

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 302**

21 Número de solicitud: 201231042

51 Int. Cl.:
B60W 40/06 (2012.01)
G01H 17/00 (2006.01)
H04R 29/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación: **04.07.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **08.11.2012**

43 Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
08.11.2012

71 Solicitante/s:
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (50.0%)
Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid, ES y
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (50.0%)

72 Inventor/es:
LÓPEZ NAVARRO, Juan Manuel;
ALONSO FERNÁNDEZ, Jesús;
RUIZ GONZÁLEZ, Mariano;
DE ARCAS CASTRO, Guillermo;
PAVÓN GARCÍA, Ignacio y
ASENSIO RIVERA, César

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **Sistema embarcado en vehículos y método para la detección del estado del asfalto**

57 Resumen:

Sistema embarcado en vehículos y método para la detección del estado del asfalto. El sistema comprende:

- medios detectores de sonido (MR) configurados para registrar el ruido de rodadura generado por la interacción de una rueda (R) del vehículo con el asfalto (C),

y

- un sistema central de proceso (SP) configurado para recibir y analizar la señal procedente de los medios detectores de sonido (MR), y comprendiendo:

un módulo de extracción de características (EC) para extraer unas características espectrales (CE) de dicha señal determinadas durante un proceso previo de entrenamiento;

un módulo de vectores de soporte (DE) para almacenar unos vectores de soporte (VS) obtenidos tras un proceso previo de entrenamiento; y

un módulo clasificador (CL) para ejecutar un algoritmo de máquinas de vectores de soporte sobre las características espectrales (CE) extraídas y los vectores de soporte (VS), y obtener una estimación del estado del asfalto (EA).

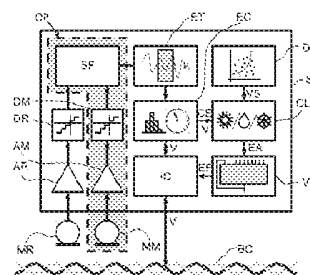


FIG. 1

ES 2 390 302 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema embarcado en vehículos y método para la detección del estado del asfalto.

SECTOR TÉCNICO

La presente invención se engloba en el campo de los sistemas de detección del estado del pavimento de carreteras.

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Existen diferentes documentos de patente que proponen distintos sistemas de detección del estado del asfalto para situaciones muy concretas, en la mayoría de los casos basadas en sistemas ópticos, láser, electromagnéticos, e incluso en análisis químico del material y los compuestos proyectados. Algunas de ellas se han basado en fenómenos acústicos, aunque con métodos de discriminación de estado distintos, lo cual les hace tener determinadas limitaciones:

10

- US5521594-A (Fukushima, 1996): Describe un método para evaluar mediante ultrasonidos la presencia de agua en el asfalto. Se basa en estudiar la amplitud de la señal y fijar un umbral, clasificando el estado del asfalto en seco o mojado. No es capaz de diferenciar situaciones diferentes como presencia de hielo, nieve, barro, aceites, saturación de la porosidad por suciedad, etc.

15

- US5852243-A (Shih-Tsiah Chang, 1997): Describe un método para evaluar las condiciones del asfalto a partir de la señal sonora utilizando una simple comparación de la energía de dos componentes frecuenciales. Tal y como se especifica en el documento, el resultado es muy dependiente de muchas variables, como el tipo de asfalto, su desgaste, etc., por lo que se prevé que su uso dé resultados poco precisos en la mayoría de los casos. Tampoco tiene en cuenta la velocidad de desplazamiento del vehículo, que produce variaciones importantes en la señal acústica.

20

- US6954146-B2 (Bhagavathula, 2005): Describe un método de evaluación del estado del pavimento a partir del sonido generado analizando la señal basándose en la norma de Frobenius (también conocida como norma Euclídea). Este método realiza una comparación de intensidades de bandas frecuenciales concretas con valores precalculados y almacenados en una tabla, y dado que considera un conjunto único de valores umbral para cada tipo de estado, se prevé que sea sensible a variaciones según el tipo de asfalto. Adicionalmente, para obtener una precisión aceptable, se requiere del cálculo de un número k elevado de filtros en toda la banda de audio considerada, de la obtención de la energía de cada una de las bandas, y de la multiplicación de una matriz de dimensiones $k \times k$, por lo que el coste computacional de este método es elevado.

25

- US8040248B2 (Fridthjof, 2011): Describe un dispositivo para la detección de los datos de las condiciones de la superficie de rodadura (agua, nieve y hielo). Se basa en métodos ópticos e infrarrojos. Se le añade un micrófono como idea de una configuración avanzada, aunque no entra a determinar los detalles de cómo se utilizará la señal acústica, ni qué tipo de análisis se realizará la clasificación.

