

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 851**

51 Int. Cl.:

G08G 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2015** **E 15159567 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018** **EP 2922040**

54 Título: **Conducción de vehículos en convoy**

30 Prioridad:

21.03.2014 FR 1400684

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

26.06.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CALMETTES, THIBAUD;
MONNERAT, MICHEL y
SERANT, DAMIEN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 673 851 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

Conducción de vehículos en convoy

Campo de la invención

5 La invención se refiere al campo del procesamiento de la señal y, en particular, al de la conducción de vehículos en convoy.

Estado de la técnica

10 El problema técnico planteado es el del seguimiento de las posiciones de vehículos que circulan en convoyes. El vehículo principal puede conducirse por un conductor. Uno o varios vehículos del convoy pueden pilotarse de manera automática. Las distancias observadas entre vehículos son normalmente del orden de la decena de metros. Relacionándose el tiempo de reacción de un vehículo en el siguiente con el tiempo de medición y con el tiempo de comunicación entre los vehículos, unos tiempos de reacción de 0,1 segundo son accesibles. A 40 m/s (145 km/h), esto corresponde a una distancia mínima de 4 metros entre pares de vehículos (la distancia debe reducirse al máximo para evitar la aparición de obstáculos o eventos no detectables entre dos vehículos, por ejemplo, un animal que cruza la calzada).

15 Este problema técnico surge principalmente en un contexto de seguimiento rutinario. En condiciones críticas (frenado de emergencia, por ejemplo) la detección de las acciones del primer conductor y las reacciones del primer vehículo pueden realizarse mediante sensores adaptados a estas fases críticas (odómetros, en particular), pudiendo considerarse entonces estrategias conservadoras. Sin embargo, estos sensores dedicados no tienen una resolución y una estabilidad suficiente para mediciones rutinarias.

20 El estado de la técnica desvela muy pocos procedimientos que permiten resolver este problema técnico y, los resultados no son generalmente satisfactorios. Por ejemplo, ciertas técnicas usan sistemas de visión artificial y/o de seguimiento de marcas en el suelo (por ejemplo, chips RFID insertados en la calzada). Estos procedimientos requieren instrumentales pesados, costosos o no son flexibles.

25 Una solución consiste en sincronizar los relojes de los diferentes vehículos, por ejemplo, en su salida (y/o para compensar las desviaciones de estos diferentes relojes a medida que fluye el tiempo). La medición de los tiempos de comunicación entre los vehículos dividido por la velocidad de la luz permitiría, entonces, en teoría, deducir las distancias separadoras entre vehículos. Este enfoque en la realidad no funciona, debido a las desviaciones de reloj actualmente observadas (el error de distancia es entonces de una decena de metros).

30 Existe una necesidad industrial de procedimientos y métodos que permiten la circulación segura de convoyes de vehículos, en particular, fuera de las principales arterias de circulación. El documento US2004/0193372 desvela un procedimiento de gestión de un convoy que comprende, al menos, dos vehículos y que consta de la determinación del posicionamiento relativo de los vehículos.

Resumen de la invención

35 La invención se define por las reivindicaciones. En un modo de realización, la invención combina el uso de un sistema de posicionamiento (GPS, Galileo u otro) y de un sistema de comunicación entre vehículos (que generalmente pueden ser de cualquier tipo). En un desarrollo, la sincronización de reloj puede efectuarse por medio del acceso GPS, que si es necesario confiere un tiempo de reloj de referencia y, además, se comparte entre los vehículos. Este enfoque elimina los problemas causados por las posibles desviaciones de reloj.

40 La invención permite establecer estrategias robustas de conducción automática (por ejemplo, sin conductor) de convoyes de camión o de cualquier otro tipo de vehículos terrestres (coches y/o camiones y/o motos y/o autobuses, etc.).

La invención será también ventajosamente aplicable a ciertas situaciones relacionadas con el tráfico aéreo, por ejemplo, para convoyes de drones miniaturizados destinados a operaciones de logística y que circulan en convoy en corredores aéreos determinados.

45 Ciertos modos de realización de la invención pueden permitir ganancias significativas en materia de logística y/o de transporte (por ejemplo, para las industrias pesadas de tipo industria minera). Se puede optimizar la gestión de las flotas y se puede reforzar la seguridad de los transportes.

50 Los vehículos (por ejemplo, camiones) pueden posicionarse o localizarse por GPS (o más genéricamente, por un sistema G.N.S.S., término que designa al conjunto de sistemas de posicionamiento por satélite, por ejemplo, GPS, Galileo y otros). En el resto de la descripción, los términos GPS, Galileo o G.N.S.S. se usan indistintamente.

En un modo de realización, el GPS funciona en modo estándar o "absoluto" (es decir, que cada vehículo del convoy determina independientemente de los otros su propio posicionamiento).

En otro modo de realización, el GPS funciona en modo diferencial (DG.N.S.S.). Este modo diferencial, también llamado "modo relativo" (a través de la difusión en el canal de comunicación de datos de tipo DGPS), es decir, que el

posicionamiento de un vehículo mejora debido al conocimiento del posicionamiento de los otros vehículos, que sirven para mejorar la precisión del posicionamiento.

5 Alternativamente, también es posible instrumentar los vehículos (es decir, todos o parte de los vehículos del convoy) por medio de sistemas inerciales (odómetros, por ejemplo), útiles durante el paso del convoy en túneles físicos y/o en zonas en las que la recepción GPS se interrumpe momentáneamente (impidiéndose en situación de circulación urbana la recepción de la señal por los edificios y/o la vegetación, malas condiciones meteorológicas, etc.).

10 Aun alternativamente, es posible completar la instrumentación a bordo para todo o parte del convoy. Por ejemplo, uno o varios vehículos pueden embarcar uno o varios radares, o bien, también sistemas ópticos (visión por ordenador para la detección de colisión, la detección de peatones u obstáculos, el seguimiento de las marcas blancas en la calzada, etc.).

El canal de comunicación también puede usarse él mismo como medio adicional de mediciones para hacer más robusto el uso del G.N.S.S., con el fin de eliminar los riesgos de integridad (global o local) y de faltas de disponibilidad (túneles, por ejemplo). Además, se pueden usar mediciones inerciales.

15 Entre otras ventajas, la invención permite remediar el largo periodo (6 segundos) requerido para la alerta y las correcciones asociadas a sistemas de aumento S.B.A.S. de tipo Egnos, que retardo que generalmente es demasiado largo para vehículos que circulan en carreteras de gran velocidad. Los modos de realización descritos permiten detecciones robustas y rápidas de movimientos relativos y permiten, por lo tanto, mantener situaciones de conformidad (al menos durante este periodo de alerta).

20 Ciertos modos de realización de la invención permiten una mejora de los rendimientos de localización (a través del aporte de mediciones diferenciales adicionales), de la integridad (a través de un medio de medición independiente del G.N.S.S. que permite poner en evidencia no integridades locales o globales en éste), de la disponibilidad (durante los pasos en túneles, por ejemplo, por el mantenimiento de medidas precisas de distancia, en particular, en el ámbito de un acoplamiento con sensores inerciales). Estas ventajas se obtienen sin aumento significativo de la complejidad material a bordo, las cajas de procesamiento G.N.S.S. y de comunicación estando ya presentes de
25 manera corriente en el comercio.

30 Se desvela un procedimiento, posiblemente implementado por ordenador, para la gestión de un convoy que comprende, al menos, dos vehículos, cada uno de los al menos dos vehículos comprendiendo medios de posicionamiento por satélite y medios de comunicación de vehículo a vehículo, comprendiendo el procedimiento la determinación del posicionamiento relativo de dichos vehículos, comprendiendo dicha determinación la medición del tiempo de propagación de una señal entre vehículos por los medios de comunicación, sincronizándose los relojes asociados a los medios de comunicación por medio de los medios de posicionamiento por satélite en un tiempo de reloj de referencia.

35 El convoy comprende al menos dos vehículos, de cualquier tipo (coche, moto, autobús, camión, etc.). El convoy es una entidad dinámica: un vehículo puede abandonar el convoy, un vehículo puede unirse al convoy, dos convoyes pueden fusionarse (varios vehículos pueden considerarse como siendo solo un único vehículo en una perspectiva sistémica, etc.).

40 La medición del tiempo de propagación corresponde al TOA (Time of Arrival, hora de llegada). La medición en sí se efectúa por el vehículo receptor, por medio del valor de tiempo declarado por el vehículo transmisor. La medición del tiempo de propagación (de una señal, por ejemplo) entre dos vehículos da acceso a la información de distancia entre vehículos (siendo las velocidades relativas de los vehículos entre ellos insignificantes con relación a la velocidad de la luz). Cabe señalar que en el caso donde el convoy comprende más de dos vehículos, pueden medirse varios
45 tiempos de propagación (entre dos vehículos cualesquiera de un convoy, por ejemplo, entre el segundo y el séptimo vehículo). Como resultado, este tiempo puede ser objeto de procesamientos estadísticos (por ejemplo, asociado a intervalos de confianza, etc.). También se pueden efectuar optimizaciones o verificaciones combinatorias (por ejemplo, el tiempo de propagación de un vehículo dado a respectivamente todos los otros vehículos del convoy pueden medirse, la medida de un vehículo A hacia un vehículo B comparadas con la medida de un vehículo B hacia un vehículo A, etc.).

