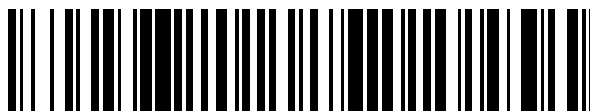


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 079**

51 Int. Cl.:

B60W 40/06 (2012.01)

B60C 19/00 (2006.01)

B60C 23/06 (2006.01)

B60R 16/02 (2006.01)

G01N 19/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2006 E 06766908 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.12.2014 EP 1897706**

54 Título: **Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera, neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera, dispositivo de estimación del estado de la superficie de una carretera y dispositivo de control de vehículo**

30 Prioridad:

17.06.2005 JP 2005178215

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

10.03.2015

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA BRIDGESTONE (100.0%)
10-1, KYOBASHI 1-CHOME
CHUO-KU, TOKYO 104-8340, JP**

72 Inventor/es:

**HANATSUKA, YASUSHI y
MORINAGA, HIROSHI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 531 079 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera, neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera, dispositivo de estimación del estado de la superficie de una carretera y dispositivo de control de vehículo

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un procedimiento para estimar el estado de la superficie de una carretera sobre la que está circulando un vehículo, un neumático usado en la estimación del estado de la superficie de una carretera, un aparato para estimar el estado de la superficie de una carretera en base a la información desde el neumático, y un aparato de control de vehículo provisto del aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera.

10 **Antecedentes de la técnica**

Para aumentar la estabilidad durante la circulación de un vehículo, se desea que el estado de una superficie de una carretera sobre la que está circulando un vehículo, o el coeficiente de fricción entre el neumático y la superficie de una carretera (coeficiente de fricción de la superficie de una carretera), sea estimado con precisión y el resultado estimado sea realimentado al control del vehículo. En particular, si el estado de la superficie de una carretera, o el valor del coeficiente de fricción de la superficie de una carretera, puede ser estimado antes de que el conductor inicie un control para evitar un peligro, por ejemplo, frenando o girando, ayudará a mejorar la precisión de la tecnología de control del vehículo, tales como el ABS (Anti-Braking System, sistema anti-bloqueo de frenos) y VSC (Vehicle Stability Control, control de estabilidad del vehículo), mejorando notablemente, de esta manera, la seguridad del vehículo.

Como un procedimiento convencional propuesto para estimar un coeficiente de fricción de la superficie de una carretera, hay una técnica para estimar un estado de la superficie de una carretera, especialmente un coeficiente de fricción máximo de la superficie de una carretera, a partir de una relación entre el cambio en la relación de deslizamiento cuando se acciona el acelerador o el freno y la aceleración de la carrocería del vehículo. Este procedimiento utiliza la correspondencia entre la medida del coeficiente μ de fricción de la superficie de una carretera y la aceleración A_b de la carrocería del vehículo. Es decir, el estado de la superficie de una carretera cuando un vehículo está circulando sobre la misma es estimado comparando una aceleración de la carrocería del vehículo con los valores A_b/S predeterminados para un vehículo que circula por una carretera con un μ bajo, una carretera con un μ medio y una carretera con un μ alto, dentro de un dominio estable de una curva característica "aceleración A_b de carrocería de vehículo - deslizamiento S de la rueda". Mediante este procedimiento, la medida del coeficiente μ de fricción de la superficie de una carretera puede ser estimada fácilmente a partir de la aceleración A_b de la carrocería del vehículo (véase la referencia 1, por ejemplo).

También hay un procedimiento propuesto que utiliza el hecho de que el nivel de vibración de un neumático de un vehículo en circulación cambia con el estado de la superficie de una carretera. Según el procedimiento, un sensor de vibración o similar está fijado a un neumático y el estado de la superficie de una carretera es estimado usando el neumático como un sensor. En este procedimiento, hay un sensor de vibración instalado en el lado interior de una banda de rodadura del neumático, y se detecta el nivel de vibración de la parte de banda de rodadura del neumático de un vehículo en circulación. A continuación, después de obtener una forma de onda de vibración del nivel de vibración, dispuesta en una serie de tiempo, se prepara una curva que representa una distribución del nivel de vibración mediante la correlación de las posiciones de detección de las vibraciones con el eje de tiempo de la forma de onda y con el eje vertical representando el valor de la potencia (OA, o amplitud de oscilación, valor de la potencia de la vibración). De esta manera, un estado de la superficie de una carretera, mientras un vehículo está circulando, es estimado comparando un valor OA de potencia de la vibración en un dominio de huella de contacto del neumático de esta distribución de niveles de vibración con una curva maestra preparada previamente de una distribución de niveles de vibración para la circulación de un vehículo sobre diversos tipos de superficies de carretera. Este procedimiento permite una estimación precisa de un estado de la superficie de una carretera, mientras el vehículo está en circulación (véase la referencia 2, por ejemplo).

El documento JP 2005 059800 describe un procedimiento conocido de estimación de la superficie de una carretera que usa la vibración de neumático detectada en dos direcciones ortogonales.

50 Referencia 1: Publicación de solicitud de patente Japonesa no examinada N° 7-112659

Referencia 2: WO 01/098123 A1

Divulgación de la invención

Problemas a resolver por la invención

5 En el procedimiento indicado anteriormente para estimar un coeficiente de fricción de la superficie de una carretera a partir de la aceleración de la carrocería de un vehículo, sin embargo, el coeficiente de fricción de la superficie de una carretera sólo puede ser estimado cuando el conductor realiza un control determinado, tal como una aceleración o una deceleración, y es imposible estimar un coeficiente de fricción de la superficie de una carretera durante un funcionamiento normal de un vehículo. Por lo tanto, el procedimiento no es adecuado para la estimación en tiempo real de un estado de la superficie de una carretera.

10 Además, en el procedimiento de detección del nivel de vibración de una banda de rodadura, cuando el μ de la superficie de una carretera disminuye, por ejemplo, el nivel de vibración de las frecuencias altas aumenta y, por el contrario, el nivel de vibración de las frecuencias bajas disminuye, de manera que sólo hay una pequeña ganancia para el cambio en el valor de potencia de OA de la vibración en relación al cambio en el estado de la superficie de una carretera. Como resultado, la precisión en la estimación de un estado de la superficie de una carretera no es siempre suficiente.

15 La presente invención se ha llevado a cabo en vista de estos problemas existentes, y un objeto de la misma es proporcionar no sólo un procedimiento y un aparato para estimar con precisión un estado de la superficie de una carretera mejorando la ganancia para el cambio en el nivel de vibración en relación al cambio en el estado de la superficie de la carretera, incluso cuando hay cambios de temperatura o de velocidad del vehículo, sino también un neumático para estimar el estado de la superficie de una carretera que puede ser usado en la estimación de un estado de la superficie de una carretera.

Medios para resolver los problemas

20 Los inventores de la presente invención han realizado investigaciones serias y han llegado a la conclusión de que en la estimación de un estado de la superficie de una carretera pueden usarse tres dominios de vibración del neumático, es decir, un dominio pre-inicio, un dominio de huella de contacto y un dominio post-final. Es decir, se usan los datos de vibración desde el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto (dominio pre-final), en los que la dependencia de la temperatura es pequeña, o los datos de vibración desde una banda de frecuencias con una menor dependencia de la temperatura, de entre los del dominio pre-final y los del dominio post-final. Además, un nivel de vibración de una banda de frecuencias específicas es extraído de los datos de vibración indicados anteriormente, y la superficie de una carretera es estimada en base a este nivel de vibración extraído. De esta manera, un estado de la superficie de una carretera puede ser estimado con precisión, incluso cuando hay cambios de temperatura o de velocidad del vehículo. La presente invención se basa en este hallazgo.

30 De esta manera, según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 1.

Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 2.

35 Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 1 o 2, en el que el dominio pre-final es cualquiera o la totalidad de entre un dominio pre-inicio, el dominio existente antes de una posición de borde de inicio, un dominio de huella de contacto, el dominio existente desde el punto en el que el neumático toca la superficie de una carretera hasta el punto en el que el neumático deja de tocar la misma, y un dominio que abarca el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto.

40 Según un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la posición del borde de final se estima a partir de una posición de pico de la vibración del neumático que aparece cerca de la zona contacto del neumático.

45 Según un quinto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 4, en el que la posición de pico de la vibración del neumático es la posición de pico de la vibración del neumático en la dirección circunferencial del neumático o la dirección de la anchura del neumático que ocurre en un borde de final.

50 Según un sexto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación de un coeficiente de fricción de la superficie de una carretera según la reivindicación 3, en el que se mide la velocidad de una rueda y se determina una longitud del dominio pre-final de la vibración del neumático o un intervalo de tiempo correspondiente al dominio pre-final a partir de los datos de la velocidad de rueda medida.

Según un séptimo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que se calculan los niveles

de vibración en al menos dos bandas de frecuencia a partir del espectro de frecuencias o la forma de onda en forma de serie de tiempo, y se estima un estado de la superficie de una carretera a partir de un valor calculado de nivel de vibración calculado usando la pluralidad de niveles de vibración calculados.

5 Según un octavo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que se extraen las señales de vibración de un neumático de un vehículo en circulación de al menos dos posiciones predeterminadas en el dominio pre-final o al menos dos intervalos de tiempo predeterminados antes del tiempo de borde de final, y se estima un estado de la superficie de una carretera usando un valor calculado de nivel de vibración calculado usando los valores de nivel de vibración de la pluralidad de señales o la pluralidad de niveles de vibración.

10 Según un noveno aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la frecuencia límite inferior en la banda de frecuencias predeterminada o la frecuencia límite inferior de al menos una de las dos bandas de frecuencia es de 2.000 Hz o superior.

15 Según un décimo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 1 o una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que, además de un nivel de vibración de una banda de frecuencias predeterminada obtenida a partir de un espectro de frecuencias del dominio pre-final, se calcula un nivel de vibración en una banda de frecuencias más baja que la gama de frecuencias predeterminada a partir de un espectro de frecuencias obtenido analizando las frecuencias de las señales del dominio post-final, y se estima un estado de la superficie de una carretera en base a un valor calculado de nivel de vibración calculado usando el nivel de vibración calculado en el nivel de dominio pre-final y el nivel de vibración en el dominio post-final.

20 Según un undécimo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en el que, además de un nivel de vibración de una banda de frecuencia predeterminada obtenido a partir de una forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración del neumático en el dominio pre-final obtenido a través de un filtro de pasa banda de la banda de frecuencia predeterminada, se calcula un nivel de vibración de una banda de frecuencias inferior a la banda de frecuencias predeterminada en el dominio post-final, la banda de frecuencias obtenida haciendo pasar las señales del dominio post-final través de un filtro pasa banda de la banda de frecuencias más baja que el intervalo de frecuencias predeterminado, y se estima un estado de la superficie de una carretera en base a un valor calculado de nivel de vibración calculado usando el nivel de vibración calculado en el dominio pre-final y el nivel de vibración en el dominio post-final.

25 Según un duodécimo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que la banda de frecuencia inferior es seleccionada a partir de una banda de frecuencias de 0,5 a 4 kHz, y la banda de frecuencias superior es seleccionada a partir de una banda de frecuencias de 2 a 10 kHz.

30 Según un decimotercer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que se mide una velocidad de la rueda y una o ambas de entre la banda de frecuencias inferior y la banda de frecuencias superior son variables según los datos de la velocidad de la rueda.

40 Según un decimocuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que una o ambas de entre la banda de frecuencias inferior y la banda de frecuencias superior son modificables según el tipo de neumático.

45 Según un decimoquinto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en el que la vibración de un neumático de un vehículo en circulación es detectada en al menos dos puntos en el neumático, se calculan respectivamente los valores calculados de nivel de vibración para los mismos, y se estima un estado de la superficie de una carretera usando un valor promedio de los valores calculados de nivel de vibración calculado.

50 Según un decimosexto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que se determina previamente una relación entre diversos estados de la superficie de una carretera y el nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración, y se estima un estado de la superficie de una carretera en base a la relación.

Según un decimoséptimo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del

estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que se decide que una superficie de una carretera es resbaladiza cuando el nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración excede un valor umbral predeterminado.

5 Según un decimoctavo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, en el que se calcula un nivel de vibración de una o una pluralidad de bandas de frecuencias específicas en un intervalo específico dentro del dominio pre-inicio de la vibración del neumático, y se toma una decisión en cuanto a si existe o no una materia intermedia entre la superficie de una carretera y el neumático en base a un valor calculado de nivel de vibración calculado a partir del nivel de vibración o la pluralidad de niveles de vibración.

10 Según un decimonoveno aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 18, en el que se decide que existe una materia intermedia entre la superficie de una carretera y el neumático cuando el nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración en la banda de frecuencias específica excede un valor umbral predeterminado.

15 Según un vigésimo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 18 o la reivindicación 19, en el que las frecuencias en la banda de frecuencias específica son frecuencias que aumentan o disminuyen en relación con la velocidad del vehículo.

20 Según un vigésimo primer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 20, en el que la banda de frecuencias específica es una banda de frecuencias que incluye una frecuencia de paso de dibujo de la vibración del neumático.

Según un vigésimo segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 20, en el que la banda de frecuencias específica es una banda de frecuencias cuya frecuencia límite inferior es mayor que una frecuencia de paso de dibujo de la vibración del neumático.

25 Según un vigésimo tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 17 o una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 22, en el que el valor umbral se cambia según los datos de velocidad de la rueda.

30 Según un vigésimo cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 17 o una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 22, en el que el valor umbral se cambia según el tipo de neumático.

Según un vigésimo quinto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24, en el que se estima un estado de la superficie de una carretera detectando una vibración en al menos dos puntos sobre la circunferencia del neumático.

35 Según un vigésimo sexto aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera que comprende: unos medios de detección de vibración de neumático dispuestos en el lado de la cámara de aire de un revestimiento interior en una zona de rodadura del neumático, en el que los medios de detección de vibración de neumático detectan la vibración de un neumático de un vehículo en circulación; y unos medios de extracción de señal para extraer señales del dominio pre-final de la vibración de neumático detectada por los medios de detección de vibración de neumático.

40 Según un vigésimo séptimo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 26, que comprende además: unos medios de análisis de frecuencia para analizar las frecuencias de las señales extraídas por los medios de extracción de señal; y unos medios de cálculo de nivel de vibración para calcular un nivel de vibración de una banda de frecuencias predeterminada a partir de un espectro de frecuencias obtenido por los medios de análisis de frecuencias.

45 Según un vigésimo octavo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 26, que comprende además: un filtro pasa banda para extraer señales de una banda de frecuencias predeterminada a partir de las señales extraídas por los medios de extracción de señal; y unos medios de cálculo de nivel de vibración para calcular un nivel de vibración de la banda de frecuencias predeterminada a partir de una forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración de neumático extraída.

50 Según un vigésimo noveno aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 27 o la reivindicación 28, que comprende además: unos

medios para calcular los niveles de vibración de al menos dos bandas de frecuencia del espectro de frecuencias o la forma de onda en forma de serie de tiempo; y unos medios para calcular un valor calculado de nivel de vibración usando la pluralidad de niveles de vibración calculados.

5 Según un trigésimo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 26, que comprende además: unos medios de extracción de señal para extraer señales de vibración de neumático en el dominio post-final, además de las señales de vibración de neumático en el dominio pre-final.

10 Según un trigésimo primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 30, que comprende además: medios de análisis de frecuencia para analizar las frecuencias de las señales del dominio pre-final y las señales del dominio post-final extraídas por los medios de extracción de señal; unos medios de cálculo de nivel de vibración para calcular un nivel de vibración de una banda de frecuencias, cuya frecuencia límite inferior es de 0,5 kHz o superior y cuya frecuencia límite superior es de 4 kHz o inferior, a partir de un espectro de frecuencias del dominio post-final obtenido por los medios de análisis de frecuencia, y un nivel de vibración de una banda de frecuencias, cuya frecuencia límite inferior es de 2 kHz o superior y cuya frecuencia límite superior es de 10 kHz o inferior, a partir de un espectro de frecuencias del dominio pre-final obtenido de esta manera; y unos medios para calcular un valor calculado de nivel de vibración usando el nivel de vibración calculado en el dominio post-final y el nivel de vibración en el dominio pre-final.

20 Según un trigésimo segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 30, que comprende además: un filtro pasa banda para extraer las señales respectivas de bandas de frecuencias predeterminadas mutuamente diferentes introduciendo las señales del dominio post-final y las señales del dominio pre-final extraídas por los medios de extracción de señal; unos medios de cálculo de nivel de vibración para calcular un nivel de vibración de una banda de frecuencias, cuya frecuencia límite inferior es de 0,5 kHz o superior y cuya frecuencia límite superior es de 4 kHz o inferior, a partir de la forma de onda en forma de serie de tiempo extraída del dominio post-final, y un nivel de vibración de una banda de frecuencias, cuya frecuencia límite inferior es de 2 kHz o superior y cuya frecuencia límite superior es de 10 kHz o inferior, a partir de la forma de onda en forma de serie de tiempo del dominio pre-final; y unos medios para calcular un valor calculado de nivel de vibración usando el nivel de vibración calculado en el dominio post-final y el nivel de vibración en el dominio pre-final.

30 Según un trigésimo tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 32, que comprende además: unos medios para transmitir de manera inalámbrica los datos de nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración al lado de la carrocería del vehículo.

35 Según un trigésimo cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 33, en el que los medios de detección de vibración de neumático son unos medios de detección de vibración de neumático para detectar la vibración del neumático en la dirección circunferencial.

40 Según trigésimo quinto aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 33, en el que los medios de detección de vibración de neumático son unos medios de detección de vibración de neumático para detectar la vibración en la dirección de la anchura del neumático.

Según trigésimo sexto aspecto de la presente invención, se proporciona un neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera según (una cualquiera de) las reivindicaciones 26 a 35, en el que los medios de detección de vibración de neumático están dispuestos en el centro de la anchura del neumático.

45 Según un trigésimo séptimo aspecto de la presente invención, se proporciona un neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera según (una cualquiera de) las reivindicaciones 26 a 35, en el que los medios de detección de vibración de neumático están dispuestos separados una distancia predeterminada en la dirección de la anchura desde el centro de la anchura del neumático.

50 Según un trigésimo octavo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 37, en el que los medios de detección de vibración de neumático son unos medios de detección de vibración de neumático capaces de detectar una vibración de neumático de hasta 20.000 Hz.

