

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 475 720**

51 Int. Cl.:

B60W 40/08 (2012.01)

B60G 17/016 (2006.01)

B60G 17/018 (2006.01)

B60T 8/172 (2006.01)

B60R 16/023 (2006.01)

G08B 21/06 (2006.01)

G07C 5/00 (2006.01)

B60W 40/09 (2012.01)

G07C 5/08 (2006.01)

B60W 50/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2010 E 10812923 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2014 EP 2536611**

54 Título: **Un sistema y procedimiento de estimación de estilo de conducción de vehículo automotor**

30 Prioridad:

19.02.2010 IT MI20100261

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

11.07.2014

73 Titular/es:

TELEPARKING S.R.L. (100.0%)

Via G.B Pergolesi 27

20124 Milan, IT

72 Inventor/es:

SAVARESI, SERGIO MATTEO;

MANZONI, VINCENZO y

CORTI, ANDREA

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 475 720 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

Un sistema y procedimiento de estimación de estilo de conducción de vehículo automotor

Ámbito técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a las técnicas de estimación de estilo de conducción adoptadas por el conductor de un vehículo automotor.

Técnica conocida

10 Se conocen varias técnicas de estimación de estilo de conducción de conductores de vehículos automotores que están implementadas con referencia a la estimación de consumo de combustible, la seguridad de comportamiento del conductor o generalmente para evaluar sus capacidades de conducción. De acuerdo con algunas técnicas, la estimación se hace también a fin de proceder con un control automático de algunos aspectos de conducción del vehículo automotor.

15 La solicitud de patente EP-A-1780090 describe un procedimiento para definir el estilo de conducción de un conductor de un vehículo automotor, el cual provee la supervisión de varias características, entre ellas: el número de toques de bocina, la variación de velocidad, la variación de la posición del pedal, la velocidad angular determinada por los movimientos del volante. La estimación está basada entonces en el cálculo de diferencias entre estas características supervisadas y valores de umbral predeterminados.

La solicitud de patente EP-A-0777071 describe un procedimiento de control de la transmisión automática de un vehículo en función del estilo de conducción del conductor basado, entre otros, en la siguiente información: apertura de la válvula de combustible, velocidad del vehículo, velocidad angular del motor.

20 La solicitud de patente EP-A-1498297 describe un procedimiento de estimación del consumo de combustible que sirve para supervisar numerosas características entre las cuales están: una señal de velocidad de rotación del volante, una señal de velocidad de rotación del eje del motor, una señal de temperatura de enfriamiento, una señal de temperatura de combustible.

25 El documento WO 00/07150 A1, considerado el estado del arte más próximo, muestra el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 12.

Breve resumen de la invención

El solicitante ha observado que las técnicas tradicionales para estimar el estilo de conducción son demasiado complejas y onerosas desde un punto de vista computacional, y adoptan criterios de clasificación del estilo del conductor basado en estándares predefinidos que a menudo parecen no realistas.

30 El objetivo de la presente invención es proponer técnicas de estimación de estilo de conducción de vehículos automotores, que combinen una complejidad no demasiado elevada que a la vez lleven a una definición del estilo de conducción que resulte lo suficientemente realista y confiable.

35 Se logra el objetivo de la presente invención mediante un sistema de estimación de estilo de conducción como se define de acuerdo a la reivindicación 1. Las formas de realización preferidas se definen mediante las reivindicaciones dependientes 2 a 11. El tema de la invención es asimismo un procedimiento de estimación de estilo de conducción como se define en la reivindicación 12.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y las ventajas de la invención resultan de la siguiente descripción de una forma preferida de realización y de sus variaciones, dadas a modo de ejemplo con referencia a los dibujos anexos, en los cuales:

40 La figura 1 muestra de modo esquemático un ejemplo de un sistema de estimación de estilo de conducción del conductor de un vehículo automotor;

La figura 2 muestra un diagrama de flujo que se refiere a un procedimiento de estimación de estilo de conducción de un vehículo automotor, el cual se puede implementar mediante el procedimiento de estimación descrito con referencia a la figura 1;

45 La figura 3 muestra una curva que se relaciona con una señal de velocidad medida y una curva que se relaciona con una señal obtenida mediante un filtro de paso bajo de dicha señal de velocidad medida;

La figura 4 muestra una curva que se relaciona con una energía estimada que es utilizada por el vehículo automotor y una curva que se relaciona con una energía de referencia;

La figura 5 muestra un diagrama básico de un circuito de tratamiento previo de las señales de velocidad y aceleración de acuerdo con una forma particular de realización;

5 La figura 6 muestra un diagrama de estados que se refiere a un ejemplo de un procedimiento de descubrimiento automático de instantes de detención y arranque del vehículo automotor;

La figura 7 muestra un diagrama de flujo que se refiere a otro procedimiento de estimación de estilo de conducción de un vehículo automotor que se puede implementar mediante el sistema de estimación descrito con referencia a la figura 1;

10 Las figuras 8a, 8b y 8c muestran curvas que se relacionan con varias características cinemáticas asociadas al movimiento del vehículo;

La figura 8d muestra muestras de valores de aceleración y tironeos que se relacionan con el vehículo automotor, representados sobre un sistema cartesiano de referencia;

15 La figura 9 muestra un ejemplo de una visualización en pantalla en un teléfono inteligente de los resultados de los procedimientos de estimación mencionados más arriba.

