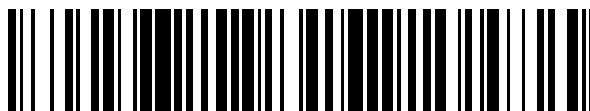


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 158**

51 Int. Cl.:
B60W 30/18 (2006.01)
B60W 40/10 (2006.01)
B60W 50/06 (2006.01)
B60T 8/1755 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07813932 .6**
96 Fecha de presentación: **09.08.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2051893**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.04.2009**

54 Título: **CONTROL EN BUCLE CERRADO PARA LA ATENUACIÓN DEL BALANCEO DE REMOLQUES.**

30 Prioridad:
11.08.2006 US 503875

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.11.2011

73 Titular/es:
ROBERT BOSCH GMBH
POSTFACH 30 02 20
70442 STUTTGART, DE

72 Inventor/es:
WU, Hsien-cheng;
NARDI, Flavio;
CHEN, Jin-Jae y
HARTMAN, Eric

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 369 158 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

Control en bucle cerrado para la atenuación del balanceo de remolques.

Antecedentes de la invención.

5 Las realizaciones de la presente invención hacen referencia a un método y dispositivo para controlar un vehículo a motor que lleva un remolque.

10 La estabilidad es un tema de preocupación en un vehículo con remolque, especialmente cuando el vehículo tractor viaja a una velocidad alta o realiza un giro. Debido a que el remolque afecta de manera significativa a la dinámica del vehículo tractor, existen muchos sistemas de control que utilizan técnicas para mejorar la estabilidad del vehículo tractor. Por ejemplo, sistemas tales como los sistemas de frenado anti-bloqueo ("ABS", por sus siglas en inglés), sistemas de control de tracción ("TCS", por sus siglas en inglés), y sistemas de control dinámico del vehículo ("VDC", por sus siglas en inglés) pueden ser configurados para realizar diferentes funciones para que el vehículo mejore la estabilidad.

15 Los métodos existentes y los sistemas para amortiguar las oscilaciones o mejorar la estabilidad requieren, por lo general, de la aplicación de un frenado o un par simétricos por medio de, a través de, o al vehículo tractor, seguido de un frenado o un par asimétricos (de nuevo, por medio de, a través de, o al vehículo tractor) cuando las oscilaciones del remolque son mayores que un valor umbral. Cuando estos métodos y sistemas de control aplican el par simétrico en un momento inapropiado, el remolque puede oscilar más. Por otro lado, estos métodos y sistemas de control comienzan, de manera habitual, suministrando el par asimétrico para amortiguar las oscilaciones cuando el remolque oscila bajo ciertas circunstancias. Por ejemplo, algunos sistemas y métodos esperan durante un periodo de tiempo después de que las oscilaciones del remolque hayan alcanzado una frecuencia umbral para suministrar cualquier par, ya sea simétrico o asimétrico. En otras palabras, estos sistemas y métodos de control permiten que el remolque oscile siempre que las oscilaciones tengan lugar por debajo del valor umbral. Durante este tiempo, sin embargo, las oscilaciones pueden volverse serias y excesivamente perjudiciales, de manera particular cuando el vehículo tractor se encuentra circulando a alta velocidad. La patente genérica DE 199 64 048 A1 hace referencia a un método y a un dispositivo para estabilizar un vehículo de carretera, en particular un vehículo de pasajeros, que consta de un remolque arrastrado por el vehículo de carretera, donde, en el caso de vehículos de carretera con remolques, la combinación vehículo de carretera/ remolque puede empezar a serpentear debido a una velocidad excesiva, malas condiciones de la carretera, vientos cruzados o similares.

Resumen

30 Por consiguiente, existe la necesidad de métodos y sistemas mejorados para controlar un vehículo tractor que lleve un remolque. El siguiente resumen expone ciertas realizaciones de tales métodos y sistemas. Sin embargo, no expone todas las realizaciones tales, y otras realizaciones son posibles.

35 En general, un sistema de control se desarrolla de manera experimental en primer lugar utilizando parámetros tales como ángulo de giro, velocidad de guiñada, velocidad del vehículo, y señales de aceleración lateral. Estos parámetros están por lo general disponibles como parte de un sistema de control de un vehículo tal como por ejemplo un sistema de programa de estabilidad electrónico ("ESP", por sus siglas en inglés). El sistema de control también recibe continuamente parámetros o señales desde el sistema de control del vehículo, y compara las señales con los parámetros del modelo del sistema de control. En base a la comparación, se selecciona entonces un tipo adecuado de frenado adecuado para amortiguar las oscilaciones.

40 La presente invención proporciona un método de control de un vehículo tractor que está conectado a un remolque de vehículos de acuerdo a la reivindicación 1. El método incluye detectar un conjunto de objetivos del vehículo y un conjunto de condiciones del vehículo en respuesta al conjunto de objetivos del vehículo. El método también incluye determinar una pluralidad de diferencias entre el conjunto de objetivos del vehículo y el conjunto de condiciones del vehículo, determinar una tendencia de la pluralidad de diferencias, generar al menos una señal simétrica y una señal asimétrica en base a la tendencia, y accionar un sistema para el vehículo con al menos una de entre una señal simétrica y una señal asimétrica.

50 En otra forma, la presente invención proporciona un sistema para controlar un vehículo tractor conectado a un remolque de vehículos de acuerdo con la reivindicación 10. El sistema incluye primer y segundo sensores, un comparador, conectados a un vehículo tractor. El sistema incluye primer y segundo sensores, un comparador, un módulo de tendencias, un controlador, y un sistema para vehículos. El primer sensor detecta un conjunto de objetivos del vehículo para el vehículo tractor, mientras que el segundo sensor detecta un conjunto de condiciones del vehículo indicativas de movimientos mostrados por parte del vehículo tractor en respuesta al conjunto de objetivos del vehículo. El comparador determina una pluralidad de diferencias entre el conjunto de objetivos del vehículo y el conjunto de condiciones del vehículo. El módulo de tendencias determina una tendencia de la pluralidad de

diferencias, mientras que el controlador genera al menos una de entre una señal simétrica y una señal asimétrica en base a la tendencia.

Otros aspectos de la presente invención se harán patentes en consideración a la descripción detallada y a los dibujos anexos.

5 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una vista en planta esquemática de un vehículo que lleva un remolque.

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques de un sistema de control de oscilaciones que puede ser aplicado en el vehículo de la Figura 1.

10 La Figura 3 muestra una respuesta de la magnitud de un filtro pasa banda que puede ser aplicado en el sistema de control de oscilación de la Figura 2.

La Figura 4 muestra una respuesta de la fase del filtro pasa banda de la Figura 3.

La Figura 5 muestra un sistema de control de acción proporcional, integral y derivada ("PID", por sus siglas en inglés) asimétrico que puede ser aplicado en el sistema de control de oscilación de la Figura 2.

15 La Figura 6 muestra una función de ganancia proporcional que puede ser aplicada en el controlador PID asimétrico de la Figura 5.

La Figura 7 muestra una función derivada que puede ser aplicada en el controlador PID asimétrico de la Figura 5.

La Figura 8 muestra un sistema de control PID simétrico que puede ser aplicado en el sistema de de control de oscilación de la Figura 2.

20 La Figura 9 es una diagrama de flujo de un proceso de control de oscilación según una realización de la presente invención.

Descripción detallada de la invención.

25 Antes de explicar cualquier realización de la invención en detalle, ha de entenderse que la invención no está limitada en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de los componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los siguientes dibujos. La invención es susceptible de otras realizaciones y de llevarse a la práctica o ser llevada a cabo en varias formas.

30 Tal como debería resultar evidente para un experto común en el arte, los sistemas que se muestran en las figuras son modelos de cómo deberían ser los sistemas reales. Muchos de los módulos y estructuras lógicas descritas son susceptibles de ser implementadas en software ejecutado por medio de un microprocesador o un dispositivo similar, o bien de ser implementadas en hardware utilizando una variedad de componentes incluyendo, por ejemplo, circuitos integrados de aplicación específica (o ASICs, por sus siglas en inglés). Términos como "procesador" pueden incluir o hacer referencia a ambas cosas hardware y/o software. De manera adicional, a lo largo de toda la especificación se utilizan términos en mayúsculas. Tales términos se utilizan para adecuarse a las prácticas comunes y para ayudar a correlacionar la descripción con los ejemplos de codificación, ecuaciones, y/o dibujos. Sin embargo, ningún significado específico se sobreentiende o debería deducirse únicamente debido a la utilización de las mayúsculas.

35 La Figura 1 muestra una vista en planta esquemática de un vehículo a motor 100 llevando un remolque 102 que viaja en una dirección indicada por la flecha 103. El vehículo tractor 100 consta de cuatro ruedas 104A, 104B, 104C y 104D, y el remolque 102 consta de cuatro ruedas 104E, 104F, 104G, y 104H. En la Figura 1, se asume que un conductor (no se muestra) se encuentra sentado en el lado izquierdo 105A del vehículo 100. En otras realizaciones, el conductor puede estar sentado en el lado derecho 105B del vehículo 100. El vehículo 100 y el remolque 102 pueden constar de una cantidad diferente de ruedas. Más aún, el remolque 102 puede ser un semi-remolque, un remolque de tamaño completo, un remolque para embarcaciones, autocaravana, o similar. Las ruedas 104A, 104B, 104C, y 104D están conectadas a dos ejes 108A y 108B. El vehículo 100 también incluye un motor 109. Las cuatro ruedas están monitorizadas por una pluralidad de sensores de velocidad de las ruedas 112A, 112B, 112C, y 112D. Los sensores de velocidad de las ruedas 112A, 112B, 112C, y 112D se comunican con una unidad de procesamiento electrónico ("ECU", por sus siglas en inglés) 116.