50 La señal puede ser una señal electromagnética o luminosa (por ejemplo, uno o varios láseres). En ciertos casos económicos, la señal puede ser una señal sonora (cuando corresponda, la velocidad de propagación del sonido se conoce en función de la presión atmosférica/altitud y la velocidad de los vehículos no es insignificante en comparación con la velocidad de propagación de la señal). Las especificidades y limitaciones del modo de realización sonoro hacen que este modo sea particular, pero carece de interés (poco costoso, además, puede completar otros modos de realización). De manera general, una señal de tipo ondular puede explotarse (haz de microondas, luz visible, IR, etc.). Los medios de comunicación entre vehículos, por lo tanto, pueden ser radio y/o
55 luminosos, por ejemplo, láser y/o sonoro, etc. La redundancia de las señales confiere robustez al sistema global.

La sincronización de relojes se obtiene por medio de la señal de satélite. Cada vehículo posee un tiempo de reloj propio. Según ciertos modos de realización, la invención tiene como objetivo armonizar o ajustar o sincronizar los diferentes relojes de los diferentes vehículos que forman el convoy. El procedimiento es, por lo tanto, plenamente

una combinación de medios, que actúan sinérgicamente (reutilizándose un resultado del uno por el otro en bucle "cibernético").

5 El "tiempo de reloj de referencia" designa el tiempo después de la comparación y la sincronización (real o virtual) de los diferentes relojes de los diferentes vehículos. Este tiempo de reloj de referencia ("tiempo de reloj común", incluso "tiempo de reloj sincronizado") sirve de referencia para el cálculo del o de los tiempos de propagación de la señal entre los vehículos, y sirve, por lo tanto, para determinar el posicionamiento relativo de los vehículos (posiciones en el espacio de los vehículos unos en relación con los otros).

10 Son posibles diferentes variantes de sincronización de los relojes. Los medios de posicionamiento por satélite pueden calibrar la sincronización, por ejemplo. En particular, pueden inicializar un tiempo de reloj y/o proceder a ajustes o a sincronizaciones en intervalos regulares o irregulares (periódicas o intermitentes u oportunistas o en función de eventos de conducción particular, por ejemplo).

15 El "tiempo de reloj de referencia" puede, por lo tanto, reajustarse en de vez en cuando (la referencia puede cambiar). El tiempo de reloj de referencia, en particular, puede servir para la marca de tiempo de la señal transmitida entre los vehículos (por ejemplo, por el vehículo transmisor). Un procedimiento posible de sincronización puede consistir en restablecer el reloj de los medios de comunicación de uno o de varios vehículos de acuerdo con el reloj de navegación por satélite ("calibración de reloj"), para construir un reloj único (sincronización "real"). Otro procedimiento puede consistir en mantener relojes separados (las diferentes cajas de comunicación conservan cada uno de sus relojes, por ejemplo), pero en medir el desfase entre los diferentes relojes y en transmitir este desfase por medio del canal de comunicación entre los vehículos (teniéndose en cuenta el desfase posteriormente en los cálculos de posicionamiento relativo, sincronización "virtual"). De hecho, estos procedimientos y sus numerosas variantes tienen en común que una referencia temporal independiente y exterior se inyecta en el cálculo de posicionamiento relativo de los vehículos, lo que se refleja por el uso de la expresión "los medios de comunicación se sincronizan por medio de los medios de posicionamiento por satélite".

25 En la práctica, debido a la programabilidad (o no) de un reloj a bordo de un vehículo, el reloj considerado puede, de hecho, adelantarse o retrasarse (el retraso o adelantamiento podrá almacenarse). Alternativamente, si un reloj no puede modificarse, su inclusión en un sistema mayor permitirá compensar su adelantamiento o su retraso en los cálculos posteriores.

30 El procedimiento descrito es adecuado para la gestión de un convoy, de manera general. Un vehículo puede disponer de una conducción (conducción automática, teleguiado, conducción por un conductor, conducción asistida, etc.) o no disponer de conducción propiamente dicha (si es necesario, el vehículo imita o reacciona a la conducción de uno o de varios otros vehículos del convoy).

En un desarrollo, el procedimiento comprende, además, la comunicación entre los vehículos de la incertidumbre asociada con el tiempo de reloj de referencia.

35 La incertidumbre del tiempo del reloj asociada a un vehículo puede determinarse o calcularse o estimarse o cuantificarse. Esta incertidumbre (de medición del tiempo de reloj específico a cada vehículo) se refiere al tiempo de reloj de referencia, común a los vehículos que forman el convoy (o al menos una mayoría de entre ellos). Se puede determinar una desviación por medio de fuentes independientes, por ejemplo (modo relativo). También se puede estimar una probabilidad de desviación sin recurrir a una fuente de terceros (modo absoluto). Una desviación o un desfase puede dar como resultado comparaciones que combinan estimaciones absolutas y relativas. En un desarrollo, los vehículos (por ejemplo, los medios de comunicación y/o los medios G.N.S.S.) intercambian esta información relacionada con la incertidumbre de medición asociada a su reloj. Por ejemplo, al menos dos vehículos pueden compartir la información en cuanto a la calidad estimada de la calibración de su sincronización. En otros términos, un vehículo puede cooperar con al menos una parte de otros vehículos del convoy compartiendo o comunicándose o transmitiendo o retransmitiendo la información de incertidumbre de medición de tiempo específica (conociendo el tiempo de referencia, tal como se define colectivamente).

En un desarrollo, el procedimiento comprende, además, la comunicación entre los vehículos de información relativa a las relaciones señal a ruido de las mediciones procedentes de los medios de posicionamiento por satélite.

En un desarrollo, el procedimiento comprende, además, la comunicación entre los vehículos de información relativa a la relación señal a ruido de la señal de comunicación entre los vehículos que forman el convoy.

50 El error de medición en la señal de comunicación será equivalente a un error en el reloj.

En un desarrollo, el procedimiento comprende, además, la comunicación entre los vehículos de información relativa a los residuos de medición en las señales recibidas de los medios de posicionamiento por el satélite.

55 Para un vehículo, un "residuo por satélite" o un residuo de medición en las señales recibidas de los medios de posicionamiento por satélite (por ejemplo, medido por un par vehículo/satélite) corresponde al desfase entre la pseudodistancia *medida* (es decir, en la realidad) entre este vehículo (por ejemplo, su receptor G.N.S.S.) y el satélite considerado y entre la pseudodistancia calculada o esperada entre la posición *finalmente estimada* de este vehículo

y el satélite considerado.

Los conceptos de "relación señal a ruido" y de "residuos" son distintos. Es posible observar residuos importantes debidos, por ejemplo, a una trayectoria múltiple especular sin verdadera atenuación de la relación señal a ruido.

5 En un desarrollo, el procedimiento comprende, además, la determinación de una localización absoluta, de uno o de varios vehículos que forman el convoy.

Además del posicionamiento relativo de los vehículos unos con respecto a los otros, el procedimiento puede prever la localización absoluta de uno o de varios vehículos que forman el convoy. Por localización absoluta se entiende la situación geográfica precisa del o de los vehículos considerados.

10 La localización absoluta puede obtenerse por medio de las diferentes coordenadas G.N.S.S. recibidas por los vehículos GPS, así como por medio de los diferentes posicionamientos relativos de los vehículos unos con respecto a los otros. En otras palabras, es posible corroborar entre ellas la información diferente, independientemente de que se reciban o de que se calculen (información G.N.S.S., posición relativa, información S.B.A.S., etc.). Los diferentes valores pueden ser objeto de procesamiento estadístico (tal como los cálculos de promedio, tipo de desfase, ponderación, perecuación, interpolación, etc.).

15 En un desarrollo, la determinación de la localización absoluta usa ventajosamente los residuos de satélite, tal como se describió previamente.

En un desarrollo, el posicionamiento relativo de los vehículos se corrige con los datos recibidos por un sistema de aumento regional de los medios de posicionamiento por satélite.

20 Un sistema G.N.S.S. puede ser objeto de una mejora o aumento u optimización llamada regional. Por ejemplo, el sistema S.B.A.S. corresponde a un aumento regional de un sistema G.N.S.S. Usado generalmente por las aeronaves (durante los aterrizajes), la aplicación a los transportes terrestres es nueva, y mucho menos en combinación. El sistema en cuestión, por ejemplo, a) previene interrupciones de servicio planificadas y b) comunica ciertos términos correctivos para mejorar la posición durante averías o mal funcionamiento anotados (periodo de seis segundos).

25 En un desarrollo, los medios de posicionamiento por satélite son medios de posicionamiento por satélite que funcionan en modo diferencial o relativo.