Descripción de las formas de realización de la invención

La figura 1 muestra un ejemplo de un sistema de estimación de estilo de conducción 100 del conductor de un vehículo automotor. En particular, el sistema de estimación 100 comprende un aparato de medición 1 y un sistema de ordenador 2 capaz de comunicarse, por ejemplo, a través de un dispositivo de pasarela 3 (GTW). Por ejemplo, el sistema de estimación 100 está provisto también de un dispositivo de presentación o dispositivo de informes 4 de los resultados de la estimación realizada.

25 El aparato de medición 1 está montado preferentemente en el vehículo automotor y permite proporcionar señales eléctricas, de modo particular señales digitales, representativas de características cinemáticas asociadas al movimiento del vehículo mismo. Las señales digitales emitidas por el aparato de medición 1 pueden ser una señal de velocidad del vehículo automotor y, por ejemplo, también una señal de aceleración del vehículo automotor mismo. De forma alternativa, el aparato de medición 1 puede proporcionar señal eléctrica en forma analógica que se pueda convertir en señales digitales a fin de permitir, por ejemplo, elaboraciones numéricas realizadas mediante software. También se puede efectuar la conversión digital por ejemplo mediante el dispositivo de pasarela 3.

30 De acuerdo con una forma específica de realización, el aparato de medición 1 puede comprender un transductor de velocidad y un transductor de aceleración del vehículo automotor. Para este fin, el aparato de adquisición de las señales 1 está provisto por ejemplo de un sistema de medición inercial 5 (SMI), conocido por sí mismo (conocido en el ámbito con el nombre de "plataforma inercial"), que comprende un ordenador y sensores de movimiento capaces de proporcionar señal de velocidad y la señal de aceleración del vehículo automotor (en dirección, sentido y amplitud) y, opcionalmente, también otras señales que describan el movimiento del vehículo automotor.

35 Además, el aparato de medición 1 también puede estar provisto ventajosamente de un dispositivo de posicionamiento 6 (GPS) como un receptor que actúa en un sistema de posicionamiento satelital como, por ejemplo, el sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global). El receptor de GPS 6 es capaz de proporcionar, además de la posición del vehículo automotor, también una señal de velocidad correspondiente.

40 Con referencia al aparato de computación 2, éste es, de acuerdo con una forma de realización, una unidad de elaboración de datos o un ordenador (provisto de memorias, unidades de procesamiento e interfaces con el exterior) capaz de recibir las señales procedentes del aparato de medición 1 y realizar operaciones de cálculo y elaboración a fin de estimar el estilo de conducción del vehículo automotor adoptado por un conductor particular.

45 En particular, la unidad de procesamiento de datos 2 comprende también una memoria de los datos medidos 7 (MEM) y una pluralidad de módulos, preferentemente del tipo de software y un módulo de filtrado paso bajo 8 (LPF), un primer módulo de estimación 9 (EST1-MOD) y un módulo de cálculo 10 (CLC-MOD). Como se explicará con más detalle, el primer módulo de estimación 9 es capaz de estimar el estilo de conducción basado en la energía usada o consumida por el vehículo automotor. De acuerdo con otra forma de realización, la unidad de procesamiento de datos 1 también está provista de un segundo módulo de estimación 11 (EST2-MOD) configurado de forma de realizar una estimación del estilo de guía basado en la seguridad para los pasajeros del vehículo automotor.

La unidad de procesamiento de datos 2 puede estar montada a bordo del vehículo automotor o puede ser remota a éste y residir, por ejemplo, en una estación de supervisión. Cuando está montada en el vehículo automotor, la unidad de procesamiento de datos 2 puede estar conectada al aparato de medición 1 mediante cables o mediante el dispositivo de pasarela 3, que garantiza una conexión de radiofrecuencia de corto alcance (como, por ejemplo, una conexión basada en el protocolo Bluetooth) con la unidad de procesamiento de datos 2 y el sistema de medición inercial 5 y el receptor GPS 6.

Ventajosamente, la unidad de procesamiento de datos 2 puede estar provista de un dispositivo transceptor celular capaz de comunicarse mediante un sistema telefónico móvil con una estación de supervisión. Alternativamente, si la unidad de procesamiento de datos 2 está ubicada en la estación de supervisión, dicho dispositivo transceptor celular permite comunicarse con otro dispositivo transceptor celular adecuado ubicado a bordo del vehículo automotor. Ventajosamente, el dispositivo de procesamiento 2 puede ser un teléfono inteligente.

El dispositivo de informes 4 puede residir preferentemente a bordo del vehículo automotor y en este caso coincide ventajosamente con la unidad de procesamiento 2. El dispositivo de informes 4 puede residir también en la estación de supervisión o puede residir en el vehículo automotor y puede ser un dispositivo separado del dispositivo de procesamiento 2. En cualquier caso, el dispositivo de informes 4 comprende preferentemente una pantalla capaz de visualizar información que permita al conductor conocer el resultado de la estimación de su estilo de conducción propio. La figura 2 muestra un diagrama de flujo 200 que se refiere a un procedimiento de estimación de estilo de conducción de vehículo automotor, que puede estar implementado por ejemplo mediante el sistema de estimación descrito con referencia a la figura 1.