El vehículo 100 también incluye otros sensores tales como un sensor de ángulo de giro 120, un sensor de velocidad de guiñada 124, y un sensor de aceleración lateral 128. Los sensores de velocidad de las ruedas 112A, 112B, 112C, y 112D, el sensor de giro 120, el sensor de velocidad de guiñada 124, y el sensor de aceleración lateral 128 se muestran como sensores individuales de manera genérica. Estos sensores 112A, 112B, 112C, 112D, 120, 124, y 128 pueden también incluir múltiples sensores en una pluralidad de matrices de sensores, por ejemplo, que pueden acoplarse a la ECU 116. Otros tipos de sensores tales como un sensor del ángulo de deriva de la carrocería 132, y un sensor del par motor 136 pueden también ser utilizados en el vehículo 100. El vehículo 100 también incluye un enganche 152 acoplado al remolque 102.

En algunas realizaciones, los sensores 112A, 112B, 112C, 112D, 120, 124, 128, 132, y 136 son partes de una matriz de sensores integrados por todo el vehículo a motor 100. La matriz de sensores detecta y monitoriza las condiciones específicas del vehículo 100. Por ejemplo, los sensores 112A, 112B, 112C, y 112D se utilizan para detectar una condición del vehículo 100 que es indicativa de una velocidad del vehículo tractor 100. Las condiciones detectadas se transducen entonces y se convierten en señales calibradas que son indicativas de la velocidad del vehículo 100. Por ejemplo, si los sensores 112A, 112B, 112C, y 112D están equipados con circuitería de calibración o un procesador, la velocidad puede convertirse de manera interna en una forma calibrada en los sensores. De otro modo, las condiciones pueden convertirse en señales calibradas mediante otros procesos externos en una manera conocida en el arte. Además, otros sensores tales como el sensor de giro 120, el sensor de velocidad de guiñada 124, y el sensor de aceleración lateral 128 se utilizan para detectar o percibir eventos tales como movimientos transversales, aceleración transversal del vehículo tractor, y ángulos de los movimientos. De manera conjunta, se hará referencia a los valores de las señales generadas por los sensores tales como los sensores 112A, 112B, 112C, 112D, 120, 124, 128 como valores detectados, o valores, de aquí en adelante. Como resultado, la ECU 116 puede utilizar los datos de los sensores existentes disponibles para ayudar a un sistema de control de oscilación interno o externo a amortiguar las oscilaciones mostradas por el remolque 102.

Un sistema de control de oscilación 200 a modo de ejemplo se muestra en la Figura 2. En la realización que se muestra, el sistema de control 200 incluye un módulo de datos 160 que está incluido en la ECU 116 y que recibe los valores desde una matriz de sensores 164 del vehículo tractor que incluye los sensores 112A, 112B, 112C, 112D, 120, 124, 128, 132, 136, y similares. La ECU 116 se encuentra acoplada a y se comunica con un sistema del vehículo 168, detallado a continuación. Un controlador o procesador 172 procesa los valores de la matriz de sensores 164, de acuerdo a un programa almacenado en una memoria 176.

Aunque el módulo de datos 160 se muestra dentro de la ECU 116, el sistema 200 puede ser diseñado con una arquitectura distribuida donde varios componentes tales como el módulo de datos 160 estén situados en el exterior o en remoto de otros componentes tales como la ECU 116. El módulo de datos 160 puede estar también integrado en otros componentes, tales como por ejemplo el procesador 172, o integrado en otros sistemas de control del vehículo 100. De forma similar, la memoria 176 aunque se muestra externa al procesador 172, puede encontrarse interna al procesador 172.

El procesador 172 puede ser un micro-controlador universal, un microprocesador universal, un microprocesador o controlador dedicado, un procesador de señales, un ASIC, o similar. En algunas realizaciones, el módulo de datos 160 y sus funciones descritas son implementados en una combinación de firmware, software, y hardware.

El módulo de datos 160 incluye un módulo comparador 182, un módulo de filtro 184 que incluye un filtro pasa banda 185, y un módulo de tendencia 186 que incluye un módulo detector de picos 188. Como se ha señalado, en la realización mostrada, la ECU 116 se comunica con el sistema del vehículo 168. El sistema del vehículo 168 incluye un sistema hidráulico 190, un sistema de frenado 192, y un módulo de control del par 194. Como se ha señalado con anterioridad, las realizaciones pueden modificarse dependiendo de si se desea una arquitectura centralizada o distribuida o alguna combinación de las mismas. Por lo tanto, los componentes de hardware y software del sistema hidráulico 190, el sistema de frenado 192, y el módulo de control del par 194 pueden ser incluidos en la ECU 116. Debería resultar evidente que el sistema hidráulico 190, el sistema de frenado 192, y el módulo de control del par pueden incluir una variedad de componentes mecánicos tales como conductos hidráulicos, bombas, y depósitos de fluido; discos y zapatas de freno; y un motor, una transmisión, un árbol motor, y ejes motores.

El módulo de datos 160 utiliza al menos un modelo matemático o controlador del vehículo tractor 100 para generar de forma simultánea señales de par simétricas y asimétricas dependiendo de la dinámica del vehículo. El modelo se determina de manera experimental con una pluralidad de dinámicas o parámetros del vehículo medidas en la matriz de sensores 164 mientras que el remolque 102 se encuentra oscilando. En algunas realizaciones, la dinámica del vehículo incluye un ángulo de giro (δ_f), una aceleración lateral (a_y), una velocidad de la rueda (v), una par de la rueda delantera (T_f), una par de la rueda trasera (T_r), un ángulo de deslizamiento de la carrocería (β), y una velocidad de guiñada (ψ). El modelo generado de manera experimental se describe con una pluralidad de coeficientes, descritos a continuación.

En algunas realizaciones, los coeficientes del modelo están almacenados en la memoria 176 y procesados por el procesador 172. En la realización que se muestra, el modelo de controlador está basado en un modelo de

controlador de acción derivada integral proporcional ("PID"). En particular, el procesador 172 incluye un controlador de acción proporcional 195, un controlador de acción integral 196, y un controlador de acción derivada 197. Sin embargo, pueden también utilizarse otros modelos tales como un modelo de controlador de acción proporcional, un modelo de controlador de acción derivada- proporcional ("PD"), y un modelo de controlador de acción proporcional-integral ("PI"). Una vez que el modelo ha sido determinado, el módulo de datos 160 utiliza el modelo determinado y los valores obtenidos de la matriz de sensores 164 para generar una señal simétrica o una señal asimétrica.

La ECU 116 determina un conjunto de objetivos del vehículo para el vehículo tractor 100. En particular, cuando el conductor intenta mover el vehículo tractor 100 en una cierta dirección, o a una cierta velocidad, los datos de entrada del conductor son detectados y las señales indicativas de los datos del conductor se envían a la ECU 116. Como resultado, la ECU 116 determina un conjunto de objetivos del vehículo indicativos de los datos de entrada del conductor. Por ejemplo, cuando el conductor intente girar el vehículo tractor 100 en una cierta dirección con el volante, la ECU 116 genera un conjunto de objetivos del vehículo que corresponde al ángulo de giro que el conductor da como valor de entrada. En algunas realizaciones, el conjunto de objetivos del vehículo incluye un conjunto de velocidades de guiñada. Como resultado, el conjunto de condiciones del vehículo incluye un conjunto de velocidades de guiñada realmente mostradas por el vehículo tractor 100 y un conjunto de velocidades de guiñada que corresponde a los ángulos de giro detectados por la matriz de sensores 164.

El ruido generado por el vehículo tractor 100 y sus alrededores puede contaminar las condiciones del vehículo detectadas por la matriz de sensores 164. Como resultado, la ECU 116 generalmente utiliza el módulo de filtro 184 para filtrar el ruido para así obtener un conjunto de condiciones del vehículo filtradas. La ECU 116 utiliza entonces el comparador 182 para obtener una pluralidad de diferencias entre las condiciones del vehículo filtradas y los objetivos del vehículo. Cuando las condiciones del vehículo son velocidades de guiñada, tales como cuando el vehículo tractor 100 y el remolque 102 se encuentran en movimiento de guiñada u oscilando, la pluralidad de diferencias representa un conjunto de errores de guiñada entre las velocidades de guiñada objetivo y las velocidades de guiñada presentadas.