Según un trigésimo noveno aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 38, en el que los medios de

detección de vibración de neumático están dispuestos en al menos dos puntos de la circunferencia del neumático.

5 Según un cuadragésimo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 40 que comprende: unos medios de recepción para recibir datos de un nivel de vibración o un valor calculado de nivel de vibración transmitidos de manera inalámbrica desde un neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 33 a 39; y unos medios de estimación del estado de la superficie de una carretera para estimar un estado de la superficie de una carretera en base a los datos recibidos de un nivel de vibración o un valor calculado de nivel de vibración.

10 Según un cuadragésimo primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 40, que comprende además: unos medios de almacenamiento para almacenar un mapa de una relación determinada previamente entre diversos estados de la superficie de una carretera y el nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración, en el que un estado de la superficie de una carretera es estimado usando los datos recibidos de nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración y el mapa.

15 Según un cuadragésimo segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 40, que comprende además: unos medios de almacenamiento provistos en el lado del neumático, en el que los medios de almacenamiento almacenan un mapa de una relación determinada previamente entre diversos estados de la superficie de la carretera y el nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración; y unos medios de lectura proporcionados en el lado de la carrocería del vehículo, en el que los medios de lectura leen información del mapa, en el que se estima un estado de la superficie de una carretera, en el lado de la carrocería del vehículo, en base a la información del mapa leída tal como se ha indicado anteriormente.

20 Según un cuadragésimo tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 40 a 42, que comprende además: unos medios de transmisión para transmitir de manera inalámbrica la información del estado estimado de la superficie de una carretera a otro vehículo.

25 Según un cuadragésimo cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 43, que comprende además: unos medios de recepción para recibir la información acerca de un estado de la superficie de una carretera, transmitida de manera inalámbrica; y unos medios para captar un estado de la superficie de una carretera obtenido a partir de la información acerca de un estado de la superficie de una carretera transmitida desde un vehículo que circula por delante.

30 Según un cuadragésimo quinto aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de control de vehículo según la reivindicación 45 que comprende: un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 43; unos medios de estimación de la distancia entre vehículos para estimar la distancia a un vehículo que circula por delante; unos medios de detección de velocidad de la rueda; y unos medios de control de estado de circulación para controlar el estado de circulación de un vehículo en base a la información de la superficie de una carretera a partir de los medios para captar un estado de la superficie de una carretera por delante, la información de distancia entre vehículos a partir de los medios de estimación de distancia entre vehículos, y la información de velocidad de la rueda a partir de los medios de detección de velocidad de la rueda.

Efecto de la invención

35 Según la presente invención, se detecta la vibración de un neumático de un vehículo en circulación, y se extraen las señales de la vibración del neumático en un dominio predeterminado antes de una posición de borde de final (dominio pre-final), tal como el dominio pre-inicio, el dominio de huella de contacto o el dominio que abarca el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto, o las señales desde una banda de frecuencias con una dependencia de la temperatura relativamente pequeña, de entre las señales del dominio pre-final y las señales del dominio post-final. A continuación, se calcula un nivel de vibración de una banda de frecuencias predeterminada a partir de un espectro de frecuencias obtenido analizando las frecuencias de las señales indicadas anteriormente, o a partir de una forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración del neumático obtenida haciendo pasar las señales a través de un filtro pasa banda de una banda de frecuencias predeterminada, y se estima un estado de la superficie de una carretera en base al nivel de vibración calculado. Por lo tanto, incluso cuando hay cambios en la temperatura o la velocidad del vehículo, un estado de la superficie de una carretera puede ser estimado con precisión.

50 Además, las señales de vibración del neumático de un vehículo en circulación desde al menos dos posiciones predeterminadas antes de la posición de borde de final o las señales desde al menos dos intervalos de tiempo

predeterminados antes del punto de borde de final (tiempo) pueden ser extraídas y la pluralidad de señales pueden ser usadas para estimar un estado de la superficie de una carretera. A continuación, puede estimarse un estado de la superficie de una carretera con una precisión incluso mayor.

5 Al hacerlo, la posición del borde de final puede ser estimada a partir de una posición de pico de la vibración del neumático en la dirección circunferencial que aparece cerca de la huella de contacto del neumático, es decir, a partir de una posición de pico de la vibración del neumático que se produce en el punto de borde de inicio o una posición de pico de la vibración del neumático en la dirección circunferencial que se produce en el punto de borde de final. A continuación, pueden extraerse, de manera fiable, las señales desde los dominios respectivos.

10 Además, pueden calcularse los niveles de vibración de al menos dos bandas de frecuencias a partir del espectro de frecuencias o la forma de onda en forma de serie de tiempo indicados anteriormente y, al mismo tiempo, puede obtenerse un valor calculado de nivel de frecuencia usando la pluralidad calculada de niveles de vibración. Y este valor calculado de nivel de frecuencia puede ser usado en la estimación de un estado de la superficie de una carretera. A continuación, puede estimarse un estado de la superficie de una carretera con una precisión todavía mayor.

15 Además, puede calcularse un nivel o niveles de vibración en una o una pluralidad de bandas de frecuencias predeterminadas en el dominio pre-inicio de la vibración del neumático, que es una banda de frecuencias que incluye una frecuencia de paso de dibujo o una banda de frecuencias cuya frecuencia límite inferior es mayor que la frecuencia de paso de dibujo y que aumenta o disminuye con la velocidad del vehículo, y puede tomarse una decisión acerca de la presencia o ausencia de una materia intermedia entre la superficie de una carretera y el
20 neumático, en base a un valor calculado de nivel de vibración calculado a partir del nivel o niveles de vibración indicados anteriormente. A continuación, es posible estimar, de manera fácil y fiable, si existe o no una materia intermedia, tal como agua o nieve, sobre la superficie de una carretera.

25 También, además del nivel de vibración indicado anteriormente en el dominio pre-final, puede calcularse un nivel de vibración de una banda de frecuencias seleccionada a partir de un intervalo de 0,5 a 4 kHz en el dominio post-final a partir de un espectro de frecuencias obtenido detectando una forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración del neumático en el dominio post-final y analizando sus frecuencias. Y puede calcularse un valor de nivel de vibración usando este nivel de vibración calculado y el nivel de vibración de una banda de frecuencias seleccionada a partir de un intervalo de 2 a 10 kHz de la vibración del neumático indicada anteriormente en el dominio pre-final, que se calcula a partir de un espectro de frecuencias obtenido detectando una forma de onda en
30 forma de serie de tiempo del mismo y analizando sus frecuencias. A continuación, puede estimarse con precisión un estado de la superficie de una carretera en base al valor calculado de nivel de vibración, calculado de esta manera.

35 Además, puede calcularse un nivel de vibración en el dominio pre-final y un nivel de vibración en el dominio post-final, respectivamente, a partir de sus respectivas formas de onda en forma de series de tiempo obtenidas haciendo pasar la forma de onda de vibración de neumático en forma de serie de tiempo a través de un filtro pasa banda de una banda de frecuencias predeterminada, y puede obtenerse un valor calculado de nivel de vibración. Esto también puede producir un efecto similar.

40 Además, puede ser dispuesto de manera que una superficie de una carretera se decide que es resbaladiza cuando un nivel de vibración o un valor calculado de nivel de vibración excede un valor umbral predeterminado. Dicha disposición puede permitir una fácil adquisición de información que puede ser usada para mejorar la seguridad de circulación de un vehículo.

Además, el estado de circulación de un vehículo puede ser controlado usando información sobre un estado de la superficie de una carretera estimado tal como se ha descrito anteriormente. Dicha disposición puede mejorar notablemente la seguridad de circulación de un vehículo.

45 **Breve descripción de los dibujos**

[Fig. 1] La Fig. 1 es un diagrama de bloques de función que muestra una estructura de un sistema de estimación del estado de la superficie de una carretera según la realización 1 de la presente invención.

[Fig. 2] La Fig. 2 muestra un ejemplo de la posición de montaje de un sensor de aceleración.

50 [Fig. 3] La Fig. 3 es una ilustración que muestra el dominio pre-inicio, el dominio de huella de contacto y el dominio post-final de una forma de onda de vibración de neumático.

[Fig. 4] La Fig. 4 es un gráfico que muestra una comparación de la dependencia de la temperatura del nivel de vibración en una banda de 4 a 5 kHz entre el dominio pre-inicio, el dominio de huella de contacto y el dominio post-final.

[Fig. 5] La Fig. 5 muestra una forma de onda de vibración cuando un vehículo equipado con un neumático de estimación de estado de la superficie de una carretera circula a una velocidad constante sobre una carretera de asfalto seco y una carretera cubierta de hielo, respectivamente.

5 [Fig. 6] La Fig. 6 es un diagrama de bloques de función que muestra una estructura de un sistema de estimación del estado de la superficie de una carretera según la realización 2.

[Fig. 7] La Fig. 7 es un diagrama que muestra los cambios de la relación de nivel de vibración con el tiempo cuando un vehículo equipado con un neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera pasa a una velocidad constante desde una carretera de asfalto seco a una carretera cubierta de hielo.

10 [Fig. 8] La Fig. 8 es un diagrama que muestra una forma de onda de la vibración en la dirección circunferencial del neumático cuando un vehículo equipado con un neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera circula sobre una carretera recta mojada.

15 [Fig. 9] La Fig. 9 es un gráfico que muestra una comparación entre un espectro de frecuencias de una forma de onda de vibración en la dirección circunferencial del neumático de un vehículo que circula sobre una carretera recta mojada y un espectro de frecuencias de una forma de onda de vibración en la dirección circunferencial del neumático de un vehículo que circula sobre una carretera de asfalto seco.

[Fig. 10] La Fig. 10 es un gráfico que muestra una relación entre la relación entre el nivel de vibración en una banda de frecuencias de paso y la velocidad y la velocidad del vehículo.

20 [Fig. 11] La Fig. 11 es un gráfico que muestra una comparación entre un espectro de frecuencias de una forma de onda de vibración en la dirección circunferencial del neumático de un vehículo que circula sobre una carretera recta mojada con poca profundidad de agua y un espectro de frecuencias de una forma de onda de vibración en la dirección circunferencial del neumático de un vehículo que circula sobre una carretera de asfalto seco (velocidad: 30 km/h).

25 [Fig. 12] La Fig. 12 es un gráfico que muestra una comparación entre un espectro de frecuencias de una forma de onda de vibración en la dirección circunferencial del neumático de un vehículo que circula sobre una carretera recta mojada con poca profundidad de agua y un espectro de frecuencias de una forma de onda de vibración en la dirección circunferencial del neumático de un vehículo que circula sobre una carretera de asfalto seco (velocidad de 90 km/h).

[Fig. 13] La Fig. 13 es un diagrama de bloques de función que muestra una estructura de un sistema de estimación del estado de la superficie de una carretera según la realización 4.

30 [Fig. 14] La Fig. 14 es una ilustración que muestra el dominio pre-inicio, el dominio de huella de contacto y el dominio post-final de una forma de onda de vibración de neumático.

[Fig. 15] La Fig. 15 es un gráfico que muestra formas de onda de FFT en el dominio pre-final.

[Fig. 16] La Fig. 16 es un gráfico que muestra formas de onda de FFT en el dominio post-final.

35 [Fig. 17] La Fig. 17 es un diagrama que muestra los cambios de valor calculado de nivel de vibración cuando un vehículo pasa a una velocidad constante desde una carretera de asfalto seco a una carretera cubierta de hielo.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

A continuación, se describirá el mejor modo de llevar a cabo la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

Realización 1

40 La Fig. 1 es un diagrama de bloques de función que muestra una estructura de un sistema de estimación del estado de la superficie de una carretera según la realización 1 de la presente invención. En la Fig. 1, el número de referencia 10 representa un neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera que está provisto de un sensor 11 de aceleración como unos medios de detección para detectar la vibración introducida al neumático y una unidad 12 de procesamiento de señal para calcular un nivel de vibración o un valor calculado de nivel de vibración de la vibración del neumático procesando la señal de salida del sensor 11 de aceleración y transmitiéndola al lado de la carrocería del vehículo. El número de referencia 20 representa unos medios de detección de velocidad de la rueda, equipados con un sensor 21 de rotación, para detectar la velocidad de rotación de la rueda. Y el número de referencia 30 representa un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera, provisto en el lado de la carrocería del vehículo, para estimar el estado de una superficie de una

carretera sobre la que circula el vehículo a partir del nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración transmitido desde el neumático 10 de estimación del estado de la superficie de una carretera.

En la presente realización, se usa un sensor capaz de detectar una aceleración de vibración de hasta 20.000 Hz como el sensor 11 de aceleración. Además, tal como se muestra en la Fig. 2, el sensor 11 de aceleración y la unidad 12 de procesamiento de señal están dispuestos casi en el centro de una parte 10b de revestimiento interior de una banda 10a de rodadura en el lado de la cámara de aire del neumático con el fin de detectar la vibración introducida al neumático. Además, en la presente realización, el sensor 11 de aceleración, que está dispuesto para la detección en la dirección circunferencial del neumático, detecta la vibración del neumático en la dirección circunferencial.

La unidad 12 de procesamiento de señal instalada en el neumático 10 de estimación de estado de la superficie de una carretera está provista, específicamente, de unos medios 13 de detección de forma de onda de vibración para obtener una forma de onda de vibración disponiendo los niveles de salida (niveles de vibración) del sensor 11 de aceleración en una serie de tiempo; unos medios 14 de cálculo de distribución de niveles de vibración para obtener una distribución de los niveles de vibración introducidos a una banda 10a de rodadura del neumático mediante la conversión de la forma de onda de vibración en formas de onda de vibración correspondientes a las posiciones predeterminadas sobre un neumático usando los impulsos de salida desde el sensor 21 de rotación; unos medios 15 de extracción de señal para identificar una posición precisa de borde de final del neumático 10 a partir de una posición de pico de la vibración del neumático que aparece en la proximidad de una huella de contacto del neumático, dividiendo al mismo tiempo los datos de la distribución de niveles de vibración en datos en tres regiones, concretamente, el dominio pre-inicio, el dominio de huella de contacto y el dominio post-final, tal como se muestra en la Fig. 3, y extrayendo los datos respectivos de los niveles de vibración en el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto (en adelante, en la presente memoria, estos dos dominios o el dominio que cubre estos dos dominios se denominará "dominio pre-final") de entre los dominios indicados anteriormente; un filtro 16 pasa banda para extraer una componente de vibración de una banda de baja frecuencia (por ejemplo, una banda de 1 a 2 kHz) y una componente de vibración de una banda de alta frecuencia (por ejemplo, una banda de 3 a 5 kHz) a partir de los respectivos datos extraídos de los niveles de vibración; unos medios 17 de cálculo de nivel de vibración para calcular un valor de potencia del nivel de vibración de baja frecuencia y un valor de potencia del nivel de vibración de alta frecuencia en el dominio pre-final después de haber pasado por el filtro 16 pasa banda; unos medios 18 de cálculo de relación de nivel de vibración para calcular una relación R de nivel de vibración, que es una relación entre el valor de potencia de nivel de vibración de alta frecuencia y el valor de potencia de nivel de vibración de baja frecuencia en el dominio pre-final calculado tal como se ha indicado como anteriormente; y unos medios 19 de transmisión. Y la unidad 12 de procesamiento de señal transmite los datos de un valor calculado de nivel de vibración (aquí, una relación R de nivel de vibración) obtenido procesando las señales de salida del sensor 11 de aceleración.

Además, el aparato 30 de estimación del estado de la superficie de una carretera, que está provisto de unos medios 31 de recepción para recibir datos de un valor calculado de nivel de vibración transmitidos desde el neumático 10, unos medios 32 de almacenamiento para almacenar un mapa 32M que muestra una relación obtenida previamente entre los estados de la superficie de una carretera y la relación R de nivel de vibración de la vibración del neumático, y medios 33 de estimación del estado de la superficie de una carretera sobre la que circula el vehículo en base a los datos recibidos de una relación R de nivel de vibración y el mapa 32M, estima el estado de la superficie de una carretera en base al valor calculado de nivel de vibración transmitido desde el neumático 10 de estimación del estado de la superficie de una carretera.

Cabe señalar que los niveles de vibración, tal como se ha indicado anteriormente, dependen de la temperatura. La Fig. 4 muestra una comparación de la dependencia de la temperatura de los respectivos niveles de vibración en una banda de 4 a 5 kHz en el dominio pre-inicio, el dominio de huella de contacto y el dominio post-final. Aquí, el eje vertical representa el valor normalizado del grado de dependencia de la temperatura del nivel de vibración, que es la relación del nivel de vibración a 0°C al nivel de vibración a 30°C, en la que el valor 10 representa el valor en el dominio post-final donde el grado de dependencia de la temperatura es más grande. Es evidente que el grado de dependencia de la temperatura del nivel de vibración difiere, de unos a otros, en el dominio pre-inicio, el dominio de huella de contacto y el dominio post-final y que la dependencia de la temperatura en el dominio final es mucho mayor que las del dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto. Por lo tanto, en esta realización, sólo se usan los niveles de vibración en el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto como los niveles de vibración para la estimación de un estado de la superficie de una carretera con el fin de mejorar la robustez del sistema frente a las perturbaciones de temperatura.

Obsérvese, sin embargo, que, debido a que el nivel de vibración de una banda de frecuencias relativamente bajas (de 0,5 kHz a 4 kHz), de entre los niveles de vibración en el dominio post-final, tiene un bajo grado de dependencia de la temperatura, puede usarse también un nivel de vibración de un banda de frecuencias relativamente bajas en el dominio post-final, además de los niveles de vibración en el dominio pre-final, como el nivel de vibración para la

estimación de un estado de la superficie de una carretera.

A continuación, se proporcionará una descripción de un procedimiento para estimar un estado de la superficie de una carretera según la realización 1.

5 En primer lugar, un sensor 11 de aceleración detecta la vibración en la dirección circunferencial de un neumático de un vehículo en circulación y envía la salida a unos medios 13 de detección de forma de onda de vibración, donde se obtiene una forma de onda de vibración en la dirección circunferencial del neumático, dispuesta en una serie de tiempo. A continuación, unos medios 14 de cálculo de distribución de niveles de vibración procesan la forma de onda de vibración y, de esta manera, establecen una correspondencia entre una posición del borde de inicio y una posición del borde de final con el eje de tiempo de la forma de onda de vibración dispuesta en una serie de tiempo.