Después de una fase de inicio simbólico, el procedimiento provee una fase de medición 201, en la que el sistema de medición inercial 5 proporciona una señal eléctrica digital representativa del desarrollo de una característica cinemática asociada al movimiento del vehículo automotor, como por ejemplo la amplitud de la velocidad $v(t)$ asumida por el vehículo automotor a lo largo de un trayecto de medición. De forma alternativa, la señal de velocidad $v(t)$ también puede ser proporcionada por el receptor de GPS 6. Más adelante se describirá un criterio posible de definición y cálculo automático de la duración del trayecto de medición considerado para la estimación.

La señal eléctrica digital de velocidad $v(t)$ se pone a disposición de la unidad de procesamiento de datos 2, mediante el dispositivo de pasarela 3. La figura 3 muestra una curva $v(t)$ que corresponde a un desarrollo específico de la velocidad, medida de modo experimental. La curva $v(t)$ de la figura 3 tiene longitudes que se corresponden con variaciones repentinas de velocidad. Los valores digitales que corresponden a la señal de velocidad $v(t)$ se almacenan en memoria 7.

En una fase de filtrado 202, la unidad de procesamiento 2 procesa los valores digitales asociados a la señal de velocidad $v(t)$ mediante la realización de un filtrado digital de tipo paso bajo y brinda de este modo una señal digital filtrada.

La señal digital filtrada corresponde a una velocidad filtrada $v_f(t)$, mostrada como un ejemplo en la figura 3 y como indicativa de un desarrollo de referencia para la velocidad. La curva de la velocidad filtrada $v_f(t)$ en la figura 3 no tiene las variaciones repentinas de otro modo presentes en la curva $v(t)$. Se asume que la fase de filtrado elimina de la señal de velocidad aquellas variaciones repentinas de velocidad causadas por una manera imprudente de conducir, y que por lo tanto permite obtener una señal significativa de referencia. Por ejemplo, estas variaciones repentinas se podrían deber al hecho de que el conductor no ha percibido oportunamente que el semáforo está en amarillo y desacelera repentinamente.

Con referencia al filtrado paso bajo, éste se puede realizar mediante el módulo de filtrado 8 de la figura 1 mediante técnicas conocidas de filtrado digital que empleen por ejemplo un filtro RIF (Respuesta al Impulso Finita), o preferentemente, un filtro RII (Respuesta al Impulso Infinita), por ejemplo, de tipo Butterworth y de un orden adecuado. De modo alternativo, también es posible realizar un filtrado en forma analógica sobre la señal de velocidad, si está disponible, mediante un filtro de paso bajo analógico.

Con referencia al caso particular de la estimación del estilo de conducción de conductores de ómnibus, se ha observado de modo experimental que los valores preferidos de una frecuencia de corte f_c asociada al filtrado paso bajo están comprendidos por ejemplo entre 0,04 Hz y 0,06 Hz, en el caso de un filtro RII de tipo Butterworth de segundo orden. Se ha obtenido de modo experimental un valor particularmente preferido de la frecuencia de corte f_c igual a 0,05 Hz mediante el análisis del comportamiento de varios conductores de ómnibus, para la misma distancia y considerando un filtro Butterworth de segundo orden. Se ha obtenido el valor particular de 0,05 Hz mediante la observación del espectro de frecuencias de todas las pruebas de estacionamiento y mediante la elección del valor logrado por el conductor más virtuoso.

En base a una comparación entre la señal de velocidad $v(t)$ y la señal filtrada $v_f(t)$, es posible dar una indicación del estilo de conducción del vehículo automotor. En particular, esta comparación y la indicación relacionada del estilo de conducción están basadas en un cálculo de la energía usada por el vehículo automotor en el trayecto de medición.

- 5 Con un mayor detalle, en una primera fase de cálculo 203 se efectúa un cálculo de una estimación de la energía $E1(t)$ usada por el vehículo automotor en el trayecto de medición, mediante el uso de la señal de velocidad $v(t)$ (preferentemente en forma digital) y un modelo matemático del vehículo automotor. El cálculo de la energía $E1$ se puede efectuar mediante el módulo de cálculo 10 de la figura 1. Con referencia al modelo matemático a usar, asumamos que la fuerza longitudinal F_{motor} proporcionada por el motor del vehículo automotor se podría expresar por ejemplo como:

$$F_{motor}(t) = M \cdot a(t) + 1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot v(t)^2 \quad (1)$$

en donde:

- M es la masa del vehículo automotor;
- $a(t)$ es la aceleración longitudinal del vehículo automotor;
- 15 • ρ es la densidad de aire que depende de las condiciones de presión, altitud y temperatura;
- S es la superficie frontal del vehículo automotor;
- C_x es el coeficiente de resistencia aerodinámica descriptivo de la forma del vehículo automotor;
- el término $M a(t)$ representa la fuerza inercial del vehículo automotor;
- el término $1/2\rho S C_x v(t)$ representa la fuerza de resistencia aerodinámica.

- 20 En la fórmula (1), no se indican los términos que se refieren a la fuerza de frenado y a la fuerza asociada a la pendiente del área cubierta por el trayecto del vehículo automotor, ya que no fueron considerados en las pruebas realizadas. Sin embargo, se podría considerar ventajosamente el término que se refiere a la fuerza de frenado en el caso de un vehículo automotor con motor eléctrico, para el cual la energía asociada a dicho término es al menos parcialmente recuperable.