Como se ha señalado, en algunas realizaciones, el módulo de filtro 184 también incluye el filtro pasa banda 185. En una realización el filtro pasa banda 185 tiene una función general de transferencia tal como se muestra en la EQN (ecuación). (1)

$$II(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_n z^{-n}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_n z^{-n}} \quad (1)$$

en donde n es el orden del filtro, y a_i y b_i son los coeficientes i-th de las funciones de transferencia. La pluralidad de diferencias filtradas, en general representan oscilaciones que experimenta el remolque 102. En una realización específica, el filtro pasa banda 185 tiene características de un segundo orden ($n = 2$), donde el filtro pasa banda Butterworth tiene una función de transferencia tal como se muestra en la EQN. (2)

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \quad (2)$$

El filtro pasa banda 185 tiene también otras características de filtro tales como una banda de paso (o frecuencias de corte) desde aproximadamente 0.375 Hz hasta aproximadamente 1.125 Hz, y una frecuencia de muestreo de aproximadamente 25 Hz (o periodo de muestreo de aproximadamente 0.04 segundos). Para alcanzar la banda de paso con la frecuencia de muestreo que se ha descrito, los coeficientes pueden ser determinados en una manera conocida en el arte. Por ejemplo, los siguientes coeficientes de la función de transferencia fueron obtenidos utilizando herramientas Matlab®: $a_0 = 1$; $a_1 = -1.8029$; $a_2 = 0.8272$; $b_0 = 0.08636$; $b_1 = 0$; y $b_2 = -0.08636$. Si $u(z)$ representa la pluralidad de diferencias o los errores de la velocidad de guiñada, la pluralidad de diferencias filtradas representadas por $y(z)$, o BPAus, se determinan tal como se muestran en la EQN. (3)

$$y(z) = \frac{b_0 - b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{a_0 - a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \cdot u(z) \quad (3)$$

Otras características del filtro, tipos de filtro tales como filtros Chebyshev, herramientas, y coeficientes pueden también utilizarse dependiendo de las aplicaciones y los vehículos disponibles.

La Figura 3 y la Figura 4 muestran gráficos de la respuesta de frecuencia del filtro pasa banda de segundo orden con las características del filtro tal como se han descrito. En particular, la Figura 3 muestra un gráfico de la respuesta de magnitud 300, en donde los valores de frecuencia (en Hz) se miden a lo largo del un eje-x 304, y los valores de magnitud (en dB) se miden a lo largo de un eje-y 308. En particular, la curva 312 representa la magnitud de respuesta del filtro pasa banda de segundo orden. La curva 312 también muestra una banda de paso 316 sustancialmente plana en un rango que va desde aproximadamente 0.375 Hz hasta aproximadamente 1.125 Hz. De manera similar, la Figura 4 muestra un gráfico de la respuesta de fase 400, en donde los valores de frecuencia (en Hz) se miden a lo largo de un eje-x 404 y los valores de fase (en grados) se miden a lo largo de un eje-y 408. La curva 412 representa la respuesta de frecuencia del filtro pasa banda de segundo orden. La curva 412 también tiene una respuesta de fase esencialmente lineal dentro de la banda de paso 316.

Si la pluralidad de diferencias filtradas es positiva, se considera que el remolque se balancea hacia el lateral derecho 105B del vehículo 100. En tal caso, las ruedas 104C y 104D se consideran ruedas exteriores, y las ruedas 104A y 104B se consideran ruedas interiores. A la inversa, si la pluralidad de diferencias filtradas son negativas, se considera que el remolque se balancea hacia el lateral izquierdo 105a del vehículo 100. En tal caso, las ruedas 104C y 104D se consideran ruedas interiores, y las ruedas 104A y 104B se consideran ruedas exteriores.

La Figura 5 muestra un sistema de control 500 de acción derivativa- integral- proporcional asimétrica ("PID") a modo de ejemplo que puede ser aplicado en el sistema de control de oscilación 200. En la Figura 5 sólo se muestran determinadas partes del sistema 200. Sin embargo, las partes del sistema 200 que no se muestran en la Figura 5 continúan funcionando dentro del sistema 200, tal como se ha señalado anteriormente.

Tal como se ha señalado, el módulo de filtro 184 filtra una pluralidad de diferencias entre las condiciones del vehículo y los objetivos del vehículo para obtener una pluralidad de diferencias filtradas. Cuando la condición del vehículo es la velocidad de guiñada, como por ejemplo cuando el vehículo tractor 100 y el remolque 102 están en movimiento de guiñada u oscilando, la pluralidad de diferencias filtradas representa una frecuencia de oscilación presentada por el remolque 102 o las oscilaciones del remolque. El sistema de control asimétrico 500 intenta reducir las oscilaciones del remolque (produciendo señales de control apropiadas) utilizando los valores proporcionados por parte de la matriz de sensores 164. En algunas realizaciones, el sistema de control asimétrico 500 intentaría reducir o minimizar las oscilaciones del remolque hacia un estado estable que tenga oscilaciones reducidas, mínimas o ninguna (cero). Por ejemplo, el sistema de control asimétrico 500 compara inicialmente la pluralidad de diferencias filtradas con cero para obtener una pluralidad de desviaciones de control o errores para conducir el sistema 200 o el sistema de control asimétrico 500 hacia un estado estable. Cuando los valores de la pluralidad de errores de control están por encima de un umbral predeterminado (comparado en el comparador 182), el sistema 200 comienza un proceso asimétrico de amortiguación o frenado. En particular, el sistema de control asimétrico 500 pasa la pluralidad de errores de control a través del procesador 172 para comenzar a amortiguar las oscilaciones que presenta el remolque 102. En la realización que se muestra, el procesador 172 incluye un módulo de ganancia P_A 504 en el controlador de acción proporcional 195 para controlar una función de ganancia proporcional, un módulo de ganancia I_A 508 en el controlador de acción integral para controlar una función de ganancia integral, y un módulo de ganancia D_A 512 en el controlador de acción derivativa 197 para controlar una función de ganancia derivativa, detallados a continuación. En una realización específica, la ganancia I_A es una constante, por ejemplo, cero. En esa realización específica, por lo tanto, el sistema de control asimétrico 500 sólo aplica las funciones de ganancia P_A y D_A . Sin embargo, otras funciones de ganancia I_A no iguales a cero, y funciones lineales y no lineales pueden también utilizarse en otras realizaciones. Después de que el sistema de control asimétrico 500 haya aplicado las funciones de ganancia P_A y D_A a la pluralidad de errores de control, una pluralidad de señales de control asimétricas son generadas por el procesador 172. Las señales de control asimétricas se proporcionan entonces al sistema del vehículo 168. Por ejemplo, en algunas realizaciones, las señales de control se proporcionan al módulo de control del par 194. A su vez, el módulo de control del par genera señales para activar una pluralidad de bombas hidráulicas y válvulas en el sistema hidráulico 190, que a su vez aplica presión a una pluralidad de frenos del sistema de frenado 192. En otras realizaciones, tales como por ejemplo en vehículos equipados con sistemas de frenado por cable eléctrico, los frenos pueden ser accionados de manera eléctrica y la necesidad de un sistema hidráulico 190 puede ser reducida o eliminada. En cualquiera de estos ejemplos, el módulo de control del par 194 determina una cantidad del par para cada una de las ruedas 104A, 104B, 104C, y 104D y controla el sistema mecánico relevante (p.ej., el sistema de frenado 192, el sistema hidráulico 190, o ambos) para aplicar los pares determinados en cada una de las ruedas 104A, 104B, 104C, y 104D.

En algunas realizaciones, el par asimétrico es aplicado o distribuido antes de que haya un cambio en la dirección de la oscilación del remolque para aumentar la eficiencia del proceso de amortiguación, para eliminar la latencia de frenado que puede ocurrir durante el frenado, para prevenir el frenado excesivo, o para evitar que se desarrolle una excesiva oscilación. Por ejemplo, el par asimétrico puede ser adicionalmente distribuido a una cantidad de componentes dependiendo de la dirección de oscilación del remolque. En particular, los parámetros tales como los ángulos de deslizamiento de la carrocería de la matriz de sensores 164 se utilizan por parte del sistema de control

asimétrico 500 para distribuir el par asimétrico en dos componentes tales como los componentes del par de la rueda trasera y delantera para prevenir el frenado excesivo. En tales casos, cuando los ángulos de deslizamiento de la carrocería, mostrados por las ruedas traseras 104B y 104D, se acerca a un umbral máximo predeterminado, el módulo de control del par 194 compensa el par asimétrico de la rueda trasera aplicado a las ruedas traseras 104B y 104D con el par asimétrico de la rueda delantera.

La Figura 6 muestra una función de ganancia proporcional 600 a modo de ejemplo que puede aplicarse en el sistema de control asimétrico 500 de la Figura 5. Los valores de la velocidad del vehículo (en m/s) se miden a lo largo de un eje-x 604 y los valores de ganancia P_A (en Nm/rad/s) se miden a lo largo de un eje-y 608. En particular, la curva 612 representa valores de la función de ganancia P_A en diferentes velocidades de vehículos. Aunque la curva 612 en general representa una ganancia proporcional lineal por tramos, la curva 612 puede también ser no lineal por tramos o en general no lineal, dependiendo de las aplicaciones y los vehículos disponibles. La curva 612 muestra que cuando la velocidad del vehículo (v) es relativamente baja, el correspondiente valor de ganancia P_A es también bajo. Sin embargo, la curva 612 también muestra que un ratio de cambio de los valores de ganancia P_A es relativamente alto después de que la velocidad del vehículo sea mayor que un valor predeterminado. En la realización que se muestra, el valor predeterminado es 24 m/s. Además, antes de que el vehículo 100 alcance una velocidad mínima, o después de que la velocidad del vehículo (v) exceda una velocidad máxima, el valor de ganancia P_A es en general constante. Por ejemplo, si la velocidad del vehículo (v) es inferior a 20 m/s, el valor de ganancia P_A es de aproximadamente 4,000 Nm/rad/s. Una vez que la velocidad del vehículo (v) exceda el umbral máximo a modo de ejemplo, el valor de ganancia P_A permanece en aproximadamente 26,000 Nm/rad/s. En algunas realizaciones, en otras palabras, el sistema de control asimétrico 500 generalmente aplica cierta cantidad de frenado o par asimétrico una vez que las oscilaciones presentadas por el remolque 102 superan un umbral de oscilación predeterminado, aunque la cantidad de frenado asimétrico aplicado pueda ser un mínimo y pueda ser discontinuado bajo diferentes circunstancias, detalladas a continuación.