10 En la presente realización, unos medios 15 de extracción de señal identifican una posición real del borde de final en el neumático 10 a partir de la forma de onda de vibración y, a continuación, una posición del borde de inicio en base a la posición del borde de final, identificada de esta manera y, al mismo tiempo, dividen los datos de distribución de niveles de vibración en datos en los tres dominios, concretamente, el dominio pre-inicio, el dominio superficie de contacto y el dominio post-final, tal como se muestra en la Fig. 3.

15 La Fig. 5A muestra una forma de onda de vibración dispuesta en una serie de tiempo, con la posición del borde de inicio y la posición del borde de final correspondientes a la misma, cuando un vehículo equipado con un aparato 10 de estimación del estado de la superficie de una carretera según la presente invención circula a una velocidad constante sobre una superficie de una carretera de asfalto seca ($\mu \approx 1$). La Fig. 5B muestra una forma de onda de vibración, con su posición de banda de rodadura de neumático correspondiente, cuando el vehículo circula sobre una superficie de una carretera cubierta de hielo ($\mu \approx 0,1$). Tal como se desprende de las formas de onda de vibración indicadas anteriormente, el pico de la vibración del neumático es visible en la posición del borde de final tanto en una carretera de asfalto seco como en una carretera cubierta de hielo, y la posición del pico puede ser identificada fácilmente independientemente del estado de la superficie de una carretera. Por lo tanto, la identificación de la posición de borde de final a partir de una forma de onda de vibración puede determinar los tres dominios indicados anteriormente con mayor precisión que cuando la posición del borde de inicio y la posición del borde de final se identifican a partir de los datos de los impulsos de salida de un sensor 21 de rotación.

20 Obsérvese que una posición real del borde de inicio de un neumático 10 puede ser identificada a partir de una forma de onda de vibración en lugar de a partir de la posición del borde de final indicado anteriormente, y la posición del borde de final puede ser identificada en base a la posición de borde de inicio identificada de esta manera. Sin embargo, en una superficie de carretera cubierta de nieve, una superficie de carretera mojada o similar, el pico de la vibración se produce en el dominio pre-inicio tal como se describirá más adelante y, por lo tanto, es preferible que, como en esta realización, la posición del borde de final sea identificado en primer lugar y, a continuación, se identifique la posición del borde de inicio a partir de la posición de borde de final.

25 Unos medios 15 de extracción de señal extraen los datos respectivos de los niveles de vibración en el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto de entre los dominios indicados anteriormente y, a continuación, pasan los datos extraídos de los niveles de vibración en los dominios respectivos a través de un filtro 16 pasa banda, extrayendo de esta manera una componente de vibración de una banda de baja frecuencia (por ejemplo, una banda de 1 a 2 kHz) y una componente de vibración de una banda de alta frecuencia (por ejemplo, una banda de 3 a 5 kHz), respectivamente, en el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto.

30 Unos medios 17 de cálculo del nivel de vibración calculan un valor de potencia del nivel de vibración de baja frecuencia y un valor de potencia del nivel de vibración de alta frecuencia en cada uno de los dominios indicados anteriormente, y unos medios 18 de cálculo de relación de nivel de vibración calculan las relaciones R de nivel de vibración respectivas, cada una de las cuales es una relación del valor de potencia del nivel de vibración de alta frecuencia al valor de potencia del nivel de vibración de baja frecuencia en cada uno de los dominios calculados tal como se ha indicado anteriormente. Y unos medios 19 de transmisión transmiten los datos de las relaciones R de nivel de vibración, calculados tal como se ha indicado anteriormente, a un aparato 30 de estimación del estado de la superficie de una carretera.

35 En el aparato 30 de estimación del estado de la superficie de una carretera, unos medios 31 de recepción reciben los datos de las relaciones de nivel de vibración, y unos medios 33 de estimación del estado de la superficie de una carretera estiman el estado de la superficie de una carretera sobre la que circula el vehículo, en base a las relaciones R de nivel de vibración y un mapa 32M almacenado en unos medios 32 de almacenamiento, que muestra una relación entre la relación R de nivel de vibración y los estados de la superficie de una carretera.

40 Generalmente, cuando el coeficiente μ de fricción de la superficie de una carretera es alto, el neumático en el dominio de huella de contacto desarrolla poca vibración, ya que se agarra a la superficie de la carretera. A medida

que el coeficiente μ de la superficie de la carretera disminuye, sin embargo, el agarre entre el neumático y la superficie de la carretera disminuye, de manera que la vibración del neumático debida al deslizamiento se produce tanto en el dominio pre-inicio como en el dominio de huella de contacto. Además, el componente de baja frecuencia de la vibración del neumático tal como se ha descrito anteriormente es causado por una deformación aplanada de un neumático sobre la superficie de una carretera o una colisión del neumático y la superficie de la carretera y depende de la rugosidad de la superficie de una carretera y la velocidad del vehículo. Y su componente de alta frecuencia es causada por los deslizamientos entre el neumático y la superficie de la carretera. Por consiguiente, la relación R de nivel de vibración varía con el estado de la superficie de una carretera, o el valor del coeficiente μ de fricción de la superficie de una carretera.

En la presente invención, tal como ya se ha indicado, la relación R de nivel de vibración se calcula usando una banda de baja frecuencia de 1 a 2 kHz y una banda de alta frecuencia de 3 a 5 kHz. La relación R de nivel de vibración es pequeña en una superficie de una carretera de asfalto seco ($\mu \approx 1$), que es una superficie R de μ alta, y es grande en una superficie de una carretera cubierta de hielo ($\mu \approx 0,1$), que es una superficie de carretera de μ baja. Por lo tanto, mediante la preparación de un mapa 32M que muestra una relación determinada previamente entre la relación R de nivel de vibración y los estados de la superficie de la carretera (por ejemplo, una carretera de μ alto, una carretera de μ medio, una carretera de μ bajo) cuando un vehículo circula sobre diversos tipos de superficie de carretera y su almacenamiento en unos medios 32 de almacenamiento, es posible estimar con precisión el estado de la superficie de una carretera sobre la que circula un vehículo, comparando el mapa 32M y la relación R de nivel de vibración calculada tal como se ha descrito anteriormente.

Cabe señalar que si se prepara un mapa que muestra una relación entre la relación R de nivel de vibración y el coeficiente μ de fricción de la superficie de una carretera, en lugar del mapa 32M, el coeficiente μ de fricción de la superficie de una carretera puede ser estimado también con precisión.

Además, en la presente realización, se usan los niveles de vibración en sólo el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto, donde resultan menos afectados por la influencia de la temperatura, como los niveles de vibración para la estimación de un estado de la superficie de una carretera. Y esto puede mejorar la robustez del sistema frente a las perturbaciones de la temperatura.

De esta manera, según la presente realización 1, un neumático 10 de estimación del estado de la superficie de una carretera, provisto de un sensor 11 de aceleración para detectar la vibración introducida al neumático y una unidad 12 de procesamiento de señal para procesar las señales de salida del sensor 11 de aceleración y transmitir el resultado al lado de la carrocería de vehículo, detecta la vibración del neumático de un vehículo en circulación en la dirección circunferencial e identifica una posición exacta del borde de final del neumático 10 a partir de la forma de onda de vibración. Al mismo tiempo, los datos de la forma de onda de vibración se dividen en datos para tres dominios, concretamente, el dominio pre-inicio, el dominio de huella de contacto y el dominio post-final, y se extraen los datos respectivos de los niveles de vibración en el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto de entre los dominios indicados anteriormente. A continuación, se extraen una componente de vibración de una banda de baja frecuencia y una componente de vibración de una banda de alta frecuencia en el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto, respectivamente, de los datos extraídos de los niveles de vibración en los dominios respectivos. Y se calcula las respectivas relaciones R de nivel de vibración, cada una de las cuales es una relación entre sus valores de potencia, y los resultados se transmiten a un aparato 30 de estimación del estado de la superficie de una carretera en el lado de la carrocería del vehículo. A continuación, en el lado de la carrocería del vehículo, se estima el estado de una superficie de una carretera sobre la que circula el vehículo, en base a los datos recibidos de las relaciones R de nivel de vibración y un mapa 32M almacenado en unos medios 32 de almacenamiento, que muestra una relación entre la relación R de nivel de vibración y los estados de la superficie de una carretera. De esta manera, incluso cuando hay cambios en la temperatura o la velocidad del vehículo, un estado de la superficie de una carretera puede ser estimado con precisión.

En la realización 1, tal como se ha descrito anteriormente, la vibración del neumático en la dirección circunferencial detectada en el centro de la anchura de una banda 21 de rodadura del neumático es detectada por un sensor 11 de aceleración. Sin embargo, la dirección de detección de vibración del sensor 11 de aceleración puede ser la dirección de la anchura de un neumático; es decir, la vibración en un borde de la banda de rodadura, que desarrolla una deformación opuesta a la deformación próxima al centro de la banda de rodadura, puede ser detectada, de manera que la vibración en la dirección de la anchura del neumático pueda ser detectada.

Además, el sensor 11 de aceleración indicado anteriormente puede estar dispuesto en el centro de la anchura del neumático. Sin embargo, si la deformación de neumático debida al deslizamiento sobre una carretera de μ bajo debe ser tomada en cuenta, su disposición a una distancia predeterminada desde el centro de la anchura del neumático en la dirección de la anchura es más ventajosa debido a que entonces la relación R de nivel de vibración es más grande.

Además, en una superficie de una carretera cubierta de hielo, en la que la variación de los datos de nivel de vibración es amplia, es preferible que una pluralidad de sensores 11 de aceleración estén dispuestos en la circunferencia del neumático y que un valor medio de los niveles de vibración o los valores calculados de nivel de vibración obtenidos por la pluralidad de los sensores sea usado para la estimación del estado de la superficie de una carretera. De esta manera, la precisión de la estimación del estado de la superficie de una carretera puede ser mejorada adicionalmente.

Además, en la realización indicada anteriormente, la banda de baja frecuencia seleccionada es de 1 a 2 kHz, y la banda de alta frecuencia seleccionada es de 3 a 5 kHz, pero la disposición no está limitada en este sentido. Esas bandas de frecuencia pueden ser establecidas según sea apropiado, según el tipo de neumático, la velocidad del vehículo, etc. En tal caso, también, es preferible que la banda de alta frecuencia sea una banda de frecuencias cuyo valor límite inferior es de 2.000 Hz o superior, de manera que pueden existir marcadas diferencias en la relación de nivel de vibración entre los estados de la superficie de una carretera.

Además, en la realización descrita anteriormente, se extraen una componente de la vibración de una banda de baja frecuencia y una componente de vibración de una banda de alta frecuencia mediante un filtro 16 pasa banda y, a continuación, se calculan un valor de potencia del nivel de vibración de baja frecuencia y un valor de potencia del nivel de vibración de alta frecuencia en cada uno de los dominios indicados anteriormente. Sin embargo, en lugar del filtro 16 pasa banda, pueden proporcionarse unos medios de análisis de frecuencia capaces de analizar las frecuencias de los datos de los niveles de vibración respectivos para obtener sus espectros de frecuencia, y puede calcularse un valor de potencia para el nivel de vibración de la banda de baja frecuencia y un valor de potencia para el nivel de vibración de la banda de alta frecuencia a partir de los espectros de frecuencia obtenidos de esta manera en los dominios respectivos.

Además, en la realización descrita anteriormente, un estado de la superficie de una carretera es estimado usando un mapa 32M que muestra una relación determinada previamente entre la relación R de nivel de vibración de vibración del neumático y los estados de la superficie de la carretera. Sin embargo, en lugar de usar el mapa 32M, puede establecerse un valor K umbral para la relación R de nivel de vibración, y puede tomarse una decisión de manera que la superficie de una carretera se considera como una superficie de carretera de μ alto cuando la relación R de nivel de vibración es igual o inferior al valor K umbral y se considera como una superficie de carretera de μ bajo cuando la relación R de nivel de vibración es superior al valor K umbral. O pueden establecerse valores K1 y K2 umbral, y puede tomarse una decisión de manera que la superficie de una carretera se considera como una superficie de carretera de μ alto cuando $R \leq K1$, como una superficie de carretera de μ medio cuando $K1 < R \leq K2$, o como una superficie de carretera de μ bajo cuando $K2 < R$.

Cabe señalar que el mapa 32 que muestra una relación entre la relación R de nivel de vibración de la vibración del neumático y el estado de la superficie de la carretera varía con el tipo de neumático. Por lo tanto, si hay muchos tipos de neumático implicados, los medios 32 de almacenamiento deben tener una gran capacidad. En tal caso, deben instalarse unos medios de almacenamiento para almacenar un mapa para un tipo de neumático aplicable en un neumático 10 de estimación del estado de la superficie de una carretera y, al mismo tiempo, pueden proporcionarse unos medios para leer la información en el mapa en el lado del neumático. En este caso, los medios 32 de almacenamiento sólo tienen que almacenar el mapa para el tipo de neumático aplicable que es leído tal como se ha indicado anteriormente. Como resultado, la capacidad de los medios 32 de almacenamiento no sólo puede ser pequeña, sino que también puede eliminarse la operación para recuperar el mapa. De esta manera, puede aumentarse la velocidad de cálculo.

Realización 2

En la realización 1 descrita hasta ahora, se estima un estado de la superficie de una carretera a partir de la relación R de nivel de vibración. En una carretera mojada, una carretera cubierta de nieve, etc., donde hay una materia intermedia, tal como agua o nieve, sobre la superficie de una carretera, sin embargo, el neumático toca una película de agua antes de tocar la superficie de la carretera, de manera que el nivel de vibración se eleva antes de la presunta posición de pico en la parte de borde de inicio. Debido a que la frecuencia principal de esta vibración cambia con el paso del dibujo de la banda de rodadura de un neumático aplicable, es posible usar el nivel de vibración de una banda que incluye la frecuencia de paso de dibujo como un indicador de si hay una materia intermedia, tal como se ha indicado anteriormente, sobre la superficie de una carretera.

Por lo tanto, un estado de la superficie de una carretera puede ser estimado calculando la frecuencia de paso de dibujo a partir de los datos del dibujo de la banda de rodadura de un neumático aplicable y los datos de velocidad de la rueda y usando el nivel de vibración de una banda que incluye la frecuencia de paso de dibujo como un indicador de si hay o no una materia intermedia sobre la superficie de una carretera.

La Fig. 6 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un sistema de estimación del estado de la superficie de una carretera según la realización 2 (mejor modo 2) de la presente invención. Un neumático 40 de

5 estimación de estado de la superficie de una carretera comprende un sensor 11 de aceleración, una unidad 12A de procesamiento de señal, y unos medios 19 de transmisión, de entre los cuales la unidad 12A de procesamiento de señal comprende además unos medios 41 de almacenamiento de pasos de dibujos para almacenar un paso del dibujo de un neumático aplicable y unos medios 42 de cálculo de frecuencia de paso de dibujo para calcular una frecuencia de paso de dibujo a la velocidad actual del vehículo a partir de los datos de paso del dibujo y los datos de velocidad de la rueda detectada por unos medios 20 de detección de velocidad de la rueda, como adiciones a los componentes idénticos de la unidad 12 de procesamiento de señal de la realización 1, unos medios 43 de análisis de frecuencia para analizar las frecuencias de los datos de nivel de vibración en el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto extraídos por los medios 15 de extracción de señal y obteniendo de esta manera su espectro de frecuencias, unos medios 44 de cálculo de nivel de frecuencia de paso para extraer un nivel de vibración de un intervalo de frecuencias predeterminado que incluye la frecuencia de paso de dibujo a partir del espectro de frecuencias obtenido y calcular un valor de potencia del nivel de vibración, y unos medios 45 de cálculo de índice de vibración para calcular un índice de vibración de paso, que es una relación entre el valor de la potencia calculado del nivel de vibración de la banda de frecuencias de paso y la velocidad de rueda detectada por los medios 20 de detección de velocidad de rueda, en el que los tres medios 43, 44 y 45 anteriores sustituyen al filtro 16 pasa banda, los medios 17 de cálculo del nivel de vibración y los medios 18 de cálculo de relación de nivel de vibración de la realización 1. Y el neumático 40 de estimación de estado de la superficie de una carretera transmite el valor calculado de índice de vibración de paso y los datos de velocidad del vehículo al lado de la carrocería del vehículo desde sus medios 19 de transmisión.

20 Por otro lado, un aparato 50 de estimación del estado de la superficie de una carretera, que comprende unos medios 31 de recepción, unos medios 52 de almacenamiento para almacenar un mapa 52M que muestra una relación determinada previamente entre el valor de índice de vibración de paso para diferentes velocidades del vehículo y las condiciones de la superficie de una carretera, y unos medios 53 de decisión de estado de la superficie de una carretera para decidir si hay o no una materia intermedia, tal como agua o nieve, sobre la superficie de una carretera sobre la que circula el vehículo a partir del valor de índice de vibración de paso recibido y la velocidad del vehículo usando el mapa 52M, decide si hay o no una materia intermedia, tal como agua o nieve, sobre la superficie de una carretera.

30 Obsérvese que la disposición puede ser también una en la que se proporcionan un filtro pasa banda para extraer un nivel de vibración de una banda que incluye la frecuencia calculada correspondiente al paso del dibujo y unos medios para calcular un valor de potencia para calcular el nivel de vibración de las señales que han pasado a través del filtro pasa banda en lugar de los medios 43 de análisis de frecuencia y los medios 44 de cálculo del nivel de frecuencia de paso.

Ejemplo 1

35 Un vehículo equipado con un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la presente invención se hizo pasar a una velocidad constante desde una superficie de carretera de asfalto seco ($\mu \approx 1$) a una superficie de carretera cubierta de hielo ($\mu \approx 0,1$), y se midió el cambio de la relación de nivel de vibración con el tiempo. Los resultados se muestran en la Fig. 7. El eje horizontal de la figura representa el tiempo, y el eje vertical representa el valor normalizado (relación R de nivel de vibración) del valor de potencia del nivel de vibración de una banda de alta frecuencia estandarizada por el valor de potencia del nivel de vibración de baja frecuencia en el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto o el dominio que abarca el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto. Es evidente que la relación R de nivel de vibración aumenta conforme el vehículo entra en la carretera cubierta de hielo. Esto es el resultado de la detección de un aumento en el deslizamiento debido a un menor μ en el dominio de huella de contacto y, de esta manera, se ha confirmado que el carácter deslizante de una superficie de una carretera puede ser decidido estableciendo un valor umbral apropiado.