- 25 La potencia P_{motor} proporcionada por el motor se expresa como:

$$P_{motor}(t) = M \cdot a(t) \cdot v(t) + \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot v(t)^2 \cdot v(t) \quad (2)$$

- El primer término de la fórmula (2) es la potencia inercial, mientras que el segundo término es la potencia aerodinámica. Según las pruebas realizadas en distancias recorridas por ómnibus, se ha observado que la potencia inercial es aproximadamente diez veces mayor que la potencia aerodinámica, cuando se ha adoptado una velocidad crucero más bien baja.

La energía estimada $E1(t)$ está dada por la integral en el tiempo de la potencia, en el intervalo de medición $0-t1$:

$$E1(t) = \int_0^{t1} P_{motor}(t) dt \quad (3)$$

- 35 En la primera fase de cálculo 203, el módulo de cálculo 10, basado en las fórmulas (2) y (3), efectúa un procesamiento numérico de los datos digitales disponibles y estima la energía $E1$ utilizada por el motor del vehículo automotor. En particular, a los fines de este cálculo, además de la señal de velocidad $v(t)$ obtenida por medición, se usa también una señal de aceleración representativa de la aceleración $a(t)$, que puede ser proporcionada por el sistema de medición inercial 5 o se puede obtener mediante una operación de una derivada con respecto al tiempo de la señal de velocidad $v(t)$, medida a su vez por el sistema de medición inercial 5 o proporcionada por el receptor de GPS 6.

La figura 4 muestra un ejemplo del curso temporal de la energía estimada $E1(t)$ asociada al curso de la energía medida $v(t)$. De acuerdo con este ejemplo, a la energía estimada $E1(t)$ corresponde un consumo igual a 0,428 kWh.

En una segunda etapa de cálculo 204, el módulo de cálculo 10 realiza una estimación de una energía de referencia $E2(t)$ que representa la energía que el motor del vehículo automotor habría utilizado en el caso que la conducción del vehículo automotor hubiera ocurrido según un patrón de referencia asociado a la señal de velocidad filtrada $v_F(t)$. Para este cálculo, el módulo de cálculo 10 utiliza, por ejemplo, las siguientes fórmulas:

$$P_{2_{motor}}(t) = M \cdot a_F(t) \cdot v_F(t) + \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot v_F(t)^2 \cdot v_F(t) \quad (4)$$

$$E2(t) = \int_0^{t1} P_{2_{motor}}(t) dt \quad (5)$$

En dichas fórmulas (4) y (5), además de los parámetros ya definidos, aparece la señal filtrada de velocidad $v_F(t)$ y su derivada $a_F(t)$. La figura 4 muestra un ejemplo del curso temporal de la energía de referencia $E2(t)$ asociada al curso de la velocidad de referencia $v_F(t)$ obtenida mediante el filtrado de la señal de velocidad medida $v(t)$. De acuerdo con este ejemplo, a la energía de referencia $E2(t)$ corresponde un consumo de 0,358 kWh.

En una etapa de comparación 205, el primer módulo de estimación 9 compara el valor de la energía asociado al curso medido con el valor de la energía de referencia y en función de su diferencia brinda una indicación que se refiere al estilo de conducción adoptado por el conductor. Esta indicación se puede proporcionar de diferentes formas. De acuerdo con un ejemplo, el módulo de estimación calcula y pone a disposición una primera indicación IND1 que representa de modo porcentual la diferencia entre la energía estimada $E1$ consumida en todo el trayecto de medición y la de referencia $E2$ para el mismo trayecto:

$$IND1 = (E1(t1) - E2(t1)) / E2(t1) \cdot 100$$

La unidad de procesamiento 2 puede poner a disposición esta primera indicación IND1 al dispositivo de informes 4 a fin de que pueda ser visible también para el conductor. El procedimiento 200 finaliza con una etapa de FIN simbólico.

Volviendo a la etapa de medición 201, se debería observar que a los fines de la precisión de la estimación de la energía utilizada, es ventajoso proveer un aparato de medición 1 capaz de proporcionar una señal de velocidad $v(t)$ que tenga un contenido rico en información, es decir, que tenga una banda al menos igual a la dinámica característica del vehículo automotor. Es posible que el sistema de medición inercial 5 esté provisto solamente de un acelerómetro para la medición de la aceleración longitudinal, mientras que para la medición de la velocidad sólo esté disponible el receptor GPS 6.

Sin embargo, con referencia a pruebas efectuadas en ómnibus para el transporte de pasajeros, el solicitante ha observado que la señal que representa la velocidad proporcionada por el receptor 6 tiene un contenido de información de buena calidad a bajas frecuencias y una calidad modesta a altas frecuencias, es decir, el espectro de la señal de velocidad parece ser rico en contenido de información hasta aproximadamente 0,05 Hz. En su lugar, la señal de aceleración proporcionada por un acelerómetro del sistema de medición inercial 5 parece ser preciso a altas frecuencias, teniendo una calidad más baja a bajas frecuencias, es decir, su espectro es rico en contenido de información por encima de 0,05 Hz aproximadamente. Se debe señalar que, por ejemplo, el acelerómetro del sistema inercial 5 se implementa habitualmente con una tecnología MEMS (Sistemas Microelectromecánicos).