La Figura 7 muestra una función de ganancia derivativa 700 a modo de ejemplo que puede aplicarse en el sistema de control asimétrico 500 de la Figura 5. Los valores de la velocidad del vehículo (en m/s) se miden a lo largo de un eje-x 704 y los valores de ganancia D_A (en Nm/rad/s²) se miden a lo largo de un eje-y 708. La curva 712 representa valores de la función de ganancia D_A en diferentes velocidades de vehículos (v). Aunque la curva 712 en general representa una ganancia derivativa lineal, la curva 712 puede también ser no lineal por tramos o en general no lineal, dependiendo de las aplicaciones y vehículos disponibles. La curva 712 muestra también por lo tanto que la ganancia derivativa es proporcional a la velocidad del vehículo (v). Por ejemplo, cuando la velocidad del vehículo (v) es relativamente baja, el correspondiente valor de ganancia D_A es también bajo. De forma similar, cuando la velocidad del vehículo (v) es relativamente alta, el valor correspondiente de ganancia D_A es proporcionalmente alto. Al igual que la función de ganancia proporcional 600, antes de que el vehículo alcance una velocidad mínima, o después de que la velocidad del vehículo (v) supere un umbral máximo, el valor de ganancia D_A permanece por lo general constante. Por ejemplo, si la velocidad del vehículo (v) es inferior a 20 m/s, el valor de ganancia D_A es de aproximadamente 100 Nm/rad/s². Una vez que la velocidad del vehículo (v) supera el umbral máximo a modo de ejemplo, el valor de ganancia D_A permanece en aproximadamente 200 Nm/rad/s².

Además de aplicar frenado asimétrico, el sistema 200 puede también aplicar un par simétrico para reducir la velocidad del vehículo (v) cuando el remolque 102 oscila. Por ejemplo, el sistema 200 puede aplicar un par simétrico a todas las cuatro ruedas 104A, 104B, 104C, y 104D para reducir la velocidad del vehículo. El par simétrico puede generarse cuando la pluralidad de diferencias filtradas satisface en líneas generales algunas de las condiciones predeterminadas. La Figura 8 muestra un sistema de control PID simétrico 800 que puede ser aplicado en el sistema 200 de la Figura 2, en un formato de diagrama de bloques para generar pares simétricos. Al igual que en la Figura 5, en la Figura 8 sólo se muestran determinadas partes del sistema 200. Sin embargo, las partes del sistema 200 que no se muestran en la Figura 8 continúan funcionando dentro del sistema 200, tal como se ha señalado anteriormente.

Una pluralidad de diferencias filtradas entre las condiciones del vehículo y los objetivos del vehículo se obtiene de la matriz de sensores 164 o se generan mediante el filtro 184. El detector de picos 188 determina un valor máximo de las diferencias filtradas. El sistema de control simétrico 800 compara la pluralidad de diferencias filtradas con el valor máximo de las diferencias filtradas en el comparador 182. Cuando la pluralidad de diferencias filtradas es menor que el valor máximo de las diferencias filtradas en el comparador 182, se considera que el remolque 102 está oscilando menos. El sistema de control simétrico 800 activa entonces un conmutador 804 para introducir un proceso de frenado simétrico, detallado a continuación. Sin embargo, cuando la pluralidad de diferencias filtradas es mayor que el valor máximo de diferencias filtradas en el comparador 182, se considera que el remolque está oscilando más. Como consecuencia, el sistema de control simétrico 800 activa el conmutador 804 para introducir el proceso de frenado asimétrico tal como se ha descrito.

En otras realizaciones, el módulo de tendencia 186 determina una tendencia de la pluralidad de las diferencias filtradas, por ejemplo, determinando un ratio de cambio de la pluralidad de diferencias filtradas. Cuando el ratio de cambio es no- negativo, se considera que las oscilaciones tienen una tendencia al aumento. En tales casos, el sistema de control simétrico 800 se comunica con el sistema de control asimétrico 500 a través del conmutador 804

para llevar a cabo el proceso de frenado asimétrico, para generar un par eficiente para estabilizar las oscilaciones del remolque tal como se ha descrito. Por otro lado, cuando el ratio de cambio es negativo, se considera que las oscilaciones tienen una tendencia a la reducción, y el sistema de control simétrico 800 activa el conmutador 804 para introducir un proceso de frenado simétrico para reducir la velocidad del vehículo 100 como se describe a continuación.

En el proceso de frenado simétrico, el sistema de control 800 pasa la pluralidad de errores de control a través del procesador 172 para comenzar a amortiguar las oscilaciones que presenta el remolque 102. En la realización que se muestra, el procesador 172 incluye un módulo de ganancia P_S 808 en el controlador de acción proporcional 195 para controlar una función de ganancia proporcional simétrica, un módulo de ganancia I_S 812 en el controlador de acción integral 196 para controlar una función de ganancia integral simétrica, y un módulo de ganancia D_S 816 en el controlador de acción derivativa 197 para controlar una función de ganancia derivativa simétrica, detallados a continuación. En una realización específica, las ganancias I_S y D_S son constantes, por ejemplo, cero, mientras que la ganancia P_S es una constante que no es cero, tal como por ejemplo $400 \text{ ms}^2/\text{rad/s}$. Es decir, el sistema de control simétrico 800 sólo aplica la función de ganancia de la P_S constante a la pluralidad de errores de control. Sin embargo, otras funciones de ganancia de P_S , I_S , y D_S que no son cero, y funciones lineales y no lineales pueden también ser utilizadas en otras realizaciones.

Después de que el sistema de control simétrico 800 haya aplicado la función de ganancia P_S a la pluralidad de errores de control, una pluralidad de señales de control simétricas se genera y se compara con un par mínimo simétrico recuperado de la memoria 176. En algunas realizaciones, el par simétrico mínimo es de aproximadamente -0.5 m/s^2 . De esta forma, el sistema de control simétrico 800 puede aplicar un par simétrico mínimo para reducir o minimizar la latencia de frenado y para prepararse para un frenado asimétrico si fuera necesario. Las señales de control simétricas se proporcionan entonces al sistema del vehículo 168 para accionar componentes tales como el sistema hidráulico 190 y el módulo de control del par 194, o una combinación de los mismos, para distribuir o aplicar frenado o par continuo simétrico.

Además, en algunas realizaciones, cuando la pluralidad de diferencias filtradas se está incrementando, o cuando las oscilaciones tienen una tendencia al aumento, se modifican partes de las señales de frenado simétrico para acomodar algo de frenado asimétrico a fin de aumentar la eficiencia del amortiguado. Por ejemplo, el sistema de control simétrico 800 puede reducir los valores de las señales de control para reducir el frenado en las ruedas interiores 104A y 104B. Mientras el sistema de control 800 se encuentra reduciendo los valores de las señales de control simétricas, el sistema de control simétrico 800 también se comunica con el sistema 200 para aumentar las señales de control asimétricas en las ruedas exteriores 104C y 104D. De esta manera, el sistema 200 puede aumentar o maximizar un par de reacción para estabilizar el vehículo 100, y reducir o minimizar las oscilaciones del remolque y los momentos de guiñada.

Cuando la pluralidad de las diferencias filtradas está disminuyendo, o cuando las oscilaciones tienen una tendencia a la reducción, se modifican también partes de las señales de control simétricas para acomodar algo de frenado asimétrico para aumentar la eficiencia del amortiguado. Por ejemplo, el sistema de control simétrico 800 puede aumentar los valores de las señales de control simétricas para aumentar el frenado en las ruedas exteriores 104A y 104B. Mientras el sistema de control simétrico 800 está aumentando los valores de las señales de control simétricas, el sistema de control simétrico 800 también se comunica con el sistema 200 para disminuir las señales de control asimétricas en las ruedas interiores 104C y 104D. De esta manera, el sistema 200 puede también aumentar o maximizar el par de reacción para estabilizar el vehículo 100, y reducir o minimizar las oscilaciones del remolque y los momentos de guiñada.

La Figura 9 es un diagrama de flujo de un proceso de control de la oscilación 900 que ocurre en algunas construcciones, que incluye procesos que pueden ser llevados a cabo por software, firmware, o hardware. Como se ha señalado, la matriz de sensores 164 detecta una pluralidad de condiciones del vehículo tales como velocidades de guiñada en el bloque 904, tal como se ha descrito. El sistema 200 compara entonces la pluralidad de condiciones del vehículo con una pluralidad de objetivos del vehículo en el bloque 908, para obtener una pluralidad de diferencias. En algunas realizaciones, la pluralidad de diferencias representa una pluralidad de errores en la velocidad de guiñada entre las velocidades de guiñada objetivo y las velocidades de guiñada que presenta el vehículo 100. El sistema 200 filtra entonces la pluralidad de diferencias para obtener una pluralidad de diferencias filtradas en el bloque 912. El sistema 200 continúa determinando un error de estado estable en el bloque 916, tal como se describió con anterioridad. Basándose en el error de estado estable, el sistema 200 aplica control asimétrico en el bloque 920 al sistema del vehículo 168 (de la Figura 2).