30

- US7248958B2 (Watanabe et al., 2007): Describe un dispositivo para la detección del estado del asfalto a partir del sonido generado. Emplea una memoria que contiene grabaciones de audio para distintos tipos de estado de asfalto y se basa en la obtención de características en el procesado de la señal acústica mediante el uso de wavelets. Realiza una transformación wavelet para las grabaciones almacenadas en memoria, y después genera al menos una característica realizando una correlación entre la señal obtenida del ruido de rodadura mientras se desplaza el vehículo. La característica generada es corregida a partir de la velocidad del vehículo obtenida a partir de la velocidad de rotación de la rueda. Las características obtenidas serán comparadas con valores obtenidos para distintos estados de asfalto y distintas velocidades, obteniendo así el estado del asfalto. Sin embargo, este particular procedimiento presenta las desventajas de exigir elevados requisitos computacionales y de memoria.

35

40

45

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en un sistema embarcado en vehículos y un método para la detección en tiempo real del estado climático del asfalto durante la conducción, basado en el análisis del ruido de rodadura y la utilización de un clasificador fundamentado en máquinas de vectores de soporte. El sistema comprende el dispositivo hardware y los algoritmos software de tratamiento de señal. El dispositivo se instala en el vehículo a motor y opera durante la conducción.

50

El sistema embarcado en vehículos para la detección del estado del asfalto comprende:

- medios detectores de sonido configurados para registrar el ruido de rodadura generado por la interacción de una rueda del vehículo con el asfalto, y

- un sistema central de proceso configurado para recibir y analizar la señal procedente de los medios detectores de sonido, comprendiendo a su vez:

- un módulo de extracción de características configurado para extraer unas características espectrales de dicha señal determinadas durante un proceso previo de entrenamiento;

5 • un módulo de vectores de soporte encargado de almacenar unos vectores de soporte obtenidos tras un proceso previo de entrenamiento; y

- un módulo clasificador encargado de ejecutar un algoritmo de máquinas de vectores de soporte sobre las características espectrales extraídas y los vectores de soporte para obtener una estimación del estado del asfalto.

10 En una realización preferente los medios detectores de sonido comprenden un micrófono ubicado en el eje de desplazamiento de una de las ruedas más alejadas del motor del vehículo, describiendo un ángulo de entre 15° y 60° con respecto a la horizontal del asfalto, desde el punto de contacto entre rueda y asfalto. El micrófono está preferiblemente adherido al chasis del vehículo.

15 El sistema puede comprender un micrófono auxiliar alojado en el compartimento del motor y encargado de registrar el ruido del motor. En ese caso el sistema central de proceso comprendería un módulo de separación de fuentes encargado de eliminar parcialmente, mediante el uso de algoritmos de separación de fuentes, el ruido del motor de la señal con el ruido de rodadura.

20 El sistema central de proceso puede comprender un módulo de interfaz CAN configurado para obtener de la centralita del vehículo, a través de un bus de comunicaciones CAN, la velocidad de desplazamiento del vehículo, estando configurado el módulo clasificador para emplear dicha velocidad de desplazamiento del vehículo para obtener la estimación del estado del asfalto.

25 El sistema central de proceso comprende preferentemente un módulo de enventanado temporal configurado para dividir la señal digitalizada del ruido de rodadura en bloques de muestras de duración temporal superior a 10 ms. En este caso el módulo de extracción de características está preferiblemente encargado de, para cada bloque de muestras, calcular el nivel de presión sonora, extraer las componentes espectrales de interés y normalizarlas con respecto al nivel global.

El sistema central de proceso puede comprender un módulo de votación encargado de filtrar los resultados espurios del módulo clasificador, obteniendo la estimación final del estado del asfalto como el resultado más repetido en los últimos N resultados de estado del asfalto consecutivos del módulo clasificador.

30 El módulo de extracción de características puede estar configurado para calcular las características espectrales de interés, determinadas durante el proceso de entrenamiento.

Otro aspecto de la presente invención es un método para la detección del estado del asfalto, que comprende:

- registrar el ruido de rodadura generado por la interacción de una rueda de un vehículo con el asfalto,

35 - extraer de la señal de ruido de rodadura unas características espectrales determinadas durante un proceso previo de entrenamiento;

- almacenar unos vectores de soporte obtenidos tras un proceso previo de entrenamiento; y

- ejecutar un algoritmo de máquinas de vectores de soporte sobre las características espectrales extraídas y los vectores de soporte para obtener una estimación del estado del asfalto.

40 El registro del ruido de rodadura se efectúa preferiblemente mediante un micrófono ubicado en el eje de desplazamiento de una de las ruedas más alejadas del motor del vehículo, describiendo un ángulo de entre 15° y 60° con respecto a la horizontal del asfalto, desde el punto de contacto entre rueda y asfalto.