30 Los medios de posicionamiento por satélite pueden funcionar según dos modos principales. En un funcionamiento "estándar", la información de localización se deduce de la recepción de las señales de satélite: en otros términos, la localización solo depende de la recepción de las señales de satélite y nada más. En un funcionamiento llamado "en modo relativo", la localización se deduce de varios receptores, que pueden estar o no en movimiento. Según ciertos modos de realización de la invención, la localización se efectúa por medio de receptores que están todos en movimiento. Según otros modos de realización de la invención, la localización se efectúa por medio de receptores para partes fijas (receptores fijos asociados a la infraestructura, por ejemplo) y para parte en movimiento. Las referencias fijas pueden ser, por lo tanto, referencias que no sean del vehículo (peatón, referencia de infraestructura tal como puente, mástil, edificio, estación GPS diferencial, etc.).

35 El funcionamiento en modo diferencial o relativo de los medios de posicionamiento por satélite sigue siendo, a pesar de todo, totalmente opcional. Si tal modo puede ser ventajoso en términos de precisión, puede constar, *al contrario*, de contraindicaciones en ciertas situaciones. Por ejemplo, durante el paso en túneles físicos o en zonas de interferencia, las señales de satélite pueden interrumpirse. Como resultado, el posicionamiento relativo solo se puede efectuar sobre la única base de la medición de los tiempos de propagación entre los medios de comunicación a bordo.

40 En el primer enfoque, de manera simplificada, teórica y reductiva, puede considerarse que las diferentes combinaciones de medios se asocian a relaciones de rendimientos/costes escalados. La medición del tiempo de propagación entre las cajas de comunicación necesita un aparellaje poco costoso y provisto de una primera aproximación rápida de los posicionamientos relativos. La adición de un sistema de posicionamiento por satélite G.N.S.S. permite, a través de la sincronización de los relojes, una mejora de la precisión de los posicionamientos relativos. Acumulativamente, el intercambio y el procesamiento de los residuos de satélites siguen mejorando la precisión. Aun acumulativamente, el funcionamiento en modo relativo del posicionamiento de satélite continúa aumentando las ganancias en cuanto a la precisión. Finalmente, la combinación de todos los medios (DGPS, procesamiento de los residuos, medición de los tiempos de propagación entre las cajas de comunicación) da como resultado la mejor precisión posible (todas preservando los costes de material razonables).

45 El procedimiento aprovecha ventajosamente el uso de una redundancia de los sistemas de posicionamiento. En particular, el procesamiento de los residuos permite aumentar significativamente la confianza en la determinación de la configuración del convoy.

55 La redundancia de los sistemas de posicionamiento aporta una ventaja adicional, ya que contribuye a la robustez del

sistema global. Por ejemplo, si los sistemas a bordo de un vehículo (por ejemplo, un camión) comienzan a desviarse o queda parcial o progresivamente fuera de servicio, el resto del convoy sigue siendo capaz de superar estas insuficiencias particulares. Entre otras ventajas, dicha redundancia permite una mayor fiabilidad (minimización del impacto de interferencias, adaptación a las zonas sin visibilidad GPS como túneles).

- 5 Existe una redundancia de información entre los medios de comunicación y los medios de posicionamiento diferenciales: los dos medios proporcionan un posicionamiento relativo.

En un desarrollo, el procedimiento comprende, además, la medición de frecuencia de los medios de comunicación, permitiendo la medición de frecuencia la detección de giros de uno o de varios vehículos.

- 10 Una medición Doppler corresponde a la derivada de la frecuencia de recepción de la señal. En otras palabras, las mediciones asociadas a la propagación de la señal por los medios de comunicación permiten efectuar mediciones de tipo Doppler. Este tipo de medición está adaptado a eventos de conducción de tipo cambio de carril, salidas de línea derecha o giros (seguido de curvas en carreteras o autovías, intersecciones urbanas, etc.). Concretamente, debido al movimiento relativo entre los vehículos que forman el convoy (por ejemplo, cuando un camión gira), la frecuencia se modifica entre los vehículos. Estas mediciones de variación de frecuencia con los medios de comunicación
15 permiten afinar el seguimiento del posicionamiento relativo de los vehículos en los giros.

En un desarrollo, el procedimiento comprende, además, la calibración de la frecuencia de transmisión de los medios de comunicación por los medios de posicionamiento por satélite.

- 20 Los medios de posicionamiento por satélite también pueden servir para calibrar o servir de referencia para la frecuencia de transmisión del canal de comunicación. Esta calibración ventajosa sigue siendo completamente opcional. La calibración de la frecuencia de transmisión por los G.N.S.S. no es indispensable. De hecho, una estabilización relativa de la frecuencia de transmisión se requiere generalmente para conocer con precisión un giro instantáneo, pero también es posible considerar la variación de la frecuencia de recepción, dicho de otro modo, la derivada de la frecuencia de recepción, es decir, la derivada del Doppler, como métrica de detección de giro y de medición de la curvatura de éste. Esto puede significar suponer que la medición inicial de frecuencia recibida se realizó en línea recta, sin tener medio absoluto de verificarlo en la propia medición (pero es posible verificar que el desplazamiento se efectúa bien en línea recta por el seguimiento de la posición GPS o, mejor aún, por los sensores inerciales en el o los vehículos).

- 30 Los datos G.N.S.S. se combinan ventajosamente para complementar las mediciones del canal de comunicación. La sincronización de reloj permite obtener mediciones fiables de las variaciones de distancia entre vehículos, incluso si la velocidad de los vehículos cambia. La gestión de los giros puede también beneficiarse de las entradas de datos del G.N.S.S., aunque en menor medida en comparación con la gestión de las distancias en línea recta. Cabe señalar que un recalibrado de los radios de curvatura de rotación puede efectuarse por una maniobra que consiste en poner pares de vehículos rozándose (o casi, en términos de una distancia de seguridad mínima) durante algunos segundos y esto, por ejemplo, cada decena de kilómetros.

- 35 En un desarrollo, el procedimiento comprende, además, la medición de la potencia recibida por uno o varios medios de comunicación.

- 40 La medición de potencia recibida puede, en ciertos casos, corroborar útilmente las estimaciones de distancia para la determinación del posicionamiento relativo de los vehículos que forman el convoy. La potencia recibida disminuye en $1/r^2$, siendo r la distancia entre los vehículos considerados. Si la potencia de transmisión se conoce y la potencia recibida se mide, es posible deducir la distancia. En un entorno de tipo urbano con reflexiones y difusiones electromagnéticas, los efectos de la humedad y otros parámetros hacen que la disminución sea aproximadamente en $1/r^2$ en términos de ciertos factores correctivos. Este modo de realización opcional es, por lo tanto, ventajoso en ciertos casos.

- 45 En un desarrollo, uno o varios vehículos que forman el convoy comparten los mismos medios de comunicación y/o los mismos medios de posicionamiento.

- 50 Es posible aceptar en el convoy vehículos que no poseen, o que poseen parcialmente los aparellajes requeridos por el procedimiento. En particular, Es posible contemplar diferentes configuraciones que permiten la implementación de una o de varias etapas del procedimiento. Por ejemplo, uno o varios vehículos pueden compartir un mismo medio de comunicación. Unas pasarelas o "puentes" pueden, por ejemplo, permitir que un vehículo instrumentado se una al convoy. Por ejemplo, por medio de una conexión proporcionada por un teléfono móvil, información GPS, posiblemente degradada, puede compartirse con el resto de los vehículos del convoy. De manera similar, un vehículo desprovisto de medios de posicionamiento puede autorizarse dentro del convoy desde el momento en el que los medios adicionales se implementan (por ejemplo, un radar de marcha atrás que equipa el vehículo predecesor puede superar una insuficiencia de medios de posicionamiento). De manera general, un convoy según la invención consta al menos de dos vehículos instrumentados según la invención, es decir, que consta cada uno de
55 medios de comunicación y de medios de posicionamiento por satélite que funcionan en combinación (por ejemplo, de manera sinérgica). De manera ideal, todos los vehículos del convoy se instrumentan según la invención. En un modo de realización "degradado", una mayoría de vehículos se instrumenta según la invención y una minoría de

vehículos no instrumentados se incorpora al convoy. Un convoy puede, de hecho, incorporar vehículos no instrumentados según la invención o parcialmente instrumentados o instrumentados de manera diferente. Por ejemplo, un vehículo conducido por un conductor humano puede unirse al convoy. En este caso, incluso en ausencia completa de instrumentación, el conductor o piloto (incluyendo la conducción remota) puede mantener las distancias de seguridad con sus vecinos (sucesor y predecesor). Uno o varios vehículos pueden constar (por ejemplo, únicamente) de medios de guía física (por ejemplo, "pértigas" de algunos metros que separan los vehículos, con medidas de las desviaciones y servocontroles apropiados para el mantenimiento de una distancia sustancialmente constante). Unos medios de guía electrónica (por ejemplo, por medición láser y con servocontroles similares al sistema de conducción) pueden permitir también a vehículos de terceros unirse al convoy. Unos medios inerciales (por ejemplo, odómetro) pueden usarse. Un vehículo puede constar también solo de uno o el otro entre unos medios de comunicación y unos medios GPS.