El sistema 200 también determina un valor máximo o un pico de la pluralidad de diferencias filtradas en el bloque 924. Basándose en el pico, el sistema 200 determina una tendencia de la pluralidad de diferencias filtradas en el bloque 928. Si la tendencia de la pluralidad de diferencias filtradas indica una tendencia tal como se determina en el bloque 932, el procesador 172 modifica las señales de control asimétricas y simétricas a ser aplicadas a las ruedas 104A, 104B, 104C, y 104D en el bloque 934, tal como se ha descrito. Sin embargo, si la tendencia de la pluralidad de diferencias filtradas indica una tendencia a la reducción como se determina en el bloque 932, el procesador 172

se conmuta para ativar el frenado simétrico en el bloque 936, y también modifica las señales de control simétricas y asimétricas aplicadas a las ruedas 104A, 104B, 104C, y 104D en el bloque 938, tal como de ha descrito. A partir de entonces, el sistema aplica los respectivos procesos llevados a cabo por el sistema de control simétrico 800 en el bloque 940, y por el sistema de control asimétrico 500 en el bloque 920, como se ha descrito.

- 5 Varias características y ventajas de la invención se exponen en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar un vehículo tractor (100) conectado a un remolque del vehículo (102), donde el método consta de:

5 determinar un conjunto de objetivos para el vehículo tractor (100), donde el conjunto de objetivos del vehículo incluye una pluralidad de valores objetivo, cada uno correspondiente a uno de una pluralidad de sensores del vehículo situados en el vehículo tractor;

10 detectar un conjunto de condiciones del vehículo indicativas de los movimientos que presenta el vehículo tractor (100), causados por el remolque del vehículo (102), donde el conjunto de condiciones del vehículo incluye una pluralidad de valores de condición cada uno detectado por uno de una pluralidad de sensores del vehículo;

determinar una pluralidad de diferencias entre el conjunto de objetivos del vehículo y el conjunto de las condiciones del vehículo;

caracterizado porque el método además comprende:

determinar una tendencia (186) de la pluralidad de diferencias;

15 determinar, mediante un controlador de frenado simétrico, una fuerza simétrica a aplicar al vehículo basada, al menos en parte, en el conjunto de objetivos del vehículo y el conjunto de condiciones;

20 determinar, mediante un controlador de frenado asimétrico, una fuerza asimétrica a aplicar al vehículo basada, al menos en parte, en el conjunto de objetivos del vehículo y el conjunto de condiciones del vehículo;

seleccionar entre el controlador simétrico (800) y el controlador asimétrico (500) en base a la tendencia (185); y

25 accionar el sistema del vehículo (168) de acuerdo al controlador seleccionado, el controlador simétrico (800) o el controlador asimétrico (500) para aplicar la fuerza simétrica o la fuerza asimétrica al vehículo tractor, para disminuir la pluralidad de diferencias.

2. El método de la reivindicación 1, en donde determinar una tendencia (186) de la pluralidad de diferencias comprende:

determinar un ratio de cambio de la pluralidad de diferencias en comparación a una pluralidad de diferencias previa;

30 indicar la tendencia (186) al aumento cuando el ratio de cambio conste de un valor positivo; e

indicar la tendencia (186) a la reducción cuando el ratio de cambio conste de un valor negativo.

3. El método de la reivindicación 1, en donde determinar una tendencia (186) de la pluralidad de diferencias consta de:

determinar un valor pico a partir de una pluralidad de diferencias previas;

35 indicar la tendencia (186) al aumento cuando una de la pluralidad de diferencias esté por encima del valor pico; e

indicar la tendencia (186) a la reducción cuando una de la pluralidad de diferencias sea menor que el valor pico.

40 4. El método de la reivindicación 1, en donde seleccionar entre el controlador simétrico (800) y el controlador asimétrico (500) comprende:

seleccionar el controlador asimétrico (500) cuando la tendencia (186) indica diferencias en aumento entre el conjunto de objetivos del vehículo y el conjunto de condiciones; y

seleccionar el controlador simétrico (800) cuando la tendencia (186) indica diferencias en disminución entre el conjunto de objetivos del vehículo y el conjunto de condiciones del vehículo.

5. El método de la reivindicación 1, en donde accionar el sistema del vehículo (168) consta de aplicar al menos uno de entre un frenado simétrico y un frenado asimétrico en base al controlador seleccionado, el controlador simétrico (800) y el controlador asimétrico (500).
 6. El método de la reivindicación 1, que además comprende el filtrado con un filtro pasa banda (185) de la pluralidad de diferencias, y en donde determinar una tendencia (186) consta de determinar una tendencia (186) de la pluralidad de diferencias filtradas (912).
 7. El método de la reivindicación 1, en donde el conjunto de objetivos del vehículo consta de una pluralidad de velocidades de guiñada que corresponden a una pluralidad de sensores de velocidad de guiñada.
 8. El método de la reivindicación 1, en donde detectar un conjunto de condiciones del vehículo comprende determinar una pluralidad de velocidades de guiñada que presenta el vehículo tractor (100) de acuerdo a una pluralidad de sensores de velocidad de guiñada.
 9. El método de la reivindicación 1, en donde accionar un sistema del vehículo (168) comprende generar al menos uno de entre un par simétrico y un par asimétrico en base al controlador seleccionado.
 10. Un sistema (200) para controlar un vehículo tractor (100) conectado a un remolque del vehículo (102), donde el sistema (200) comprende:
 - una pluralidad de sensores (164) situados en el vehículo tractor (100) configurados para detectar un conjunto de condiciones del vehículo indicativas de movimientos que presenta el vehículo tractor (100) causados por el remolque del vehículo (102), donde el conjunto de condiciones incluye una pluralidad de valores de condición cada uno detectado por uno de entre la pluralidad de sensores del vehículo;
 - un comparador (182) configurado para determinar una pluralidad de diferencias entre el conjunto de condiciones del vehículo y un conjunto de objetivos del vehículo, donde el conjunto de objetivos del vehículo incluye una pluralidad de valores objetivos siendo cada uno correspondiente a uno de entre la pluralidad de sensores del vehículo;
- caracterizado porque** el sistema además comprende:
- un módulo de tendencia (186) configurado para determinar una tendencia (186) de la pluralidad de diferencias;
 - un controlador simétrico (800) configurado para determinar una fuerza simétrica para aplicar al vehículo basada al menos en parte en el conjunto de objetivos del vehículo y el conjunto de las condiciones del vehículo;
 - un controlador asimétrico (500) configurado para determinar una fuerza asimétrica para aplicar al vehículo basada al menos en parte en un conjunto de objetivos del vehículo y un conjunto de condiciones del vehículo;
 - un conmutador (804) configurado para seleccionar entre el controlador simétrico (800) y el controlador asimétrico (500) en base a la tendencia (186); y
 - un sistema del vehículo (168) configurado para ser accionado mediante el controlador seleccionado para aplicar la fuerza simétrica o la fuerza asimétrica al vehículo tractor (100).
11. El sistema (200) de la reivindicación 10, en donde la tendencia (186) comprende un ratio de cambio de la pluralidad de diferencias, y en donde el controlador está además configurado para indicar la tendencia (186) al aumento cuando el ratio de cambio comprende un valor positivo, y para indicar la tendencia (186) a la reducción cuando el ratio de cambio comprende un valor negativo.
 12. El sistema (200) de la reivindicación 10, en donde el módulo de tendencia (186) comprende un detector de picos (188) configurado para determinar un valor pico de la pluralidad de diferencias, y en donde el controlador está además configurado para indicar la tendencia (186) al aumento cuando una de la pluralidad de diferencias está por encima del valor pico determinado previamente, y para indicar la tendencia (186) a la reducción cuando todas de la pluralidad de diferencias sean menores que el valor pico determinado previamente.

- 5 13. El sistema (200) de la reivindicación 10, en donde el conmutador (804) está además configurado para seleccionar el controlador asimétrico (500) cuando la tendencia (186) indica diferencias en aumento entre el conjunto de condiciones del vehículo y el conjunto de objetivos del vehículo, y para seleccionar el controlador simétrico (800) cuando la tendencia (186) indica diferencias en disminución entre el conjunto de condiciones del vehículo y el conjunto de objetivos del vehículo.
14. El sistema (200) de la reivindicación 10, en donde el sistema del vehículo (168) comprende un sistema hidráulico (190), y en donde el sistema hidráulico (190) está configurado para aplicar frenado simétrico o frenado asimétrico en base al controlador seleccionado.
- 10 15. El sistema (200) de la reivindicación 10, que además comprende un filtro pasa banda (185) configurado para filtrar la pluralidad de diferencias, y en donde el módulo de tendencia está además configurado para determinar la tendencia (136) de la pluralidad de diferencias en base a la pluralidad de diferencias filtradas (912).
16. El sistema (200) de la reivindicación 10, en donde el conjunto de objetivos del vehículo comprende una pluralidad de velocidades de guiñada que corresponden a una pluralidad de sensores de velocidad de guiñada.
- 15 17. El sistema (200) de la reivindicación 10, en donde el conjunto de condiciones del vehículo comprende una pluralidad de velocidades de guiñada que presenta el vehículo tractor (100) según se detectan mediante una pluralidad de sensores de velocidad de guiñada.
18. El sistema (200) de la reivindicación 10, en donde el sistema del vehículo (168) comprende un sistema hidráulico (190), y en donde el sistema hidráulico (190) está configurado para generar par simétrico o par asimétrico para el vehículo tractor (100) en base al controlador seleccionado.