El método puede comprender registrar el ruido del motor y eliminar parcialmente, mediante el uso de algoritmos de separación de fuentes, el ruido del motor de la señal con el ruido de rodadura.

45 El método puede comprender obtener de la centralita del vehículo, a través de un bus de comunicaciones CAN, la velocidad de desplazamiento del vehículo, y emplear dicha velocidad de desplazamiento del vehículo para obtener la estimación del estado del asfalto.

El método puede comprender filtrar los resultados espurios obtenidos en la etapa de ejecución de un algoritmo de máquinas de vectores de soporte, obteniendo la estimación final del estado del asfalto como el resultado más repetido en los últimos N resultados de estado del asfalto consecutivos.

El algoritmo de detección de estado del asfalto permite clasificar su estado entre un mínimo de dos de los siguientes: seco/mojado/helado/nevado. La definición de cada uno de estos estados es la siguiente:

- Seco: Superficie de la carretera sin agua.
- 5 • Mojado: Superficie de la carretera cubierta de agua. El paso de los vehículos produce salpicaduras y las huellas de las ruedas permanecen unos instantes.
- Helado: Una capa de hielo cubre la superficie de la carretera.
- Nevado: Una capa de nieve (posiblemente compactada) cubre la superficie de la carretera.

10 La invención descrita se basa en los siguientes principios: durante su desplazamiento, un vehículo a motor genera una colección de señales acústicas conocidas como ruido. Los mecanismos que generan este ruido proceden principalmente de tres fuentes diferenciadas, y generan por tanto tres tipos de ruido: ruido aerodinámico, ruido del tren de potencia (motor, transmisión y escape) y ruido de rodadura. El ruido de rodadura se genera por la interacción de la rueda con el asfalto, y es muy dependiente del estado de este último, siendo distinto el ruido de rodadura generado al circular sobre un asfalto seco, mojado, helado o nevado. De este modo, se puede afirmar que al circular por un asfalto en distintas condiciones climáticas, la huella acústica generada es distinta. El sistema determina por tanto el estado del asfalto, mediante la discriminación de la huella acústica generada.

15 Para determinar esta huella acústica, en primer lugar se obtiene la señal de audio, mediante la grabación con un micrófono convencional, ubicado en una posición cercana al neumático del vehículo.

20 Opcionalmente, y sobre todo para los casos en los que la señal de ruido de rodadura esté contaminada por el ruido del motor, se podrá instalar un segundo micrófono en el motor del vehículo. Esto permitirá limpiar la señal de ruido de rodadura mediante una correlación de ambas señales, mejorando el funcionamiento del discriminador.

Para obtener las revoluciones por minuto del motor y la velocidad de desplazamiento del vehículo, el sistema dispondrá de un interfaz CAN (Controller Area Network), que le permitirá obtener estas variables directamente de la unidad de control electrónico (ECU) del motor del vehículo.

25 La señal del micrófono de la rueda debidamente acondicionada, la velocidad (a través del interfaz CAN) y opcionalmente la señal del micrófono del motor, son aplicadas a un sistema central de proceso que ejecuta diversos algoritmos de procesado sobre la señal. Tras una serie de procesos que obtienen las componentes espectrales de la señal, estas componentes se introducen en un bloque que contiene una máquina de vectores de soporte (Support Vector Machine o SVM). La máquina de vectores de soporte decidirá finalmente el estado del asfalto, de entre los disponibles, y tras un filtrado de los valores obtenidos se llegará al resultado final con la condición estimada del asfalto.

30 Una vez que el sistema central de proceso ha determinado el estado del asfalto, el resultado puede tener muy diversos usos. Puede utilizarse para informar al conductor mediante un indicador en la consola del vehículo, o mediante señales acústicas. De este modo el conductor puede adaptar su estilo de conducción a condiciones climatológicas adversas, reduciendo el riesgo de accidentes. También este dato puede ser utilizado por otras ECU, de modo que esta información sea aprovechada por los sistemas de tracción, frenado, etc.

35 Cada una de las características obtenidas a partir de la señal acústica se obtiene mediante un simple filtro de banda de 1/3 de octava, o en otra aproximación, mediante el uso del algoritmo de filtrado de Goertzel. Por lo general las características a extraer corresponden a frecuencias bajas, por lo que la frecuencia de muestreo para cada filtro puede ser pequeña y por tanto el coste computacional se reduce aún más. Las ventajas de la aproximación propuesta por la presente invención con respecto al estado del arte son dos:

- Menor uso de memoria: no se requiere una memoria que contenga formas de onda correspondientes a cada tipo de estado del asfalto.
- 45 • Menores requisitos de potencia de cálculo: la ejecución de un filtro requiere muchos menos recursos que el cálculo de una función wavelet y de una posterior operación de correlación con la señal de audio capturada.