45 Ejemplo 2

50 Un vehículo equipado con un neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera según la presente invención se hizo circular a 70 km/h sobre una carretera recta mojada (profundidad del agua: 10 mm), y la forma de onda medida de la vibración del neumático en la dirección circunferencial se muestra en la Fig. 8. Sobre una carretera mojada, el neumático contacta con una película de agua en lugar de la superficie de una carretera, de manera que se espera que el nivel de vibración aumente antes de la posición de pico prevista en la parte de borde de inicio, tal como se ve desde la longitud de la huella de contacto. En realidad, la forma de onda de vibración muestra también que el nivel de vibración aumenta antes del punto de borde de inicio.

55 La Fig. 9 muestra una comparación entre un espectro de frecuencias FFT de la forma de onda de vibración indicada anteriormente y un espectro de frecuencias FFT de una forma de onda de vibración en la dirección circunferencial del neumático medido con un vehículo que circula sobre una carretera de asfalto seco. A partir de la figura, es evidente que el nivel de vibración aumenta cerca de 1.013 Hz, que es la frecuencia de paso de dibujo del

5 neumático de la velocidad aplicable del vehículo usado en la medición. Debido a que esta frecuencia cambia con la velocidad del vehículo, el nivel de vibración de una banda de frecuencias que incluye la frecuencia de paso de dibujo del neumático anterior se midió cambiando la velocidad del vehículo. Los resultados se muestran en la Fig. 10, en la que el valor del índice de vibración representa la relación entre el nivel de vibración en la banda de frecuencias de paso y la velocidad. Es evidente que el valor del índice de vibración cuando el vehículo circula sobre una carretera mojada es siempre mayor que el valor de índice de vibración cuando el vehículo circula sobre una carretera de asfalto seco. Por consiguiente, se ha confirmado que con una línea de decisión apropiada establecida en relación con la velocidad del vehículo, es posible decidir si hay alguna materia, tal como agua o nieve, sobre la superficie de una carretera.

10 Realización 3

15 En la realización 2 descrita anteriormente, el nivel de vibración en una banda de frecuencias que incluye la frecuencia de paso de dibujo se usa como un indicador de si hay o no una materia intermedia, tal como agua o nieve, sobre la superficie de una carretera. Sin embargo, cuando la profundidad del agua es pequeña o similar, la diferencia en el nivel de vibración entre la superficie de una carretera mojada y la superficie de una carretera de asfalto seco se hace pequeña, y como resultado, es más probable que se produzcan errores de decisión. En tal caso, en lugar de la frecuencia de paso de dibujo indicada anteriormente, pueden usarse los niveles de vibración en una banda de frecuencias, cuya frecuencia límite inferior es mayor que la frecuencia de paso de dibujo indicada anteriormente y que incluye también frecuencias capaces de aumentar o disminuir con la velocidad del vehículo en la misma forma que con la frecuencia de paso de dibujo, como un indicador para decidir, de manera fiable, la presencia o ausencia de una materia intermedia sobre la superficie de una carretera.

20 La Fig. 11 representa espectros de frecuencia que muestran los resultados de un análisis FFT de la vibración del neumático en el dominio pre-inicio extraída de la vibración en la dirección circunferencial del neumático medida con un vehículo equipado con un neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera según la presente invención que se hizo circular a 30 km/h sobre una carretera recta mojada con una profundidad de agua de 2 mm y una carretera de asfalto seco, respectivamente. La Fig. 12 muestra los espectros de frecuencia cuando la velocidad del vehículo era de 90 km/h.

25 Cuando la velocidad del vehículo es de 30 km/h, la frecuencia de paso de dibujo con este neumático es un poco menor de 1 kHz pero, a diferencia del caso con una profundidad de agua pequeña, sólo hay pequeñas diferencias entre los niveles de vibración sobre la carretera de asfalto seco, indicados por una línea continua gruesa en la figura, y los de la carretera mojada, indicados por una línea continua fina. En contraste con esto, en la banda de frecuencias de 2 a 8 kHz, que es mayor que la frecuencia de paso de dibujo indicada anteriormente, los niveles de vibración sobre la superficie de carretera mojada aumentan, de manera que exceden los de la superficie de una carretera de asfalto seco.

30 Además, cuando la velocidad del vehículo es de 90 km/h, la frecuencia de paso de dibujo se desplaza hacia el lado de frecuencias más altas a aproximadamente 3 kHz. Sin embargo, en la banda de frecuencias que incluye estos 3 kHz, sólo hay pequeñas diferencias entre los niveles de vibración sobre la carretera de asfalto seco y los de la carretera mojada. En contraste con esto, en el intervalo de frecuencias más altas que la frecuencia de paso de dibujo, más específicamente, en la banda de frecuencias de 4 a 10 kHz, los niveles de vibración sobre la carretera mojada son claramente mayores que los de la carretera de asfalto seco.

35 Por lo tanto, cuando la velocidad del vehículo es de 30 km/h, puede ser posible decidir de manera fiable la presencia o ausencia de una materia intermedia tal como se ha descrito anteriormente, incluso cuando la profundidad del agua es pequeña, si se calcula el nivel de vibración de una frecuencia específica, tal como 4 kHz o 6 kHz, a ser seleccionada de entre un intervalo de frecuencias (de 2 a 8 kHz en el presente documento) mayor que la frecuencia de paso de dibujo, que aumenta y disminuye con la velocidad del vehículo, y se decide que hay una materia existente entre la superficie de una carretera y el neumático cuando el nivel de vibración calculado excede un valor umbral predeterminado.

40 Además, puede calcularse una pluralidad de niveles de vibración en una banda de frecuencias específica, tal como de 3 a 6 kHz, a partir de un intervalo de frecuencias mayor que la frecuencia de paso de dibujo, y puede decidirse que hay una materia intermedia presente entre la superficie de una carretera y el neumático cuando el valor calculado de nivel de vibración calculado a partir de la pluralidad de niveles de vibración excede un valor umbral predeterminado.

45 Además, cuando la velocidad del vehículo es de 90 km/h, puede calcularse un nivel de vibración de una frecuencia específica, tal como 5 kHz u 8 kHz, o una pluralidad de niveles de vibración en una banda de frecuencias específica, tal como de 5 a 8 kHz.

55 De esta manera, es preferible que la frecuencia específica o una pluralidad de bandas de frecuencias específicas

para decidir si hay o no alguna materia intermedia entre la superficie de una carretera y el neumático se cambien según la velocidad del vehículo y que, al mismo tiempo, el valor umbral para decidir si hay presente o no una materia intermedia se cambie según la velocidad del vehículo o del tipo de neumático.

Realización 4

- 5 En las realizaciones 1, 2 y 3 descritas anteriormente, la presencia o ausencia de una materia intermedia existente entre la superficie de una carretera y el neumático se estima usando los datos de vibración en el dominio pre-final a partir de la forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración del neumático. Sin embargo, tal como se ha indicado anteriormente, los niveles de vibración en una banda de frecuencias relativamente bajas, de entre los niveles de vibración en el dominio post-final, muestran un bajo grado de dependencia de la temperatura (cambian menos con la temperatura). Y, por lo tanto, los niveles de vibración en el dominio pre-final y los niveles de vibración en la banda de frecuencias relativamente bajas de entre los niveles de vibración en el dominio post-final pueden ser usados para estimar un estado de la superficie de una carretera. Esto no sólo puede conseguir una estimación precisa del estado de la superficie de una carretera, sino que puede mejorar también la robustez del sistema frente a las perturbaciones debidas a la temperatura.
- 10
- 15 La Fig. 13 es un diagrama de bloques de función que muestra una estructura de un sistema de estimación del estado de la superficie de una carretera según la realización 4, en la que se usan los mismos números de referencia para indicar las mismas partes que en la realización 1. En la Fig. 13, el número de referencia 60 representa un neumático de estimación del estado de la superficie de una carretera, que comprende un sensor 11 de aceleración como unos medios de detección para detectar la vibración de la vibración introducida en el neumático, una unidad 12B de procesamiento de señal para calcular los valores calculados de los niveles de vibración de la vibración del neumático mediante el procesamiento de las señales de salida del sensor 11 de aceleración, y unos medios 19 de transmisión para transmitir los datos de los valores calculados de los niveles de vibración al lado de la carrocería del vehículo; y 20 representa unos medios de detección de velocidad de la rueda, equipados con un sensor 21 de rotación, para detectar la velocidad de rotación de la rueda. Además, el número de referencia 70 representa un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera, que está provisto de unos medios 31 de recepción para recibir los datos de los valores calculados de nivel de vibración transmitidos desde los medios 19 de transmisión, unos medios 72 de almacenamiento para almacenar un mapa 72M que muestra una relación determinada previamente entre los estados de la superficie de una carretera y el valor calculado del nivel de vibración, y unos medios 73 de estimación del estado de la superficie de una carretera para estimar el estado de la superficie de una carretera sobre la que circula el vehículo, en base a los datos recibidos del valor calculado de nivel de vibración y el mapa 72M, y de esta manera estima un estado de la superficie de una carretera en base al valor calculado de nivel de vibración transmitido desde el neumático 60 de estimación del estado de la superficie de una carretera. Y este aparato 70 de estimación del estado de la superficie de una carretera está instalado en el lado de la carrocería del vehículo.
- 20
- 25
- 30
- 35 Para ser específicos, la unidad 12B de procesamiento de señal, está provista de unos medios 13 de detección de forma de onda de vibración para obtener una forma de onda de vibración, disponiendo en una serie de tiempo la vibración introducida a un neumático 60 de estimación de estado de la superficie de una carretera (en adelante, "neumático") de un vehículo en circulación, que es la salida del sensor 11 de aceleración, unos medios 14 de cálculo de distribución de los niveles de vibración para obtener una distribución de los niveles de vibración convirtiendo la forma de onda de vibración en formas de onda de vibración correspondientes a posiciones predeterminadas del neumático usando los impulsos de salida del sensor 21 de rotación, unos medios 65 de extracción de señal para identificar una posición precisa del borde de final del neumático 60 a partir de una posición de pico de la vibración del neumático que aparece en la proximidad de una huella de contacto del neumático y, al mismo tiempo, dividiendo los datos de la distribución de niveles de vibración en datos en dos dominios, concretamente, el dominio pre-final y el dominio post-final, y extrayendo los datos respectivos de los niveles de vibración en los dominios indicados anteriormente, unos medios 66 de análisis de frecuencia, tales como un analizador FFT, para realizar un análisis de frecuencia sobre las formas de onda de serie de tiempo extraídas de esta manera de los niveles de vibración respectivos, unos medios 67 de cálculo del nivel de vibración para calcular los niveles de vibración en una banda de frecuencias predeterminada de los espectros de frecuencia en los dominios respectivos obtenidos por los medios 66 de análisis de frecuencia, unos medios 68 de cálculo de valor calculado de nivel de vibración para calcular los valores calculados de los niveles de vibración usado los niveles de vibración calculados en los dominios respectivos, y unos medios 19 de transmisión para transmitir los datos de los valores calculados de los niveles de vibración al lado de la carrocería del vehículo.
- 40
- 45
- 50
- 55 Obsérvese que un sensor 11 de aceleración y las posiciones de colocación del sensor 11 de aceleración y la unidad 12B de procesamiento de señal, tal como se usa en esta realización, son los mismos que los de las realizaciones 1 y 2. Además, en esta realización, la dirección de detección del sensor 11 de aceleración está dispuesta también de manera que sea la dirección circunferencial del neumático, de manera que se detecta la vibración en la dirección circunferencial del neumático introducida desde la superficie de una carretera.

A continuación, se proporcionará una descripción de un procedimiento para estimar un estado de la superficie de una carretera según la realización 4.

5 En primer lugar, un sensor 11 de aceleración detecta la vibración en la dirección circunferencial de un neumático 60 de un vehículo en circulación y envía la salida a unos medios 13 de detección de forma de onda de vibración, en los que se obtiene una forma de onda de vibración en la dirección circunferencial del neumático dispuesta en una serie de tiempo, tal como se muestra en las Figs. 5A y 5B. A continuación, unos medios 14 de cálculo de distribución de niveles de vibración procesan la forma de onda de vibración y establecen, de esta manera, la correspondencia de una posición de borde de inicio y una posición de borde de final al eje de tiempos de la forma de onda de vibración dispuesta en una serie de tiempo. Hasta aquí, las etapas son las mismas que las de la realización 1.

10 En el presente ejemplo, tal como se muestra en la Fig. 14, los datos de la distribución de niveles de vibración, que es la forma de onda de vibración dispuesta en una serie de tiempo, se dividen en los del dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto o en los del dominio que cubre el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto (dominio pre-final) y el dominio post-final. Obsérvese que, en esta realización, también se identifica primero una posición de borde de final y, a continuación, se identifica una posición de borde de inicio a partir de la misma.

15 A continuación, unos medios 65 de extracción de señal extraen una forma de onda en forma de serie de tiempo en el dominio pre-final, según la división anterior, y una forma de onda en forma de serie de tiempo en el dominio post-final, respectivamente. A continuación, los datos de las formas de onda en forma de series de tiempo extraídos en los dominios respectivos se envían a unos medios 66 de análisis de frecuencia, en los que se obtienen un espectro de frecuencias en el dominio pre-final y un espectro de frecuencias en el dominio post-final mediante un análisis de frecuencia.

20 La Fig. 15 muestra una comparación de los espectros de frecuencia (formas de onda de FFT) en el dominio pre-final de la vibración del neumático en la dirección circunferencial, entre uno sobre una carretera de asfalto seco, tal como se muestra en la Fig. 5A, y uno sobre una carretera cubierta de hielo, tal como se muestra en la Fig. 5B. Puede observarse que en el dominio pre-final, los niveles de vibración sobre la carretera de asfalto seco son generalmente más bajos que los de la carretera cubierta de hielo, y la diferencia entre los mismos es mayor en la banda de frecuencias de 2 a 10 kHz, especialmente de 8 a 10 kHz.

25 La Fig. 16 muestra una comparación de los espectros de frecuencia (formas de onda de FFT) en el dominio post-final de la vibración del neumático en la dirección circunferencial, entre uno sobre una carretera de asfalto seco, tal como se muestra en la Fig. 5A, y uno sobre una carretera cubierta de hielo, tal como se muestra en la Fig. 5B. Puede observarse que en el dominio post-final, en contraste con el caso del dominio pre-final, los niveles de vibración sobre la carretera cubierta de hielo son generalmente más bajos que los de la carretera de asfalto seco, y la diferencia entre los mismos es mayor en la banda de frecuencia de 0,5 a 4 kHz, especialmente de 1 a 3 kHz.

30 A continuación, se calcula un nivel de vibración en la banda de frecuencias de 8 a 10 kHz (nivel de vibración pre-final) a partir del espectro de frecuencias en el dominio pre-final y, al mismo tiempo, se calcula un nivel de vibración en la banda de frecuencias de 1 a 3 kHz (nivel de vibración post-final) a partir del espectro de frecuencias en el dominio post-final. A continuación, se obtiene una relación del nivel de vibración pre-final al nivel de vibración post-final para usarlo como un valor S calculado de nivel de vibración. Tal como se ha indicado anteriormente, el nivel de vibración post-final sobre la carretera de asfalto seco es más alto que el nivel de vibración post-final sobre la carretera cubierta de hielo, y, por el contrario, el nivel de vibración pre-final sobre la carretera de asfalto seco es menor que el nivel de vibración pre-final sobre la carretera cubierta de hielo. Por lo tanto, un estado de la superficie de una carretera puede ser estimado con precisión si el valor S calculado de nivel de vibración indicado anteriormente es usado en la estimación.

35 En la presente realización, unos medios 67 de cálculo de nivel de vibración calculan un nivel de vibración pre-final y un nivel de vibración post-final tal como se ha indicado anteriormente, respectivamente, y envían los resultados a unos medios 68 de cálculo de valor calculado de nivel de vibración. Los medios 68 de cálculo de valor calculado de nivel de vibración obtienen una relación entre el nivel de vibración pre-final y el nivel de vibración post-final para usarla como un valor S calculado de nivel de vibración y transmiten el valor S calculado de nivel de vibración a través de los medios 19 de transmisión a un aparato 37 de estimación de estado de la superficie de una carretera provisto en el lado de la carrocería del vehículo.

40 En el aparato 70 de estimación del estado de la superficie de una carretera, unos medios 31 de recepción reciben los datos del valor calculado de nivel de vibración, y unos medios 73 de estimación del estado de la superficie de una carretera estiman el estado de la superficie de una carretera sobre la que circula el vehículo, en base al valor S calculado de nivel de vibración y un mapa 72M almacenado en unos medios 72 de almacenamiento, que muestra una relación entre los estados de la superficie de una carretera obtenidos previamente y los valores S calculados

de nivel de vibración de la vibración del neumático.

De esta manera, el estado de la superficie de una carretera sobre la que circula un vehículo puede ser estimado con precisión. Además, debido a que el nivel de vibración en la banda de frecuencias de 8 a 10 kHz en el dominio pre-final y el nivel de vibración en la banda de frecuencias de 1 a 3 kHz en el dominio post-final resultan menos afectados por la influencia de las temperaturas, se mejora también la robustez frente a las perturbaciones de temperatura.

Obsérvese también que si se prepara un mapa que muestra una relación entre el valor S calculado de nivel de vibración y el coeficiente μ de fricción de la superficie de una carretera, en lugar del mapa 72M, también puede estimarse con precisión el coeficiente μ de fricción de una superficie de una carretera.

