador de coherencia  $\text{coh}(X)$  según la invención se basa en la estimación de la coherencia de las posiciones estimadas en relación con un modelo dinámico de desplazamiento de un vehículo a posicionar. Un modelo dinámico de desplazamiento del elemento móvil a posicionar permite definir los valores máximos o un intervalo de estimaciones coherentes en el espacio de las medidas de velocidad, de aceleración y de giro en el plano.

5 Para los elementos móviles que corresponden a un vehículo de motor, se puede calcular un indicador de coherencia comprendiendo la velocidad y la dirección del receptor en relación con este modelo. Para esto, se pueden calcular las siguientes relaciones:

- relación de la velocidad  $v$  con la máxima velocidad posible sobre la trayectoria
- relación de aceleración tiene con la aceleración máxima posible sobre la trayectoria
- 10 • relación de giro  $g$  con el máximo giro posible sobre la trayectoria
- inclusión del trío  $[v, a, g]$  en el ámbito mecánico del elemento móvil considerado este. Este ámbito se limita por un gráfico en la referencia  $[v, a, g]$  cuyos terminales son los máximos absolutos de velocidad, de aceleración, y de giro.

15 Para elementos móviles que corresponden a objetos, personas o animales, los mismos principios pueden aplicarse definiendo los ámbitos autorizados a partir de los conocimientos adquiridos sobre la movilidad del objeto, las posibilidades del espacio animal o de la persona teniendo en cuenta la posibilidad para este objeto, esta persona o este animal de montar a bordo de un vehículo. Por ejemplo, del hecho de que no se puede montar en un vehículo de carreras, un objeto de tipo contenedor puede asociarse a un ámbito dinámico reducido.

20 En otras palabras, la implementación de este indicador de coherencia que se basa en un modelo de desplazamiento dinámico asocia un modelo dinámico al elemento móvil seguido y compara las trayectorias estimadas con los límites de este modelo.

25 Tomando como el ejemplo de un modelo dinámico que se basa en una conducción por carretera, si el usuario presta paga una autopista mientras que pretende utilizar una carretera secundaria, la falsificación podrá detectarse ya que su velocidad sobrepasará los terminales del intervalo de velocidad autorizados sobre la carretera secundaria. Utilizando el mismo indicador de coherencia, una deformación errónea de la trayectoria o la presencia de saltos que tienen como objetivo evitar los eventos de tarificación o de alertas pueden detectarse.

30 Además, cabe destacar que a menos que todas las posiciones estén permanentemente falsificadas, la trayectoria conectará un punto de partida a un punto de llegada en un tiempo dado que corresponde a las posiciones reales. De esta manera, la distancia recorrida estimada en este intervalo de tiempo será diferente en relación con la distancia real recorrida. Además, las condiciones de las carreteras son muy diferentes entre una carretera secundaria y una autopista.

35 Un segundo ejemplo de indicador de coherencia  $\text{coh}(x)$  se basa en la utilización de un filtro cartográfico. La técnica del filtro cartográfico se designa habitualmente con la expresión anglosajona "map matching". Se utiliza para mejorar la precisión de la estimación de posición de un elemento móvil basándose en los datos emitidos de tarjetas. Estos datos permiten determinar una posición corregida  $X_c[t]$  a partir de una posición  $X[t]$  estimada por el receptor GNSS. Las técnicas conocidas que permiten obtener  $X[t]$  a partir de  $X[t]$  son por ejemplo la proyección ortogonal de la posición estimada  $X[t]$  sobre la carretera más cercana o el cálculo de una distancia mínima entre la posición estimada  $X[t]$  y diversas carreteras posibles.

40 Un indicador de coherencia que se apoya en esta técnica puede utilizarse como parte de la invención. El indicador de coherencia puede definirse como una métrica representativa de la diferencia entre la posición estimada  $X[t]$  y la posición corregida  $X_c[t]$ . El indicador de coherencia  $\text{coh}(X)$  corresponde por ejemplo a la distancia  $d(X, X_c)$  que puede ser la distancia euclidiana, cuadrática, geodésica o curvilínea entre  $X$  y  $X_c$ .