50 La invención propuesta utiliza como clasificador una máquina de vectores de soporte, en la que se introducen como entradas tanto las características obtenidas como la velocidad de desplazamiento del vehículo. Esta máquina de vectores de soporte requiere también de una memoria que contenga los vectores de soporte del clasificador, pero estos vectores son únicos y no se necesita caracterizarlos para cada velocidad y estado del asfalto, por lo que se prevé que ocupen un tamaño reducido en memoria, menor que el requerido por otras soluciones del estado del arte.

Otras de las mejoras que presenta la presente invención con respecto al estado del arte son las siguientes:

- Tras el clasificador se utiliza un bloque de votación, que permite filtrar los resultados evitando que se produzcan decisiones erróneas debidas a eventos espurios de corta duración.
- Se presenta la posibilidad de grabar también la señal acústica producida por el motor, con el fin de poder limpiar la señal de ruido de rodadura, en caso de que esta se halle contaminada con ruido del motor.
- La utilización de una máquina de vectores de soporte permite caracterizar al sistema para distintas velocidades de un modo mucho más sencillo, ya que únicamente se requiere que se graben señales con distintas velocidades y éstas se introduzcan en el entrenador, no siendo necesario calcular características para cada velocidad. El mismo principio se aplica para la caracterización del sistema para distintos tipos de asfalto y de neumático, pero que pueden producir una variación sustancial en la señal acústica generada, y por tanto pueden provocar errores sustanciales en la estimación si no se tienen en cuenta.
- La plataforma hardware dispone de un interfaz CAN, que le permite obtener la velocidad de desplazamiento del vehículo y otros parámetros a partir de los datos medidos por la centralita del propio vehículo, sin necesidad de instalar un sensor adicional.
- El interfaz CAN permite también publicar el resultado obtenido por el clasificador en dicho bus, de manera que otras centralitas del vehículo puedan utilizar de manera provechosa los resultados.
- Se proporcionan directrices más precisas acerca de cómo colocar los micrófonos para evitar fenómenos de interferencia, y para aprovechar los efectos de amplificación.

20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La Figura 1 muestra una representación esquemática de los elementos del sistema.

25 La Figura 2 muestra los módulos del sistema central de proceso.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La **Figura 1** muestra una representación esquemática de los elementos involucrados en el sistema y su ubicación. Cuando el vehículo está en marcha, la rueda R se desplaza sobre el asfalto C, y genera el ruido de rodadura, que será recogido por un micrófono MR.

30 Con el fin de maximizar la relación señal/ruido para la medida del ruido de rodadura, se han de seguir idealmente las siguientes recomendaciones en la colocación del micrófono MR:

- Para aislar en la medida de lo posible al ruido de rodadura del ruido del motor, se coloca el micrófono cercano a una de las ruedas más alejadas del motor.
- Con el fin de aprovechar de manera óptima la amplificación sonora producida por el efecto bocina ("horn effect"), se recomienda colocar el micrófono con un ángulo α de entre 15° y 60° con respecto de la horizontal del asfalto, desde el punto en el que se unen rueda y asfalto.
- Para evitar colocar el micrófono MR en lugares en los que existan mínimos locales de ruido de rodadura, este se ha de ubicar en el eje de desplazamiento de la rueda, y a una distancia recomendada de unos 20 cm de la misma. Asimismo, la distancia a la horizontal del asfalto C, siempre que sea posible será de al menos 20 cm.
- También para evitar mínimos locales debidos a la reflexión del sonido en el chasis del vehículo, se recomienda colocar el micrófono MR pegado al chasis.
- El micrófono MR ha de estar debidamente protegido del viento y turbulencias, así como de las gotas de líquidos y otros objetos que puedan salir despedido contra el mismo. Para ello se puede utilizar un material esponjoso que rodee la cápsula del micrófono sin causar una atenuación acústica apreciable. También puede ubicarse dentro del parachoques, siempre que la atenuación producida por el mismo no sea elevada y no se observen en su interior fenómenos de resonancia o vibraciones que empeoren la medición.

50 Un micrófono auxiliar MM, el cual es opcional, se podrá ubicar en el compartimento del motor, captando el ruido generado por el mismo. Ambos micrófonos van conectados a un sistema central de proceso SP. Asimismo, la centralita del vehículo ECU se conecta también con el SP a través del bus CAN BC.