De esta manera, según la presente realización 4, la vibración del neumático en la dirección circunferencial de un neumático 60 de un vehículo en circulación es detectada por el neumático 69, equipado con un sensor 11 de aceleración y una unidad 12B de procesamiento de señal para procesar la señal de la salida del sensor 11 y transmitir el resultado al lado de la carrocería del vehículo. A continuación, una vez identificada una posición exacta del borde de final del neumático 10 a partir de la forma de onda de vibración, la forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración es dividida en la del dominio pre-final y la del dominio post-final, que son sometidas, a continuación, a un análisis de frecuencia. A continuación, se calculan un nivel de vibración en el intervalo de 8 a 10 kHz del espectro de frecuencias obtenido de esta manera en el dominio pre-final y un nivel de vibración en el intervalo de 1 a 3 kHz del espectro de frecuencias en el dominio post-final, y se obtiene un valor S calculado de nivel de vibración a partir del nivel de vibración pre-final y el nivel de vibración post-final calculados de esta manera. Y el valor S calculado de nivel de vibración es transmitido a un aparato 70 de estimación del estado de la superficie de una carretera provisto en el lado de la carrocería del vehículo. Ahora en el lado de la carrocería del vehículo, el estado de la superficie de una carretera sobre la que circula el vehículo es estimado en base al valor S calculado de nivel de vibración recibido y un mapa 72M almacenado en unos medios 72 de almacenamiento, que muestra una relación entre el valor S calculado de nivel de vibración y los estados de la superficie de la carretera obtenidos previamente. Por lo tanto, puede estimarse con precisión el estado de la superficie de una carretera.

Además, en la presente realización, los niveles de vibración usados para la estimación del estado de la superficie de una carretera son el nivel de vibración en el intervalo de 1 a 3 kHz en el dominio post-final y el nivel de vibración en el intervalo de 8 a 10 kHz en el dominio pre-final, que resultan menos afectados por la influencia de las temperaturas, de manera que puede mejorarse la robustez frente a las perturbaciones de temperatura.

En la realización 4, tal como se ha descrito anteriormente, el estado de la superficie de una carretera es estimado usando un valor S calculado de nivel de vibración, que es una relación entre un nivel de vibración en la banda de frecuencias de 1 a 3 kHz (nivel de vibración post-final) en el dominio post-final y un nivel de vibración en la banda de frecuencias de 8 a 10 kHz (nivel de vibración pre-final) en el dominio pre-final. Sin embargo, tal como se muestra en la Fig. 15 y la Fig. 16, tanto el nivel de vibración pre-final como el nivel de vibración post-final muestran una diferencia significativa entre el nivel de vibración sobre una carretera de asfalto seco y el nivel de vibración sobre una carretera cubierta de hielo. Por lo tanto, si se prepara un mapa obtenido previamente que muestra una relación entre el nivel de vibración pre-final y el estado de la superficie de una carretera o entre el nivel de vibración post-final y el estado de la superficie de una carretera, es posible estimar un estado de la superficie de una carretera sólo con los datos del nivel de vibración pre-final o los datos del nivel de vibración post-final.

Además, en la presente realización, la vibración del neumático en la dirección circunferencial es detectada en el centro de la anchura de una banda 10a de rodadura de neumático por un sensor 11 de aceleración. Sin embargo, la dirección de detección de vibración por el sensor 11 de aceleración puede ser la dirección de la anchura de un neumático; es decir, puede detectarse también la vibración en el borde de la banda de rodadura, que desarrolla una deformación opuesta a una cerca de la banda de rodadura central y, de esta manera, puede detectarse la vibración en la dirección de la anchura del neumático.

Además, sobre una superficie de una carretera cubierta de hielo, en la que la variación en los datos de los niveles de vibración es amplia, es preferible disponer una pluralidad de sensores 11 de aceleración sobre la circunferencia del neumático y usar un valor promedio de los valores calculados de nivel de vibración obtenidos por la pluralidad de los sensores para la estimación de un estado de la superficie de una carretera. De esta manera, puede mejorar adicionalmente la precisión de la estimación de un estado de la superficie de una carretera.

Además, en la realización descrita anteriormente, la banda de frecuencias en el dominio post-final es de 1 a 3 kHz, y la banda de frecuencias en el dominio pre-final es de 8 a 10 kHz, pero la presente invención no está limitada en este sentido. Esas bandas de frecuencias pueden ser establecidas según sea apropiado, según el tipo de neumático, la velocidad del vehículo, etc.

Obsérvese también que la banda de frecuencias en el dominio post-final puede ser cualquier banda de frecuencias, siempre que se seleccione del interior de la banda de frecuencias de 0,5 a 4 kHz y que la banda de frecuencias en el dominio pre-final puede ser cualquier banda de frecuencias seleccionada del interior de la banda de frecuencias de 2 a 10 kHz.

5 Además, en la realización descrita anteriormente, unos medios 66 de análisis de frecuencia llevan a cabo un análisis de frecuencia sobre las formas de onda en forma de series de tiempo de la vibración en los dominios respectivos para obtener sus espectros de frecuencia respectivos. Y a partir de los espectros de frecuencia respectivos, se calculan un nivel de vibración en la banda de frecuencias de 1 a 3 kHz (nivel de vibración post-final) en el dominio post-final y un nivel de vibración en la banda de frecuencias de 8 a 10 kHz (nivel de vibración pre-final) en el dominio pre-final. Sin embargo, puede disponerse de manera que, en lugar de los medios 55 de análisis de frecuencia, pueda usarse un filtro pasa banda para extraer una forma de onda en forma de serie de tiempo de 1 a 3 kHz en el dominio post-final y una forma de onda en forma de serie de tiempo de 8 a 10 kHz en el dominio pre-final, respectivamente, y pueden calcularse el nivel de vibración pre-final y el nivel de vibración post-final.

15 Además, en la realización descrita anteriormente, un estado de la superficie de una carretera se estima usando un mapa 72M que muestra una relación determinada previamente entre el valor S calculado de nivel de vibración de vibración del neumático y los estados de la superficie de una carretera. Sin embargo, en lugar de usar el mapa 72M, puede establecerse un valor K umbral para el valor S calculado de nivel de vibración, y puede tomarse una decisión de manera que la superficie de una carretera es considerada como una superficie de carretera de μ alto cuando el valor calculado de nivel de vibración es igual o menor que el valor K umbral y es considerada como una superficie de carretera de μ bajo cuando el valor calculado de nivel de vibración es superior al valor K umbral. O pueden establecerse unos valores K1 y K2 umbral, y puede tomarse una decisión de manera que la superficie de una carretera es considerada como una superficie de carretera de μ alto cuando $S \leq K1$, como una superficie de carretera de μ medio cuando $K1 < S \leq K2$, o como una superficie de carretera de μ bajo cuando $K2 < S$. En tal caso, el valor K umbral puede ser cambiado según sea apropiado según el tipo de neumático, la velocidad del vehículo, etc., de manera que puede mejorarse adicionalmente la precisión de la estimación de un estado de la superficie de una carretera.

25 En las realizaciones 1 a 4 descritas anteriormente, se estima el estado de la superficie de una carretera sobre la que está circulando un vehículo propio. Sin embargo, si un aparato 30, 50 o 70 de estimación del estado de la superficie de una carretera está provisto de unos medios para transmitir, de manera inalámbrica, la información acerca del estado estimado de la superficie de una carretera a los otros vehículos, entonces es posible comunicar el estado de la superficie de una carretera situada por delante a los vehículos que circulan detrás en la misma carretera. Además, si un vehículo que circula por detrás está provisto de unos medios para recibir la información transmitida, de manera inalámbrica, acerca del estado de la superficie de una carretera y unos medios para captar el estado de la superficie de una carretera por delante a partir de la información acerca del estado de la superficie de una carretera transmitida desde un vehículo que circula delante, el vehículo que circula detrás puede captar fácilmente un estado de la superficie de una carretera situada delante.

30 Además, si el vehículo indicado anteriormente no sólo está provisto de un neumático 10 de estimación del estado de la superficie de una carretera, unos medios 20 de detección de velocidad de rueda, un aparato 30 o 70 de estimación del estado de la superficie de una carretera, sino también de unos medios de estimación de la distancia a un vehículo que circula delante y unos medios de control de circulación de vehículo para controlar el estado de circulación de un vehículo en base a la información de la superficie de una carretera desde los medios para captar el estado de la superficie de una carretera situada delante, la información de la distancia entre vehículos desde los medios de estimación de distancia entre vehículos, y la información de velocidad de la rueda desde los medios de detección de velocidad de la ruda, entonces es posible controlar el estado de circulación de un vehículo en base no sólo a la información sobre el estado de la superficie de una carretera sobre la que circula el vehículo, sino también en base a la información acerca de un estado de la superficie de una carretera por delante y la información acerca de la distancia a un vehículo que circula por delante. Como resultado, se aumentará en gran medida la seguridad de circulación de los vehículos.

Ejemplo 3

50 Un vehículo equipado con un aparato de estimación del estado de la superficie de una carretera según la presente invención se hizo pasar a una velocidad constante desde una superficie de carretera de asfalto seco ($\mu \approx 1$) a una superficie de carretera cubierta de hielo ($\mu \approx 0,1$), y se midió el cambio del valor calculado de nivel de vibración con el tiempo. Los resultados se muestran en la Fig. 17. El eje horizontal de la figura representa el tiempo, y el eje vertical el valor calculado de nivel de vibración, que es la relación entre el nivel de vibración pre-final y el nivel de vibración post-final. La línea de decisión en la figura es un valor predeterminado intermedio entre el valor inferior del valor calculado de nivel de vibración sobre una carretera cubierta de hielo y su valor superior sobre una carretera de asfalto seco. Y se decide que la superficie de una carretera es una carretera de μ bajo cuando el valor

calculado de nivel de vibración está por encima de la línea de decisión y es una carretera de μ alto cuando está por debajo de la línea de decisión

5 Tal como es evidente a partir de la figura, el valor calculado de nivel de vibración aumenta simultáneamente conforme el vehículo pasa a la superficie de una carretera cubierta de hielo, y puede observarse que el vehículo ha pasado a una carretera de μ bajo desde una carretera de μ alto. De esta manera, se ha confirmado que el carácter deslizante de la superficie de una carretera puede ser decidido estableciendo un valor umbral apropiado.

Aplicabilidad industrial

10 Tal como se ha descrito en la presente memoria, según la presente invención, un estado de la superficie de una carretera puede ser estimado a partir del comportamiento del neumático, de manera robusta frente a las temperaturas o las velocidades del vehículo, incluso durante una circulación normal de un vehículo. Por lo tanto, la precisión de control del vehículo, tal como ABS o VSC, puede ser mejorada notablemente mediante el uso de información acerca del estado de la superficie de una carretera tal como se ha descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera que comprende:

(a) detectar la vibración de un neumático (10) de un vehículo en circulación;

(b) extraer señales de la vibración detectada del neumático;

5 (c) obtener un espectro de frecuencias analizando las frecuencias de las señales extraídas de la vibración del neumático; y a continuación

(d) calcular los niveles de vibración en al menos dos bandas de frecuencias predeterminadas a partir del espectro de frecuencias obtenido; y

10 (e) estimar un estado de la superficie de una carretera en base a los niveles de vibración calculados en las al menos dos bandas de frecuencias predeterminadas, en el que

15 en la etapa (b) la vibración de neumático detectada es dividida en una vibración en un dominio pre-final, el dominio existente antes de una posición de borde de final, y una vibración en un dominio post-final, el dominio existente después de una posición de borde de final y, al mismo tiempo, se extraen las señales de la vibración de neumático detectada en el dominio pre-final o las señales de vibración de neumático detectada en un intervalo de tiempo correspondiente al dominio pre-final, y en la etapa (d) las al menos dos bandas de frecuencias están en el dominio pre-final.

2. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera que comprende:

(a) detectar la vibración de un neumático (10) de un vehículo en circulación;

(b) extraer señales de la vibración detectada del neumático;

20 (f) obtener una forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración del neumático a partir de las señales extraídas de la vibración del neumático;

(g) calcular un nivel de vibración en la forma de onda en forma de serie de tiempo obtenida de la vibración del neumático; y

(h) estimar el estado de la superficie de una carretera en base al nivel de vibración calculado, en el que

25 en la etapa (b), la vibración de neumático detectada es dividida en una vibración en un dominio pre-final, el dominio existente antes de una posición de borde de final, y una vibración en un dominio post-final, el dominio existente después de una posición de borde de final y, al mismo tiempo, se extraen las señales de la vibración de neumático en el dominio pre-final o las señales de vibración de neumático en un intervalo de tiempo correspondiente al dominio pre-final:

30 en la etapa (f), la forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración del neumático que incluye sólo las frecuencias en una banda de frecuencias predeterminada es obtenida en al menos dos bandas de frecuencias predeterminadas pasando las señales extraídas a través de un filtro (16) pasa banda; en el que las al menos dos bandas de frecuencias predeterminadas se encuentran en el dominio pre-final.

35 en la etapa (g), se calculan los niveles de vibración de la forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración del neumático; y

en la etapa (h), se estima el estado de la superficie de una carretera a partir de un valor calculado de nivel de vibración usando los niveles de vibración.

40 3. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 1 o 2, en el que el dominio pre-final es cualquiera o la totalidad de un dominio pre-inicio, el dominio existente antes de una posición de borde de inicio, un dominio de huella de contacto, el dominio existente desde el punto en el que el neumático toca una superficie de una carretera hasta el punto en el que el neumático deja de tocarla, y un dominio que abarca el dominio pre-inicio y el dominio de huella de contacto.

45 4. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la posición del borde de final es estimada a partir de una posición de pico de la vibración del neumático que aparece cerca de la huella de contacto del neumático.

5. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 4, en el que la

posición del pico de la vibración del neumático es la posición del pico de la vibración del neumático en la dirección circunferencial del neumático o la dirección de la anchura del neumático que se produce en un borde de final.

5 6. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según la reivindicación 3, en el que se mide la velocidad de una rueda y se determina una longitud del dominio pre-final de la vibración del neumático o un intervalo de tiempo correspondiente al dominio pre-final a partir de datos de la velocidad de rueda medida.

7. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera que comprende:

(a) detectar la vibración de un neumático (10) de un vehículo en circulación;

(b) extraer señales de la vibración detectada del neumático;

10 (c) obtener un espectro de frecuencias analizando las frecuencias de las señales extraídas de la vibración del neumático;

(d) calcular un nivel de vibración en una banda de frecuencias predeterminada a partir del espectro de frecuencias obtenido; y

(e) estimar un estado de la superficie de una carretera en base al nivel de vibración calculado, en el que

15 en la etapa (b) la vibración de neumático detectada es dividida en una vibración en un dominio pre-final, el dominio existente antes de una posición de borde de final, y una vibración en un dominio post-final, el dominio existente después de una posición de borde de final y, a continuación, se extraen las señales de la vibración en el dominio pre-final o las señales de la vibración en el dominio post-final;

20 en la etapa (c), se obtienen un espectro de frecuencia en el dominio pre-final y un espectro de frecuencia en el dominio post-final analizando las frecuencias de las señales extraídas de la vibración del neumático en el dominio pre-final y en el dominio post-final;

en la etapa (d), se calcula un nivel de vibración en la banda de frecuencias predeterminada a partir del espectro de frecuencias en el dominio pre-final y se calcula un nivel de vibración en una banda de frecuencias más baja que la banda de frecuencias predeterminada a partir del espectro de frecuencia en el dominio post-final; y

25 en la etapa (e), se estima un estado de la superficie de una carretera en base a un valor calculado de nivel de vibración calculado usando el nivel de vibración calculado en el dominio pre-final y el nivel de vibración en el dominio post-final.

8. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera que comprende:

(a) detectar la vibración de un neumático (10) de un vehículo en circulación;

(b) extraer señales de la vibración detectada del neumático;

30 (f) obtener una forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración del neumático extraída;

(g) calcular un nivel de vibración en la forma de onda en forma de serie de tiempo; y

(h) estimar el estado de la superficie de una carretera en base al nivel de vibración calculado, en el que

35 en la etapa (b), la vibración de neumático detectada es dividida en una vibración en un dominio pre-final, el dominio existente antes de una posición de borde de final, y una vibración en un dominio post-final, el dominio existente después de una posición de borde de final y, a continuación, se extraen las señales de la vibración de neumático en el dominio pre-final y las señales de vibración de neumático en el dominio post-final:

40 en la etapa (f), la forma de onda en forma de serie de tiempo de la vibración del neumático en el dominio pre-final que incluye sólo las frecuencias en una banda de frecuencias predeterminada es obtenida pasando las señales extraídas de la vibración del neumático en el dominio pre-final a través de un filtro (16) pasa banda de la banda de frecuencias predeterminada y se obtiene la forma de onda en forma de serie de tiempo en el dominio post-final que incluye una frecuencia menor que la banda de frecuencias predeterminada pasando las señales de la vibración del neumático en el dominio post-final a través del filtro (16) pasa banda de la banda de frecuencias más baja que la banda de frecuencias predeterminada;

45 en la etapa (g), se calculan un nivel de vibración en el dominio pre-final y un nivel de vibración en el dominio post-final; y

en la etapa (h), se estima el estado de la superficie de una carretera en base a un valor calculado usando el nivel

de vibración en el dominio pre-final y el nivel de vibración en el dominio post-final.

9. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera, según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que la banda de frecuencia inferior se selecciona de una banda de frecuencias de 0,5 a 4 kHz, y la banda de frecuencia más alta se selecciona de una banda de frecuencias de 2 a 10 kHz.

5 10. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que se mide la velocidad de una rueda y una cualquiera o ambas de entre la banda de frecuencias inferior y la banda de frecuencias superior pueden ser cambiadas según los datos de la velocidad de la rueda.

10 11. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que una cualquiera o ambas de entre la banda de frecuencias inferior y la banda de frecuencias superior pueden ser cambiadas según el tipo de neumático.

15 12. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el que la vibración de un neumático de un vehículo en circulación es detectada en al menos dos puntos en el neumático, para ello se calculan los valores calculados de nivel de vibración respectivamente, y se estima el estado de la superficie de una carretera usando un valor promedio calculado de los valores de nivel de vibración calculados.

20 13. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que se determina previamente una relación entre varios estados de la superficie de una carretera y el nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración, y se estima un estado de la superficie de una carretera en base a la relación.

14. Procedimiento de estimación del estado de la superficie de una carretera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que se decide que una superficie de una carretera es resbaladiza cuando el nivel de vibración o el valor calculado de nivel de vibración excede un valor umbral predeterminado.