En un desarrollo, un vehículo se autoriza a unirse o a abandonar el convoy de vehículos.

La autorización de unirse o abandonar el convoy puede comprender diferentes subetapas. Por ejemplo, en un primer tiempo, el vehículo solicitante puede - por ejemplo y opcionalmente - autenticarse (intercambio de certificados de seguridad, por ejemplo) con uno o varios vehículos del convoy, los cuales pueden votar la aceptación o el rechazo del vehículo solicitante. Los criterios usados pueden comprender tomar en cuenta la instrumentación disponible en el vehículo solicitante (en sí mismo o según una visión del sistema global, es decir, según el aporte del vehículo solicitante en términos de instrumentación).

Un vehículo puede designar en ciertas configuraciones varios vehículos considerados de manera solidaria. Un vehículo puede ser, por lo tanto, una entidad móvil cuyo perímetro puede evolucionar. Un vehículo puede comprender varias entidades móviles. En otras palabras, los convoyes pueden fusionarse o dividirse. Los fenómenos de coalescencia de convoyes pueden observarse, en relación con las características técnicas y/o los rendimientos (de la instrumentación a bordo, por ejemplo, que permite efectuar una o varias etapas del procedimiento).

En un desarrollo, se recibe una información de localización absoluta de una fuente fija y se autentifica.

Durante el desplazamiento del convoy, puede venir información de terceros a enriquecer la determinación del posicionamiento absoluto del convoy. Con el fin de evitar escenarios de ataques informáticos (por ejemplo, baliza comprometida que envía información falsa o información errónea a los diferentes vehículos, o tratando de saturar los medios de comunicación), un modo de realización de la invención cifra (opcionalmente) la comunicación de información y, acumulativamente organiza el intercambio de certificados de seguridad con el fin de probar la autenticidad de las fuentes de terceros. Por ejemplo, una baliza asociada a un puente de carretera, cuya localización es conocida con mucha precisión, podrá autenticarse con uno o varios vehículos que forman el convoy, después intercambiar de manera cifrada información de localización. En particular, los tiempos de propagación individuales de los diferentes vehículos a dicha baliza podrán medirse y, por lo tanto, corroborar o refinar la localización y/o el posicionamiento relativo de los vehículos que forman el convoy. La comunicación puede ser unilateral (por ejemplo, la baliza fija solo transmite su localización) pero también puede ser bilateral (la baliza puede solicitarse, puede intercambiar claves de seguridad, puede administrar información con diferentes niveles de precisión según los niveles de autorización de los vehículos que transmiten las peticiones, etc.).

En un desarrollo, el procedimiento comprende la exclusión de un satélite averiado para la determinación del posicionamiento de un vehículo y/o para la estimación del tiempo de reloj de referencia.

En un desarrollo, un satélite puede revelarse defectuoso o con fallos (de manera constante o permanente o, por ejemplo, en un intervalo de tiempo dado). Este mal funcionamiento puede declararse (por un sistema exterior y, por lo tanto, recibirse por uno o varios vehículos que forman el convoy) o determinarse propiamente por uno o varios vehículos (por ejemplo, después de un voto o en función de umbrales de confianza o de criterios cuantificadores, etc.). Como resultado, los medios de posicionamiento embarcados pueden ignorar el satélite fallido. Los medios de posicionamiento pueden ser programables o no programables: la exclusión de un satélite de la constelación puede efectuarse a diferentes niveles. El satélite puede excluirse total o parcialmente de los receptores G.N.S.S. a bordo. Si un receptor no es programable, el satélite fallido se tomará en cuenta para la determinación de la localización del vehículo que embarca el receptor, pero este vehículo no puede participar en la estimación del tiempo de reloj sincronizado. El convoy puede decidir "colectivamente" (voto mayoritario y otros esquemas) en función de los datos recibidos (datos G.N.S.S. brutos y/o residuos y/o relación señal a ruido y de los tiempos de propagación que un satélite tiene un problema y excluirlo durante un tiempo de cualquier estimación de reloj en el conjunto del convoy. Este proceso de exclusión, por ejemplo, puede basarse en la observación de que un satélite particular da un residuo fuerte con relación a la solución obtenida con todos los demás satélites y las señales de comunicación y, en todos los receptores del convoy. En comparación con un sistema de aumento regional de tipo S.B.A.S., esta eliminación rápida de un satélite perturbado añade tener en cuenta la medición de comunicación, se procesa en periodos de detección sustancialmente más cortos que los 6 segundos del S.B.A.S. (es decir, compatibilidad con la conducción del convoy) y permite también tener en cuenta la posibilidad de que el satélite perturbado no sea un satélite, sino que lo convierta en un señuelo en el suelo. A intervalos regulares, la señal procedente de dicho satélite puede probarse por uno o varios vehículos para continuar ignorando el satélite o con el fin de tenerlo en cuenta de nuevo.

5 Se desvela un sistema que comprende medios para implementar una cualquiera de las etapas del procedimiento. En particular, el sistema puede usar medios de posicionamiento por satélite, medios de comunicación, medios de cálculo, de almacenamiento de información, de visualización de información. Los medios de comunicación usan ventajosamente una modulación UWB. La modulación UWB presenta la ventaja de permitir una buena calidad de medición de tiempo de propagación. Los medios de comunicación, en particular, pueden ser de tipo GSM (2G), UMTS (3G), LTE (4G), CDMA2000, Tetra, UWB, Zigbee, Bluetooth, DSRC, Wifi, Wimax.

Una, varias o todas las etapas del procedimiento pueden implementarse por ordenador. Un producto de programa informático que comprende instrucciones de código permite efectuar una cualquiera de las etapas del procedimiento cuando el programa se ejecuta en un ordenador.

10 **Descripción de las figuras**

Se harán evidentes los diferentes aspectos y ventajas de la invención en apoyo de la descripción de un modo preferente de implementación de la invención, pero no limitante, con referencia a las siguientes figuras:

la figura 1 ilustra una porción de convoy según la invención;

la figura 2 ilustra un ejemplo de equipo a bordo de un vehículo del convoy e instrumentado según la invención;

15 la figura 3 muestra una vista general y esquemática de las entradas/salidas de la función de navegador a bordo de un vehículo del convoy según la invención.

La figura 4 subraya un aspecto de la invención relacionado con la corrección o la ponderación proporcionada por el análisis de los residuos.

Descripción detallada de la invención

20 Un "vehículo" según la invención puede ser un camión (de cualquier tipo, por ejemplo, una camioneta o un v pesado, etc.) un robot móvil (incluyendo una aeronave), una moto, un coche.

25 Un "convoy" puede estar compuesto de vehículos heterogéneos, o bien, estar compuesto de vehículos que son sustancialmente del mismo modelo. Una aplicación privilegiada de la invención se refiere a convoyes de camiones (tren de vehículo pesado). Un convoy puede evolucionar en el tiempo: se pueden unir o pueden abandonar un convoy formado de vehículos. Un "convoy" es, por lo tanto, un objeto dinámico cuya composición no es fija. Varios convoyes pueden fusionarse juntos. Un convoy puede dividirse en varios nuevos convoyes. La invención es ventajosamente aplicable en estas situaciones de "coalescencia" logística.

30 Un sistema G.N.S.S., (Global Navigation Satellite System) cubre todos los sistemas de posicionamiento por satélite, por ejemplo, Glonass (ruso), GPS (americano), Galileo (europeo), etc. Las expresiones "GPS" o "Galileo" o "GPS y Galileo" se usan indistintamente y se refieren a todo o parte del sistema genéricamente llamado G.N.S.S.

35 El uso de un sistema G.N.S.S. es problemático para la conducción de convoyes o, más generalmente, para aplicaciones de conducción automática. Un sistema G.N.S.S. se ve típicamente afectado por limitaciones relacionadas con el número de satélites de la constelación en vista o en funcionamiento correcto. El problema técnico es, de hecho, en parte el de la integridad de la señal. Esta integridad puede verse disminuida debido a diversas causas: salto de reloj, satélites no disponibles, interferencias locales naturales de tipo túnel de carretera, por ejemplo, presencia de interferencias ("*jammer*" en inglés) que, aunque generalmente están prohibidos, podrían perturbar una localización, etc.).

40 Un receptor GPS o Galileo efectúa diversas operaciones, en particular, una operación de correlación que consiste a hacer coincidir en el tiempo el código recibido desde el satélite y el código de producido internamente por el receptor. La señal GPS o Galileo permite, además, medir un desfase entre las ondulaciones de la portadora de la señal recibida (la fase de la señal recibida) y las ondulaciones de la portadora de la señal generada internamente por el receptor (la cara de la señal generada de manera interna). La medición por desfase de fase confiere una gran precisión, inferior a 20 cm (por acumulación de medición de código y de fase). Ciertos receptores pueden usar un aumento regional o local, por ejemplo, para las fases de aproximación y de aterrizaje en las aplicaciones de navegación aérea. Estos receptores usan, además, señales de las señales GPS Galileo, una fuente independiente de información para garantizar el rendimiento del servicio.