La **Figura 2** muestra los módulos de que se compone el sistema central de proceso SP, así como su interacción con los elementos externos a él. En dicha figura, los elementos incluidos en el bloque opcional OP son opcionales, y su uso dependerá de si se instala en el vehículo el micrófono auxiliar MM para medida de ruido del motor. En caso de que este micrófono sea instalado, su señal captada es aplicada a un módulo acondicionador de señal y amplificador AM. Este módulo también se encargará de suministrar al micrófono la tensión de polarización necesaria. La señal debidamente acondicionada es digitalizada por el convertidor analógico/digital DM, y suministrada al módulo de separación de fuentes SF. Análogamente, e independientemente de si se incluye o no el micrófono auxiliar MM, el micrófono MR capta el ruido de rodadura y su señal es suministrada al módulo acondicionador de señal y amplificador AR. El módulo AR tiene similares características que el módulo AM. La señal una vez acondicionada, se conecta al convertidor analógico/digital DR. Si se utiliza el micrófono auxiliar MM, la señal de salida de DR se inyecta también al módulo de separación de fuentes SF. Este módulo limpia la señal con el ruido de rodadura, reduciendo el ruido del motor que pueda tener, y aplica la señal al módulo de enventanado temporal ET. Si no se utiliza micrófono auxiliar MM, la salida de DR se conectará directamente con el módulo ET.

El módulo de enventanado temporal ET simplemente divide las muestras digitales de entrada en bloques de corta duración (125 ms de duración recomendada).

Cada uno de estos bloques de muestras es introducido en el módulo de extracción de características EC. Este módulo, para cada bloque de muestras, calcula el nivel de presión sonora, extrae las componentes espectrales CE necesarias del bloque de señal de entrada, y las normaliza con respecto al nivel global. Únicamente se extraen las componentes espectrales CE necesarias, determinadas durante el proceso de entrenamiento y eliminación de características.

Paralelamente, a través del bus CAN BC del vehículo, se obtiene la velocidad de desplazamiento lineal V, utilizando un módulo de interfaz IC con el bus CAN. El módulo de extracción de características EC, una vez que obtiene la velocidad V y ha realizado la extracción de características espectrales CE normalizadas, proporciona estos datos al módulo clasificador CL. El módulo clasificador CL, además de los datos de velocidad V y componentes espectrales CE, tiene como entrada los vectores de soporte VS almacenados en un módulo de vectores de soporte DE tras un entrenamiento de la máquina de vectores de soporte que realiza la tarea de clasificación.

Utilizando los vectores de soporte VS y los datos que proporciona el módulo de extracción de características EC, el módulo clasificador CL realiza una estimación del estado del asfalto (EA), proporcionando a su salida uno de los estados (seco/mojado/helado/nevado) para los que la máquina SVM fue entrenada.

En ocasiones, se pueden producir estimaciones de estado incorrectas, debidas a eventos generalmente de corta duración, que generan señales espurias en el micrófono. Eventos de este tipo son por ejemplo los que produce una chispa que es impulsada por la rueda, impactando contra el micrófono. Para evitar las falsas estimaciones que generan estos fenómenos, el clasificador CL entrega cada estimación EA realizada para un bloque de muestras a un módulo de votación VO, que filtra los resultados eliminando estas estimaciones falsas. Este módulo de votación VO reúne las últimas N estimaciones consecutivas, y a su salida selecciona como estimación final EF a la que se haya repetido en más ocasiones. En caso de empate, se declara como ganadora a la que lo fuese en la anterior votación. Un valor mínimo para N es 3, y se recomienda el valor 8. Con un tiempo para cada bloque de muestras de 125 ms y un valor N de 8, se obtiene una estimación cada 1 s.

Cada estimación final EF es publicada para su uso por el panel de indicadores del vehículo, o por otras centralitas del vehículo. Esta publicación se realiza en el bus CAN a través del módulo de interfaz IC. Alternativamente podría publicarse en otros interfaces de comunicaciones que se estimen convenientes.

El módulo de vectores de soporte DE contiene los datos resultado del proceso de entrenamiento. El proceso de entrenamiento se realiza en una única ocasión, y los datos resultantes se almacenan en el módulo DE en memoria no volátil, y son los mismos para todos los vehículos producidos. No es necesario modificarlos ni calcularlos expresamente para cada vehículo. Durante la fase de entrenamiento, se extraen todas las características frecuenciales posibles, y después la mayoría de estas características son descartadas en la elección de características de interés, utilizando un algoritmo RFE (Recursive Feature Elimination) o de normalización L0 (zero-norm) conocido. El algoritmo RFE busca seleccionar un subconjunto K de características que mantengan el mayor margen de separación entre clases. Para ello, durante el entrenamiento y de manera recursiva, ejecuta el algoritmo de clasificación, calculando el vector de pesos en cada iteración, y eliminando la característica que menos contribuye a decrementar este margen de separación. El algoritmo L0 selecciona un subconjunto K de características que minimicen la norma cero del vector de pesos. En ambos casos, las características seleccionadas por el algoritmo utilizado constituyen las características de interés, y dependerán, además del algoritmo utilizado, de las clases para las que se entrene el sistema (seco/mojado/helado/nevado/otros), del número K de características a elegir, y de otros factores más difíciles de controlar, como por ejemplo errores cometidos durante el entrenamiento. Para bandas frecuenciales de 1/3 de octava, un valor de K = 4 ha demostrado dar resultados muy buenos utilizando ambos algoritmos, si bien durante la fase de entrenamiento pueden usarse otros valores para intentar minimizar el error del clasificador.