20

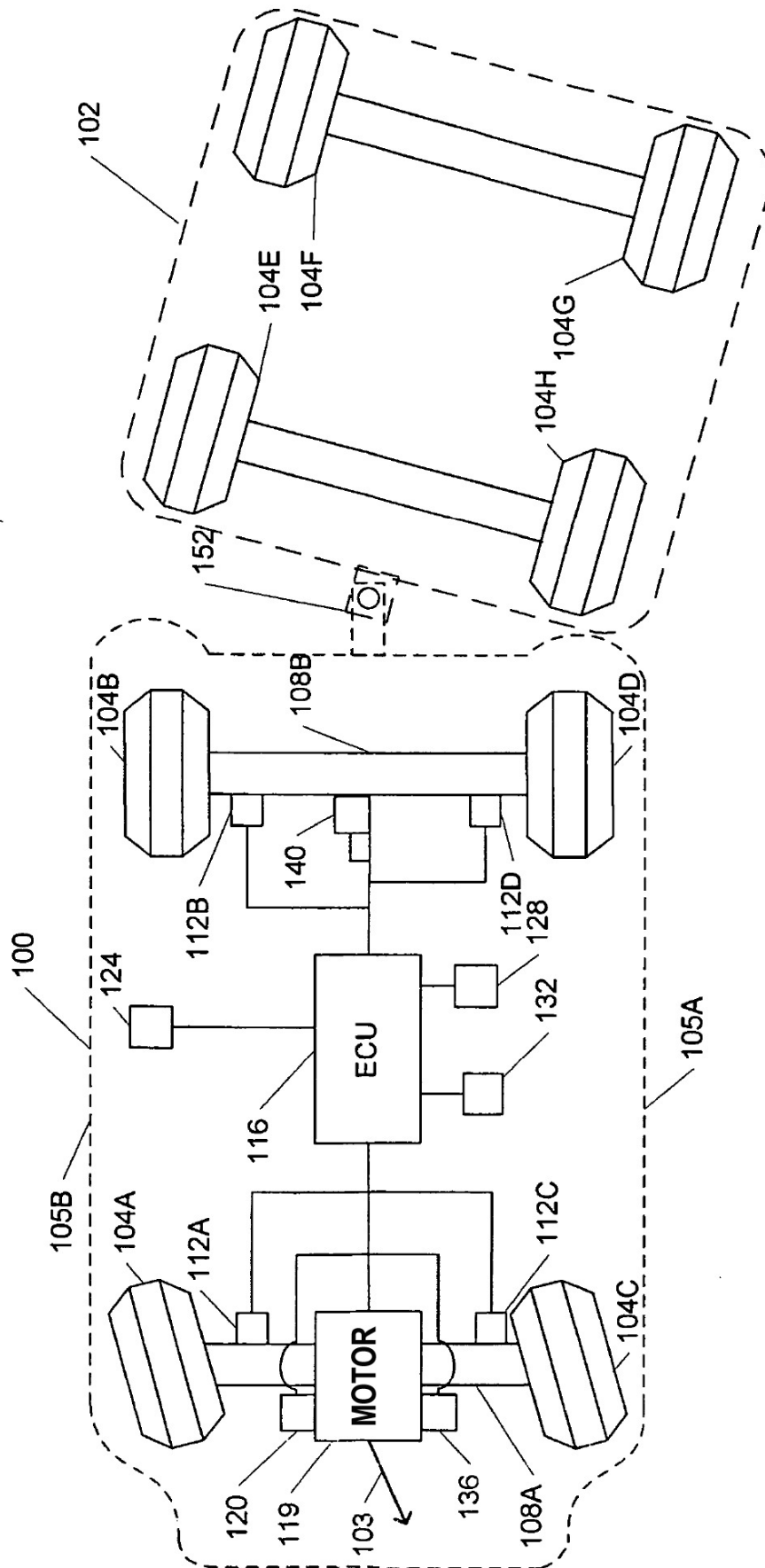
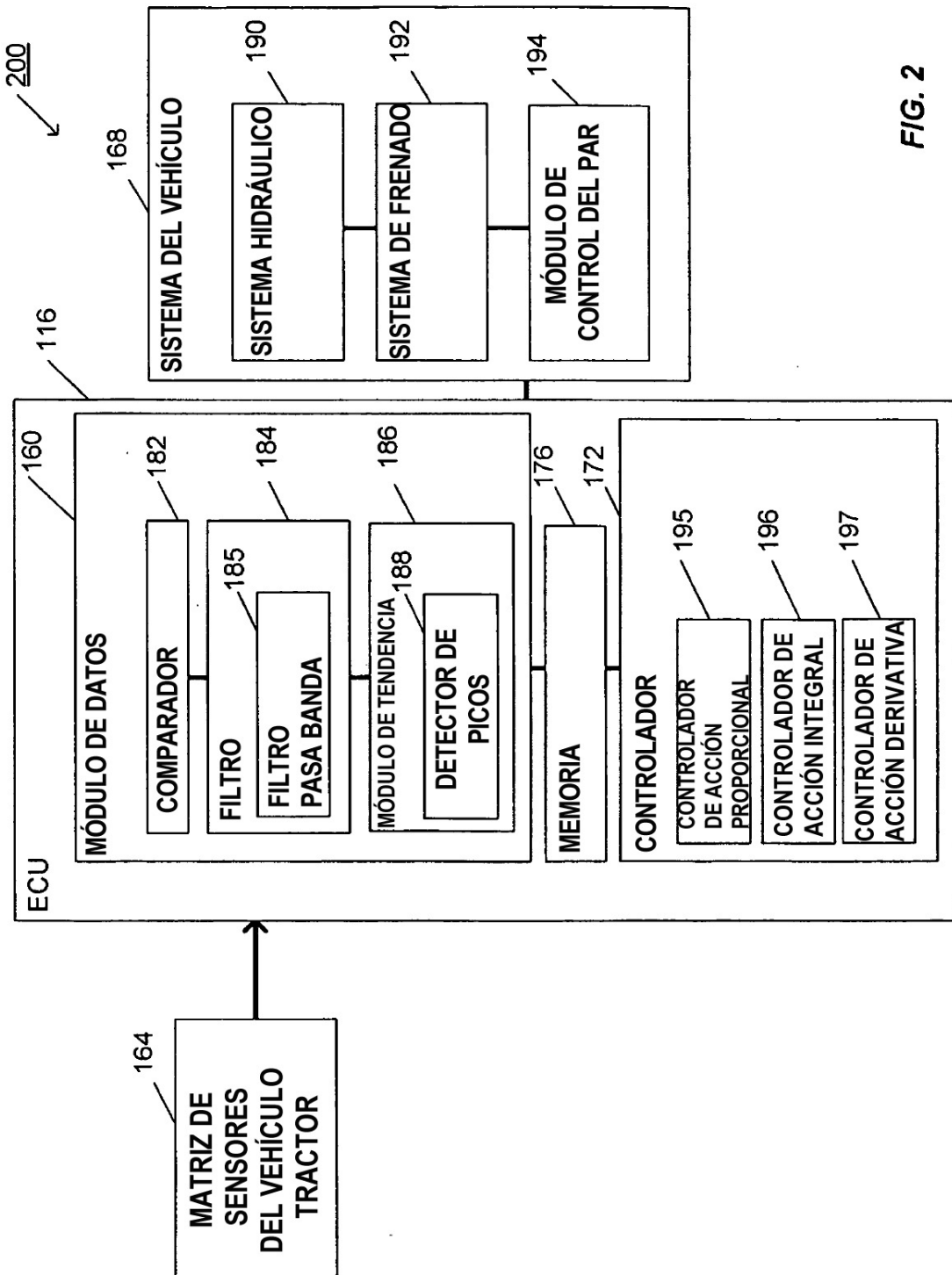
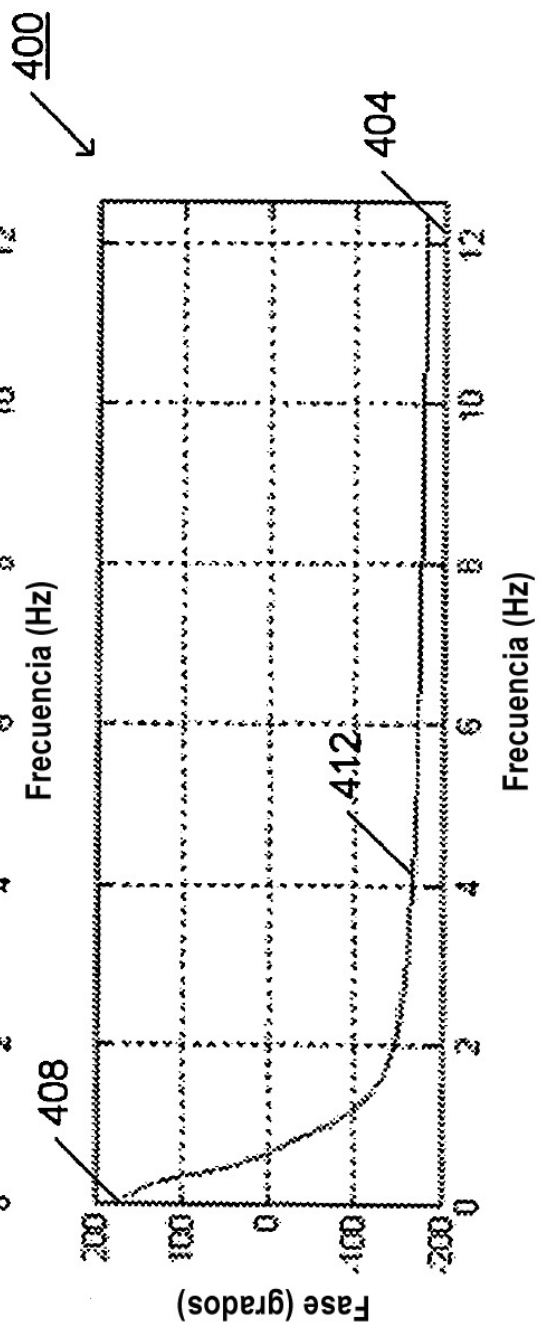
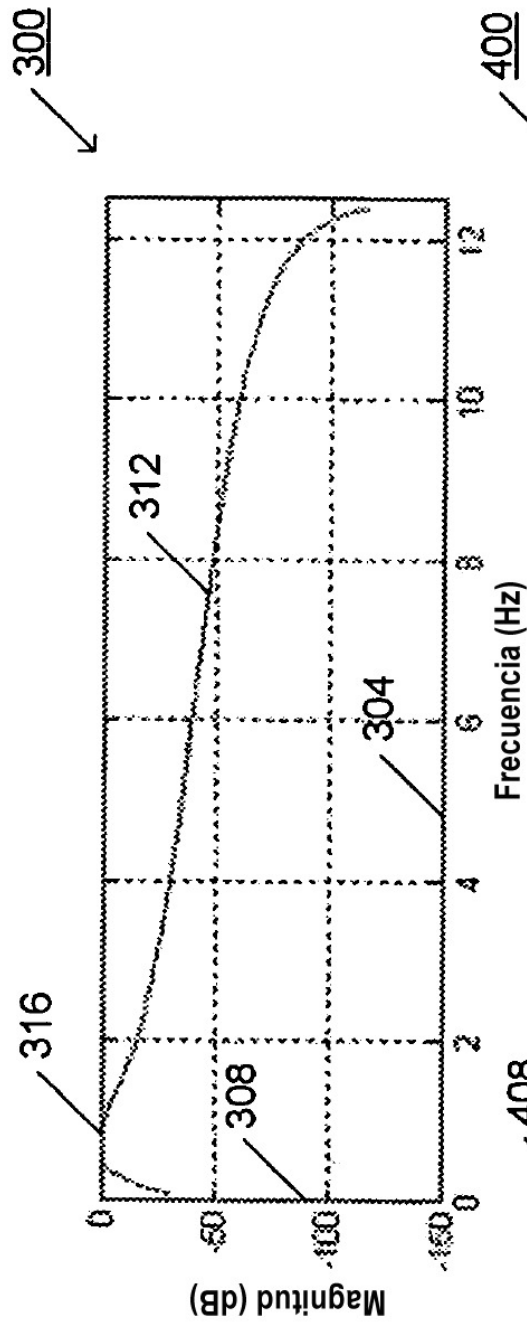