50 Las mediciones de comunicación no se usan en los pocos documentos de la técnica anterior disponibles. El GPS no se usa en medios urbanos. En las autopistas, el cielo está generalmente abierto. El medio urbano, la vegetación o los edificios pueden interferir con la recepción GPS o Galileo, y esto es tanto más cierto como que la precisión debe ser importante.

Los sistemas de refuerzo GPS de tipo S.B.A.S. (Satellite Based Augmentation System) son - entre otros aspectos - sistemas que pueden alertar a los usuarios o a los sistemas de manera preventiva de las interrupciones planificadas o fallas de sistemas G.N.S.S. Estas alertas pueden comprender información de correcciones a aportar a las señales. El periodo de este tipo de sistema es de aproximadamente seis segundos ("time to alert"), lo que, en una situación

de circulación en convoy, constituye un periodo (muy) demasiado largo. De hecho, los medios de transporte terrestre no usan el sistema S.B.A.S.

5 En un modo de realización, se usa un GPS en un modo estándar. En otro modo de realización, el GPS se usa en modo diferencial ("D.G.N.S.S."). La comparación de los tiempos de recorrido permite posicionar los receptores entre ellos. En general, el modo diferencial se usa con al menos un receptor fijo (cuya posición es conocida con mucha precisión, por ejemplo, montado sobre un mástil para aplicaciones agrícolas). La instrumentación de los ejes viales con una multitud de tales receptores GPS fijos es costosa. Considerable para ejes de carreteras, esta instrumentación no es realista para la red secundaria. El modo diferencial según la invención se efectúa mayoritariamente entre receptores que son móviles, a bordo de los vehículos. El uso de receptores fijos, sin embargo, no está excluido.

La figura 1 ilustra una porción de convoy según la invención. La figura 1 muestra dos camiones 101 principal 102 y sucesor separados por una distancia 130.

Un vehículo se comunica con los otros (los tres, o con una parte cualquiera de entre ellos, o con uno o varios de sus sucesores y/o predecesores, o bien, también con otro cualquiera del convoy).

15 Los tiempos de propagación entre los vehículos se miden y comparan (de hecho, entre las antenas, la geometría de los vehículos, es decir, delantera y trasera, siendo conocidas). Para esto, se requiere un tiempo de reloj común. Los relojes atómicos no pueden embarcarse de forma realista en cada uno de los vehículos por razones de coste. Los relojes de cada vehículo deben ser y permanecer (relativamente) sincronizados: por lo tanto, es necesario un reloj de referencia.

20 La sincronización a la salida de los vehículos sería suficiente en la mayoría de los casos (debido a las desviaciones de los relojes, además de que esto impediría, además, que un vehículo nuevo se uniera a un convoy ya formado). Por lo tanto, es necesario un reloj de referencia y este reloj se define a través del sistema de posicionamiento que proporciona un tiempo de reloj común. Además, según la invención, se desvela un procedimiento para mantener y mejorar la precisión de este tiempo de reloj común (las nociones de tiempo y de localización están conectadas, en términos de información de desplazamiento accesible a través de los medios de medición, por ejemplo, inerciales).

25 La geometría de los vehículos (delantera, trasera, dimensiones laterales, altura) se conoce para cada vehículo (está predefinida), así como la geometría entre la antena de comunicación y la antena GPS. Esta información implícita se integra en los cálculos. Esta información no es esencial (en la medida en la que se pueden realizar correcciones, por ejemplo, por medio de módulos externos o independientes).

30 En un modo de realización, el convoy que comprende varios vehículos no comprende ningún conductor (es decir, todos los vehículos se conducen de manera automática). En otro modo de realización, uno o varios vehículos se conduce(n) por un conductor humano. Por ejemplo, solo el vehículo principal se pilota manualmente (y/o de manera semiautomática). En el ámbito de tales convoyes, el primer camión con un conductor puede ser el encargado de la conducción propiamente dicha, con, en particular, la selección de las direcciones en las intersecciones, la selección del carril en una carretera con varias vías, y la detección de los obstáculos imprevistos (posiblemente asistido por medios automáticos de tipo radar). Según este modo de realización, el primer camión puede transmitir a través de un canal de comunicación dedicado la información de carretera a los camiones siguientes y así sucesivamente, los camiones siguientes se encargan de reproducir de manera automática las acciones del primero y de mantener una posición relativa predeterminada.

40 La figura 2 ilustra un ejemplo de equipo a bordo de al menos un vehículo del convoy. El sistema de comunicación entre los camiones se usa como medio de medición adicional, complementando el G.N.S.S. (y posiblemente centrales de inercia). Estas mediciones presentan la ventaja de ser completamente independientes del G.N.S.S. (por lo tanto, no se someten a los mismos eventos), de ser instantáneas, de estar entre vehículos sucesivos y de no solicitar equipos adicionales (siendo el canal de comunicación entre vehículos de todas formas necesario para las situaciones críticas (frenado de emergencia, por ejemplo)).

45 Para esto, se consideran dos elementos de medición: la medición de TOA (Time Of Arrival) para el mantenimiento de la distancia y, la medición de FOA (Frequency Of Arrival) para el seguimiento de la curva. La invención se privilegia para este canal de comunicación el uso de una modulación OFDM de tipo 4G móvil por su buena calidad de mediciones TOA/FOA en comunicaciones cortas en línea de vista directa, y promediando una definición estandarizada de una portadora de sincronización.

El TOA se refiere a la distancia (entre vehículos). En el caso de giros, son posibles medios visuales (reconocimiento de imágenes u otros) pero es ventajoso explotar el canal de comunicación, es decir, sin complicar la explotación del canal/señales GPS. En el caso de un giro, el doppler cambia (FOA) puesto que la posición relativa de los vehículos cambia (si los vehículos están en relativa inmovilidad, el doppler es cero).

55 Se reciben/transmiten mediciones de TOA y/o FOA, por uno o varios vehículos. Pueden efectuarse procesamientos estadísticos (promedios, de tipo de desfases, por pares de vehículos, o según cualquier otro esquema, por ejemplo, entre vehículos numerados 3, 17 y 18, etc.).

Además del vehículo 101 principal que puede contener opcionalmente otros equipos, un vehículo según la invención (por ejemplo, 102) comprende un receptor 201 G.N.S.S. (opcionalmente con la capacidad de proporcionar mediciones de posición a uno o varios otros vehículos que, estos puedan realizar localizaciones diferenciales), en interacción con un receptor/transmisor de comunicación 202 (por ejemplo, de tipo OFDM 4G móvil o UWB) capaz de
 5 fechar y medir con precisión la frecuencia de las señales recibidas. Opcionalmente, uno o varios vehículos poseen, además, uno o varios sensores inerciales y/u odómetros (contadores de ciclo u otro) para facilitar el seguimiento de trayectoria a corto y medio plazo. Aún opcional, unos medios de radar y/u ópticos (visión robótica, infrarroja, etc.) complementan la instrumentación a bordo.

En un modo de realización, uno o varios receptores G.N.S.S. pueden ser compatibles con la recepción de datos de integridad por red de tierra o por S.B.A.S. con el fin de limitar en el tiempo el funcionamiento en modo degradado a través de un canal de comunicación. Por ejemplo, es concebible considerar que si el canal 202 de comunicación ha detectado un problema en un satélite G.N.S.S. y éste problema no se reportado por el sistema S.B.A.S. (si es visible)
 10 al cabo de 30 segundos (5 veces el *Time To Alert* nominal y, en particular, más que la duración de una trayectoria múltiple en entornos no urbanos), hay una incoherencia y es preferente realizar estrategias de conducción (detención, ralentización, alejamiento relativo de los camiones...) esperando una consolidación del conocimiento de la situación.

Los camiones se comunican generalmente entre sucesivos (otros esquemas de comunicación se desvelarán a continuación), la posición de las antenas de comunicación en cada camión teniendo que conocerse de manera precisa. La comunicación entre los camiones puede efectuarse por cualquier otro medio conocido (por ejemplo, C.B.,
 20 Wifi, Bluetooth, 3G, 4G, LTE, Wimax, UWB). Las comunicaciones son preferentemente locales, es decir, de punto a punto, pero las comunicaciones con tiempos de latencia más importantes no se excluyen necesariamente (por ejemplo, DVB).

