

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 285**

51 Int. Cl.:
B60T 8/1755 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06813479 .0**
96 Fecha de presentación: **16.08.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1919747**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.05.2008**

54 Título: **Sistema de control de estabilidad de vehículo**

30 Prioridad:
25.08.2005 US 211407

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.04.2012

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

72 Inventor/es:
**KROEHNERT, Michael;
JAUCH, Siegfried;
NARDI, Flavio;
SAMSONS, Andris y
SCOTT, Vaughan**

74 Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

ES 2 379 285 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de control de estabilidad de vehículo.

Campo

5 Las realizaciones de la invención se refieren a los sistemas de control de estabilidad de vehículo. Más específicamente, las realizaciones de la invención se refieren a métodos para estabilizar un vehículo utilizando un sistema de control de estabilidad de vehículo.

Antecedentes

10 Existe una variedad de los sistemas de freno-, torque-, y control de estabilidad electrónico basado en transmisión (“ESC”). Un sistema basado en freno puede ser utilizado como un algoritmo ESC para aplicar un frenado variable a todas o alguna de las rudas con el fin de corregir una condición inestable de manejo. Una transmisión controlada electrónicamente puede ajustar la distribución de torque a las ruedas del vehículo para corregir una condición inestable de manejo. La US 2002/153770 A1 se refiere a un aparato de control de comportamiento de vehículo.

Resumen

15 Sin embargo, los sistemas de freno-, torque-, y ESC basados en transmisión son, en general, implementados por separado, y muestran características indeseables que pueden impactar el sentimiento del vehículo al conductor. Por ejemplo, Varios sistemas basados en frenado son efectivos en estabilizar un vehículo, pero no podrán hacerlo con la suavidad deseada. Los sistemas basados en transmisión tienen el potencial de ajustar las dinámicas del vehículo en respuesta a las entradas del conductor, pero son a menudo inefectivas a altas velocidades. Por lo tanto, los sistemas mejorados son deseables.

20 Los siguientes resúmenes indican ciertos ejemplos de las realizaciones de la invención. No se indican en lo sucesivo para todas las realizaciones y no deben de ninguna forma ser construidos como limitaciones de la invención.

25 En una realización, se provee un sistema de control de estabilidad integrado que utiliza un control de torque basado en transmisión para cada una de las ruedas del vehículo además de iniciar una función de frenado. Dicho sistema ayuda a mejorar la sensación del sistema de estabilidad al conductor. Tal sistema también ayuda a incrementar la robustez de las dinámicas de manejo, reduciendo la carga de trabajo del conductor, y reduciendo la necesidad del control de estabilidad basado en el frenado. En algunos casos, es deseable aplicar el control e torque antes de aplicar el control de freno.

30 En otra realización, un sistema de estabilidad del vehículo para un vehículo comprende un sensor de rata de derrape, un sensor de aceleración, un sensor de dirección, un sensor de solicitud de torque, y un controlador. El sensor de rata de derrape es configurado para generar una salida indicativa de la rata de derrape del vehículo. El sensor de aceleración es configurado para generar una salida indicativa de una aceleración lateral del vehículo. El sensor de dirección es configurado para generar una salida indicativa de un ángulo de dirección. El sensor de solicitud de torque está configurado para generar una salida indicativa de una solicitud de torque por el conductor del vehículo. El controlador esta configurado para recibir una salida del sensor de rata de derrape, el sensor de aceleración lateral, el sensor de dirección, y el sensor de solicitud de torque, generan una señal de torque, y transmiten la señal de torque a un diferencial.

35 En aun otra realización, un método de estabilizar un vehículo utilizando un sistema de estabilidad de vehículo comprende la generación de un objetivo de indicador de estabilidad, evaluando una entrada del conductor del vehículo, determinando la presencia de una condición de sobre dirección, o ambas, estableciendo un indicador de inestabilidad, determinando un control de torque, y aplicando el control de torque. Aplicando el control de torque puede incluir transmitir una señal de control de torque. El objetivo del indicador de estabilidad representa una condición de vehículo estable. La evaluación de la entrada del conductor del vehículo está basada en al menos parcialmente en una entrada de aceleración y un ángulo de dirección del vehículo. Determinando la presencia de una condición de sub dirección, una condición de sobredirección, o ambas es basada en al menos parcialmente en una aceleración lateral del vehículo, una rada e derrape del vehículo, una velocidad longitudinal del vehículo, y una entrada del conductor del vehículo. Estableciendo un indicador de inestabilidad es basada en si o no existe una condición de sub dirección, una condición de sobre dirección, o ambas. Determinando un control de torque es basado al menos parcialmente en el indicador de inestabilidad, el indicador del objetivo, y la evaluación de entrada del conductor.

40 En aun otra realización, un vehículo que tiene al menos cuatro ruedas incluyendo una rueda frontal izquierda, una rueda frontal derecha, una rueda trasera izquierda, y una rueda trasera derecha, y teniendo también un sistema de estabilidad de vehículo que incluye una función de frenado y una función de control de torque comprende un sensor de ángulo de dirección de rueda, un sensor de rata de derrape, un sensor de aceleración, al menos un sensor de velocidad de rueda, y un controlados. El sensor de ángulo de dirección esta configurado para detectar un ángulo de dirección del vehículo y generar una señal de dirección indicativa de la misma. El sensor de rata de derrape es configurado para detectar una
55 rata de derrape del vehículo y generar una señal de rata de derrape indicativa de la misma. El sensor de aceleración

esta configurado para detectar una aceleración lateral del vehículo y generar una señal de aceleración lateral indicativa de la misma. Al menos un sensor de velocidad de rueda esta configurado para detectar al menos una velocidad de rueda y generar una señal indicativa de señal de rueda de la misma. El controlador está configurado para recibir la señal desde el sensor de ángulo de dirección, la señal del sensor de rata de derrape, la señal del sensor de aceleración, y la señal de al menos un sensor de velocidad de rueda y determinar una corrección de estabilidad. La corrección de estabilidad comprende información para aplicar variablemente un torque a al menos una de la rueda delantera izquierda, la rueda delantera derecha, la rueda trasera izquierda y la rueda trasera derecha utilizando la función de control de torque además de aplicar un freno a al menos una de la rueda delantera izquierda, la rueda delantera derecha, la rueda trasera izquierda y la rueda trasera derecha utilizando la función de frenado.

10 Otros aspectos de la realización se volverán aparentes en consideración de la descripción detallada y los dibujos acompañantes.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 ilustra un vehículo teniendo un sistema de control de estabilidad electrónica.

La FIG. 2 ilustra un proceso ejemplo que puede ser utilizado para proporcionar el control de estabilidad del vehículo.

15 La FIG. 3 ilustra una realización de un módulo en sobre dirección o sub dirección.

La FIG. 4 ilustra un proceso ejemplo que puede ser utilizado para calcular un indicador de inestabilidad.

La FIG. 5 ilustra un modelo de bicicleta que puede ser utilizado para llevar a cabo las ecuaciones que describen el comportamiento de un vehículo.

La FIG. 6 ilustra una realización de un módulo de modulación de control de torque.

20 La FIG. 7 ilustra un proceso de ejemplo que puede ser utilizado para determinar si se transfiere el control de torque.

La FIG. 8 ilustra una realización de un módulo de salida de torque.

La FIG. 9 ilustra un proceso de ejemplo que puede ser utilizado para determinar una cantidad de torque que es aplicado por el módulo de salida de torque.

25 La FIG. 10 ilustra un proceso de ejemplo en el cual el control de frenado puede ser aplicado después de aplicar el control de torque.

La FIG. 11 ilustra un sistema de control de estabilidad de vehículo de ejemplo.

Descripción detallada

Antes de que cualquiera de las realizaciones de la invención sean explicadas en detalle, debe entenderse que la invención no está limitada en su aplicación a los detalles de construcción y la organización e los componentes establecidos en la siguiente descripción o ilustración en los siguientes dibujos. La invención es capaz de otras realizaciones y de ser practicada o llevada a cabo de varias formas. También, se entiende que la fraseología y terminología utilizada acá es para el propósito de descripción y no debería ser considerada como limitante. El uso de "incluyendo", "comprendiendo", o "teniendo" y sus variaciones en este documento se entiende que abarca los artículos listados después y sus equivalentes así como los artículos adicionales. Amenos que se especifique o se limite lo contrario, los términos "montado", "conectado", "soportado", y "acoplado" y sus variaciones son usadas en general y abarcan ambos montajes, conexiones, soportes y acoples directa e indirectamente respectivamente.

La FIG. 1 ilustra esquemáticamente un vehículo de ejemplo 100 teniendo ruedas 103, 104, 105, y 106. En otras realizaciones, el vehículo 100 puede tener más o menos ruedas que aquellos mostrados, por ejemplo, un camión teniendo dos ruedas frontales y cuatro ruedas traseras. Otros componentes mecánicos del vehículo 100 incluyen un eje frontal 107, un eje trasero 108; un diferencial frontal 110, un diferencial trasero 115, y frenos 120. Los diferenciales frontales y traseros 110 y 115 pueden ser diferenciales del tipo embrague. En algunas realizaciones, el vehículo 100 puede también incluir un diferencial central (no mostrado).

Las ruedas frontales 103 y 104 y las ruedas traseras 105 y 106 están acopladas al eje frontal 107 y al eje trasero 108, respectivamente. Los ejes 107 y 108 están acoplados al diferencia frontal 110 y al diferencial trasero 115, respectivamente. Los diferenciales 110 y 115 están acoplados a un eje impulsor (no mostrado) que es girado por un motor (tampoco es mostrado). Por lo tanto, el diferencial frontal 110 y el diferencial trasero 115 pueden ser utilizados para distribuir varias cantidades de torque a las ruedas frontales 103 y 104 y las ruedas traseras 105 y 106 a través de los ejes 107 y 108. Como comúnmente es conocido en la técnica, el torque es destinado para referir a una fuerza que produce la rotación de, o torsión de un eje impulsor. En algunas realizaciones, el torque que es generado por el motor puede ser distribuido diferencialmente desde el diferencial frontal 110 y el diferencial trasero 115. Este tipo de distribución de torque puede requerir un diferencial central (no mostrado). Por ejemplo, el diferencial frontal 110 puede recibir 40 por ciento del torque total que es producido por el motor, mientras que el diferencial trasero 115 puede recibir

5 el 60 por ciento restante el torque disponible. Adicionalmente, en otras realizaciones, la cantidad de torque que es distribuido a las ruedas frontales y traseras 103, 104, 105 y 106 puede variar en una base individual. Por ejemplo, el diferencial frontal 110 puede ser utilizado para distribuir una cantidad diferente de torque cada una de las ruedas delanteras 103 y 104. Similarmente, el diferencial trasero 115 puede ser utilizado para distribuir una cantidad diferente de torque a cada una de las ruedas traseras 105 y 106. Por lo tanto, es posible distribuir diferentes cantidades de torque a cada una de las ruedas 103, 104, 105, y 106.

10 La forma en la cual el torque es distribuido está limitada a la configuración del vehículo. Por ejemplo, algunos vehículos de tracción en dos ruedas 100 pueden solamente incluir un solo diferencial, el cual controla ya sea las ruedas delanteras o traseras. En tales realizaciones, solo las ruedas que están acopladas a un diferencial pueden recibir diferentes cantidades de torque. Otros vehículos pueden incluir varios diferenciales en un sistema de tracción en todas las ruedas, los cuales pueden permitir que el torque sea aplicado a todas las ruedas.