REIVINDICACIONES

1. Sistema embarcado en vehículos para la detección del estado del asfalto, que comprende:
- medios detectores de sonido (MR) configurados para registrar el ruido de rodadura generado por la interacción de una rueda (R) del vehículo con el asfalto (C), y
 - un sistema central de proceso (SP) configurado para recibir y analizar la señal procedente de los medios detectores de sonido (MR);
- 5 **caracterizado por que** el sistema central de proceso (SP) comprende:
- un módulo de extracción de características (EC) configurado para extraer unas características espectrales (CE) de dicha señal determinadas durante un proceso previo de entrenamiento;
 - un módulo de vectores de soporte (DE) encargado de almacenar unos vectores de soporte (VS) obtenidos tras un proceso previo de entrenamiento; y
 - un módulo clasificador (CL) encargado de ejecutar un algoritmo de máquinas de vectores de soporte sobre las características espectrales (CE) extraídas y los vectores de soporte (VS) para obtener una estimación del estado del asfalto (EA).
- 10
- 2.- Sistema según la reivindicación 2, **caracterizado por que** los medios detectores de sonido (MR) comprenden un micrófono ubicado en el eje de desplazamiento de una de las ruedas (R) más alejadas del motor del vehículo, describiendo un ángulo (α) de entre 15° y 60° con respecto a la horizontal del asfalto (C), desde el punto de contacto entre rueda (R) y asfalto (C).
- 15
- 3.- Sistema según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el micrófono (MR) está adherido al chasis del vehículo.
- 20
- 4.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende un micrófono auxiliar (MM) alojado en el compartimento del motor y encargado de registrar el ruido del motor, **y por que** el sistema central de proceso (SP) comprende un módulo de separación de fuentes (SF) encargado de eliminar parcialmente, mediante el uso de algoritmos de separación de fuentes, el ruido del motor de la señal con el ruido de rodadura.
- 25
- 5.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema central de proceso (SP) comprende un módulo de interfaz CAN (IC) configurado para obtener de la centralita del vehículo (EC), a través de un bus de comunicaciones CAN (BC), la velocidad de desplazamiento del vehículo (V), estando configurado el módulo clasificador (CL) para emplear dicha velocidad de desplazamiento del vehículo (V) para obtener la estimación del estado del asfalto (EA).
- 30
- 6.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema central de proceso (SP) comprende un módulo de enventanado temporal (ET) configurado para dividir la señal digitalizada del ruido de rodadura en bloques de muestras de duración temporal superior a 10 ms.
- 35
- 7.- Sistema según la reivindicación 6, **caracterizado por que** el módulo de extracción de características (EC) está encargado de, para cada bloque de muestras, calcular el nivel de presión sonora, extraer las componentes espectrales (CE) de interés y normalizarlas con respecto al nivel global.
- 40
- 8.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema central de proceso (SP) comprende un módulo de votación (VO) encargado de filtrar los resultados espurios del módulo clasificador (CL), obteniendo la estimación final del estado del asfalto como el resultado más repetido en los últimos N resultados de estado del asfalto (EA) consecutivos del módulo clasificador (CL).
- 45
- 9.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el módulo de extracción de características (EC) está configurado para calcular las características espectrales de interés, determinadas durante el proceso de entrenamiento.
10. Método para la detección del estado del asfalto, que comprende:
- registrar el ruido de rodadura generado por la interacción de una rueda (R) de un vehículo con el asfalto (C),
 - extraer de la señal de ruido de rodadura unas características espectrales (CE) determinadas durante un proceso previo de entrenamiento;
 - almacenar unos vectores de soporte (VS) obtenidos tras un proceso previo de entrenamiento; y
 - ejecutar un algoritmo de máquinas de vectores de soporte sobre las características espectrales (CE) extraídas y los vectores de soporte (VS) para obtener una estimación del estado del asfalto (EA).