Unas fuentes de información de posicionamiento - diferentes al sistema de posicionamiento GPS o Galileo - pueden usarse ventajosamente. Esta información puede usarse en combinación (por ejemplo, para enriquecer los algoritmos) o de manera complementaria o adicional o yuxtapuesta (para reducir las incertidumbres, mejorar por correlación las determinaciones de posición, etc.). Esta información puede ser opcional en ciertos casos (la navegación puede no requerir de tale información) o requerirse cuando se integra más profundamente en la determinación algorítmica de la posición. En ciertos casos, esta información también se puede sustituir (es decir, reemplazar) la información GPS, toda o en parte. Estas fuentes pueden ser, por ejemplo, información procedente de las estaciones de base GSM accedidas a medida que se mueve el convoy, otros sistemas de satélite, de datos procedentes de redes Bluetooth, 2G, Edge, 3G, 4G, LTE o 5G, UWB, de datos procedentes de redes Wifi cruzados por el convoy, de datos extraídos de la calzada (por ejemplo, chips RFID o según otras tecnologías sin contacto, insertadas en captadores o sensores presentes en la calzada), información o confirmaciones proporcionadas por aeronaves o drones, datos enviados por los vehículos que circulan en las vías opuestas o adyacentes, procedentes de otros procedimientos de triangulaciones, etc. Se pueden asociar diferentes niveles de confianza (por ejemplo, intervalo estadístico de incertidumbre o niveles cuantificados de credibilidad de las fuentes, etc.) pueden asociarse a las diferentes fuentes de información. También pueden implementarse diferentes procedimientos (por ejemplo, perecuación y/o ponderación y/o interpolación, opcional y, por ejemplo, teniendo en cuenta las centrales de inercia, etc.) para determinar una localización resultante.

En las señales de comunicación recibidas, la caja de comunicación en cada camión efectúa una medición de TOA/FOA. La medición de TOA servirá principalmente para mantener la distancia, la medición FOA para evaluar una velocidad de giro en el caso de una curva o de un cambio de vía.

Estas mediciones, entonces, se comparan con las mediciones G.N.S.S. absolutas y diferenciales para eliminar una posible incoherencia, después, estas mediciones se combinan con las mediciones G.N.S.S. validadas para obtener una solución de localización híbrida. La información de residuos recopilada al completar las etapas de verificación de integridad y de combinación se almacenan en mensajes con destino a otros camiones, siendo la idea que, si un camión ha detectado localmente una incoherencia en un satélite, pueda ser interesante aconsejar a los demás vehículos del convoy verificar más particularmente ese satélite y, en la medida de lo posible, evitar usarlo.

Las contribuciones del canal 202 o módulo de comunicación a la localización, por lo tanto, son múltiples. El canal 202 o módulo o caja de comunicación transmite entre los vehículos (o una parte de los vehículos) datos D.G.N.S.S. (diferenciales), datos de integridad G.N.S.S. evaluados por cada vehículo (posiblemente recombinables en integridad global en el caso en el que las observaciones de cada vehículo concuerden hacia una fuente de error global, por ejemplo, de tipo avería G.N.S.S.), y datos de residuos de localización diferenciales (que pueden servir, en particular - en el caso donde la integridad G.N.S.S. se consolida - para recalibrar las sincronizaciones de referencias temporales de las cajas de comunicación). La localización, la disponibilidad y la integridad se mejoran (en parte debido a contribuciones procedentes de las medidas diferenciales TOA/FOA adicionales).

El conjunto de la información procedente de los navegadores 111 a 299 (así como otros parámetros posiblemente recibidos del sistema de navegación exteriores) se tiene en cuenta para proporcionar una ayuda a la decisión para la conducción del convoy. La conducción 210 propiamente dicho puede comprender reglas que conciernen a uno o varios vehículos y seleccionadas en la lista que comprende una detención en banda de emergencia y/o disminución

de la velocidad y/o aceleración y/o alerta luminosa restitución de los controles de conducción al conductor humano, etc.

5 El sistema 210 de ayuda la conducción está en interacción con el conjunto de actuadores, es decir, de medios mecánicos de acción para la conducción. Los actuadores pueden proporcionar retroalimentación y modificar las decisiones en materia de conducción (si, por ejemplo, una dirección de un vehículo falla, las decisiones de conducción pueden verse modificadas).

La figura 3 muestra una vista general y esquemática de las entradas/salidas de la función de navegador a bordo de un vehículo del convoy. La recepción y el procesamiento de las señales para un vehículo están presentes.

10 La sincronización de los relojes en el canal de comunicación corresponde a un aspecto de la invención. Esta sincronización se requiere para efectuar las mediciones TOA/FOA y, por lo tanto, se efectúa nominalmente gracias a la calibración por un receptor G.N.S.S., lo que crea una dependencia de las mediciones TOA/FOA de cara a la localización G.N.S.S. y daña la integridad. Según una implementación de la invención, la sincronización de los relojes del canal de comunicación se pilota ventajosamente por el bloque de navegador y no directamente por el receptor G.N.S.S. Este enfoque permite integrar en la conducción de sincronización toda la información de integridad que ha podido eliminarse en otro lugar (transmitida por comunicación o evaluadas localmente), los elementos
15 aportados por los sensores inerciales, e implementar los suavizados los suavizados y circunvalaciones necesarios para los errores de medición (por ejemplo, implementando la resincronización solo para periodos con suficiente satélites G.N.S.S. de calidad son viables, y ajustando las estrategias globales de velocidad y de separación entre vehículos en caso de largo periodo de resincronización).

20 La figura 4 subraya un aspecto de la invención relacionado con la corrección o la ponderación proporcionada por el análisis de los residuos. Cada vehículo efectúa una corrección en el tiempo GPS. No solamente efectúa esta corrección, sino que cada vehículo declara la corrección prevista y la comunica al conjunto del resto de los vehículos. Por lo tanto, es posible detectar los canales defectuosos o los sesgos sistemáticos. Los vehículos pueden tener en cuenta los residuos.

25 La figura 4 subraya un aspecto de la invención relacionado con la corrección o la ponderación por función R.A.I.M. (Ranging or Receiver Autonomous Integrity Monitoring). De la misma manera que el posicionamiento relativo de los vehículos del convoy puede determinarse con más precisión por medio de los cálculos de residuos, se puede en juego ventajosamente una función comúnmente disponible en los receptores GPS. Existen diferentes tipos de receptores GPS o Galileo. Estos receptores pueden instrumentarse con una función de control de integridad. La técnica llamada RAIM (Ranging Autonomous Integrity Monitoring) permite a los receptores detectar de forma autónoma la aparición de un mal funcionamiento o de una degradación de rendimiento de un satélite defectuoso. Se conocen los receptores más simples para recibir una sola frecuencia procedente de los satélites GPS (señal L1 C/A) o Galileo (señal E5a o L1). Generalmente se equipan con una decena de canales de recepción para adquirir el conjunto de los satélites GPS o Galileo en visibilidad. Los receptores más complejos pueden recibir dos frecuencias
30 (bifrecuencia) procedentes de cada satélite de las dos constelaciones (receptores combinados GPS/Galileo). Dado que el uso combinado de las constelaciones independientes GPS y Galileo refuerza la fiabilidad del posicionamiento, tales receptores combinados que usan la técnica RAIM permiten localizaciones precisas.

Las determinaciones de las posiciones relativas de los vehículos en el convoy pueden mejorarse mediante el uso de esta función RAIM disponible en los receptores o, más generalmente, por la implementación de algoritmos de tipo
40 R.A.I.M. Este tipo de algoritmo permite verificar el estado de las señales recibidas de las constelaciones de satélites. Señala la posibilidad de un error de posición inaceptable cuando se detecta una incoherencia en el conjunto de mediciones de distancias transmitidas por los satélites. Esta función no está disponible cuando el número de satélites recibidos es insuficiente o su geometría desfavorable. Según la función R.A.I.M. un receptor puede, por lo tanto, determinar de forma autónoma la aparición de un mal funcionamiento o de degradación de rendimiento de un satélite, por ejemplo. El RAIM es una técnica o una función o un procedimiento usado por ciertos receptores para determinar si la información recibida por el satélite es errónea, mediante la observación de otros seis satélites. La información dudosa puede ser rechazada por el receptor y no se usan generalmente para el cálculo de una posición. El RAIM es una técnica de cálculo que puede implementarse en el calculador del receptor, por ejemplo, para detectar la aparición de una degradación de la precisión de la medición de la distancia procedente de un satélite
50 entre todos los satélites visibles. Se apoya en la disponibilidad de un excedente de medición procedente de los satélites debido a que las constelaciones GPS Galileo ofrecen de forma casi permanente un número de satélites en visibilidad superior a 4. El receptor puede establecer varias soluciones de posicionamiento según varias combinaciones de satélites que comprenden cuatro satélites o más. Debido a la comparación de los resultados proporcionados (en particular, en comparación de las señales entre los diferentes satélites y por análisis de la dispersión), los algoritmos RAIM pueden identificar la presencia de medición de distancia defectuosa procedente de un satélite. De este modo, es posible detectar errores procedentes de un satélite, así como los efectos atmosféricos u otras interferencias locales que aceptan a la recepción de las señales de un satélite. De manera simplificada, cinco satélites permiten detectar una anomalía y seis satélites permiten aislar un satélite defectuoso (con el fin de excluirlo del cálculo de posicionamiento).

60 De hecho, cada parámetro de entrada en el navegador puede supervisarse. De manera genérica, se determina el

desfase entre la medición (por ejemplo, la posición) realmente observada (es decir, tal como se determina por el conjunto del resto de los vehículos) y la medición simulada (es decir, determinada por el vehículo en función de sus propios sistemas a bordo, tales como odómetros, sistemas inerciales, etc.).