15 La forma en la cual las ruedas son impulsadas no esta limitada a los diferenciales y ejes motrices acoplados a un motor central. Por ejemplo, cada una de las ruedas 103-106 pueden ser impulsadas por un motor eléctrico separado (no mostrado). El torque que es aplicado a las ruedas 103-106, por lo tanto, es dependiente del torque que cada uno de los motores eléctricos produce. Otras formas de aplicar diferentes cantidades de torque a cada una de las ruedas 103-106 deben ser aparentes a aquellos con habilidades en la técnica.

20 Los frenos 120 pueden ser utilizados para aplicar una fuerza de frenado a las ruedas 103-106. En algunas realizaciones, la fuerza de frenado es distribuido incluso entre las ruedas frontales 103 y 104 y las ruedas traseras 105 y 106 de forma que cada una de las ruedas 103-106 recibe aproximadamente la misma cantidad de fuerza de frenado. Alternativamente, una cantidad diferente de fuerza de frenado puede ser aplicada para cada una de las ruedas delanteras 103-104, así como a cada una de las ruedas traseras 105-106. Tal implementación puede ser llevada a cabo utilizando el sistema basado ESC u otro control electrónico o de ordenador.

25 Algunos de los otros componentes mecánicos del vehículo, tales como el diferencial frontal 110, el diferencial trasero 115, o el diferencial central (no mostrado) pueden también estar controlados electrónicamente o por ordenador. Por ejemplo, un diferencial puede comprender un dispositivo de acoplamiento controlable electro-mecánico o electro-hidráulico, el cual incluye componentes mecánicos e hidráulicos, aso como una unidad de control electrónica integrada ("ECU"). Por lo tanto, en algunas realizaciones, la ECU del diferencial es responsable de ciertas operaciones del diferencial, por ejemplo, actuando el embrague dentro del diferencial, o midiendo la cantidad de torque que es aplicado a las ruedas 103-106.

30 Componentes adicionales del vehículo 100 incluyen sensores de velocidad de las rudas 125, un sensor de ángulo de dirección 130, un sensor de pedal del acelerador 133, un sensor de rata de derrape 135, un sensor de aceleración 140 (por ejemplo, un acelerómetro o sensor de aceleración lateral), un controlador 145. En una realización, el controlador 145 incluye un módulo de frenado 150 y un módulo de control de torque 155. Ciertas funciones de los frenos 120, el diferencial frontal 110, y el eje diferencial trasero 120 pueden también estar controlados electrónicamente. Cada uno de los componentes del vehículo 100 pueden estar conectados eléctricamente por medio de un bus 160 (por ejemplo, un controlador de red de área ("CAN"), una red de interconexión local ("LIN"), y los similares). El bus 160 puede ser utilizado para suministrar corriente y transferir las señales de datos a cada uno de los componentes que están conectados al sistema. En otras realizaciones, un bus de comunicaciones de vehículo ancho, tal como el bus 160 no es requerido, y cada uno de los componentes del vehículo está conectado utilizando conexiones eléctricas separadas.

40 Con referencia aun a la FIG. 1, los sensores de velocidad de las ruedas 125 pueden ser utilizados para transmitir una señal al controlado 145 indicativa de la velocidad rotacional de la rueda. En algunas realizaciones, cada una e las ruedas 103-106 incluyen un sensor de velocidad de rueda separado 125. En otras realizaciones, son utilizados menores sensores de velocidad 125. Adicionalmente o alternativamente, la velocidad de cada una de las ruedas 103-106 puede ser medida de una manera diferente, por ejemplo, rastreando la rotación del eje impulsor (no mostrado) o de los ejes 107 y 108.

50 El sensor de ángulo de dirección 130 es utilizado para transmitir una señal al controlador 145 indicando de un ángulo de dirección del vehículo 100. Por ejemplo, el sensor de ángulo de dirección de dirección 130 puede ser utilizado para transmitir una señal al controlador 145 que corresponde a un ángulo al cual las ruedas 103 y 104 son giradas. Los ángulos a los cuales otras ruedas son giradas (por ejemplo, las ruedas traseras) pueden también ser monitoreados utilizando sensores de ángulo de dirección adicionales, si es aplicable. En otra realización, el sensor de ángulo de dirección 130 es un sensor de dirección de la rueda que monitorea un ángulo al cual se gira una dirección de rueda del vehículo (no mostrada). El ángulo de rotación de la rueda de dirección puede ser determinado utilizando unas referencias de una posición relativa o absoluta. Una posición de rueda, por ejemplo, que alinea las ruedas 103 y 104 aproximadamente perpendicular al eje 107 puede representar una marca de cero grados. Cada grado que la dirección de rueda es girada desde la marca de cero grados puede ser medido, Midiendo el ángulo de dirección del vehículo 100 con un sensor de dirección de rueda representa solo un método posible para medir el ángulo de dirección. Un mecanismo de detección que es posicionado además de la fuente de dirección (por ejemplo, la rueda de dirección) puede también ser utilizado para medir el ángulo de dirección. Por ejemplo, un mecanismo de detección puede ser utilizado para medir la actual posición de la rueda, y su ángulo, comparado a una referencia entandar tal como un eje.

El sensor del pedal de aceleración 133 es utilizado para transmitir una señal al controlador 145 indicando una solicitud de torque por un conductor, y/o una respuesta de aceleración por el vehículo 100. Por ejemplo, si el conductor del vehículo 100 desea acelerar incrementando el torque que es aplicado a las ruedas 103-106, un pedal de aceleración (no mostrado) puede ser presionado. Sin embargo, la solicitud de torque y la correspondiente respuesta del vehículo pueden también ser medidas de diferentes formas. Por ejemplo, una tasa de flujo de combustible en el motor del vehículo 100 puede también ser monitoreada. Generalmente, la tasa de flujo de combustible puede ser correlacionada al torque. Alternativamente o adicionalmente, la posición de un cable del acelerador puede ser medida para indicar una solicitud de torque (y respuesta del vehículo). Una señal de solicitud de torque puede también ser enviada desde el pedal de aceleración al motor electrónicamente (por ejemplo, un sistema impulsado por cables), y la señal puede ser utilizada para indicar una solicitud de torque y una respuesta del vehículo. Otras formas para monitorear una solicitud de torque y una respuesta del vehículo deberán ser aparentes a aquellos con habilidades en la técnica.

El sensor de tasa de derrape 135 es utilizado para transmitir una señal de tasa de derrape al controlador 145 indicando una tasa de derrape del vehículo. El término derrape es destinado a describir la velocidad a la cual el vehículo 100 rota sobre un eje vertical (por ejemplo, un eje "z" que se extiende verticalmente a través del vehículo 100, desde el fondo hasta la parte superior). El acelerómetro 140 es utilizado para detectar las aceleraciones laterales (por ejemplo, lado-a-lado con respecto al vehículo 100) del vehículo 100, y transmite las señales al controlador 145. Opcionalmente, el acelerómetro 140 puede ser configurado para detectar también la aceleración longitudinal. En algunas realizaciones, el sensor de la tasa de derrape 135 y el acelerómetro 140 pueden ser combinados en un módulo de detección. Alternativamente, el sensor de tasa de derrape 130 y el acelerómetro 140 pueden ser módulos separados que son posicionados en diferentes ubicaciones, dependiendo del vehículo 100 y de los requerimientos de los sensores 135 y 140.

Como se describió previamente, el controlador 145 puede incluir un módulo de frenado 150 y un módulo de control de torque 155. El módulo de frenado 150 es responsable de controlar la actuación de los frenos 120. En algunas realizaciones, el módulo de frenado 150 puede también incluir una función de anti bloqueo la cual es responsable de la modulación de los frenos 120. El módulo de frenado 150 puede también incluir una función de frenado ESC que es responsable de responder al cambio de condiciones de manejo aplicando cantidades variables de frenado a cada una de las ruedas 103-106. Similarmente, el módulo de control de torque 155 puede determinar una función de control de torque. La función de control de torque puede determinar, un incluir inherentemente, un valor de torque que puede ser transmitido al diferencial delantero, trasero o central del vehículo o una combinación de los diferenciales. Implementando la función de control de torque con el diferencial resulta en una alteración de la cantidad de torque que es aplicado a cada rueda. Alternativa o adicionalmente, la función de control de torque puede determinar, o incluir inherentemente, un valor de torque que puede ser transmitida al motor del vehículo. Implementando la función de control de torque con el motor puede resultar en una alteración de la cantidad de torque que es producido por el motor.

Es evidente que el controlador 145 puede ser un procesador que ejecuta programas de ordenador ejecutables (por ejemplo, software) con la ayuda de un sistema operativo (no ilustrado). En otras realizaciones, el controlador puede comprender hardware, de tal manera que las funciones descritas acá son llevadas a cabo por componentes de hardware. Por ejemplo, el controlador 145 puede ser implementado por una aplicación específica, un circuito integrado ("ASIC"), un firmware, componentes dedicados, o similares, como son conocidos en la técnica. Así, será apreciado que el controlador 145 puede ser implementado en hardware, software, o la combinación de los mismos. Adicionalmente, el módulo de frenado 150 y el módulo de control de torque 155 puede ser implementado utilizando programas de software separados, o combinados en un solo programa de software.

Una función de frenado y/o una función de control de torque pueden ser aplicadas para corregir una condición inestable del vehículo. Una condición inestable del vehículo puede ser identificada utilizando un número de indicadores. Por ejemplo, una condición inestable puede ser identificada determinando la presencia de una condición de sub dirección y/o una condición de sobre dirección. Una condición de sub dirección puede existir cuando las ruedas de un vehículo son giradas, pero el vehículo no sigue la trayectoria de giro pretendida y procede a viajar hacia adelante en vez de un radio de giro pretendido (por ejemplo, el radio de giro correspondiente al ángulo de las ruedas). Una condición de sobre dirección puede existir cuando las ruedas del vehículo son giradas a un cierto ángulo, pero el vehículo no sigue el radio de giro correspondiente y procede a girar muy bruscamente. De acuerdo a esto, una condición de sobre dirección puede resultar en una rotación excesiva del vehículo y/o patinaje, ocasionando que el extremo posterior del vehículo se deslice hacia afuera. Las condiciones de manejo descritas anteriormente pueden comúnmente ocurrir en superficies con bajos coeficientes de fricción (por ejemplo, una superficie de grava suelta, cualquier superficie con hielo, una superficie cubierta de nieve, y similares). Una condición de manejo inestable puede también ser determinada examinando otras características y condiciones del vehículo, tal como el deslizamiento de una rueda, la velocidad de una rueda, y las aceleraciones.

La FIG. 2 ilustra un proceso de ejemplo del control de torque del vehículo 200 que puede ser utilizado para controlar el torque que es aplicado a las ruedas 103-106. En algunas realizaciones, el proceso 200 es llevado a cabo por el módulo de control de torque 155. El proceso 200 generalmente incluye la generación de un objetivo de condición (paso 205), calculando un indicador de inestabilidad utilizando un indicador de sub dirección y/o un indicador de sobre velocidad (paso 210), evaluando una entrada del conductor (paso 215), decidiendo modular la solicitud de torque del conductor utilizando el módulo de control de torque 155 (paso 220), y transmitiendo una función de control de torque (paso 225).

Como se ha señalado, el primer paso del proceso 200 es generar una condición de objetivo para la función de control de torque (paso 205). La definición de la condición de objetivo puede variar, y puede ser dependiente en el vehículo 100, y la forma en la cual una condición inestable es clasificada. La condición de objetivo puede permitirle al vehículo girar sin una sobre dirección excesiva. Por ejemplo, un sistema que identifica una condición inestable de manejo determinando la presencia de una condición de sub dirección o sobre dirección, como se describió anteriormente, puede determinar un objetivo de ángulo de patinaje, el cual solo permite una cierta cantidad de deslizamiento lateral de la rueda antes de iniciar la función de control de torque. Otra forma para asegurarse que el vehículo no se sobre direccionará mientras gira es ajustar un objetivo de rata de derrape para la condición del objetivo. El objetivo de la rata de derrape puede ser determinada utilizando modelos matemáticos, o a través de pruebas o simulaciones del vehículo, como se describe en gran detalle a continuación.