11. Método según la reivindicación 10, **caracterizado por que** el registro del ruido de rodadura se efectúa mediante un micrófono ubicado en el eje de desplazamiento de una de las ruedas (R) más alejadas del motor del vehículo, describiendo un ángulo (α) de entre 15° y 60° con respecto a la horizontal del asfalto (C), desde el punto de contacto entre rueda (R) y asfalto (C).
- 5 12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, **caracterizado por que** comprende registrar el ruido del motor y eliminar parcialmente, mediante el uso de algoritmos de separación de fuentes, el ruido del motor de la señal con el ruido de rodadura.
- 10 13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado por que** comprende obtener de la centralita del vehículo (EC), a través de un bus de comunicaciones CAN (BC), la velocidad de desplazamiento del vehículo (V), y emplear dicha velocidad de desplazamiento del vehículo (V) para obtener la estimación del estado del asfalto (EA).
- 15 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado por que** comprende filtrar los resultados espurios obtenidos en la etapa de ejecución de un algoritmo de máquinas de vectores de soporte, obteniendo la estimación final del estado del asfalto como el resultado más repetido en los últimos N resultados de estado del asfalto (EA) consecutivos.

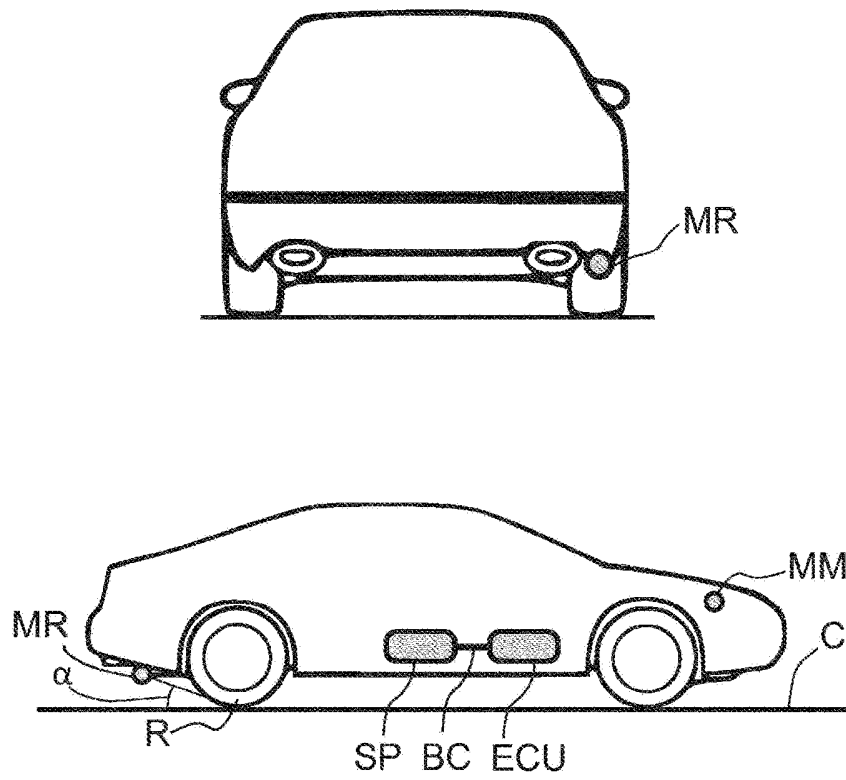


FIG. 1

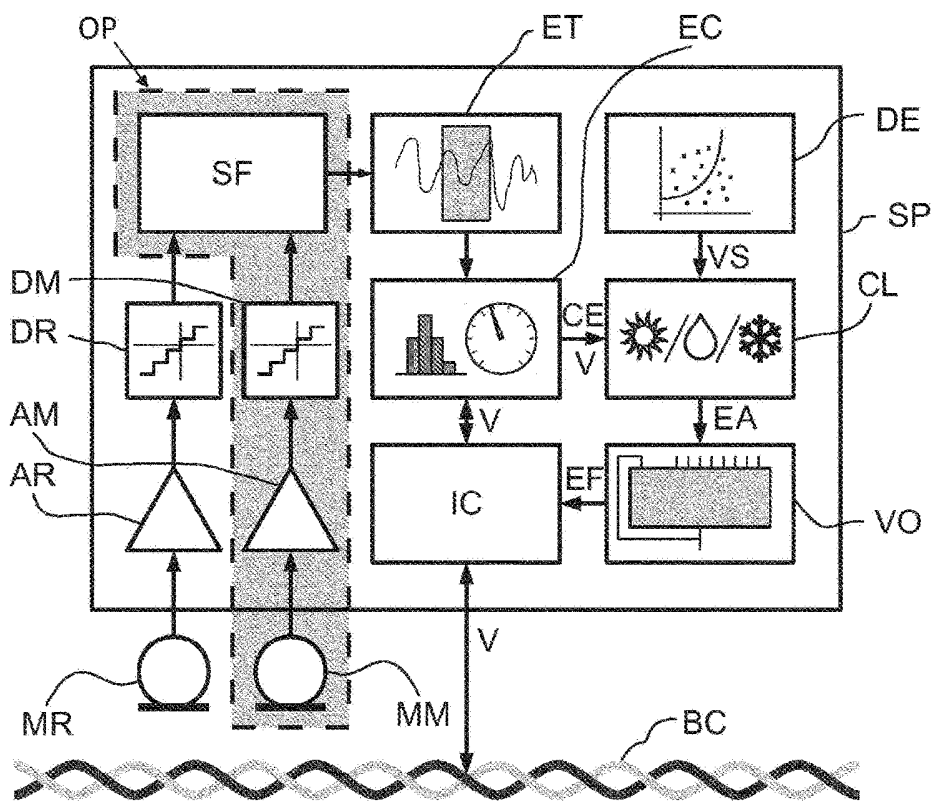
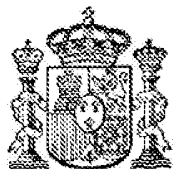