45 La figura 2 da un ejemplo de aplicación de un criterio de coherencia  $\text{coh}(C)$  basándose en un filtro cartográfico para un sistema de peaje de carretera. Las posiciones 200, 201, 202, 203, 204, 206 registradas por el terminal a bordo se falsifican en vistas a evitar una puerta 206 virtual cruzada si la trayectoria 207 real se toma en cuenta por el sistema. En este caso, el indicador de coherencia  $\text{coh}(X)$  que se basa en un filtro cartográfico permite detectar que estas sean demasiado alejadas en posición pertinente comprendida sobre un segmento de carretera, correspondiendo este segmento de carretera por ejemplo a la carretera departamental D15. Por ejemplo,  $\text{coh}(X) \in [0.7; 1]$  si las posiciones estimadas son coherentes con las posiciones pertinentes y  $\text{coh}(X) \in [0; 0.7]$  si las posiciones estimadas son incoherentes con las posiciones pertinentes.

50 Un tercer ejemplo de indicador de coherencia  $\text{coh}(X)$  se basa en el análisis de las señales recibidas por el receptor GNSS. Este indicador se llama indicador de coherencia de recepción en el conjunto de la descripción. Tiene como objetivo detectar los eventos siguientes:

- debilitamiento de las señales satélite;
- 55 • pérdida de posición;
- diferencia de visibilidad de los satélites en relación con la visibilidad esperada.

5 La figura 3 ilustra el principio de un indicador de coherencia  $\text{coh}(X)$  que se basa en el análisis de las señales recibidas por un receptor GNSS. La visibilidad de los satélites de una constelación GNSS por el terminal depende del entorno físico, es decir, de la vegetación, de las construcciones alrededor del receptor y del relieve. En el ejemplo de la figura, la terminal se integra en un vehículo 300. Su receptor GNSS está potencialmente en visibilidad directa con 3 satélites 301, 302, 303. Sin embargo, los edificios 304 impiden al terminal recibir la señal de proveniencia de uno de los tres satélites.

10 Los datos habitualmente proporcionados en la salida de un receptor GNSS comprenden además de la posición estimada  $X$  de la lista de satélites seguidos, es decir, la lista de los satélites sobre los que se sincroniza el receptor. Es pues posible verificar la coherencia entre esta lista de satélites y la visibilidad de los satélites con la posición estimada  $X$  en el momento  $t$  de estimación. Por ejemplo, una incoherencia se detecta cuando el receptor indique que se ha colgado a la señal de un satélite mientras que este satélite se oculte por un edificio. Cuando el número de satélites seguidos es inferior al número de canales del receptor y el receptor debería seguir otros satélites ya que estos están visibles, se detecta igualmente una incoherencia.

15 Este indicador no es muy útil cuando el vehículo se desplaza sobre la autopista o sobre una carretera abierta. Por el contrario, en el caso de una trayectoria falsificada cuando el vehículo cruza una zona urbana, el conjunto de satélites visibles constituye una firma de la posición real. Esta firma equivale a un fuerte índice de confianza.

20 Se pueden utilizar diversos datos con el fin de estimar la posibilidad de coherencia de la visibilidad de los satélites sobre los cuáles el receptor se basa para la estimación de la posición. De esta manera, se pueden utilizar los extremos del segmento de carretera sobre el que el receptor se sitúa y el ancho de este segmento. Las informaciones como la altura  $H_b$ , obstáculos que impiden la visibilidad directa de un satélite y la huella en el suelo, es decir, la distancia con el eje de la carretera, pueden utilizarse. Este tipo de informaciones puede estimarse con a partir de una o varias fuentes entre las cuales:

- un modelo tridimensional de los lugares cruzados por el vehículo;
- fotografías de las calles;
- 25 • fotografías aéreas o por satélite que permiten el reconocimiento del tipo de edificio o de vegetación;
- reglamentos de urbanismo, que permiten en particular determinar la altura máxima  $H_{\text{máx}}$  de los edificios de una zona dada;
- datos representativos de la densidad de población con el fin por ejemplo de reducir un número promedio de viviendas y por lo tanto de pisos por edificio;
- 30 • una cartografía de la vegetación;
- un modelo de crecimiento estacional, del que se puede deducir la densidad y la altura del follaje de las plantas del lugar en el que evoluciona el vehículo, una función de atenuación de radio debida a la vegetación que puede de esta manera determinarse.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de posicionamiento que comprende