En una realización, calculando un indicador de inestabilidad utilizando una variable de sobre dirección y una variable de sub dirección (paso 210) puede ser llevado a cabo utilizando un módulo de sobre dirección y de sub dirección 200, que se muestra en la FIG. 3. El módulo de sobre dirección y de sub dirección 300 puede ser utilizado para generar un indicador de inestabilidad necesario para el paso 210 llevando a cabo el sub proceso 400, que se muestra en la FIG 4.

Con referencia a la FIG. 3, el módulo de sobre dirección y de sub dirección 300 utiliza un conjunto de datos del vehículo para llevar a cabo el sub proceso 400 (FIG. 4). El conjunto de datos del vehículo pueden ser adquiridos desde el conjunto de señales que son transmitidas por los sensores que se muestran en la FIG. 1. En otras realizaciones, los datos del vehículo que son utilizados por el módulo de sobre dirección y de sub dirección 300 son derivados utilizando ecuaciones matemáticas y modelos teóricos. Por ejemplo, en una realización, los datos de aceleración lateral 305, los datos de solicitud de torque 310, los datos de ángulo de dirección 315, los datos de rata de dirección 320, y los datos de referencia de velocidad 325, pueden ser adquiridos utilizando el acelerómetro 140, el sensor de posición del pedal 133, el sensor del ángulo de dirección 130, el sensor de rata de dirección 135, el(los) sensor(es) de velocidad de rueda 125, respectivamente. Alternativa o adicionalmente, los datos 305-325 pueden ser derivador desde las ecuaciones matemáticas y modelos teóricos, como son descritos con respecto al sub proceso 400 en la FIG. 4.

Los datos 305-325 pueden ser utilizados por el módulo de sobre dirección y sub dirección 300 (implementando un sub proceso 400) para producir un indicador de sub dirección 330 y un indicador de sobre dirección 335. Adicionalmente, el indicador de sub dirección 330 puede ser utilizado para producir un indicador de inestabilidad 340. El indicador de sub dirección 330, el indicador de sobre dirección 335, y el indicador de inestabilidad 340 pueden todos ser indicativos de las condiciones de manejo inestables, como es descrito anteriormente. En algunas realizaciones, el indicador de inestabilidad 340 es la diferencia entre el indicador de sobre dirección 335 y el indicador de sub dirección 330, como se describe en gran detalle a continuación.

Con referencia ahora a la FIG. 4, el sub proceso 400 puede ser llevado a cabo por el módulo de sobre dirección y sub dirección 300 con el fin de formar un indicador de sobre dirección 335, un indicador de sub dirección 330, un indicador de inestabilidad 340, como previamente fue descrito. El proceso 400 puede ser dividido en un proceso del indicador de sobre dirección 405 y un proceso del indicador de sub dirección 410. El proceso del indicador de sobre dirección 405 y el proceso de sub dirección 410 pueden entonces ser utilizados para calcular el indicador de inestabilidad (paso 415).

El primer paso del proceso de sobre dirección 405 es calcular la aceleración lateral de la estructura del vehículo (paso 420). La ecuación (1), mostrada a continuación, puede ser utilizada para determinar matemáticamente la aceleración lateral de la estructura del vehículo (\dot{v}_y), utilizando la aceleración lateral (por ejemplo, la referencia o la aceleración lateral inercial), (a_y), la rata de derrape del vehículo (ψ), y la velocidad longitudinal estimada del vehículo (v_x).

$$\dot{v}_y = a_y - v_x \dot{\psi} \quad (1)$$

Un modelo simple de trayectoria de bicicleta 500, como se muestra en la FIG. 5A, puede ser utilizado para desarrollar la ecuación anterior (1). El modelo simple de trayectoria de bicicleta 500 puede también ser utilizado para desarrollar otras ecuaciones útiles, como se describe a continuación. Después de desarrollar ecuaciones con el modelo de trayectoria de bicicleta 500, ecuaciones similares pueden ser desarrolladas expandiendo los mismos conceptos a un modelo teniendo cuatro ruedas, las cuales pueden ser utilizadas para el vehículo 100. Otros modelos y ecuaciones pueden ser desarrollador para vehículos teniendo más o menos que cuatro ruedas.

En algunas realizaciones, el sensor de rata de derrape 135 es utilizado para proporcionar la señal de rata de derrape utilizada en la Ecuación (1). Adicionalmente, la aceleración lateral de referencia (a_y) puede ser provisto por un acelerómetro 140. Calculando una velocidad longitudinal estimada puede requerir los datos de los sensores de velocidad de rueda 125, el sensor de rata de derrape 135, el sensor de ángulo de dirección 130, un su combinación; los métodos de los cuales son conocidos en la técnica. Por lo tanto, en el interés de brevedad, un cálculo de la velocidad longitudinal estimada no es provisto acá. En algunas realizaciones, la velocidad longitudinal puede ser provista por otro sistema, por ejemplo, un sistema basado en frenos.

En algunas realizaciones, la aceleración lateral (α_y) puede ser compensada para acomodar el recorrido alrededor de una curva con peralte. En algunas realizaciones, la compensación de la aceleración lateral es calculada (paso 423) antes de calcular la tasa de patinaje (β) (paso 425). El siguiente paso del proceso de sobre dirección 405 es calcular la tasa de patinaje (β) del vehículo (paso 425). La ecuación (2), mostrada a continuación, puede ser utilizada para determinar una aproximación de la tasa de patinaje (β) utilizando la tasa de derrape (ψ), la aceleración lateral (α_y), y la velocidad longitudinal (V_x).

$$\dot{\beta} \approx \dot{\psi} - \frac{a_y}{v_x} \quad (2)$$

Como se describió anteriormente, el sensor de la tasa de derrape 135 puede ser utilizado para proporcionar la tasa de derrape (ψ), y la velocidad longitudinal (V_x) es calculada por otro sistema de vehículo. La aceleración lateral (α_y) es medida utilizando el acelerómetro 140.

Después de determinar la tasa de patinaje (β) del vehículo (paso 425), un indicador de sobre dirección normalizado 335 (K_{os}) puede ser desarrollado (paso 430). En una realizaciones, el indicador de sobre dirección 335 (K_{os}) es un patinaje normalizado que está entre 0 y 1. Como se muestra a continuación en la Ecuación (3), una ganancia de normalización (C_{os}) es utilizada para escalar el indicador de sobre dirección 335 (K_{os}) a un valor entre 0 y 1, de forma que puede ser más fácilmente comparado a un indicador de sub dirección.

$$K_{os} = C_{os} \left(\dot{\psi} - \frac{a_y}{v_x} \right) \quad (3)$$

Confiando solo en el indicador de sobre dirección 335 para determinar una condición de manejo inestable puede dar lugar a intervenciones falsas y anticipadas de una función de control de torque. Un cálculo diferente de las dinámicas del vehículo (por ejemplo, indicación de estabilidad) también considera la cantidad de sub dirección que está ocurriendo. Por ejemplo, una reducción del torque puede no ser deseada si el vehículo está patinando lateralmente (por ejemplo, hacia un lado) solamente. Por lo tanto, en algunas realizaciones el indicador de sub dirección 330 es también formado utilizando el proceso de sub dirección 410. Al hacerlo, la aceleración lateral diferencial entre los ejes frontales y traseros puede ser obtenida, proporcionando una imagen más completa de la condición de estabilidad del vehículo.

El primer paso del proceso de sub dirección 410 es calcular una referencia de tasa de derrape (ψ_{Ack}) (paso 440). En algunas realizaciones, la referencia de tasa de derrape (ψ_{Ack}) es una tasa de derrape Ackerman que es derivada utilizando un valor de velocidad característico (v_{ch}). El valor de velocidad característico (v_{ch}) es representativo de las dinámicas de estado estable del vehículo, las cuales pueden ser calculadas utilizando métodos conocidos. En una realización el valor de velocidad característico (v_{ch}) puede ser determinado utilizando los datos desde la inspección del vehículo. Por ejemplo, la velocidad característica (v_{ch}) puede ser un valor constante que es derivado utilizando pruebas o resultados de simulación. En otra realización, el valor de velocidad característico (v_{ch}) puede ser calculado utilizando la Ecuación (4), mostrada a continuación La ecuación de velocidad característica (v_{ch}) mostrada a continuación utiliza un coeficiente de rigidez de la rueda delantera (C_F), un coeficiente de rigidez de la rueda trasera (C_R), la masa del vehículo (m), la distancia entre los ejes (L), la distancia desde el centro de gravedad ("COG") del vehículo al eje delantero 107 (a), y la distancia desde el COG del vehículo al eje trasero 108 (b).

$$v_{ch}^2 = \frac{C_F C_R L^2}{m(C_R b - C_F a)} \quad (4)$$

El coeficiente de dureza en la rueda delantera (C_F), el coeficiente de dureza en la rueda trasera (C_R), y la masa del vehículo (m) pueden ser específicos para un vehículo, o estimados en un intento a ser aplicable a más de un vehículo en específico. Por lo tanto, la velocidad característica (v_{ch}) puede ser sintonizada de acuerdo al vehículo.

El cálculo de la tasa de derrape de referencia (ψ_{ACK}), como se muestra en la Ecuación (5), puede ser completado utilizando la velocidad característica (v_{CH}), la distancia entre ejes (L), el ángulo al cual las ruedas son giradas (δ), y la velocidad longitudinal (v_x).

$$\dot{\psi}_{Ack} = \frac{v_x \delta}{L \left[1 + \left(\frac{v_x}{v_{ch}} \right)^2 \right]} \quad (5)$$

La rata de derrape de referencia (ψ_{ACK}) indica la rata de derrape pretendida por el conductor considerando un ángulo de dirección (δ).

5 Con referencia aun a la FIG. 4, el indicador de sub dirección 330 (K_{US}) puede ser calculado utilizando la Ecuación (6), como se muestra a continuación, utilizando la rata de derrape de referencia (ψ_{ACK}), la rata de derrape actual (ψ), la rata de derrape objetivo ($\psi_{OBJETIVO}$), y la rata de derrape limitada de la superficie (ψ_{μ}).

$$K_{US} = C_{US} \frac{\dot{\psi}_{Ack} - \max(\dot{\psi}, \dot{\psi}_{OBJETIVO})}{\dot{\psi}_{\mu}} \quad (6)$$

10 En una realización, la rata de referencia de derrape (ψ_{ACK}) es calculada utilizando la Ecuación (5) (paso 440). La rata de derrape actual (ψ) puede ser determinada utilizando el sensor de rata de derrape 135. La rata de derrape limitada de la superficie (ψ_{μ}) puede ser definida como la máxima rata de derrape que una superficie de manejo puede sostener (por ejemplo, asfalto, grava, concreto, etc.), y puede ser estimada (paso 445) utilizando un conjunto de características del vehículo (por ejemplo, velocidad, deslizamiento de la rueda, etc.). El objetivo de rata de derrape ($\psi_{OBJETIVO}$), representa un valor de rata de derrape que no ocasiona al vehículo 100 sobre direccionarse o sub direccionarse apreciablemente, y, como es descrito con respecto al paso 205 de la FIG. 2, puede ser generada a través de pruebas o simulaciones (paso 450). Otro métodos de calcular o estimar el objetivo de rata de derrape ($\psi_{OBJETIVO}$) y la rata de derrape limitada a la superficie (ψ_{μ}) son conocidos en la técnica, y no serán por lo tanto descritos en detalle acá. En otras realizaciones, la rata de derrape limitada de la superficie (ψ_{μ}) y el objetivo de rata de derrape ($\psi_{OBJETIVO}$) son generadas por otro sistema (por ejemplo, el módulo de frenado 150) y se pasa al módulo de control de torque 155. Similar al indicador de sobre dirección 335 (K_{OS}), el indicador de sub dirección 330 (K_{US}) puede ser calculado y normalizado utilizando una ganancia (C_{US}) (paso 455). La ganancia de normalización (C_{US}) es utilizada para escalar el indicador de sub dirección 335 (K_{OS}) al valor entre 0 y 1, de forma que este puede ser más fácilmente comparado al indicador de sobre dirección 335 (K_{OS}). La ganancia (C_{US}) puede ser alterada de acuerdo a los requerimientos del vehículo 100.