En este caso, es aplicable el procedimiento de la separación de frecuencias para construir una señal de velocidad que tome en cuenta el contenido de información proporcionado tanto por el receptor de GPS como por el acelerómetro inercial. En la figura 5 se muestra mediante bloques funcionales un diagrama básico de un circuito de tratamiento previo 300. De todas formas, se puede realizar este procedimiento por software, por ejemplo en la unidad de procesamiento 2 y por medio de un módulo opcional de separación de frecuencias 12 (FRSP-MOD).

El circuito de tratamiento previo 300 comprende una primera rama de procesamiento 301 de la señal de velocidad $v_{GPS}(t)$ proporcionada por el receptor de GPS 6 y una segunda rama de procesamiento 302 de la señal de aceleración $a_{INS}(t)$ proporcionada por el acelerómetro inercial 5, un primer nodo 303 y un segundo nodo 304.

La primera rama 301 está provista de una entrada para la señal de velocidad $v_{GPS}(t)$ proporcionada por el receptor de GPS 5 conectado al primer filtro de paso bajo LPF1 capaz de eliminar las componentes de ruido de alta

frecuencia. El primer filtro de paso bajo LPF1 es, por ejemplo, un filtro RII de tipo Butterworth de cuarto orden que tenga, en particular, una frecuencia de corte de aproximadamente 0,4 Hz.

5 La señal $v'_{GPS}(t)$ que sale del primer filtro de paso alto LPF1 se entrega a un primer filtro de paso alto HPF1 que elimina sus frecuencias altas devolviendo una señal de alta frecuencia $v_H(t)$. La señal de alta frecuencia $V_H(t)$ se entrega a una unidad restadora del primer nodo 303, al cual también se le proporciona la misma señal $v_{GPS}(t)$ procedente del primer filtro de paso bajo LPF1. A la salida del primer nodo 303 está presente una señal de velocidad de baja frecuencia $v_L(t)$, la cual se proporciona a un terminal sumador del segundo nodo 304.

10 La segunda rama 302 está provista de un terminal de entrada para la señal de aceleración $a_{INS}(t)$ proporcionada por el acelerómetro inercial 5 y está conectada a un segundo filtro de paso bajo LPF2 (por ejemplo, el mismo que el primer filtro LPF1) para eliminar el ruido de alta frecuencia, el cual devuelve una señal de aceleración previamente filtrada $a_{PRF}(t)$. Luego, la señal de aceleración previamente filtrada $a_{PRF}(t)$ se interpola mediante un bloque de interpolación DS a fin de que tenga en su forma digital la misma frecuencia de muestreo de la señal de velocidad $v_{GPS}(t)$.

15 Luego, se proporciona una señal de aceleración interpolada $a'_{INS}(t)$, procedente del bloque de interpolación DS, a un segundo filtro de paso alto HPF2 que devuelve una señal de aceleración de alta frecuencia $a_H(t)$. Luego se integra dicha señal de aceleración de alta frecuencia $a_H(t)$ mediante un integrador INT que proporciona entonces una señal de velocidad de alta frecuencia $v_{HNUM}(t)$ que se suma desde el segundo nodo 304 con la señal de velocidad de baja frecuencia $v_L(t)$, generando así la señal de velocidad $\mathbf{v}(t)$ obtenida mediante la técnica de separación de frecuencias descrita anteriormente, la cual puede ser utilizada por el procedimiento de estimación 200 de la figura 2.

20 Se debe señalar que también se podría obtener la señal de velocidad de baja frecuencia $v_L(t)$ aplicada al segundo nodo 304 mediante otro filtro de paso bajo de la señal $v'_{GPS}(t)$, pero el diagrama básico mostrado en la figura 5 permite utilizar un segundo filtro de paso alto HPF2 idéntico al primer filtro de paso alto HPF1 y así esta elección reduce la complejidad del algoritmo numérico que implementa el diagrama de la figura 5.

25 De manera tan ventajosa, el primer y el segundo filtro de paso alto HPF1 y HPF2 tienen el mismo orden y la misma frecuencia de corte que, por ejemplo, se puede ajustar y elegir sobre la base de pruebas experimentales o se puede determinar eligiendo el valor de frecuencia que minimice la diferencia entre una primera distancia $d1$ recorrida por el vehículo automotor y determinada sobre la base de las coordenadas de latitud y longitud dadas por el receptor de GPS 6, y una segunda distancia $d2$ obtenida como una integral de la velocidad $v_{GPS}(t)$. Un valor posible para la frecuencia de corte de los filtros de paso alto HPF1 y HPF2 está comprendido entre 0,06 y 0,08 Hz, preferentemente es de 0,07 Hz. El primer y segundo filtro de paso alto HPF1 y HPF2 se implementan mediante un filtro Butterworth de segundo orden.

30 Con respecto a los tiempos de presentación al conductor o a algún otro observador de la estimación del estilo de conducción, se pueden adoptar varios criterios. Por ejemplo, es posible proveer el resultado de la estimación al final de una distancia predeterminada recorrida por el vehículo automotor o periódicamente, es decir, al concluir un período predeterminado. De acuerdo con un modo preferido, el resultado de la estimación se provee en cada detención del vehículo automotor.