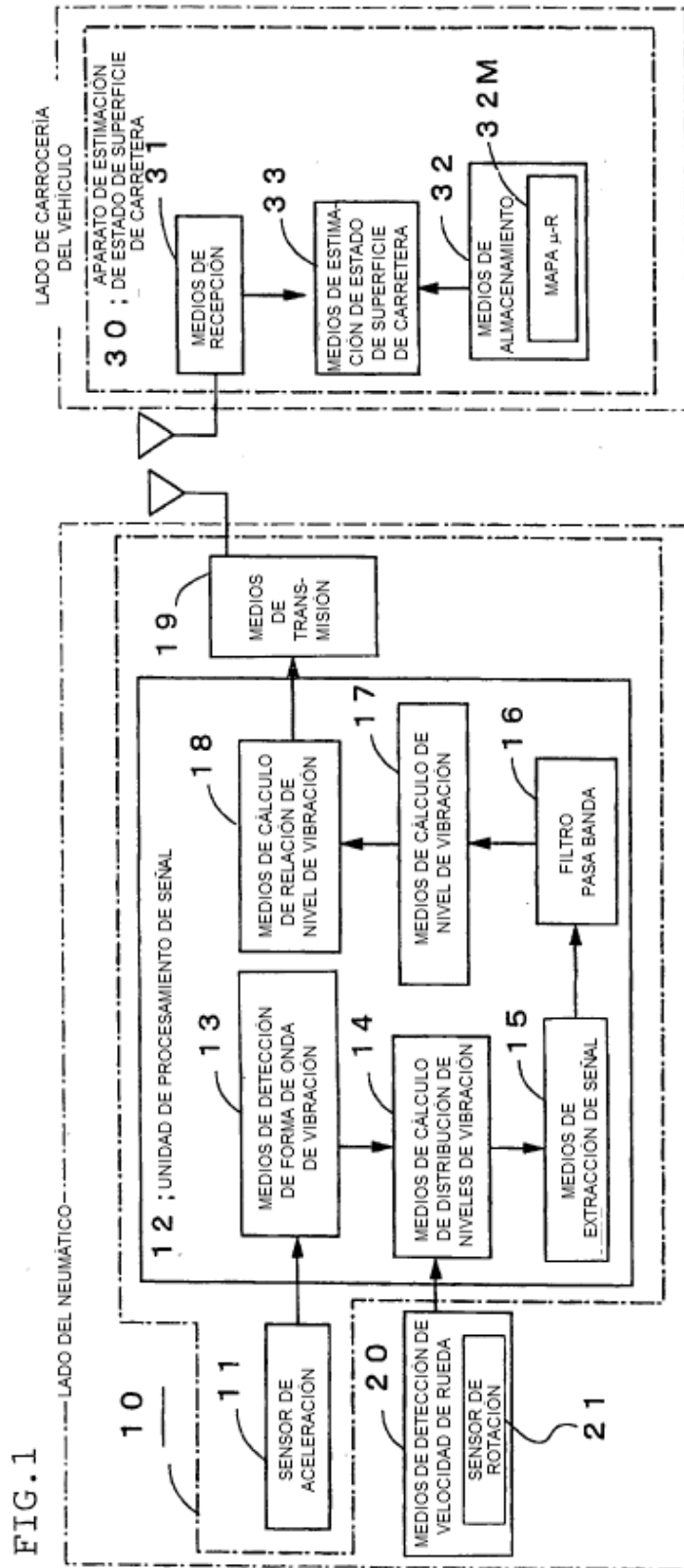


FIG. 2

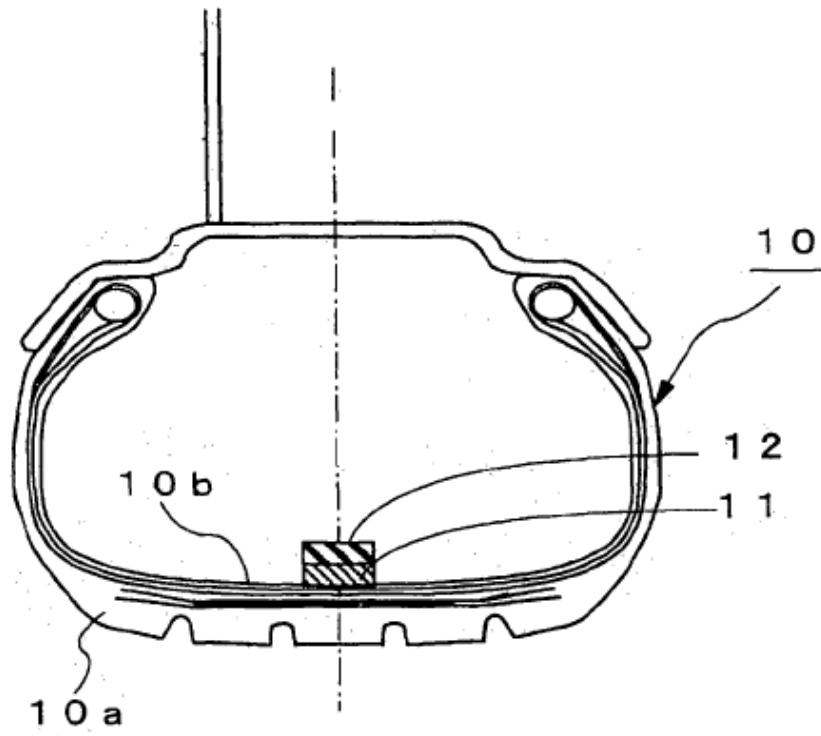
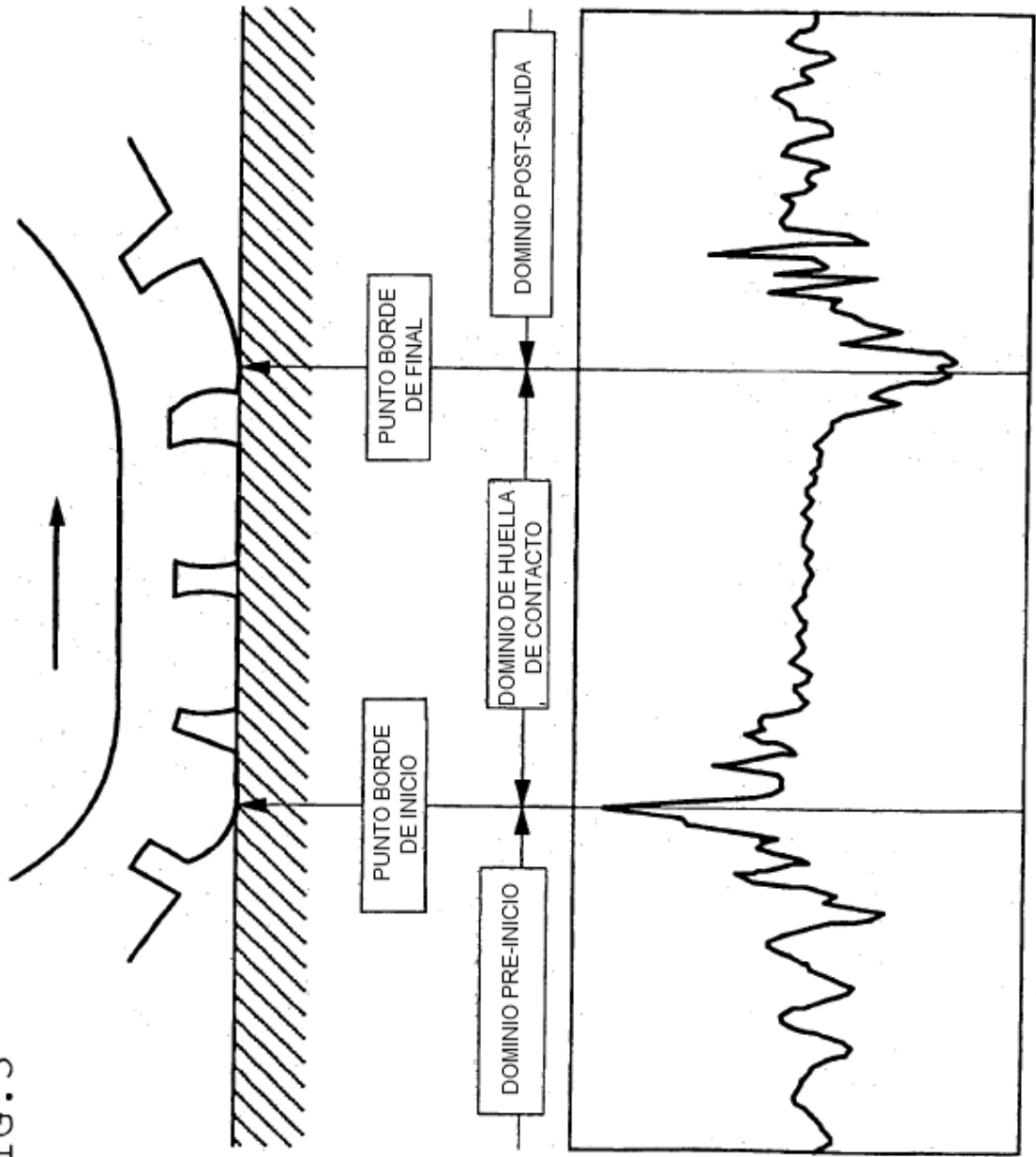
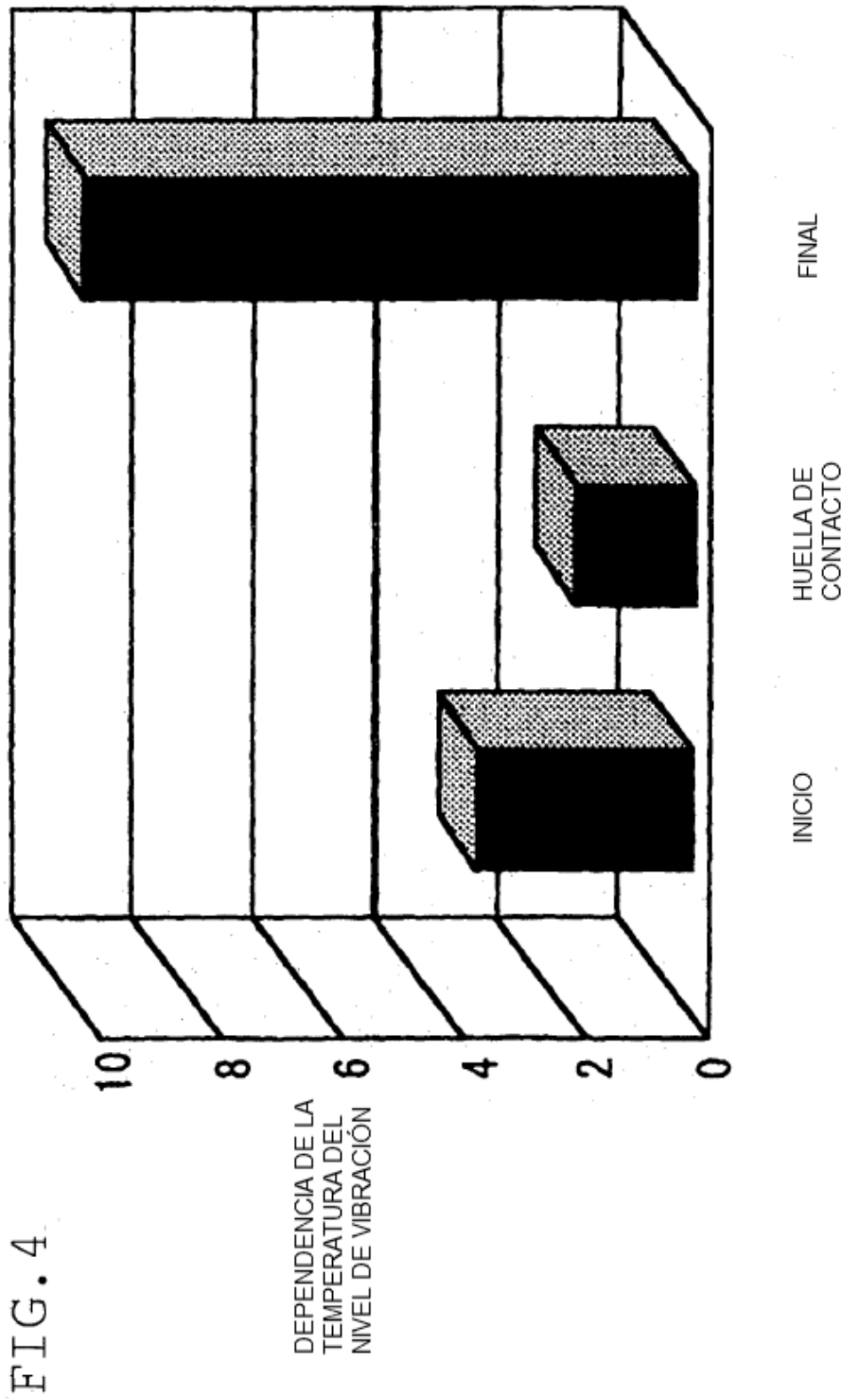