20 Como fue descrito previamente, el indicador de inestabilidad (K_{β}) 340 es calculado sustrayendo el indicador de sub dirección del indicador de sobre dirección, como se muestra en la Ecuación (7) a continuación (paso 415).

25

$$K_{\beta} = K_{OS} - K_{US} \quad (7)$$

30 Con referencia de nuevo a la FIG. 2, después de que la condición objetivo ha sido generada (paso 205) y el indicador de inestabilidad ha sido calculado (paso 210), una evaluación de la entrada del conductor es realizada (paso 215), así como una decisión para modular la solicitud de la solicitud de torque utilizando el módulo de control de torque 155 (paso 220). En una realización, los pasos 215 y 220 pueden ser llevados a cabo utilizando un módulo de modulación de control de torque 600, que se muestra en la FIG. 6. El módulo de modulación de control de torque 600 puede generar una función de control de torque utilizando el sub proceso 700, que se muestra en la FIG. 7.

35 Con referencia a la FIG. 6, similar a la FIG. 3, el módulo de modulación de control de torque 600 utiliza un conjunto de datos del vehículo para llevar a cabo el sub proceso 700 (FIG. 7). El conjunto de datos del vehículo pueden ser adquiridos desde el conjunto de señales que son transmitidas por los sensores mostrados en la FIG. 1 Por ejemplo, un dato del ángulo de dirección 315, el dato de rata de derrape 320, y el dato de velocidad de referencia 315, pueden ser adquiridos utilizando el sensor de ángulo de dirección 130, el sensor de rata de derrape 135, y los sensores de velocidad de rueda 125, respectivamente. Adicionalmente, el indicador de inestabilidad 340 (FIG. 3) y el dato de posición del pedal de aceleración 610 pueden ser utilizados para proporcionar los datos al módulo de modulación del control de torque 600. Los datos de posición del acelerador 610 pueden ser adquiridos utilizando un sensor de posición del pedal de aceleración 133 (FIG. 1).

40 Con referencia ahora a la FIG. 7, el sub proceso 700 puede ser llevado a cabo por el módulo de modulación del control de torque 600 para decidir si modular o no la solicitud del torque del conductor. Por ejemplo, la solicitud de torque del conductor puede ser complementado ha alterado (por ejemplo, modulado) con el fin de ayudar a alcanzar una condición

estable del vehículo. Por lo tanto, en otra realización, el sub proceso 700 evalúa la entrada del conductor y decide si transmitir o no un módulo de torque generando una señal de torque (por ejemplo, una señal de torque generada por la función de control de torque) al diferencial. En algunas realizaciones, el sub proceso 700 es implementado en un software utilizando el módulo de control de torque 155. El tales realizaciones, el módulo de control de torque 155 puede repetir el sub proceso 700 continuamente. El tiempo que el módulo de control de torque toma para completar el sub proceso (por ejemplo, el ciclo de tiempo), sin embargo, puede variar de acuerdo a las capacidades del controlador 145.

El sub proceso 700 es un control de bucle que puede ser dividido en condiciones de proceso de entrada y salida 705 y condiciones de proceso de solo entrada 710. En algunas realizaciones, todas las condiciones 705 del proceso de entrada y salida así como las condiciones de proceso de solo entrada 710 deben ser alineadas al módulo de control de torque 155 para decidir modular la solicitud de torque del conductor (paso 220 de la FIG. 2). Para permanecer en el sub proceso 700, sin embargo, solamente las condiciones de proceso de entrada y salida 705 deben ser satisfechas.

El sub proceso 700 primero verifica las condiciones de proceso de entrada y salida 705. Si alguna de las condiciones 705 dentro del proceso de entrada y salida no son satisfechas, el sub proceso 700 es finalizado (paso 712). En algunas realizaciones, después de finalizar el sub proceso 700, el módulo de control de torque 155 espera hasta que el siguiente ciclo del controlador inicie el sub proceso 700 nuevamente.

Una primera condición de las condiciones del proceso de entrada y salida es tener el indicador de inestabilidad sobrepuesto sobre un umbral (paso 715). El umbral del indicador de inestabilidad puede ser determinado por las Ecuaciones (1-7) utilizando valores teóricos o simulados para las variables. Alternativamente o adicionalmente, el umbral puede ser determinado a través de la prueba del vehículo. Para evitar el control de conmutación entre el conductor y la función de control de torque, una histéresis puede ser implementada para proporcionar un rango de valores de umbral. En algunas realizaciones, la ventana de histéresis solo es implementada en ciclos posterior a la decisión inicial de modular la solicitud de torque del conductor. Adicionalmente, en otras realizaciones, en el evento que el indicador de inestabilidad 340 caiga por debajo del umbral, el uso de la función de control de torque puede continuar siempre y cuando el conductor no contrarreste la dirección, la función de control de torque estaba siendo usada en el ciclo anterior, y la función de control de torque no está solicitando un torque mayor que el del umbral. El umbral puede estar basado en, por ejemplo, la cantidad de torque que está disponible desde la rueda.

Una segunda condición de las condiciones del proceso de entrada y salida es que el vehículo 100 no es de rodadura libre (por ejemplo, el torque desde el motor no está siendo aplicado a las ruedas 103-106) (paso 720). Si el vehículo 100 está en cabotaje (por ejemplo, la transmisión está en neutro), no puede haber control del torque del motor que sea aplicado a las ruedas. Similarmente, si la velocidad del vehículo no está por encima de cierto umbral (paso 725), el control de torque no es implementado. La función del control de torque puede ser designada a ser implementada antes de una situación de frenado.

Si las condiciones 715-725 son satisfechas y la función de control de torque ya esta siendo implementada (paso 730) la función de control de torque puede quedar en efecto (paso 735) y las condiciones del proceso de entrada y salida pueden ser repetidas. Sin embargo, si la función de control de torque no está ya siendo implementada, las condiciones del proceso de entrada solamente 710 necesitan ser satisfechas antes de decidir modular una solicitud de torque del conductor.

Una condición de rata derrape constante o creciente (paso 740) indica que hay un potencial para el vehículo a volverse inestable. Generalmente, la función del control de torque no es utilizada en condiciones de manejo en línea recta. Una aceleración longitudinal baja puede indicar que una superficie tiene un bajo coeficiente de fricción (paso 745), la cual tiene el potencial para producir una condición inestable. Por ejemplo, en una realización, la aceleración longitudinal es comparada a la posición del pedal del acelerador. Si una solicitud de aceleración es inconsistente con la aceleración longitudinal que es actualmente producida, es probable que la superficie de la vía tenga un bajo coeficiente de fricción.

En una realización, la diferencia entre la rata de derrape pretendida del conductor (por ejemplo, la rata de derrape de referencia) y la actual rata de derrape debe ser mayor que cierto valor (paso 750) antes de que la función de control de torque sea implementada. La rata de derrape del conductor puede ser calculada utilizando la Ecuación (5). Una diferencia sustancial entre la rata del conductor pretendida y la actual rata de derrape puede estar presente si el conductor esta girando las ruedas y es solicitada la aceleración en una superficie de baja fricción. Adicionalmente, la aceleración lateral actual puede ser menor que un umbral (paso 755). El umbral puede ser ajustado, por ejemplo, utilizando límites de aceleración lateral simulados o probados en un vehículo que aun permitan el control de estabilidad del vehículo efectivamente utilizando la función de control de torque. Las condiciones de solo entrada 710 también requieren que un coeficiente de superficie de manejo estimado sea menor que un umbral (paso 760).

Si todas las condiciones de sólo entrada 710 son satisfechas, el módulo de control de torque 155 puede ser utilizado para modular la solicitud de control de torque el conductor, y el proceso 700 puede ser repetido. Como fue descrito previamente, una vez la función de control de torque es iniciada, los ciclos subsecuentes pueden solamente requerir que las condiciones 715-730 sean satisfechas por el módulo de control de torque 155 para permanecer en control.

Con referencia de nuevo a la FIG. 2, el paso final del proceso de control de torque del vehículo 200 es para determinar la función de control de torque y transmitir la señal de torque correspondiente al diferencial (paso 225). El diferencial

puede entonces aplicar el torque a las ruedas 103-106. En otra realización, como se describió previamente, la señal de torque es enviada al motor del vehículo, el cual luego altera el torque que es producido por el motor.

Para determinar la función de control de torque y la señal de torque correspondiente descrita anteriormente, el módulo de control de torque 155 utiliza un módulo de determinación de control de torque 800 (FIG. 8). El módulo de determinación de control de torque 800 tiene entradas incluyendo una decisión de modulación del control de torque 630 (desde el módulo de evaluación de transferencia de torque 600), un error de la trayectoria 810, y un torque de las ruedas actual 815. El módulo de determinación del control de torque 800 determina un torque específico de una rueda para cada rueda 103-106 del vehículo 100 (por ejemplo, la función de control de torque y la señal de torque correspondiente) basada en las entradas 630, 810, y 815, y de acuerdo al sub proceso de aplicación del torque 900.

Como se muestra en la FIG. 9, el sub proceso de aplicación de torque comienza monitoreando la decisión del control de torque 630 (paso 905). Si la decisión de control de torque 630 indica que hay la necesidad de modular el torque solicitado del conductor, el error de seguimiento 810 es calculado (paso 910). En algunas realizaciones, el error de la trayectoria ($e(k)$) es la diferencia entre un indicador de estabilidad del objetivo ($K_{\beta_{\text{OBJETIVO}}}$) y el indicador de inestabilidad (K_{β}) 340, como se muestra en la Ecuación (8) a continuación:

$$e(k) = K_{\beta_{\text{OBJETIVO}}} - K_{\beta} \quad (8)$$

El indicador de estabilidad objetivo, como es descrito con respecto al paso 205 de la FIG. 2, la definición del objetivo puede variar, pero puede permitir al vehículo girar sin sobre direccionar o sub direccionar excesivamente. En algunas realizaciones, el indicador de estabilidad objetivo es una constante que es comparada al indicador de inestabilidad 340. La constante normalizada puede ser desarrollada a través de simulaciones y pruebas, y toma en cuenta una variedad de características tales como aceleración lateral, rata de derrape, velocidad del vehículo, y ángulo de dirección.

Después de calcular el error de la trayectoria (paso 910), la cantidad de torque que es aplicado a cada una de las ruedas 103-106 es determinado (paso 915) utilizando la función de control de torque. En algunas realizaciones, la función de control de torque, como se muestra en la Ecuación (9) a continuación, es utilizado para producir una señal de torque que es aplicada a cada una de las ruedas $u(k)$. La señal de torque $u(k)$ puede depender del error de la trayectoria ($e(k)$) y una condición de alimentación delantera (u_{FF}).

$$u(k) = u_{FF}(0) + K_p e(k) + K_i \sum_k e(k) \quad (9)$$

La condición de alimentación delantera (u_{FF}) puede ser implementada en una variedad de formas para proporcionar un valor de torque inicial para la función de control de torque. Por ejemplo, en una realización, la condición de alimentación delantera (u_{FF}) está basada en un valor de torque inicial que esta siendo aplicado a las ruedas 103-106. En otras realizaciones, la condición de alimentación delantera (u_{FF}) puede ser una variedad de otros valores de torque. En una realización, el módulo de control de torque 155 incluye una capacidad de control proporcional-integral ("PI"). Por lo tanto, los parámetros K_p y K_i (tal como variables o valores fijos basados en un control adaptativo) pueden representar ganancias proporcionales e integrales, las cuales son aplicadas por el módulo de control de torque 155. En otras realizaciones, un tipo de control diferente puede también ser implementado (por ejemplo, un control proporcional-integral-derivado ("PID"), un PID adaptativo, o similares).