35 Se considera que, sobre la base de evaluaciones experimentales, la elección de efectuar los cálculos para la estimación de la conducción considerando la señal de velocidad adquirida entre un arranque y una detención, permite referirse a una velocidad promedio del vehículo automotor, lo cual es correcto para hacer así particularmente confiable la estimación.

40 Por otra parte, la elección de proporcionar el resultado al conductor después de la detención, permite al mismo conductor tener una visión rápida de la primera indicación IND1 que represente su propio estilo de conducción.

45 A continuación se describirá un ejemplo de un criterio de determinación automática del arranque y la detención del vehículo automotor, y así de la determinación de un tiempo de inicio de la adquisición de los resultados de velocidad y aceleración medidos, y de un tiempo final en el que se proporciona al conductor el resultado de la estimación.

La determinación automática de una detención hecha sobre la base de la señal de velocidad proporcionada por el receptor de GPS 6 puede tener una dificultad debido al hecho de que la información proporcionada por dicho receptor tiene una calidad sumamente dependiente de la cobertura satelital específica.

50 Se hace referencia al diagrama de estados 400 de la figura 6, que define un estado de espera de arranque S1 y un estado de espera de detención S2. Dicho diagrama describe un algoritmo que se puede implementar mediante un software, en el módulo de cálculo 10 de la unidad de procesamiento 2 o mediante una máquina de estados realizada

mediante una lógica. De acuerdo con dicho algoritmo, uno permanece en el estado de espera de arranque (ciclo 401) hasta que no ocurra que por tres tiempos de medición siguientes la velocidad del vehículo automotor sea mayor a un valor de umbral igual a, por ejemplo, 0,3 m/s. Con mayor detalle, uno tiene una transición 402 hacia el estado de espera de detención S2 cuando:

- 5
- el valor de velocidad medido en el tiempo i -ésimo, $v(i)$, es mayor a 0,3 m/s;
- y
- el valor de velocidad medido en el tiempo $(i+1)$ -ésimo, $v(i+1)$, es mayor a 0,3 m/s; y
 - el valor de velocidad medido en el tiempo $(i+2)$ -ésimo, $v(i+2)$, es mayor a 0,3 m/s.

10 El tiempo i -ésimo se toma como tiempo de arranque. Uno permanece entonces en el estado de espera de detención S2 (ciclo 403) hasta que no ocurre que una velocidad medida en tres tiempos siguientes es menor o igual al valor de umbral de 0,3 m/s. Entonces uno retorna (transición 404) al tiempo de espera de arranque S1 cuando ocurren las siguientes condiciones:

- el valor de velocidad medido en el tiempo i -ésimo, $v(i)$, es menor o igual a 0,3 m/s; y
- el valor de velocidad medido en el tiempo $(i+1)$ -ésimo, $v(i+1)$, es menor o igual a 0,3 m/s; y
- 15 • el valor de velocidad medido en el tiempo $(i+2)$ -ésimo, $v(i+2)$, es menor o igual a 0,3 m/s.

Se toma el tiempo i -ésimo como un tiempo de detención.

Después de la transición 404, se provee el valor de estimación obtenido al dispositivo de informes 4 de la figura 1.

20 A continuación se describe un ejemplo de otro procedimiento adicional de estimación de estilo de conducción que se puede usar aparte del procedimiento de estimación 200, ilustrado con referencia a la figura 2, o ese procedimiento adicional puede ser independiente del procedimiento de estimación 200. Este procedimiento adicional de estimación de estilo de conducción se puede usar, por ejemplo, a fin de evaluar cómo el comportamiento o el conductor es más o menos seguro principalmente con respecto a los pasajeros transportados.

25 Ahora se hará referencia a la figura 7, que muestra un diagrama de flujo 500 de dicho procedimiento adicional de estimación de estilo de conducción. En una primera fase 501 se adquiere una señal de aceleración $a_{res}(t)$ del vehículo automotor, que representa la amplitud de una aceleración resultante que corresponde al vector suma de la aceleración longitudinal, $a_{long}(t)$ y de la aceleración lateral $a_{lat}(t)$. En particular, se puede obtener la señal de aceleración $a_{res}(t)$ mediante la implementación, por ejemplo en el módulo de cálculo 10, de un algoritmo de software correspondiente a la siguiente fórmula:

$$a_{res} = |a| = \sqrt{a_{long}^2 + a_{lat}^2} \quad (6)$$

30 Con respecto a la determinación de la señal de aceleración longitudinal $a_{long}(t)$, se puede obtener directamente del sistema de medición inercial 5, si está disponible, o se puede determinar derivando la señal de velocidad $v(t)$ del vehículo automotor. La señal que representa la aceleración lateral $a_{lat}(t)$ puede ser proporcionada por el sistema de medición inercial 5 o se puede obtener mediante la siguiente fórmula, que puede ser implementada por ejemplo mediante un software por el módulo de cálculo 10:

$$35 \quad a_{lat}(t) = \omega(t) \cdot v(t) \quad (7)$$

en la cual $\omega(t)$ es la rotación angular o velocidad de rotación del vehículo automotor proporcionada por un sensor adecuado del sistema de medición inercial 5 y $v(t)$ es la velocidad del vehículo automotor ya definida. La señal de velocidad $v(t)$ puede ser aquella provista por ejemplo por el receptor de GPS 6 o por un sensor de velocidad del sistema de medición inercial 5 o puede ser obtenida mediante la integración de la señal de aceleración longitudinal $a_{long}(t)$ provista por el sistema de medición inercial 5. De forma alternativa, la señal de velocidad es aquella obtenida mediante la técnica de separación de frecuencias descrita con referencia a la figura 5.