FIG. 3





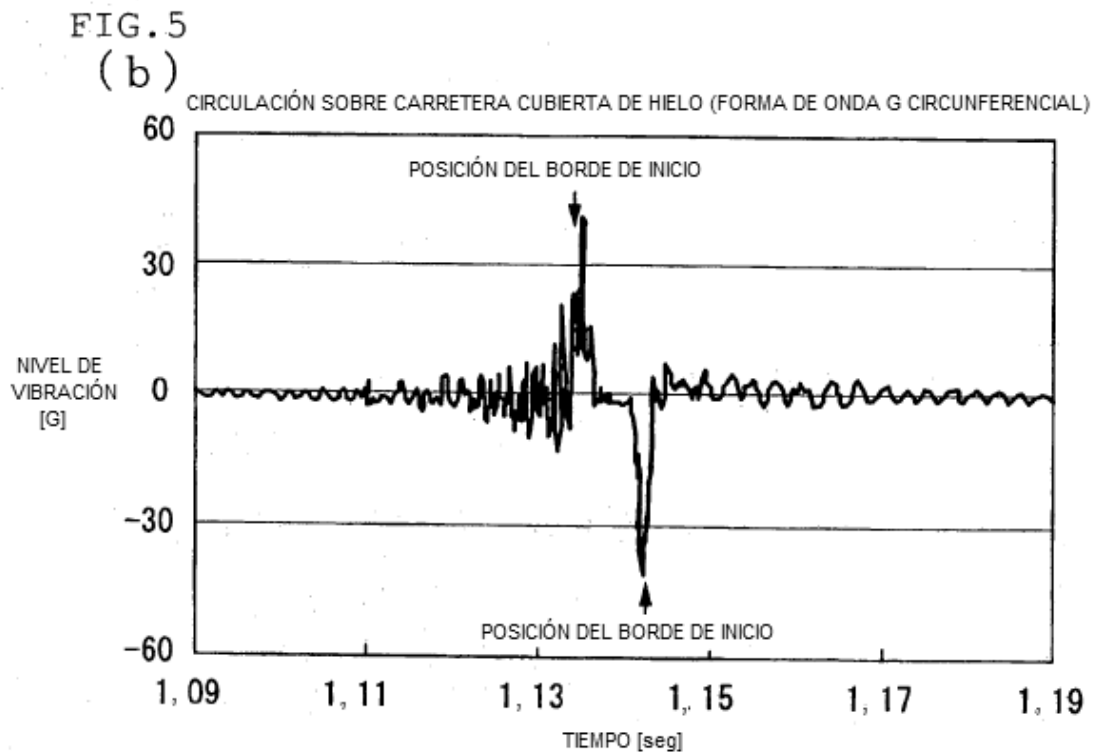
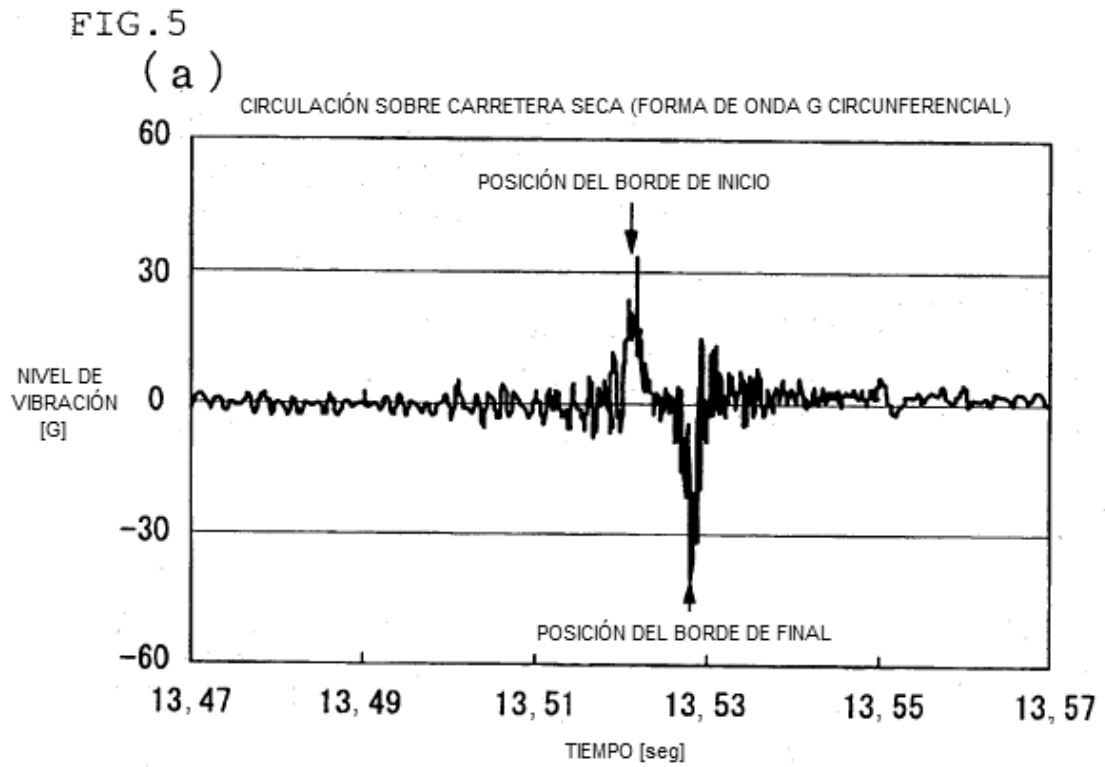
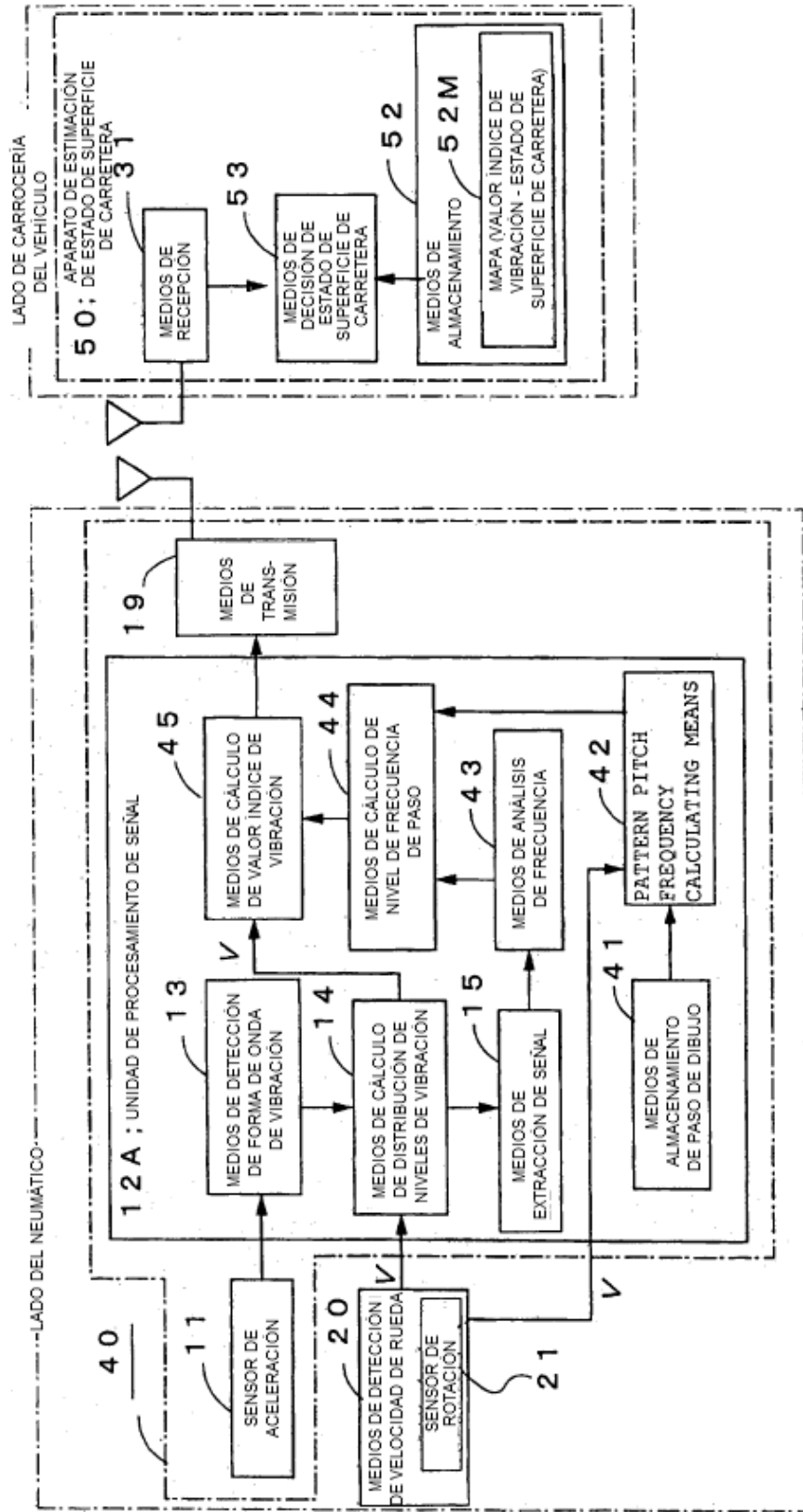
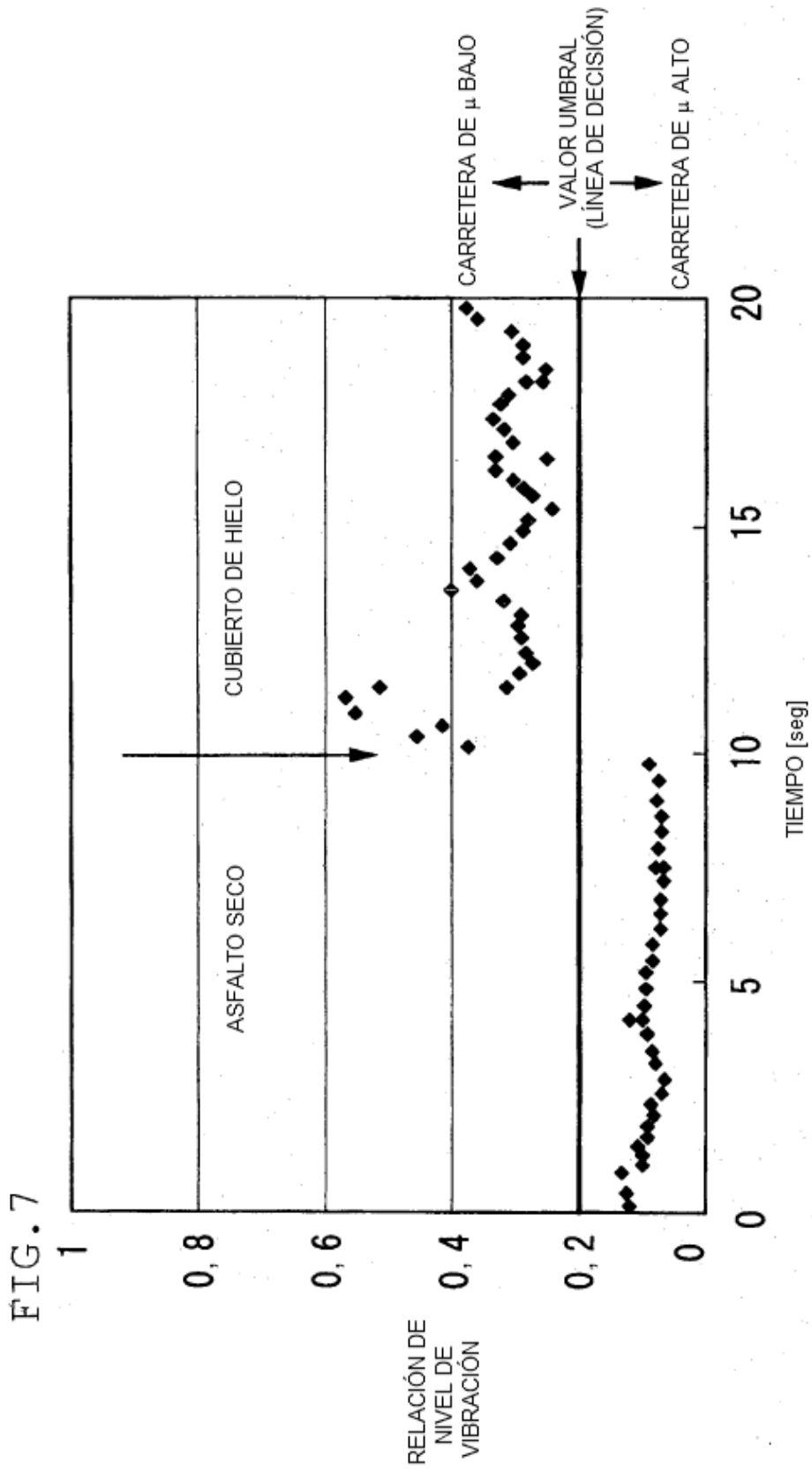
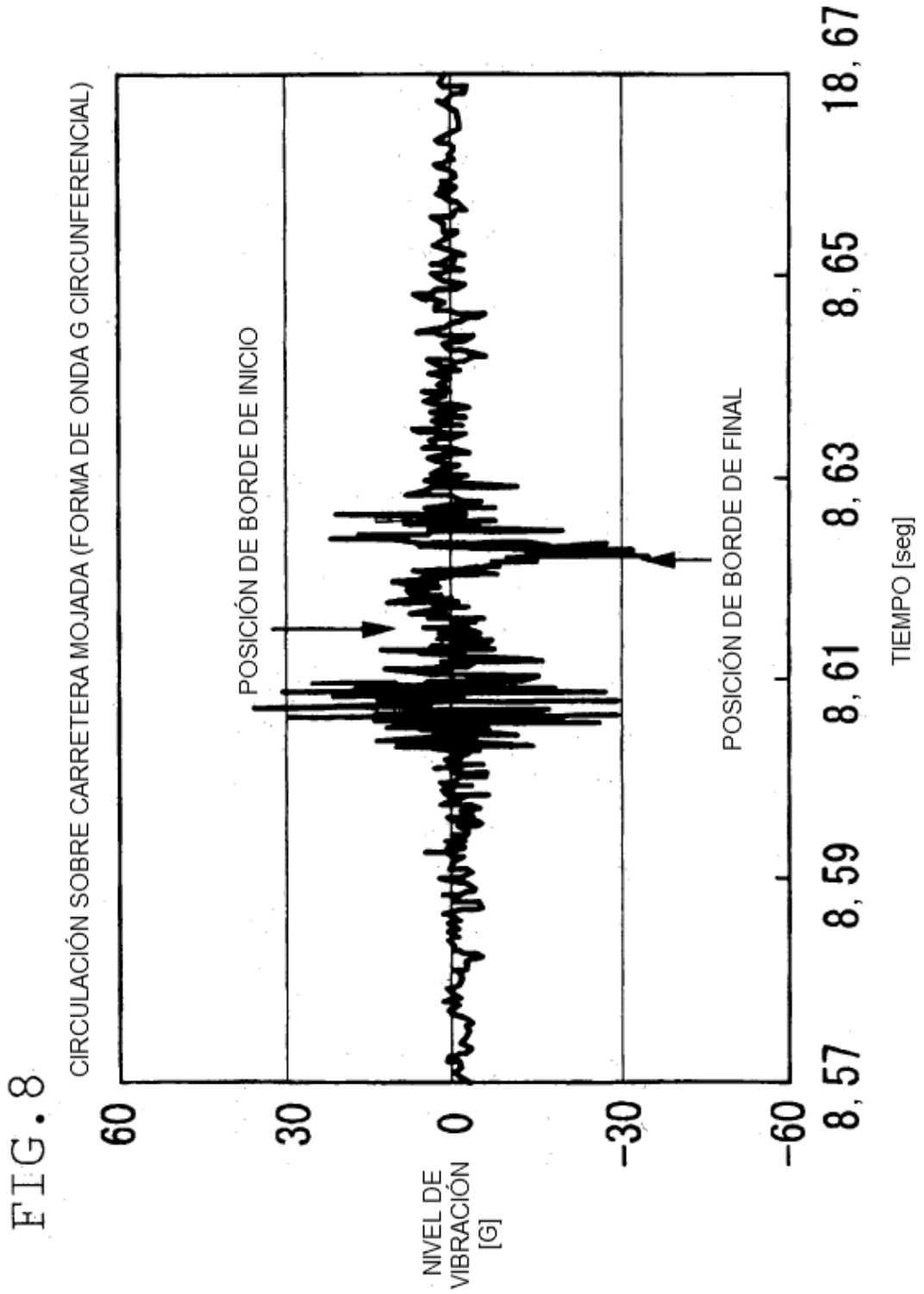
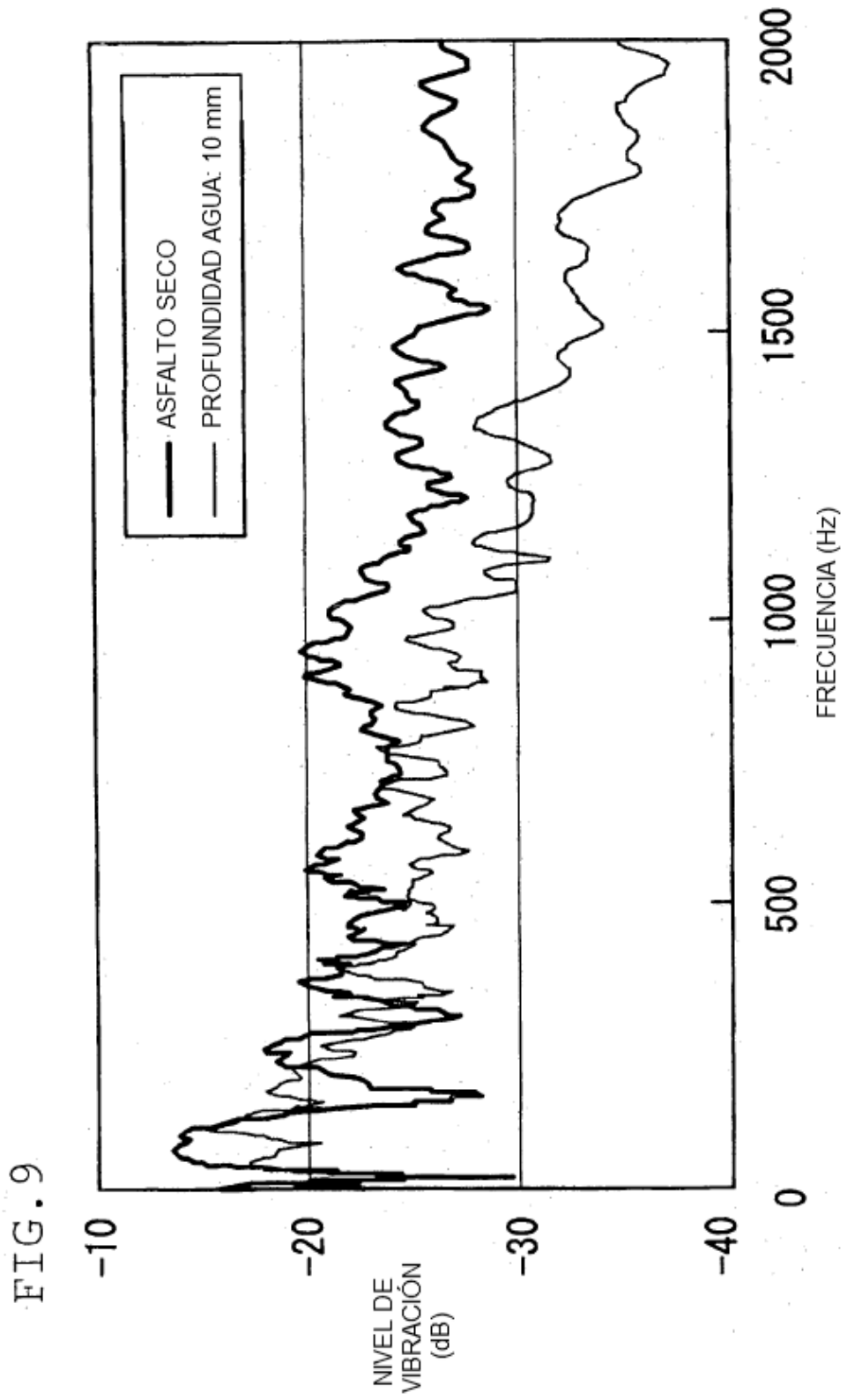