La aplicación del torque a las ruedas (paso 920) puede ser implementado utilizando el diferencial 110, el diferencial trasero 115, el diferencial central (no mostrado), o la combinación de los diferenciales como fue descrito previamente. Determinando la cantidad de torque que es aplicado a las ruedas (paso 915) utilizando la función de control de torque puede continuar siempre y cuando las condiciones del sub proceso 700 sean satisfechas. Adicionalmente, la cantidad de torque que es aplicada utilizando la función de control de torque puede variar de acuerdo al cambio de las condiciones de manejo y de las solicitudes de entrada del conductor, como se describe con respecto a la FIG. 10.

En algunas realizaciones, es beneficioso aplicar la función de control de torque antes de aplicar la función de control de freno. Una ventaja de tal proceso de función-de-torque-antes-de-la-función-de-freno es una reducción total en la estabilidad del ruido del sistema. Por ejemplo, el control de estabilidad proporcionado por la función de control de torque puede ser, en algunos casos, menos notable al conductor del vehículo que al control de estabilidad proporcionado por la función de control de freno. Sin embargo, si la modulación de la solicitud del torque del conductor no es suficiente para estabilizar el vehículo 100, la función de control de freno puede ser implementada, como se muestra en la FIG. 10.

La FIG. 10 ilustra un proceso 1000 que puede ser utilizado para implementar el control o la estabilización de la función-de-torque-antes-de-la-función-de-freno. En otra realización, como se describió anteriormente, el sub proceso 700 puede ser utilizado para determinar si una modulación del control de torque o (control de estabilidad mas amplio) es necesario (paso 1005). Si una solicitud de la modulación del torque del conductor no es requerida, el proceso 1000 finaliza. Si una modulación del control de torque es necesaria, la señal de control de torque de la función de control de torque es

generada y aplicada (paso 910). Después de aplicar la señal de control de torque, la estabilidad del vehículo es verificada o revisada (paso 1015). En algunas realizaciones, la verificación de la estabilidad del vehículo puede ser lograda calculando los indicadores de sub dirección y sobre dirección (FIG. 4). Por ejemplo, si el vehículo 100 no está en sub dirección o sobre dirección. La estabilidad puede ser asumida. Si la estabilidad es alcanzada aplicando la señal de torque, el proceso 1000 finaliza 1020. Sin embargo, si el vehículo continúa mostrando una indicación de inestabilidad, la función de control de freno puede ser aplicada. Como se describió previamente, la función de control de freno puede incluir aplicar una diferente cantidad de fuerza de frenado a cada una de las ruedas 103-106 utilizando un sistema de freno basado en ESC. En otras realizaciones, el orden con el cual los pasos de los procesos 1000 son llevados a cabo es alterado. Por ejemplo, en una realización, la aplicación de la función de control de torque (paso 920) no tiene que ser completada antes de que empiece la función de frenado (paso 1025). En tal realización, la función de control de torque puede ser aplicada en paralelo a la función de frenado (por ejemplo, ambas funciones de control de torque y de control de frenado son aplicadas al mismo tiempo). El proceso 1000 puede ser repetido con cada ciclo del proceso 200, si se desea.

La FIG. 11 proporciona un diagrama de ejemplo 1100 de un sistema de control de estabilidad de vehículo que implementa el proceso del control de torque 200. El diagrama 1100 incluye la generación de un objetivo (cuadro 1105), determinando un valor de alimentación delantero (cuadro 1110), haciendo los cálculos del control de torque (cuadro 1115), aplicando un torque al diferencial del vehículo (cuadro 1120), y haciendo cálculos de retroalimentación (cuadro 1125) utilizando los sistemas del vehículo seleccionados. En algunas realizaciones, los cuadros del diagrama 1105-1115 y 1120 representan procesos que son llevados a cabo por el módulo de control de torque 155.

La generación del objetivo (cuadro 1105) puede representar la generación del objetivo paso 205 de la FIG. 2. Por lo tanto, en una realización, el indicador del objetivo de estabilidad $K_{\text{BOBJETIVO}}$ es producido por el cuadro de generación del objetivo 1105. Los cálculos de la alimentación delantera (cuadro 1110) son utilizados para determinar una variable de alimentación delantera. En una realización, como es descrita anteriormente, la variable de alimentación delantera (u_{FF}) representa el torque inicial que esta siendo aplicado a las ruedas. Los cálculos del control de torque (cuadro 1115) pueden ser utilizados para decidir en cuanto a si implementar o no una modulación del torque utilizando la función de control de torque, y también decidir que tanto control de torque debe ser aplicado. Por ejemplo, en una realización, los cálculos del control de torque (cuadro 1115) representan los pasos 215 y 220 de la FIG. 2, donde la entrada del conductor es evaluada, y la decisión es tomada para modular la solicitud de torque del conductor. Después que se toma la decisión de control de torque, una señal de control de torque ($u(k)$) es transmitida al diferencial del vehículo.

Después que la señal de control de torque ($u(k)$) ha sido aplicada, los sistemas del vehículo seleccionados (cuadro 110) transmiten señales que son utilizadas en los cálculos de retroalimentación (cuadro 115). En algunas realizaciones, los sistemas del vehículo seleccionados incluyen los sensores de velocidad del vehículo 125, el sensor de ángulo de dirección 130, el sensor del pedal del acelerador 133, el sensor de rata de dirección 135, y el sensor de aceleración 140. Las señales desde los sistemas del vehículo seleccionados (cuadro 110) son utilizadas para desarrollar el indicador de inestabilidad (K_{β}). Finalmente, el indicador de inestabilidad (K_{β}) es utilizado por los cálculos del control de torque (cuadro 115), y el proceso es repetido.

Varias características y aspectos de las realizaciones de la invención son establecidas en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de estabilidad de un vehículo (100), comprendiendo el sistema:
un sensor de rata de derrape (135) configurado para generar una salida indicativa de una rata de derrape del vehículo;
un sensor de aceleración (140) configurado para generar una salida indicativa de una aceleración lateral del vehículo;
un sensor de dirección (130) configurado para generar una salida indicativa de un ángulo de dirección;
- 5 un sensor de solicitud de torque (133) configurado para generar una salida indicativa de una solicitud de torque por un conductor del vehículo; y
un controlador (145) configurado para
recibir la salida del sensor de rata de derrape (135), el sensor de aceleración (140), el sensor de dirección (130), y el sensor de solicitud de torque (133),
- 10 **caracterizado porque** el controlador está además configurado para
calcular un indicador de sobre dirección (335) basado en la salida del sensor de aceleración (140), una velocidad longitudinal del vehículo, y la salida del sensor de la rata de derrape (135),
calcular un indicador de sub dirección (330) basado en una rata de derrape de referencia y la salida del sensor de rata de derrape (135)
- 15 calcular un indicador de inestabilidad (340) basado en la diferencia entre el indicador de sub dirección (330) y el sensor de sobre dirección (335),
modular la solicitud de torque por el conductor basado en el indicador de inestabilidad (340),
generar una señal de torque, y
transmitir la señal de torque a un diferencial (110, 115).
- 20 2. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 1, donde el sensor de la rata de derrape (135) y el sensor de aceleración (140) son combinados en un solo módulo.
3. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 1, que además comprende un bus del vehículo (160) operable para transferir las salidas desde los sensores a otros componentes del vehículo.
4. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 1, donde el controlador (145) está configurado para transmitir una señal de frenado a un sistema de frenado además de transmitir una señal de torque.
- 25 5. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 1, donde el controlador (145) está configurado para generar múltiples señales de torque para transmitir las a múltiples diferenciales (110, 115).
6. Un sistema de estabilidad de vehículo de la reivindicación 1, donde la salida del sensor de aceleración (140) es ajustada para compensar las condiciones de peralte de la superficie.
- 30 7. Un método de estabilización de un vehículo utilizando un sistema de estabilidad, el método comprende:
generar un indicador de objetivo, el indicador de objetivo representa una condición estable del vehículo (paso 205);
evaluar una solicitud de torque por el conductor, la evaluación basada al menos parcialmente en una solicitud de aceleración y un ángulo de banqueo del vehículo (paso 215);
caracterizado porque el método además comprende
- 35 calcular un indicador de sobre dirección basado en una salida del sensor de aceleración lateral, una velocidad longitudinal del vehículo, y una salida del sensor de la rata de derrape (paso 210);
calcular un indicador de sub dirección basado en una rata de derrape de referencia y la salida del sensor de la rata de derrape (paso 210);
establecer un indicador de inestabilidad basado en una diferencia entre el indicador de sub dirección y el indicador de sobre dirección (paso 210);
- 40 determinar un control de torque basado al menos parcialmente en el indicador de inestabilidad, el indicador de objetivo, y la solicitud de torque por el conductor (paso 225); y
aplicar el control de torque (paso 225).
- 45 8. El método de la reivindicación 7, que además comprende aplicar un control de freno que incluye evaluar una condición de frenado (paso 220).