40 En una segunda fase 502, sobre la base de la aceleración resultante $a_{res}(t)$, (por ejemplo mediante el módulo de cálculo 10), se calcula el "tironeo" característico, también conocido como "sacudida", es decir, la derivada con respecto al tiempo de la aceleración resultante $a_{res}(t)$, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{tironeo}(t) = \frac{da_{res}(t)}{dt} \quad (8)$$

En particular, el módulo de cálculo 10 puede implementar la fórmula (8) en una forma numérica. En una tercera fase 503, se hace otra estimación del estilo de conducción, por ejemplo, mediante el segundo módulo de estimación 11, el cual toma en cuenta tanto la amplitud de la aceleración resultante $a_{res}(t)$ como el $\text{tironeo}(t)$ expresado en la relación 8. Se debe señalar que esta estimación indica como no virtuosos aquellos modos de conducción en los que el módulo de la aceleración resultante $a_{res}(t)$ es elevado y/o el $\text{tironeo}(t)$ es elevado.

La figura 8 se refiere a datos obtenidos de modo experimental. En particular, la figura 8a muestra una curva de velocidad $v(t)$, la figura 8b muestra una curva de aceleración longitudinal $a_{long}(t)$ y una de una aceleración lateral $a_{lat}(t)$ y la figura 8c muestra una curva de aceleración resultante $a_{res}(t)$ y una curva de $\text{tironeo}(t)$. En la figura 8d se exhiben muestras medidas con un segundo período que corresponde a pares de valores normalizados de las aceleraciones resultantes y del tironeo. Los datos digitales que se refieren a dichas muestras se almacenan en la memoria de muestras 7. La normalización se ha hecho, de acuerdo con este ejemplo, considerando la muestra más próxima al origen de todo el parque de pruebas experimentales como el cero del sistema de ejes cartesianos, y aquel más distante del origen de todo el parque de pruebas experimentales como la unidad.

Además, en el diagrama de la figura 8d se muestra un arco A1 que limita un sector circular que incluye muestras correspondientes a un estilo de conducción considerado seguro. De hecho, las muestras en el interior del arco A1 tienen como coordenadas una aceleración resultante $a_{res}(t)$ y un $\text{tironeo}(t)$ al cual corresponde una distancia euclídea desde el origen menor que un umbral normalizado, en el ejemplo 0,7 (es decir, menor que el radio del arco A1). Se considera que las muestras que tienen una distancia euclídea desde el origen mayor que el umbral de 0,7, corresponden a un estilo de conducción no seguro.

También es posible dividir el área del diagrama de la figura 8d en una pluralidad de anillos asociados a diferentes niveles de seguridad. Se debe señalar que el umbral de 0,7 es un valor empírico, proporcionado solamente como un ejemplo, pero del que se evaluó la plausibilidad de modo experimental.

Se puede configurar el segundo módulo de estimación 11 a fin de hacer cálculos que permitan comparar la distancia euclídea de cada punto del plano definido por el diagrama de la figura 8 (que tiene valores específicos de las coordenadas $a_{res}(t)$ y $\text{tironeo}(t)$) con el valor de umbral mencionado más arriba. Al definir con N el número total de muestras, es posible calcular un primer porcentaje N1 y un segundo porcentaje N2. El primer porcentaje N1 está dado por el porcentaje de muestras con respecto al número total N que tienen una distancia desde el origen menor que el umbral de 0,7. El segundo porcentaje N2 está dado por el porcentaje de muestras con respecto al número total N que tienen una distancia desde el origen mayor que el umbral de 0,7. Estos porcentajes dan una segunda indicación IND2 de la estimación del estilo de conducción.

De forma alternativa, se puede efectuar también la estimación del estilo de conducción, por ejemplo, no basada en un cálculo de la distancia de cada muestra desde el centro del sistema de ejes $a_{res}(t)$ y $\text{tironeo}(t)$ sino calculando un centro de gravedad del conjunto de muestras y comparando la distancia de este centro de gravedad con el umbral indicado antes. También es posible calcular la posición del centro de gravedad de un modo ponderado, es decir, asociando un peso diferente a cada muestra, dependiendo del hecho de que es mayor el valor normalizado de la aceleración resultante o aquel del tironeo.

Con respecto a la duración del trayecto de medición y los tiempos necesarios para la presentación de la estimación al conductor, esto se puede aplicar también para este otro procedimiento de estimación adicional con las mismas consideraciones hechas con referencia al procedimiento 200 de la figura 2.

La figura 9 muestra un ejemplo de un modo posible de visualización sobre una pantalla de un dispositivo de informes 4 (como en particular la misma pantalla del teléfono inteligente con el cual está hecha la unidad de procesamiento 2) de la primera indicación IND1, que se refiere a la energía utilizada, y de la segunda indicación IND2, que se refiere a la seguridad de conducción. De acuerdo con este ejemplo, una barra horizontal 901 tiene una longitud aproximada de los porcentajes de comportamientos no seguros, es decir tiene una longitud aproximada del porcentaje N2 descrito anteriormente, lo que hace entonces, según este ejemplo, el segundo indicador IND2.