- al menos un receptor (100) satélite GNSS integrado en un elemento móvil que pertenece a un usuario u, teniendo dicho receptor por función la estimación de la posición  $X_u$  de dicho elemento móvil en diferentes momentos,
- un primer módulo (103) de tratamiento que determina un indicador de coherencia  $coh(X)$  combinando las posiciones estimadas  $X_u[t]$  y los datos proporcionados por fuentes (101, 102) de informaciones secundarias,
- comprendiendo el sistema un módulo (104) de consolidación que consta de medios para memorizar las posiciones  $X_u[t]$  estimadas en diferentes momentos t por el usuario u, un filtro digital que permite obtener una posición filtrada  $X_f[t]$  a partir de las posiciones  $X_u[t]$  memorizadas de un usuario, adaptándose dicho filtro digital para promediar las posiciones estimadas  $X_u[t]$  para un usuario u dado sobre un intervalo de tiempo predefinido,
- el sistema consta además de medios (105) de detecciones para determinar a partir del indicador de coherencia  $coh(X)$  si las posiciones estimadas  $X_u(t)$  son falsificadas o no,

**caracterizado porque** el indicador se determina comparando un trío de velocidad, aceleración, giro [v, a, g] derivado de medidas de dirección y de velocidad realizadas por el elemento móvil con un modelo dinámico de desplazamiento de un objeto, vehículo, persona o animal a posicionar, definiendo dicho modelo valores máximos o un intervalo de estimaciones coherentes en el espacio de las medidas de velocidad, de aceleración y de giro.

2. Sistema de posicionamiento según la reivindicación 1, en el que el filtro digital integra un conjunto de posiciones estimadas  $X_u[t]$  sobre todo o parte de un trayecto.

3. Sistema de posicionamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la frecuencia de las falsificaciones para un usuario u dado se calcula y memoriza en una base (106) de datos.

4. Sistema de posicionamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la frecuencia de las falsificaciones para zonas geográficas seleccionadas se determina y memoriza en una base (106) de datos.

5. Sistema de posicionamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las posiciones estimadas se utilizan para la implementación de peajes de carreteras.

6. Sistema de posicionamiento según la reivindicación 5, en el que el módulo (104) de consolidación efectúa una correlación entre las posiciones estimadas consideradas sospechosas y una base de datos de tarificación que comprende las coordenadas geográficas de las zonas de tarificación de manera que identifique las trayectorias erróneas con el objetivo de evitar el paso de una puerta virtual de una zona de tarificación.