FIG. 6









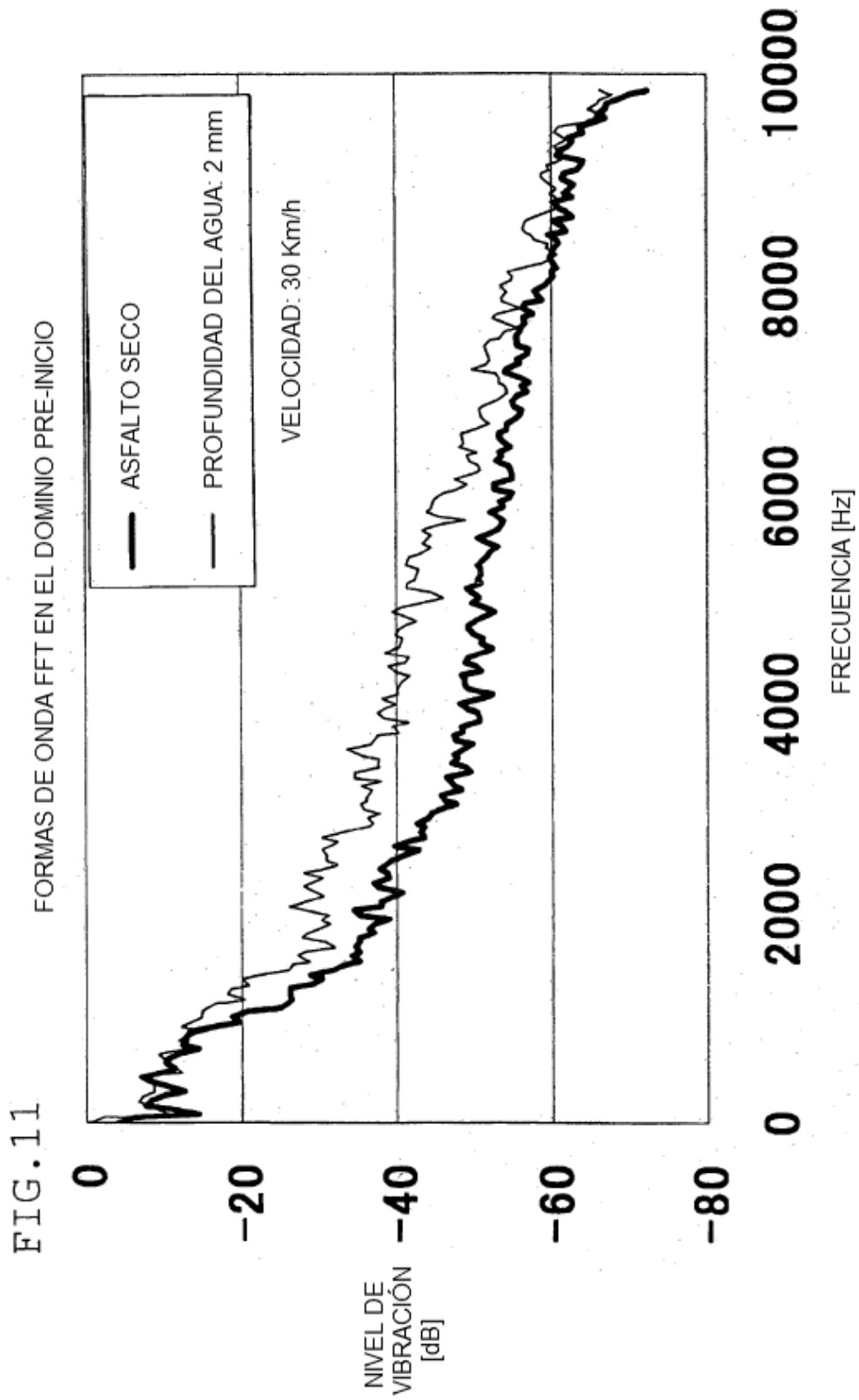


FIG. 11

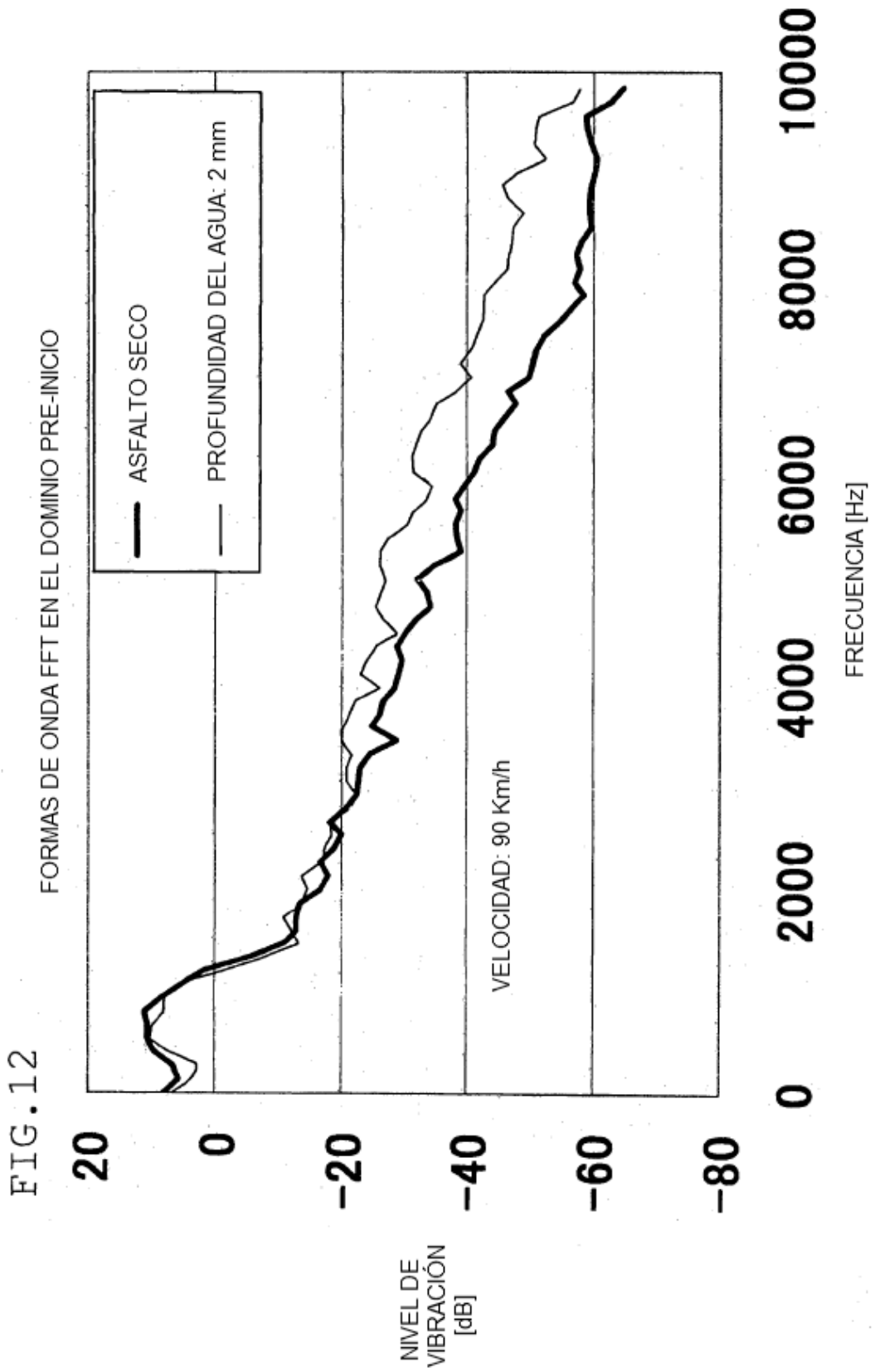


FIG.13

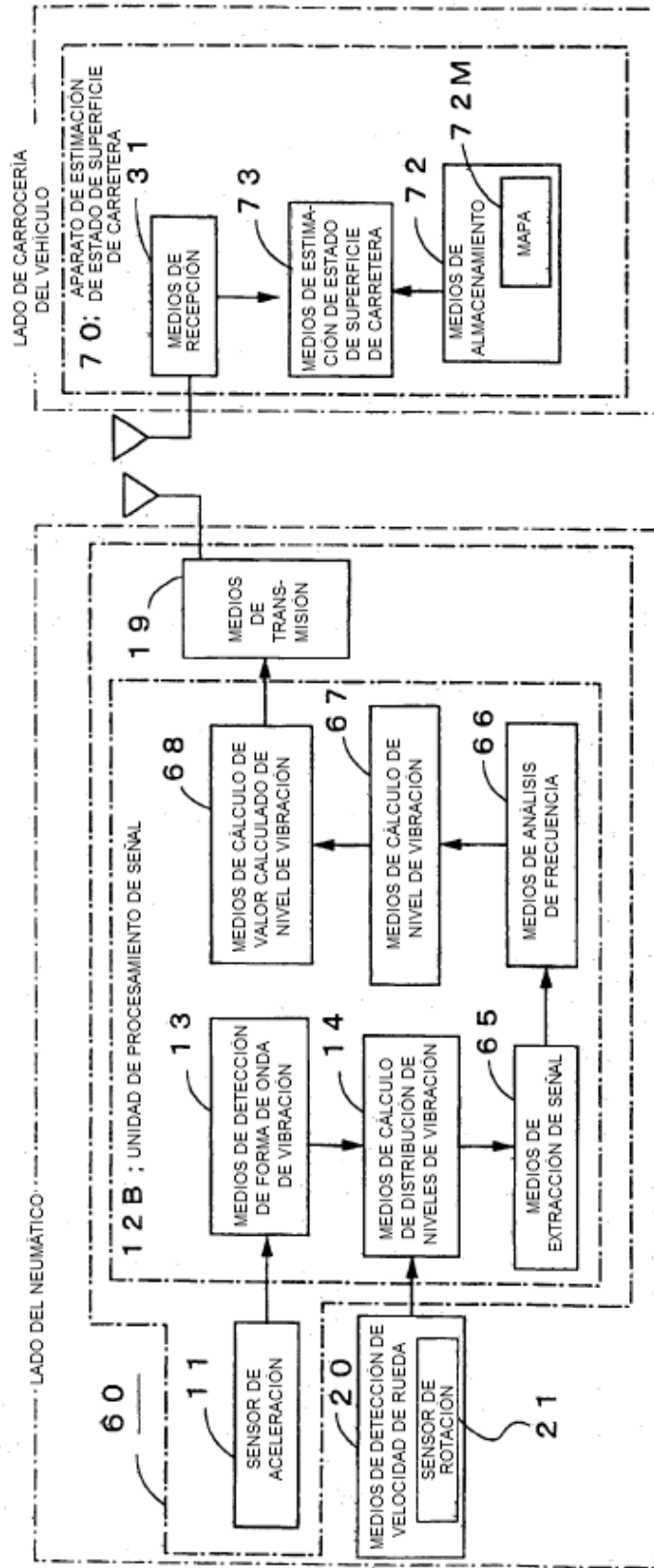
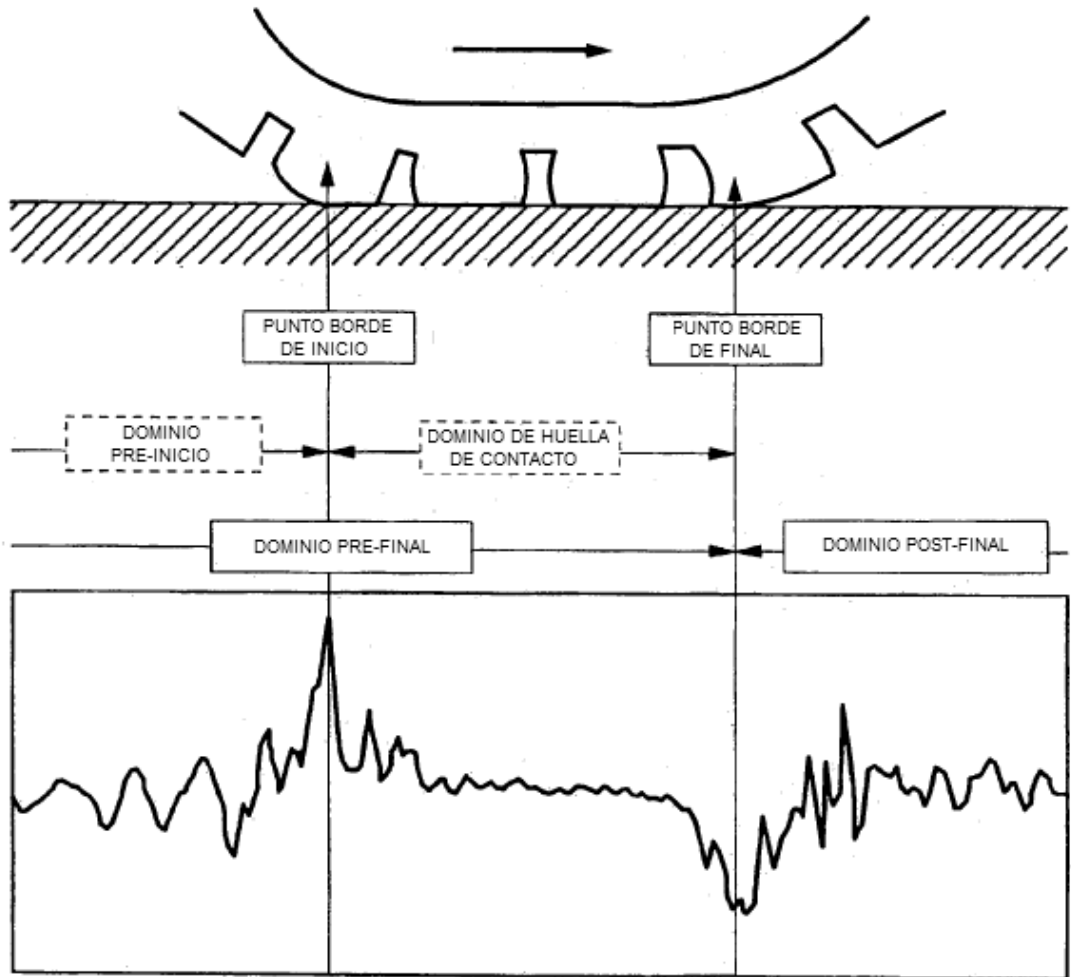
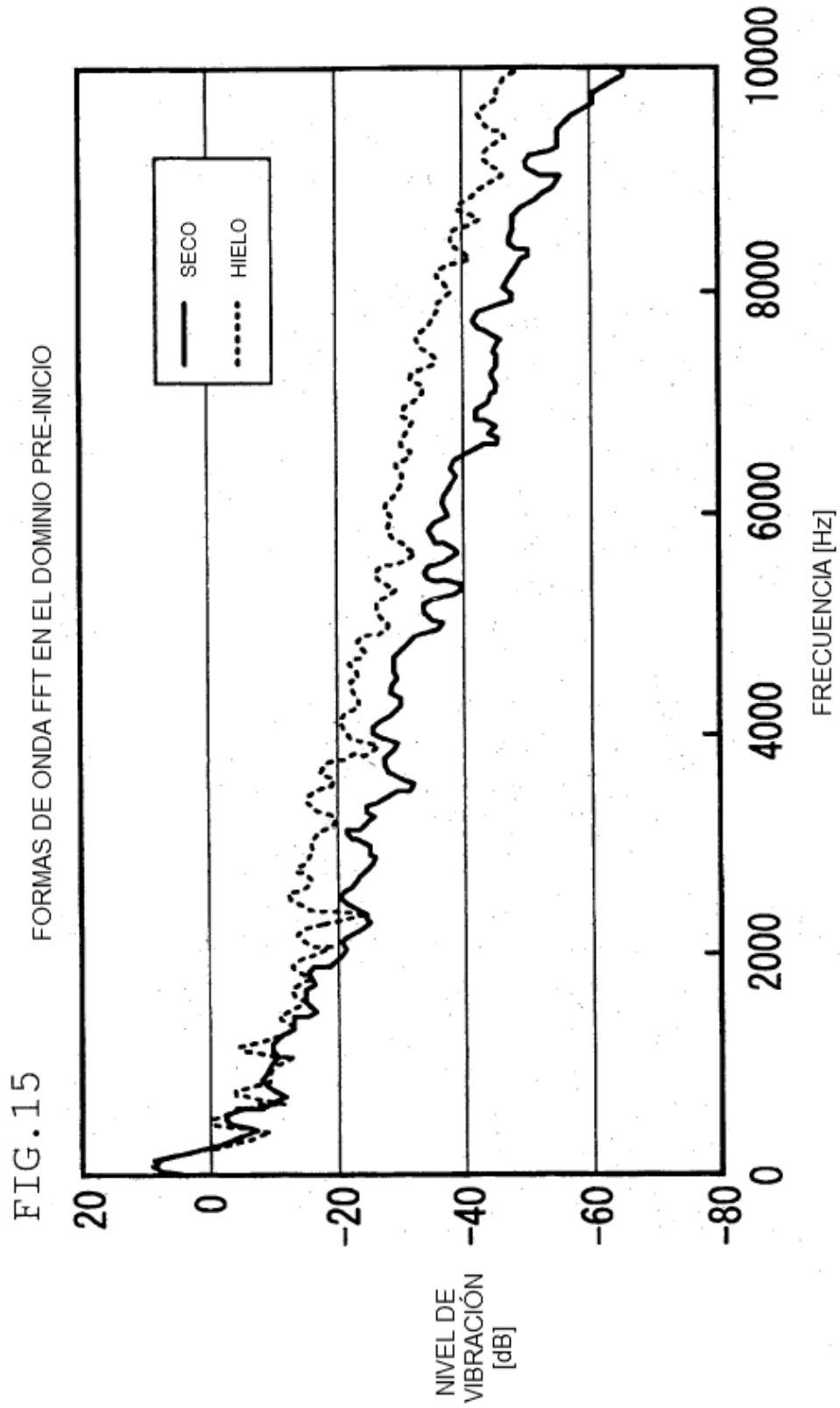


FIG.14





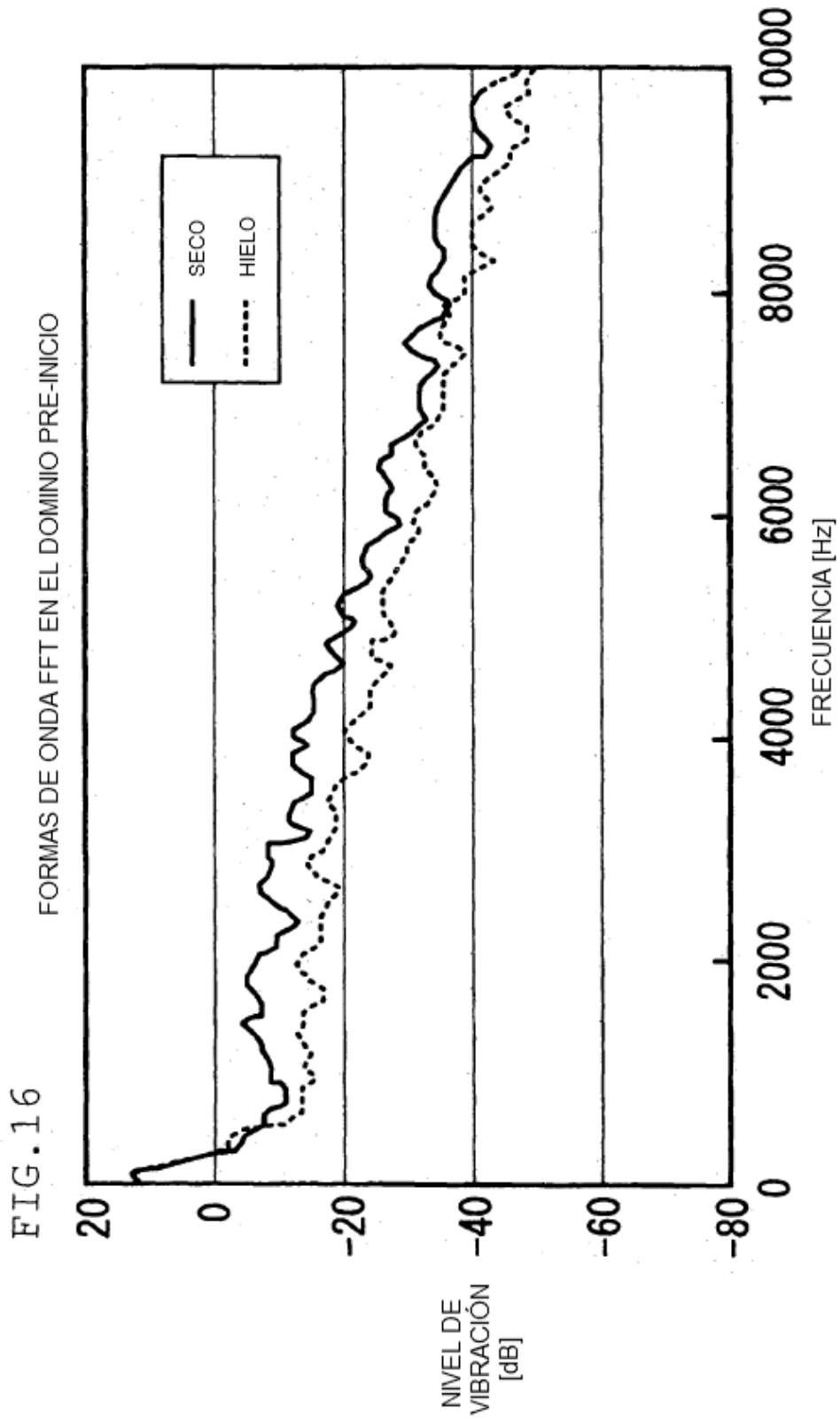


FIG. 17