5 En un modo de realización, el R.A.I.M se comparte entre los vehículos. Los residuos se retransmiten a los otros vehículos. La información de residuos y de integridad de los otros camiones pueden usarse como ponderación de las mediciones GPS o Galileo, de la misma manera que el R.A.I.M. puede corregirlos.

10 La figura 4 subraya también otro aspecto de la invención relacionado con la redundancia de esta información, aportando una robustez ventajosa al sistema global de conducción del convoy. Según un aspecto de la invención, la redundancia de los navegadores a bordo de cada uno de los vehículos o, al menos, en una parte de entre ellos, permite mejorar la robustez del sistema global. Por ejemplo, si un vehículo encuentra problemas con su sistema de posicionamiento y/o su sistema de comunicación con los otros vehículos, los dichos otros vehículos tienen la copia del último estado del navegador del vehículo que falla y pueden, por consiguiente, tomar las mediciones apropiadas para la situación. Por ejemplo, por medio de una extrapolación de la trayectoria y de la velocidad del vehículo que falla, el vehículo principal del convoy puede, por ejemplo, acelerar, mientras que al final del convoy puede ralentizar para aumentar la distancia intermedia.

15 Son posibles otros ejemplos de reacción (detención en la banda de parada de emergencia, establecimiento de la comunicación por medio de otros canales de emergencia, transmisión sonora y/o luminosa, etc.). Los procedimientos y sistemas descritos se dirigen a corregir los tiempos de reloj. En un modo particular de realización, esta corrección puede lograrse por redundancia. Según este modo, cada camión recalcula constantemente el tiempo y las posiciones del resto de los vehículos. Si un vehículo falla, el resto de los vehículos verán que dicho vehículo no responde y una lógica predefinida puede implementarse (ralentizaciones, aceleraciones, etc.), posiblemente accionando otros medios (sensores visuales o de proximidad, radares, etc.). Una redundancia sistemática presenta la ventaja de la estandarización, es decir, las economías de escala. El mismo equipo se despliega en todos los vehículos.

20 En otro modo de realización, la redundancia es parcial. En otras palabras, ciertos vehículos en el convoy poseen copias idénticas (redundantes) de la imagen del sistema global, mientras que otros no la poseen, o solamente de manera parcial. Estos vehículos particulares pueden, por ejemplo, acompañar al convoy en virtud de otros medios (por ejemplo, únicamente medios de detección de radar o por detectores de proximidad). Pueden implementarse mecanismos de autenticación o de autorización de los vehículos "dentro" del convoy. Por ejemplo, la información de versión en los sistemas a bordo puede proporcionar información acerca de la compatibilidad (o la incompatibilidad) con los procedimientos o sistemas actualmente descritos.

25 Complementando, también se pueden realizar mediciones de canal de comunicación entre camiones no sucesivos. Típicamente, las señales transmitidas por el camión 1 pueden no solamente servir de soporte de medición al camión 2, sino que también a los camiones 3, 4, 5, etc., y, asimismo, las transmitidas por el camión 2 pueden servir a los camiones 1, 3, 4, 5, etc. Teniendo en cuenta los efectos de propagación, se espera que estas mediciones pierdan precisión con el alejamiento, pero pueden, sin embargo, constituir un complemento utilizable para evitar desviaciones por acumulación de error de un camión al otro, en particular, en las curvas o giros.

30 De manera inicial, el problema puede resolverse con el uso de un sistema GPS diferencial acoplado a un canal de comunicación. Sin embargo, esta solución puede, a pesar de todo, presentar defectos de integridad residuales (perturbación de la señal G.N.S.S. al nivel global (avería de satélite, por ejemplo) o al nivel ocal (trayectorias múltiples, por ejemplo). Para una aplicación tan crítica en términos de seguridad, por lo tanto, es ventajoso hibridar el procedimiento descrito con el empleo de otros sensores (o captadores, por oposición a actuadores).

35 Una clase de sensores posibles corresponde a la de los sensores inerciales. Un sensor inercial permite superar ciertas limitaciones del G.N.S.S. (paso bajo un puente, por ejemplo) pero presenta el defecto de una desviación a medio y largo plazo relativamente grande y, sobre todo, no previsible (típicamente, las desviaciones de los sensores inerciales de cada uno de los camiones del convoy podrán ser diferentes, lo que significa que en caso de localización diferencial basada en estos sensores, cada uno derivará de manera diferente, lo que puede conducir a alejamientos finales entre el primer y el último camión superiores, por ejemplo, a la longitud de la fila total). Este tipo de sensores no permite un seguimiento de las posiciones relativas de los vehículos entre ellos. Usados como complemento de los procedimientos y sistemas descritos, uno o varios sensores inerciales permiten mejorar la robustez y la precisión de los posicionamientos de los vehículos. En el caso donde las mediciones inerciales están disponibles, añaden una tercera fuente de información que contribuye a los análisis de coherencia y a la localización de los vehículos. Estas mediciones pueden ser particularmente útiles en el caso de indisponibilidades G.N.S.S. de larga duración (túneles, por ejemplo).

40 Otros tipos de sensores pueden usarse también en combinación, por ejemplo, sensores de tipo radar u óptico. La sensibilidad de estos sensores al clima (en particular, lluvia) los hace difíciles de usar como solución en todas las condiciones. También tienen un tiempo de reacción bastante largo (con relación al DGPS, por ejemplo) y un coste de equipo elevado. Finalmente, requieren un control relativo de la actitud, que es bastante difícil de implementar de manera concreta. Las técnicas a base de radar permiten, por lo tanto, mejoras complementarias, pero que

permanecen generalmente limitadas y se asocian actualmente a costes elevados.

La presente invención puede implementarse a partir de elementos de hardware y/o de software. Puede proporcionarse como un producto de programa informático sobre un soporte legible por ordenador. El soporte puede ser electrónico, magnético, óptico o electromagnético.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento implementado por ordenador para la gestión de un convoy que comprende, al menos, dos vehículos, comprendiendo cada uno de los al menos dos vehículos unos medios de posicionamiento por satélite y unos medios de comunicación de vehículo a vehículo, comprendiendo el procedimiento la determinación del posicionamiento relativo de dichos vehículos, comprendiendo dicha determinación la medición del tiempo de propagación de una señal entre vehículos mediante los medios de comunicación, sincronizándose los relojes asociados a los medios de comunicación por medio de los medios de posicionamiento por satélite en un tiempo de reloj de referencia, comprendiendo el procedimiento, además, la comunicación entre los vehículos de la incertidumbre asociada a los tiempos de reloj de referencia y la comunicación entre los vehículos de información relativa a las relaciones señal a ruido de las mediciones procedentes de los medios de posicionamiento por satélite.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende, además, la comunicación entre los vehículos de información relativa a la relación señal a ruido de la señal de comunicación entre los vehículos que forman el convoy.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 2, que comprende, además, la comunicación entre los vehículos de información relativa a los residuos de medición en las señales recibidas de los medios de posicionamiento por satélite.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, la determinación de una localización absoluta de uno o de varios vehículos que forman el convoy.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, corrigiéndose el posicionamiento relativo de los vehículos con datos recibidos por un sistema de aumento regional de los medios de posicionamiento por satélite.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, siendo los medios de posicionamiento por satélite medios de posicionamiento por satélite que funcionan en modo diferencial.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, la medición de frecuencia de recepción de la señal de los medios de comunicación, permitiendo la medición de frecuencia la detección de giros de uno o de varios vehículos.
8. Procedimiento según la reivindicación anterior, que comprende, además, la calibración de la frecuencia de transmisión de la señal de los medios de comunicación por los medios de posicionamiento por satélite.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, la medición de la potencia de la señal recibida por uno o varios de los medios de comunicación.
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, no comprendiendo uno o varios de los vehículos que forman el convoy dichos medios de comunicación y/o dichos medios de posicionamiento.
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, autorizándose un vehículo a unirse o a abandonar el convoy de vehículos.
12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, recibándose una información de localización absoluta de una fuente fija y autenticada.
13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la exclusión de un satélite averiado para la determinación del posicionamiento de un vehículo y/o para la estimación del tiempo de reloj de referencia.
14. Producto de programa informático que comprende instrucciones de código que permiten efectuar las etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
15. Sistema que comprende unos medios adaptados para implementar las etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.
16. Sistema según la reivindicación 15, usando los medios de comunicación una modulación UWB.