FIG. 1





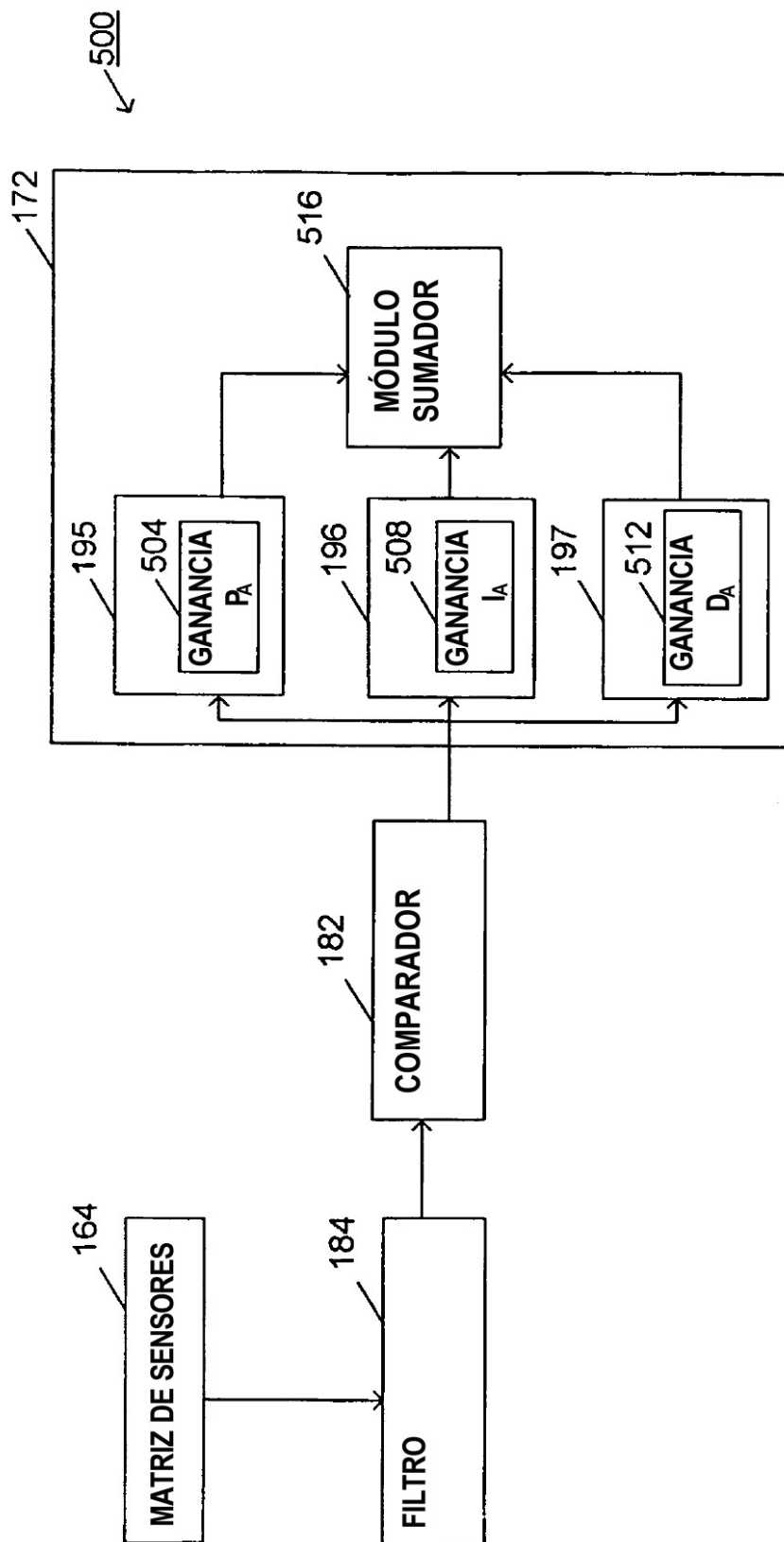


FIG. 5

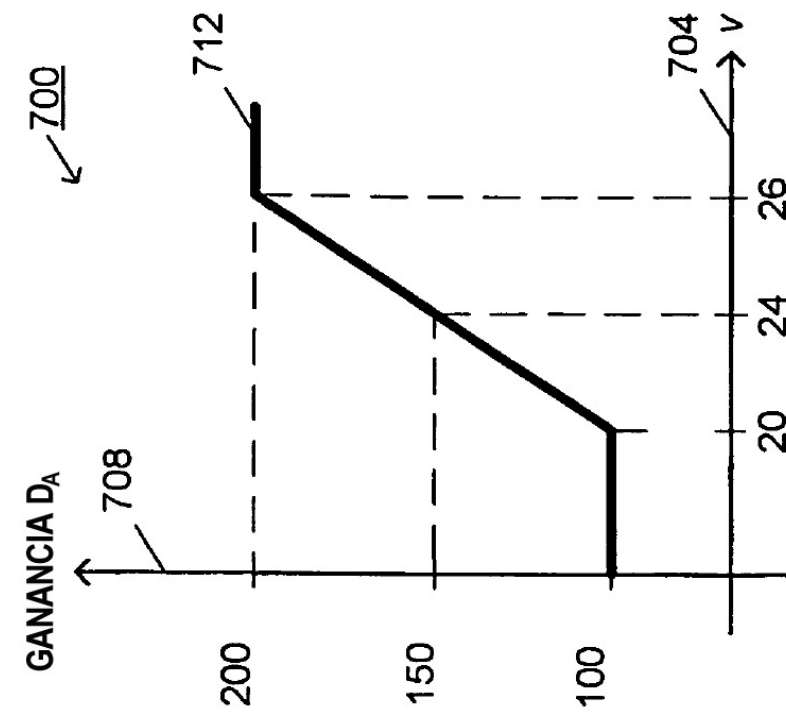


FIG. 6