FIG. 2



21 N.º solicitud: 201231042

22 Fecha de presentación de la solicitud: 04.07.2012

32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

5 Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | 56 Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---|----------------------------|
| A | US 5852243 A (CHANG et al.) 22.12.1998, columna 1, línea 48 – columna 4, línea 6; figuras. | 1-14 |
| A | JP 2002256521 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 11.09.2002, resumen; figuras. Extraída de la base de datos EPODOC en EPOQUE. | 1-14 |
| A | US 2011109448 A1 (BROWNE et al.) 12.05.2011, párrafos [0012-0031]; figuras. | 1-14 |
| A | JP 8298613 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 12.11.1996, resumen; figuras. Extraída de la base de datos EPODOC en EPOQUE. | 1-9 |
| A | US 2011200199 A1 (WAKAO) 18.08.2011, párrafos [0034-0053]; figuras. | 10-14 |

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
24.10.2012

Examinador
P. Pérez Fernández

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

B60W40/06 (2012.01)

G01H17/00 (2006.01)

H04R29/00 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B60W, G01H, H04R

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC,WPI,PAJ

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 24.10.2012

Declaración

| | | |
|---|-----------------------|-----------|
| Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986) | Reivindicaciones 1-14 | SI |
| | Reivindicaciones | NO |
| Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986) | Reivindicaciones 1-14 | SI |
| | Reivindicaciones | NO |

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

| Documento | Número Publicación o Identificación | Fecha Publicación |
|-----------|-------------------------------------|-------------------|
| D01 | US 5852243 A (CHANG et al.) | 22.12.1998 |

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**Tiene Novedad/ Actividad Inventiva****Reivindicación nº 1**

El documento D01 se considera el Estado de la Técnica más próximo al objeto de la invención.

Dicho documento D01 hace referencia a "un método y un aparato para la detección del estado del pavimento de una carretera", y contiene:

-un sensor de ruido de la carretera (12) que puede ser montado en el vehículo (ver columna 1, líneas 48-52; columna 2, líneas 13-20; figura 1).

-un analizador de frecuencias (18) (ver columna 1, línea 52-54; figura 1).

-un procesador (20) que analiza la señal de frecuencia para determinar la situación del pavimento de la carretera (ver columna 1, líneas 54-57; figura 1).

La diferencia fundamental del documento D01 con la reivindicación nº1 reside en que en D01 se utiliza una simple comparación de la energía de dos componentes frecuenciales.

Así, la invención reivindicada en la reivindicación nº1 implica un efecto mejorado comparado con el Estado de la Técnica actual. Además no se considera obvio que un experto en la materia obtenga la invención a partir del documento D01 mencionado anteriormente. Por tanto, la reivindicación nº1 posee Novedad y Actividad Inventiva (Art 6.1 y Art 8 LP).

Reivindicaciones nº 2-9

Las reivindicaciones nº 2-9 dependen de una u otra forma de la reivindicación nº1. Por consiguiente, las reivindicaciones nº 2-9 poseen Novedad y Actividad Inventiva (Art 6.1 y Art 8 LP).

Reivindicación nº 10

El método que describe la reivindicación nº10 también difiere del expresado en el documento D01. En consecuencia, la reivindicación nº 10 posee Novedad y Actividad Inventiva (Art 6.1 y Art 8 LP).

Reivindicaciones nº 11-14

Las reivindicaciones nº 11-14 dependen de la reivindicación nº 10. Por lo tanto, las reivindicaciones nº11-14 también poseen Novedad y Actividad Inventiva (Art 6.1 y Art 8 LP).