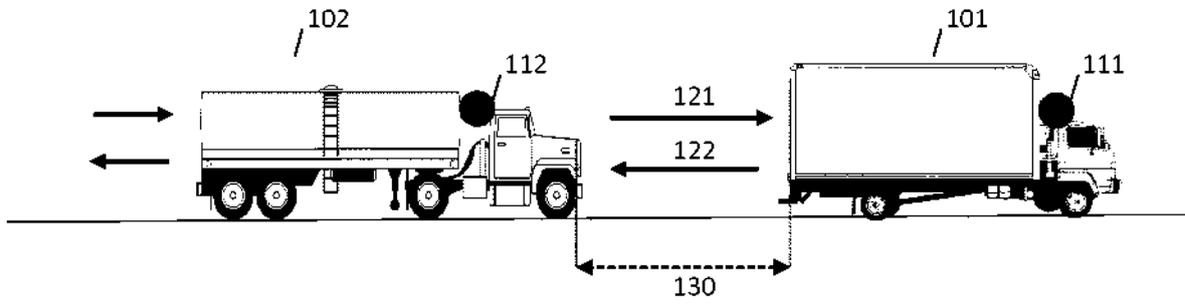


FIG.1

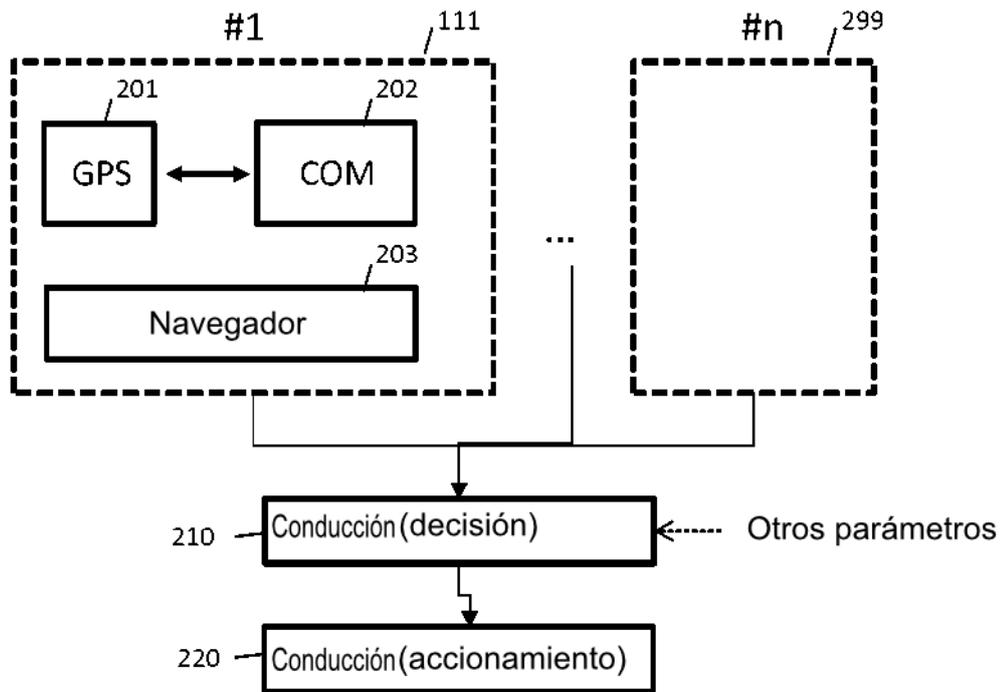


FIG.2

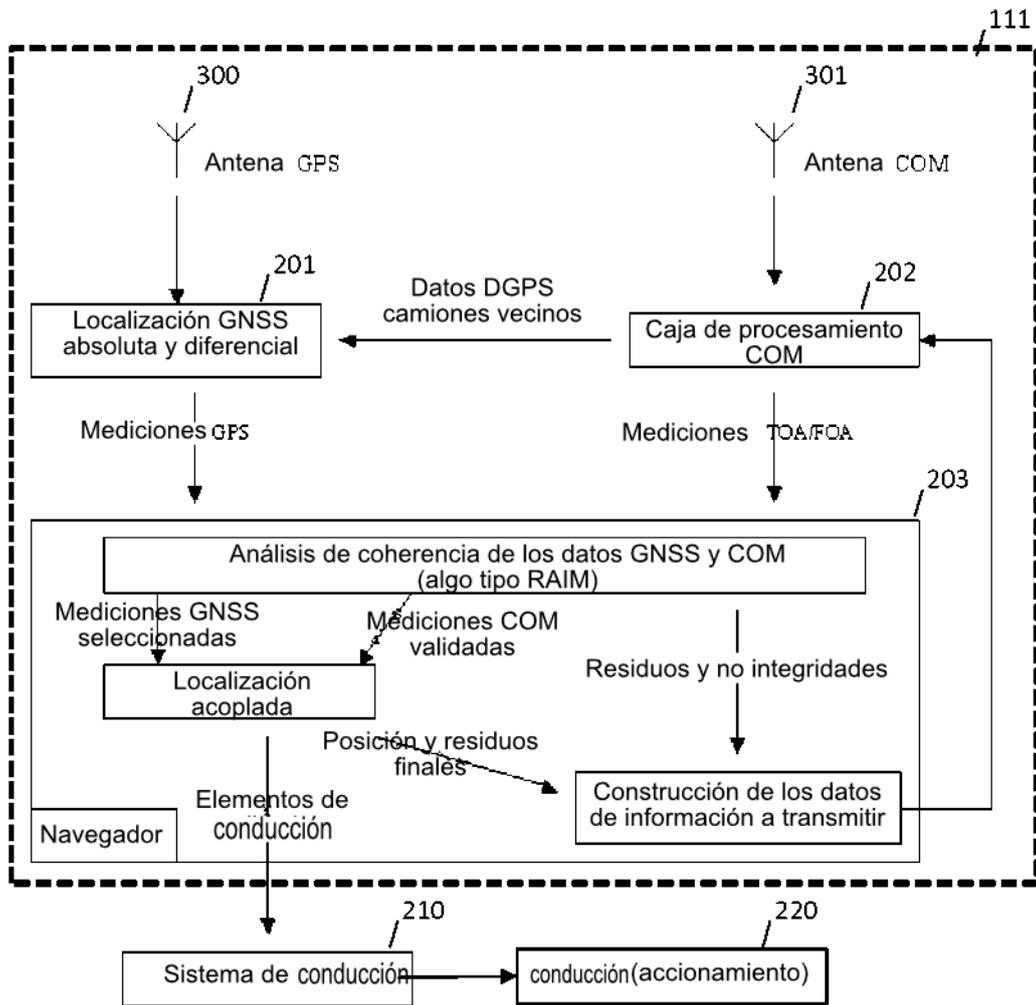


FIG.3

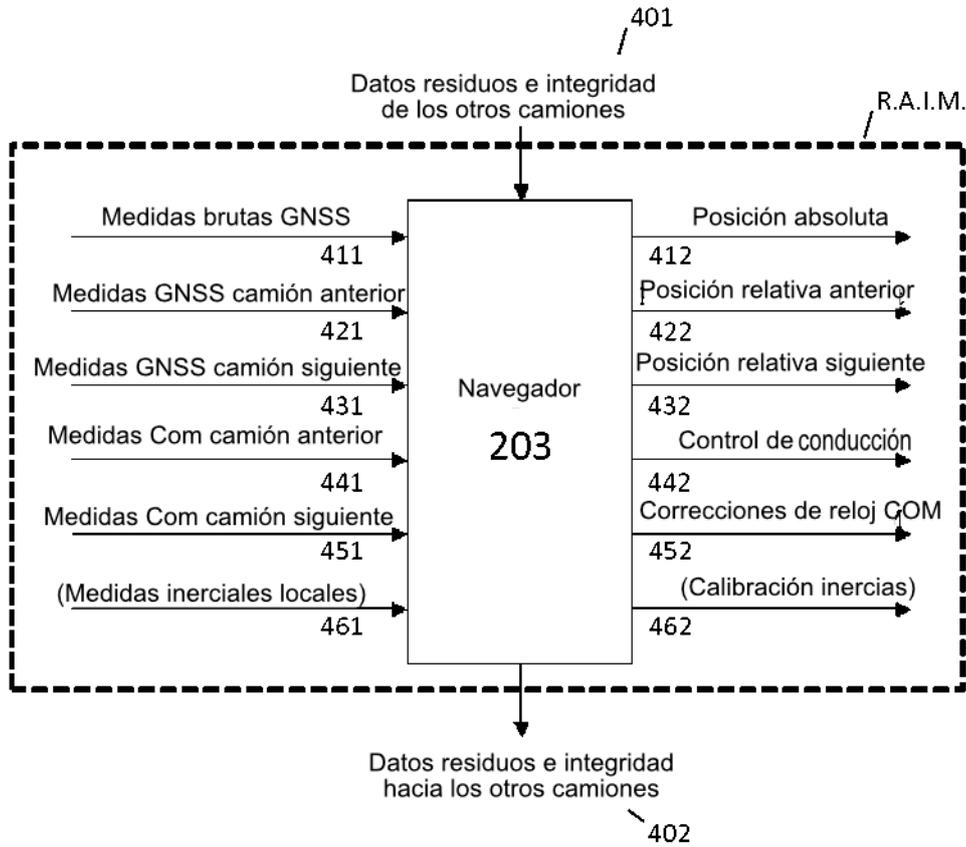


FIG.4