9. El método de la reivindicación 8, donde la aplicación del control de freno ocurre después de determinar si existe una condición de inestabilidad (paso 220).
10. El método de la reivindicación 7, donde la rata de derrape de deferencia está basada en una evaluación de la rata de derrape deseada del conductor del vehículo (paso 215).
- 5 11. El método de la reivindicación 7, donde la aplicación del control de torque comprende aplicar variablemente un torque a cada rueda impulsada del vehículo (paso 225).
12. El método de la reivindicación 7, donde la generación del indicador de objetivo comprende generar un ángulo de patinaje objetivo para el vehículo (paso 205).
- 10 13. El método de la reivindicación 7, que además comprende determinar una condición de frenado basada en al menos una de la velocidad del vehículo y la aceleración lateral del vehículo (paso 220).
14. Un método de la reivindicación 7, que además comprende decidir implementar el control de torque basado en un conjunto e condiciones de entrada y un conjunto de condiciones de salida (paso 220).
15. El método de la reivindicación 14, donde las condiciones de entrada y salida son determinadas al menos parcialmente cuando el indicador de inestabilidad pasa un umbral (paso 220).
- 15 16. Un vehículo (100) que tiene al menos cuatro ruedas incluyendo una rueda frontal izquierda (103), una rueda frontal derecha (104), una rueda trasera izquierda (105), y una rueda trasera izquierda (106), y que tiene también un sistema de estabilidad del vehículo que incluye una función de frenado y una función de control de torque, comprendiendo el sistema de estabilidad del vehículo:
- 20 un sensor de ángulo de dirección (130) configurado para detectar un ángulo de dirección del vehículo y generar una señal de dirección indicativa de la misma;
- un sensor de rata de derrape (135) configurado para detectar una rata de derrape del vehículo y generar una señal de rata de derrape indicativa de la misma;
- un sensor de derrape (140) configurado para detectar una aceleración lateral del vehículo y generar una salida indicativa de la misma;
- 25 al menos un sensor de velocidad de la rueda (125) configurada para detectar la velocidad de al menos una rueda y generar una señal de velocidad de rueda indicativa de la misma; y
- un controlador (145) configurado para recibir la señal desde el sensor de ángulo de dirección (130), la señal desde el sensor de rata de derrape (135), la salida del sensor de aceleración (140), y la señal del sensor de velocidad de al menos una rueda (125),
- 30 **caracterizado porque** el controlador es además configurado para calcular un indicador de sobre dirección (335) basado en la salida del sensor de aceleración (140), la señal de la velocidad de la rueda del sensor de velocidad de al menos una rueda (125), y la señal de la rata de derrape del sensor de rata de derrape (135), calcular un indicador de sub dirección (330) basado en una rata de referencia de derrape y la señal del sensor de la rata de derrape (135), y determinar una corrección de estabilidad basada en una diferencia entre el indicador de sub dirección (330) y el
- 35 indicador de sobre dirección (335), donde la corrección de estabilidad comprende la información para aplicar un torque variablemente a al menos una entre la rueda delantera izquierda (103), la rueda delantera derecha (104), la rueda trasera izquierda (105), y la rueda trasera derecha (106) utilizando la función de control de torque además de aplicar el freno a al menos una entre la rueda delantera izquierda (103), la rueda delantera derecha (104), la rueda trasera izquierda (105), y la rueda trasera derecha (106) utilizando la función de frenado.
- 40 17. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 16, donde el sensor de aceleración (140) y el sensor de la rata de derrape (135) son combinados en un solo módulo de detección.
18. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 16, donde las señales generadas por el sensor del ángulo de dirección (130), el sensor de rata de derrape (135), el sensor de aceleración (140), y al menos un sensor de velocidad de rueda (125) son transmitidos al controlador (145) en un bus del vehículo (160).
- 45 19. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 16, donde el vehículo (100) incluye un diferencial (110, 115) operativo para recibir al menos alguna información desde la corrección de estabilidad del vehículo.
20. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 19, donde un dispositivo de acoplamiento controlado electromecánicamente o electrohidráulicamente (110, 115) es utilizado para aplicar el torque a al menos una entre la rueda delantera izquierda (103), la rueda delantera derecha (104), la rueda trasera izquierda (105), y la rueda trasera
- 50 derecha (106).
21. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 20, donde el dispositivo de acoplamiento controlable (110-115) es un diferencial del tipo embrague.
22. El sistema de estabilidad del vehículo de la reivindicación 21, donde el vehículo (100) incluye un sistema de frenado operable para recibir al menos alguna información desde la corrección de estabilidad del vehículo.