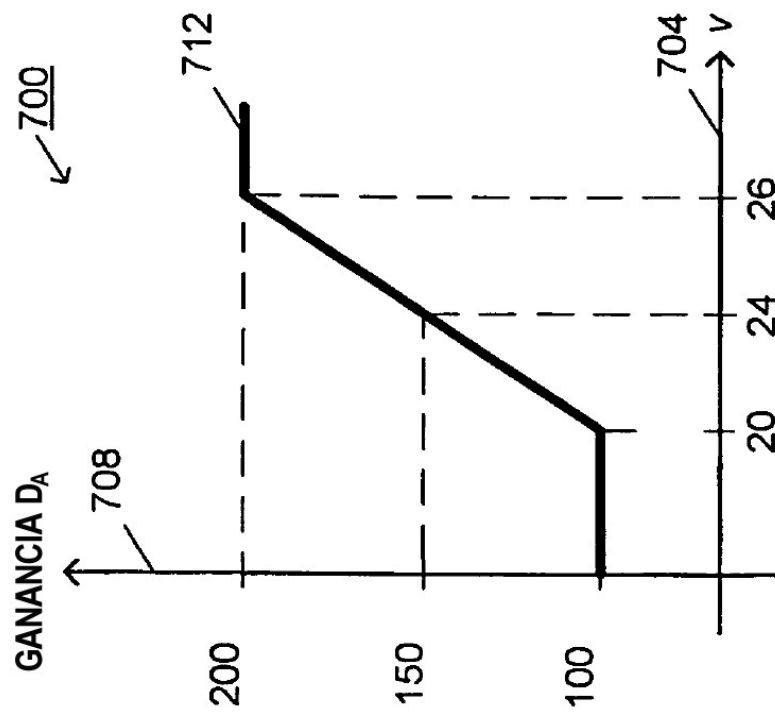


FIG. 7

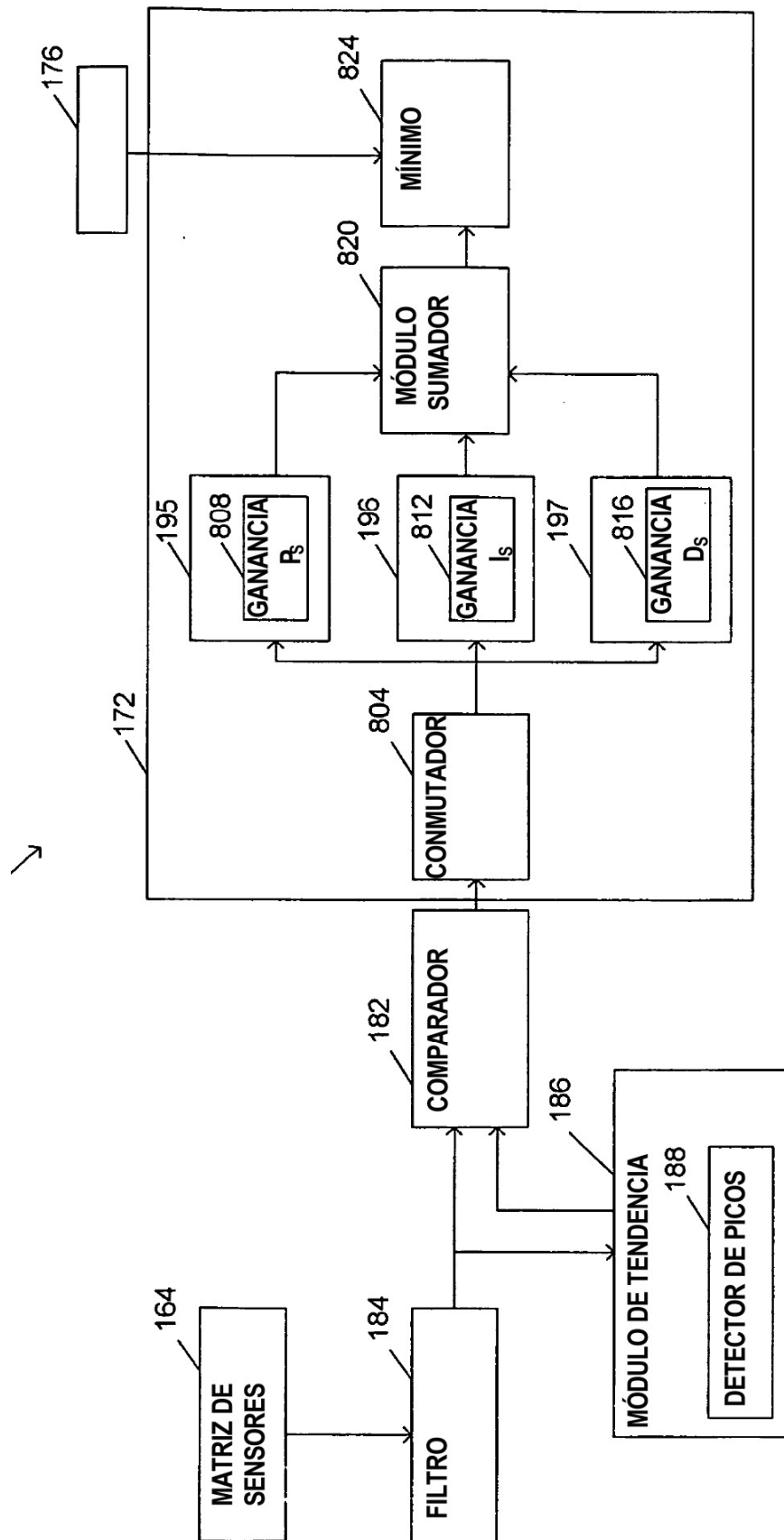


FIG. 8

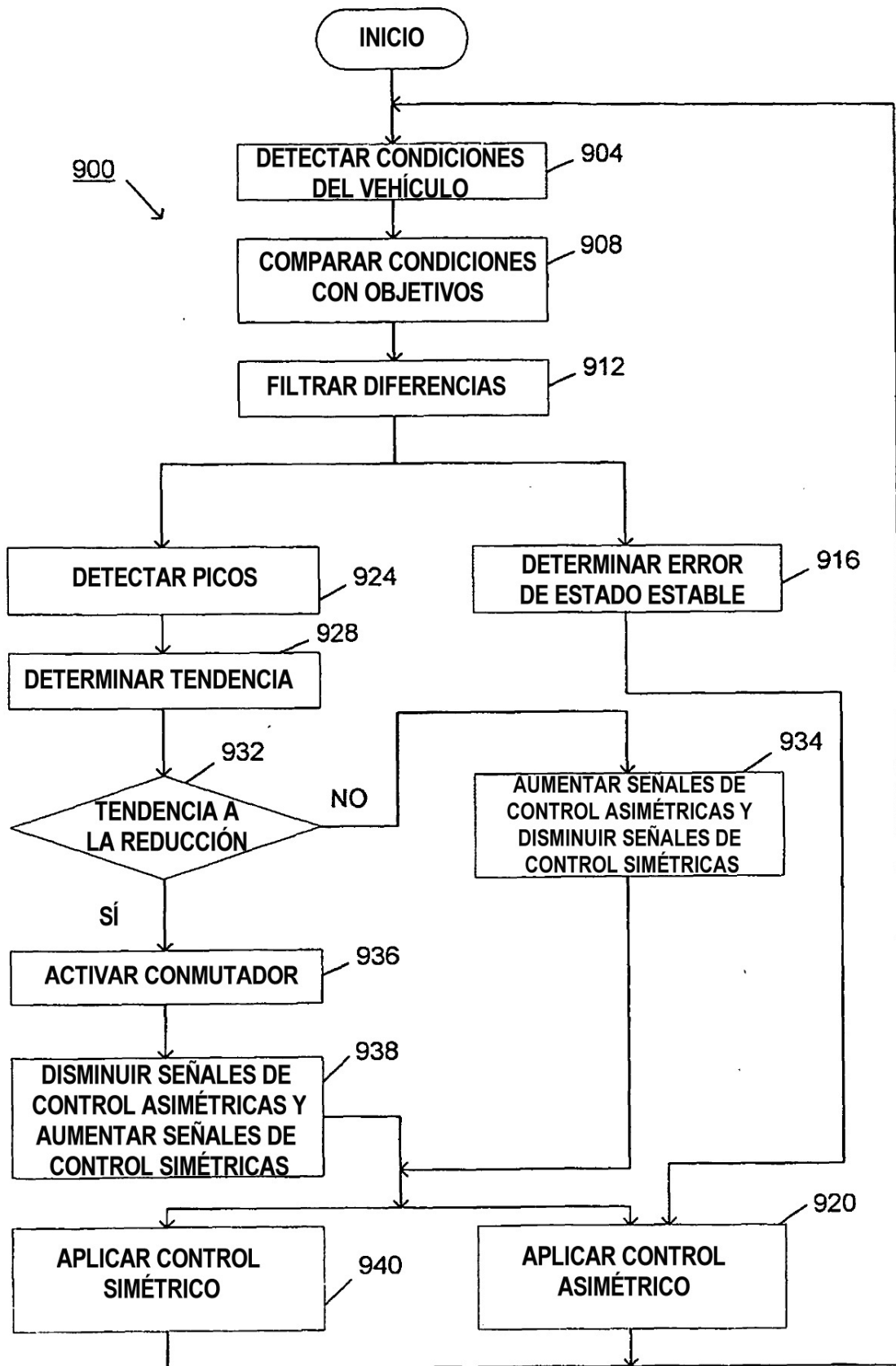


FIG. 9