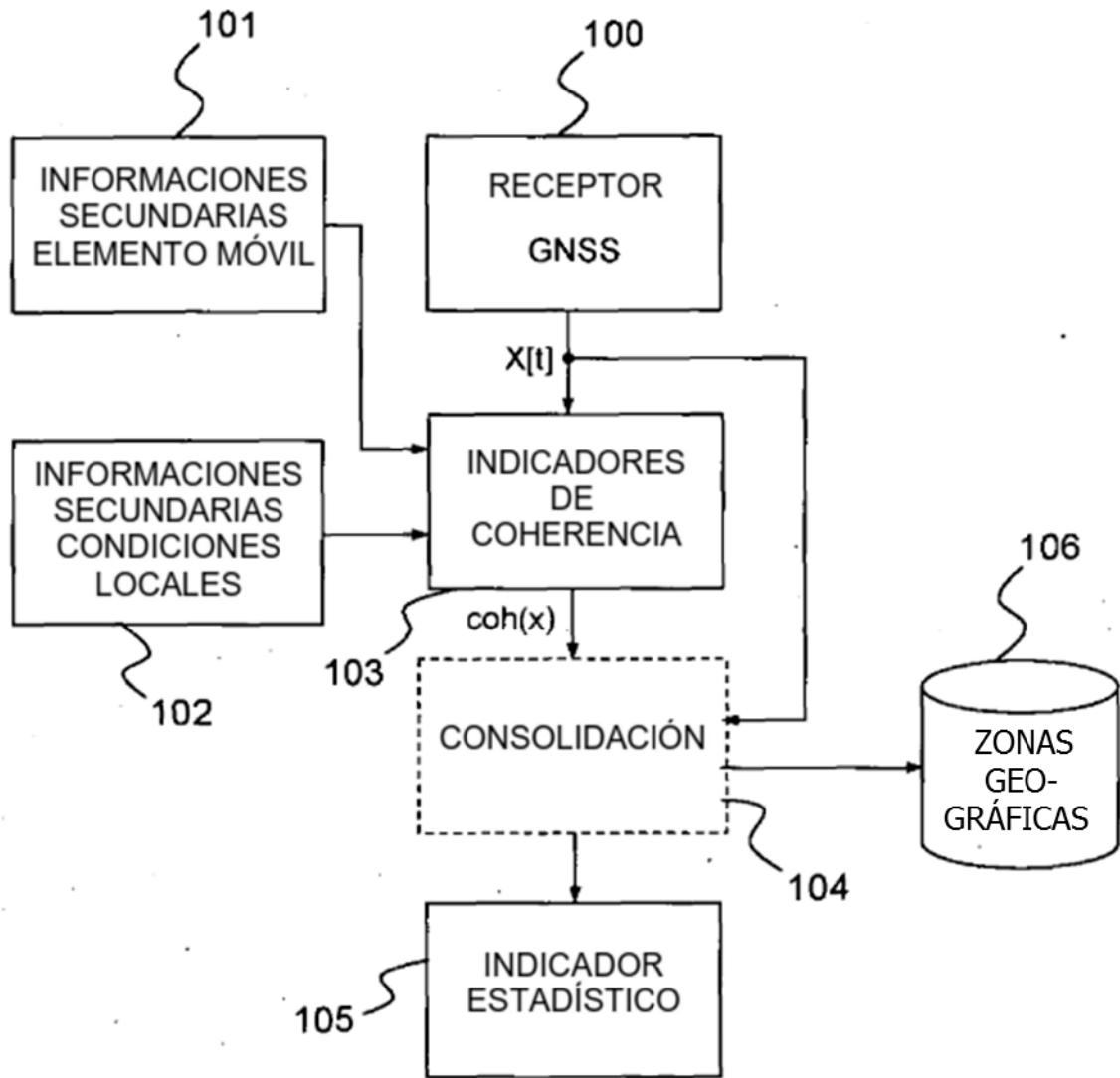


FIG.1



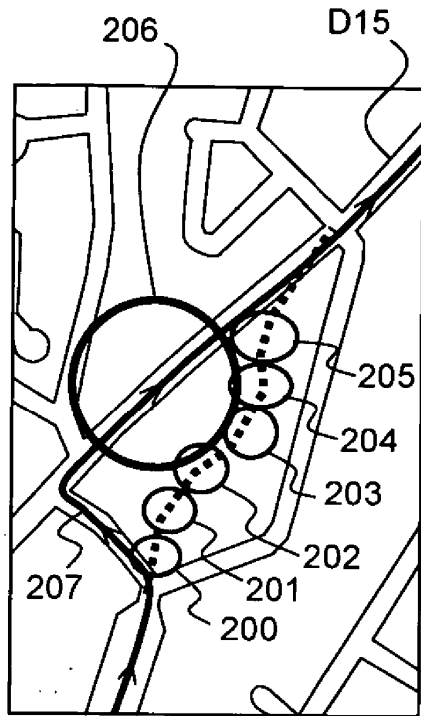


FIG.2

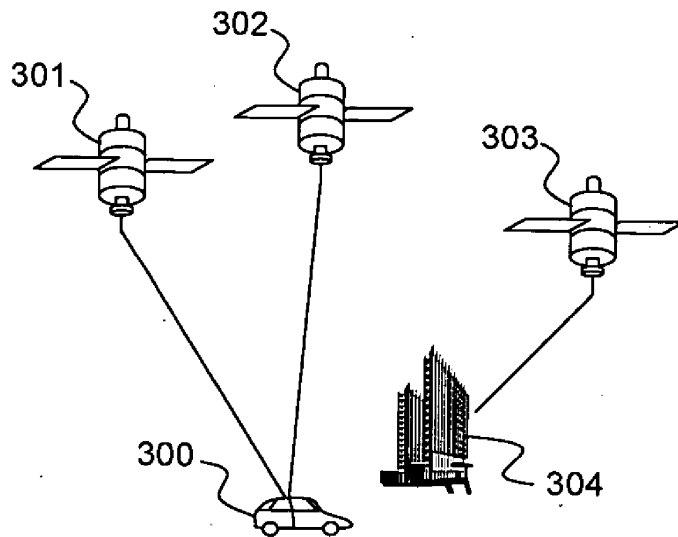


FIG.3