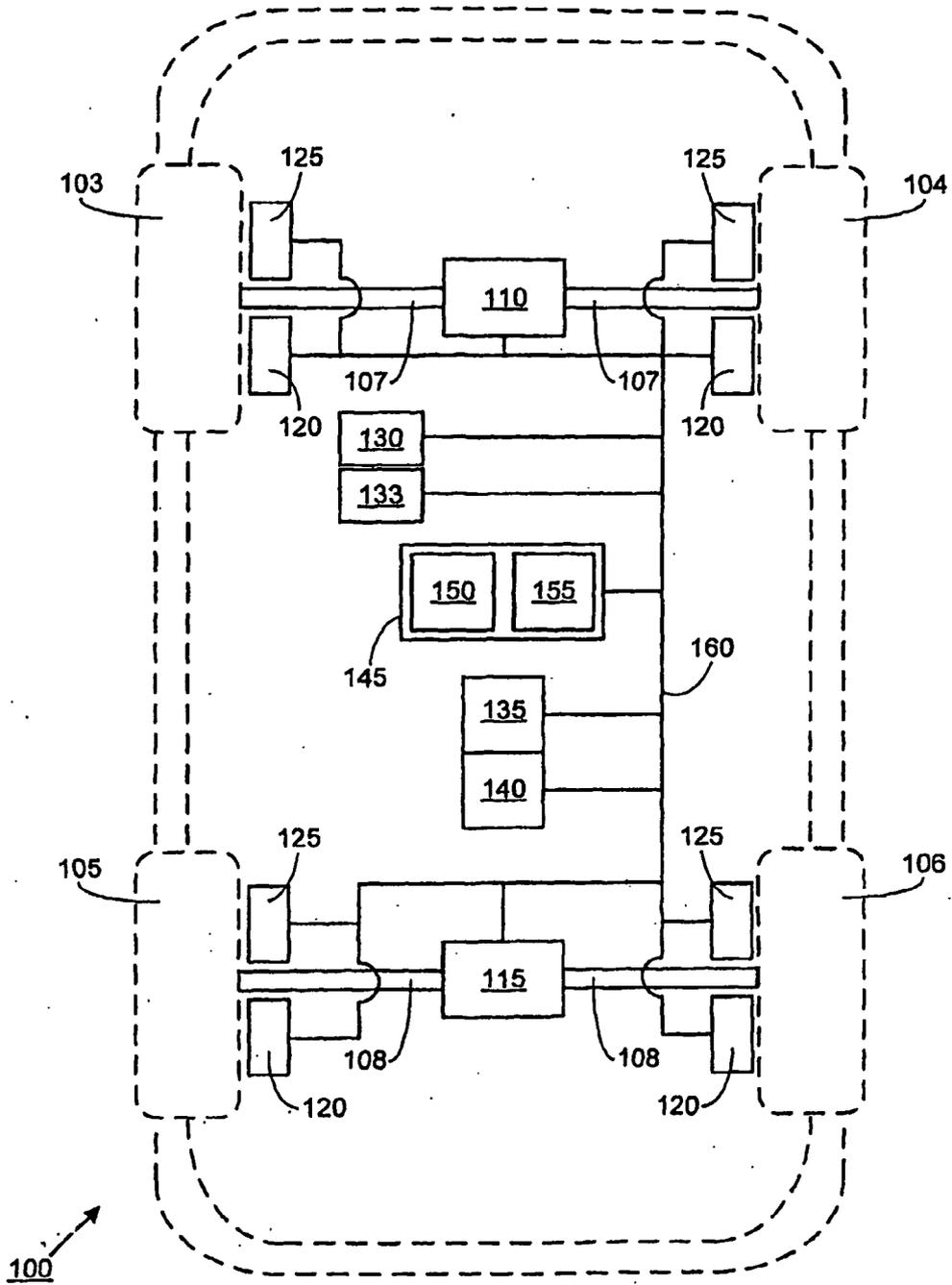


FIG. 1

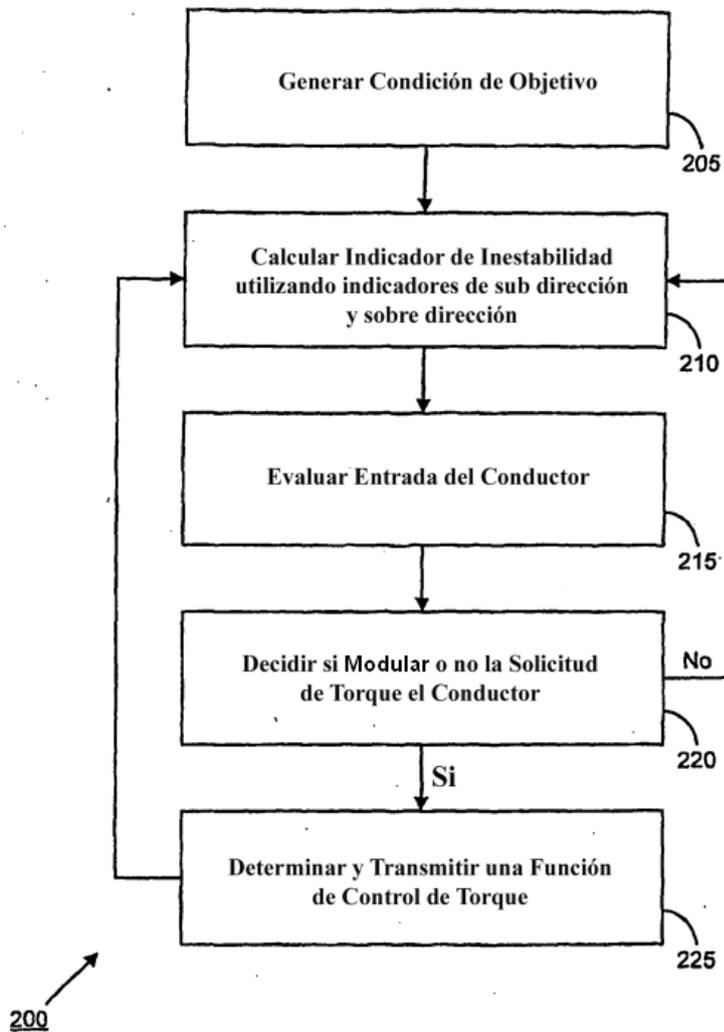


FIG. 2

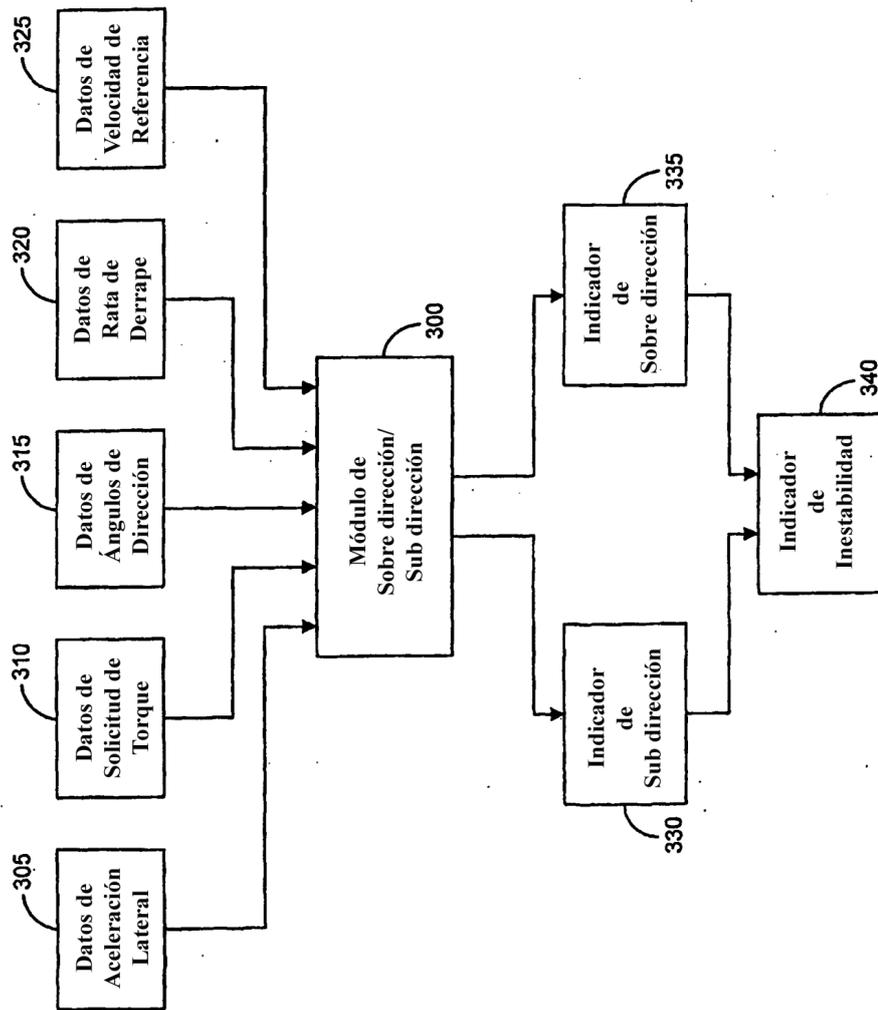


FIG. 3

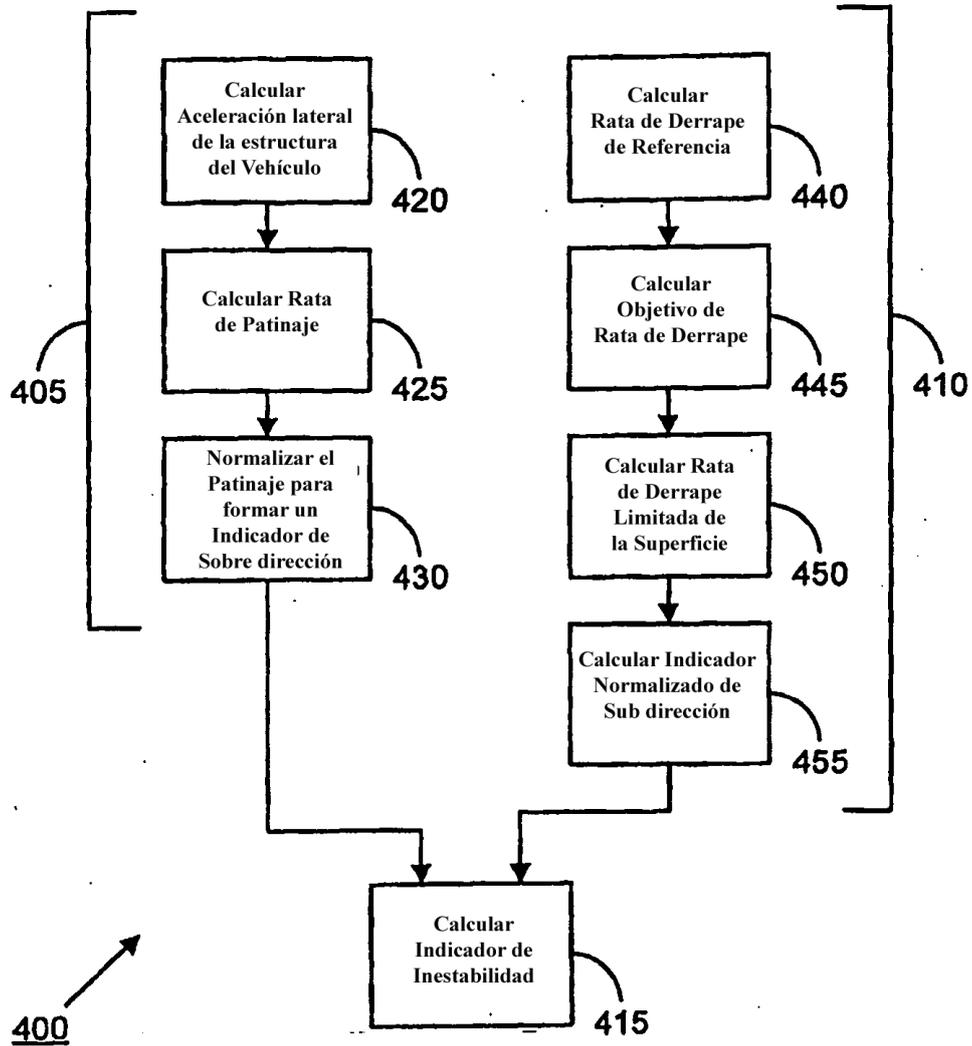


FIG. 4

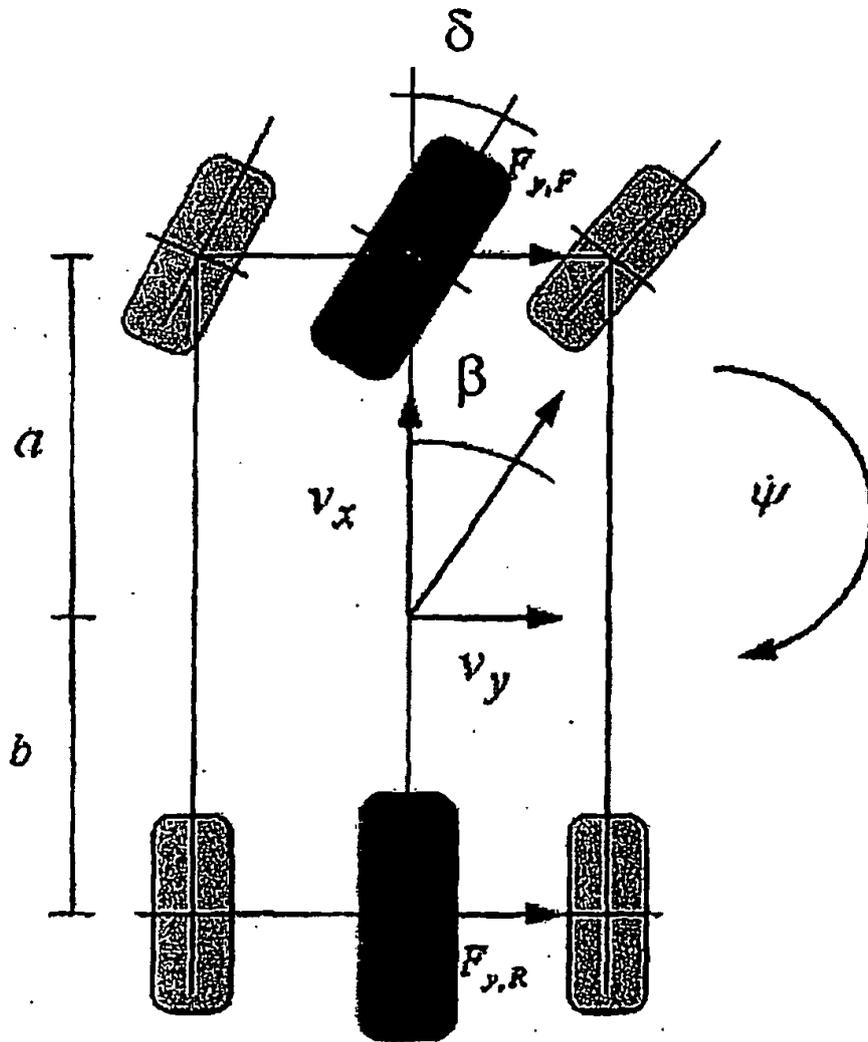


FIG. 5A



550

FIG. 5B

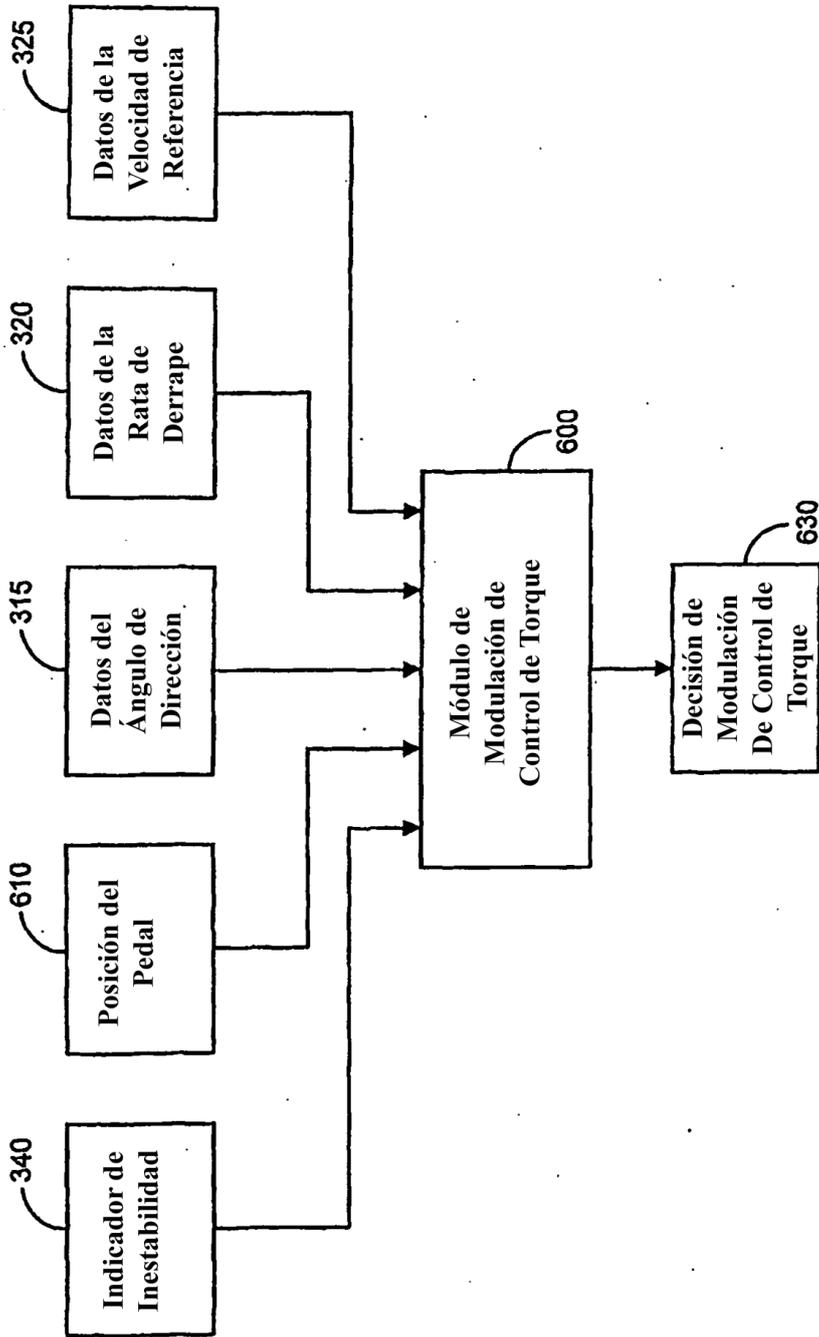
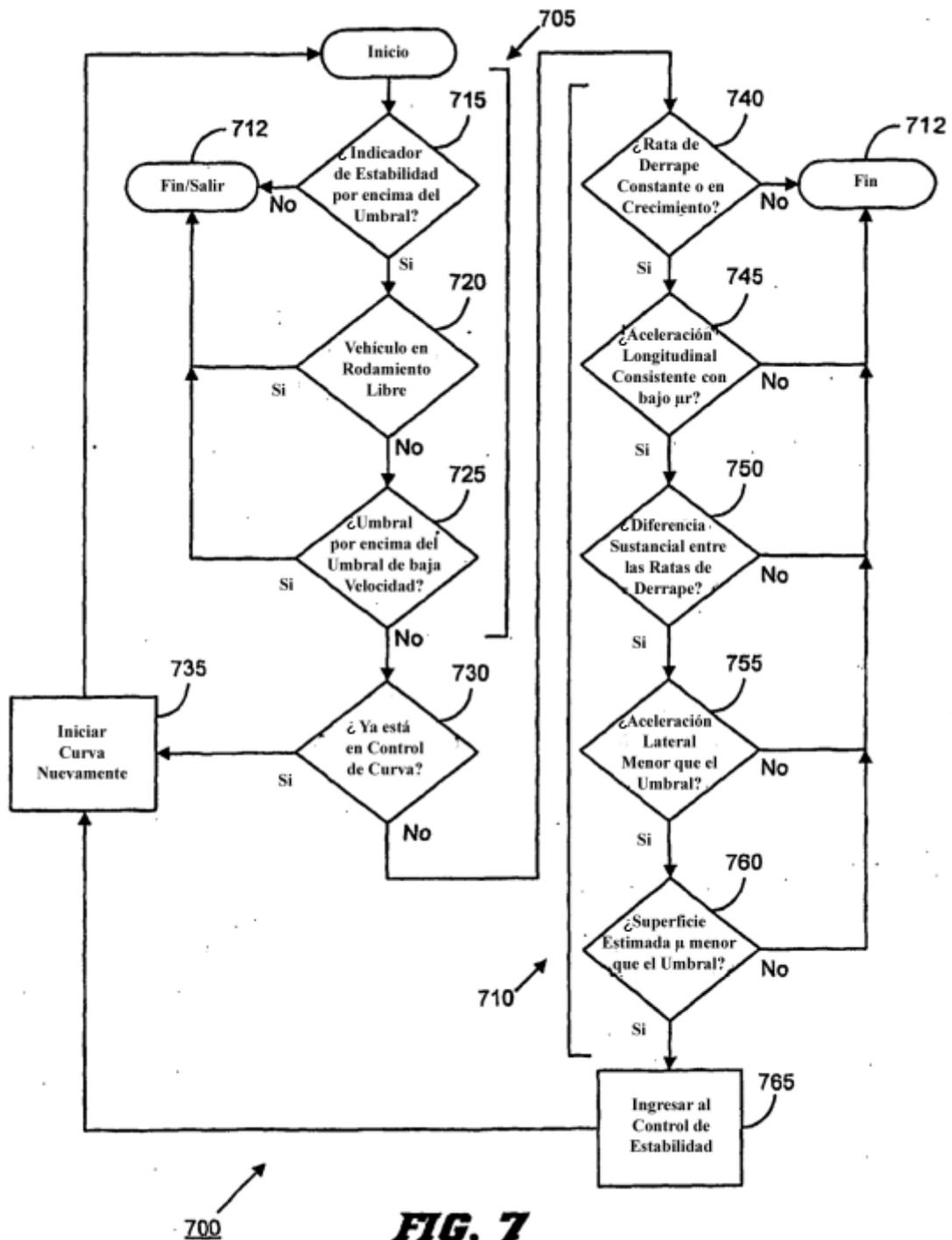


FIG. 6



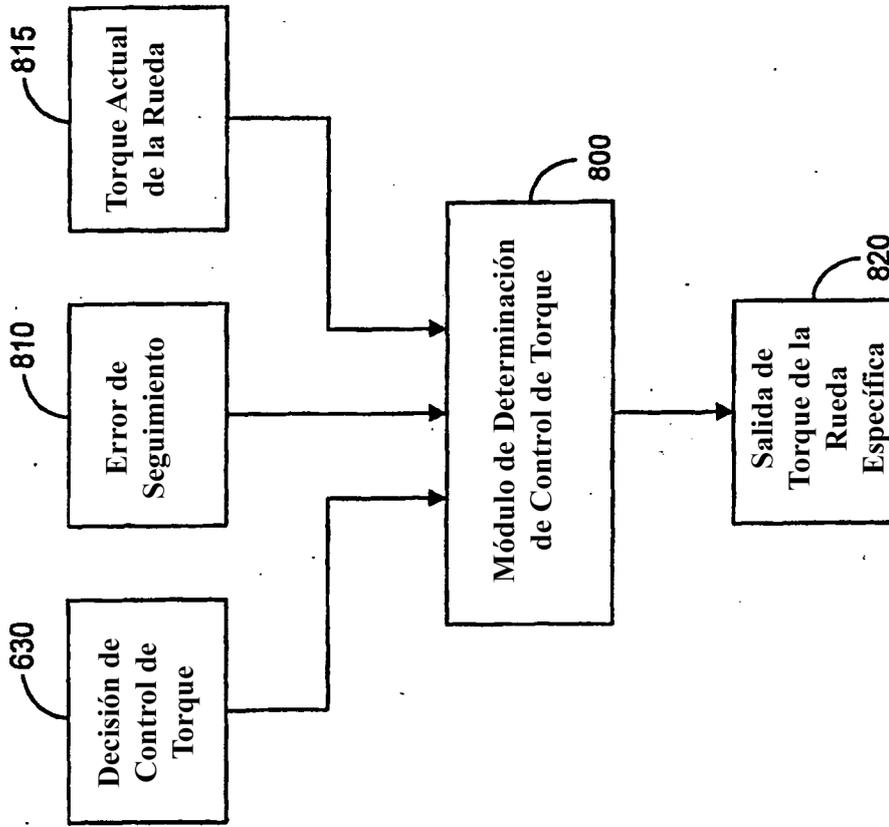


FIG. 8

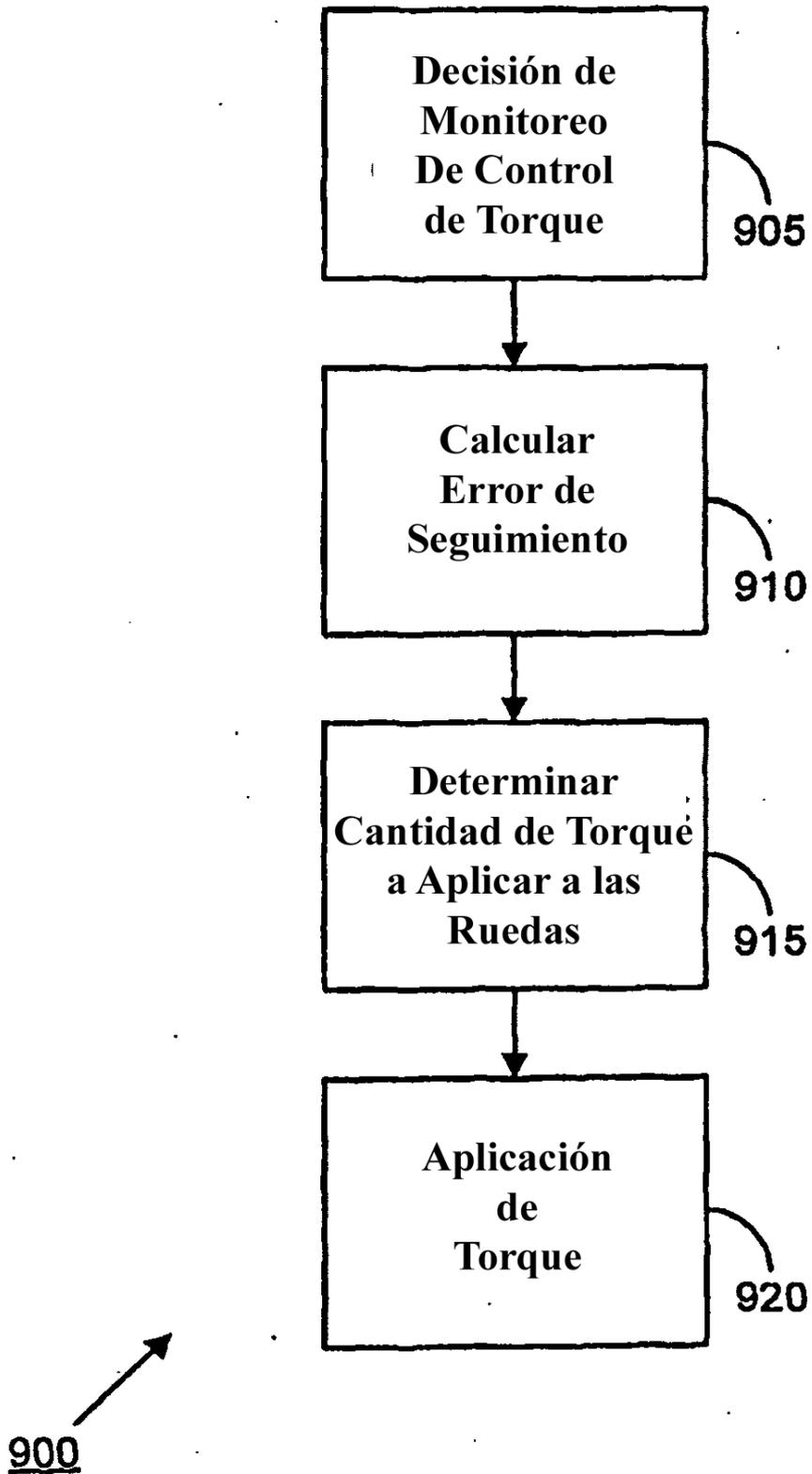


FIG. 9

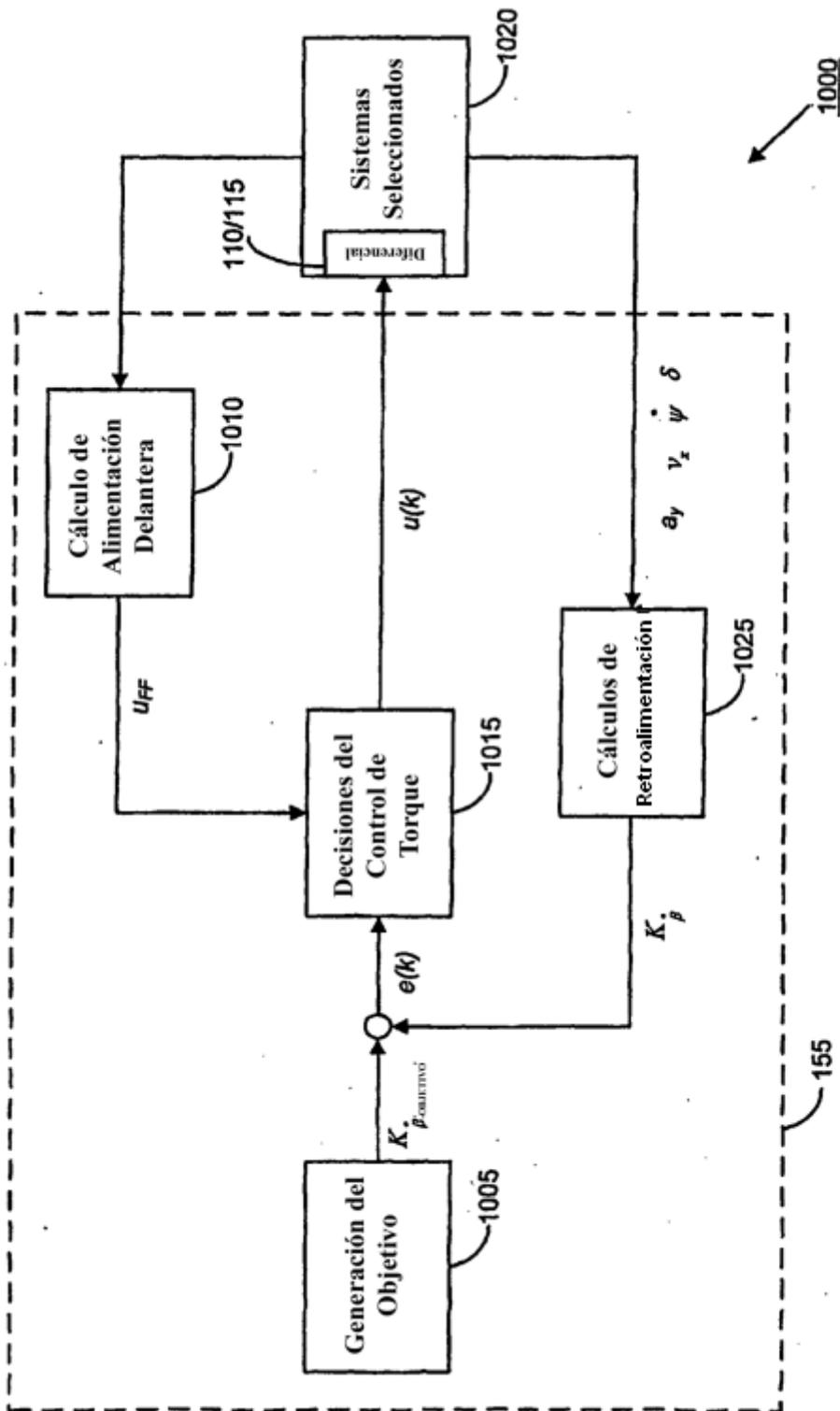


FIG. 10