También se muestra en una escala 902 la primera indicación $IND1 = (E1-E2)/E2 \cdot 100$, que representa la porción de energía E1 gastada por el motor que excede la energía de referencia E2. La primera indicación IND1 está representando también el consumo de combustible que excede a aquel que ocurriría si la conducción se hubiera hecho con modos más virtuosos.

5 Ventajosamente, se puede proveer otra barra 903, por ejemplo una barra vertical, que tenga una longitud que represente un promedio móvil que tenga en cuenta el comportamiento del conductor con respecto a los consumos, como se estimó en una pluralidad de ventanas de tiempo de medición comprendidas entre un arranque y una detención. Así, el conductor, al observar su propio teléfono inteligente 4, será capaz de conocer rápidamente el estilo de conducción que está adoptando, para poder mejorarlo mediante un comportamiento más cuidadoso a fin de reducir el consumo y mejorar la seguridad de todos los pasajeros o de los ítems transportados.

10 El solicitante ha hecho mediciones experimentales mediante la estimación del comportamiento de varios conductores en el mismo trayecto y en condiciones de tráfico comparables, y fue capaz de observar cómo ambos procedimientos descritos permiten identificar los diferentes estilos de conducción asociados a diferentes conductores.

15 Con referencia al procedimiento de estimación 200 de la figura 2, se debe señalar que la decisión de utilizar para la comparación en la que está basada la estimación, una característica de referencia obtenida mediante un filtrado de paso bajo de una característica medida, hace particularmente realista la estimación efectuada, en razón de que uno evita considerar como no virtuosos aquellos comportamientos del conductor que han sido provocados cuando eran inevitables, por ejemplo, por el tráfico, los semáforos u otros.

El solicitante ha percibido y aplicado el hecho de que este enfoque se ve mucho mejor que un enfoque según el cual la estimación estaba basada en la comparación entre una característica cinemática medida con un desempeño "óptimo" predefinido de la misma característica cinemática, obtenida solamente sobre la base del modelo del vehículo automotor y sobre un análisis general hecho a priori del trayecto recorrido por el vehículo automotor.

20 Como se dijo anteriormente, los resultados de la estimación también pueden ser puestos a disposición por una estación de supervisión en la cual se podrían realizar otros cálculos y estadísticas adicionales, mediante la creación de informes en relación al comportamiento de los conductores.

25 Se debe señalar que aún si en la descripción dada anteriormente se hizo referencia a menudo al contexto de ómnibus para el transporte de pasajeros, las enseñanzas descritas son también aplicables a otros vehículos de superficie (como por ejemplo taxis, autos rentados o camiones), o a vehículos marinos (por ejemplo, barcos de motor o hidroplanos) o a aviones (por ejemplo, aviones o helicópteros) para el transporte de pasajeros y/o productos.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de estimación de estilo de conducción de vehículo automotor (100), que comprende:
 - un aparato de medición (1) de una señal cinemática representativa de una tendencia de cantidad de movimiento de automotor ($v(t)$) a lo largo de un trayecto de medición;
- 5 **caracterizado porque** comprende además:
 - un módulo de filtrado de paso bajo (8) configurado para filtrar la señal cinemática y proveer una señal filtrada de referencia correspondiente, asociada a una tendencia de referencia de dicha cantidad ($v_F(t)$);
 - un módulo de procesamiento (2) que comprende:
 - un módulo de cálculo (10) configurado para:
 - 10 calcular (203), a partir de la señal cinemática y un modelo de descripción de un vehículo automotor, una estimación de una energía usada por el vehículo automotor (E1) a lo largo del trayecto de medición;
 - calcular (204), a partir de la señal de referencia y dicho modelo de descripción de vehículo automotor, una energía de referencia (E2) asociada a la tendencia de referencia;
 - 15 un primer módulo de estimación (9) configurado para comparar (205) dicha energía con la energía de referencia y proveer una indicación (IND1) sobre el estilo de conducción dependiendo de un corrimiento entre la energía y la energía de referencia.
2. El sistema de estimación (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho aparato de medición (1) está construido de forma tal que esa cantidad es una velocidad y la señal cinemática es una señal de velocidad representativa de una tendencia de velocidad de vehículo automotor; el módulo de filtrado (8) está configurado de
 - 20 forma que dicha señal filtrada sea una señal de velocidad de referencia.
3. El sistema (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho aparato de medición (1) y dicho módulo de filtrado (8) son tales que la señal cinemática y la señal de referencia son señales digitales y en donde el módulo de cálculo (10) está configurado para:
 - 25 estimar una potencia suministrada por un motor del vehículo automotor basada en la señal cinemática y dicho modelo de vehículo automotor y calcular dicha energía a partir de dicha potencia;
 - estimar una potencia de referencia asociada a dicha tendencia de referencia y dicho modelo de motor de vehículo automotor y calcular dicha energía de referencia a partir de la potencia de referencia.
4. El sistema (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, configurado de modo que dicha indicación sobre el estilo de conducción se provee al final de una ranura de tiempo asociada a dicho trayecto
 - 30 de medición y está comprendida entre un momento de arranque y un momento de detención del vehículo automotor.
5. El sistema (100) de acuerdo con al menos la reivindicación 4, que comprende un modulo de evaluación automática (10) para evaluar automáticamente momentos de arranque y detención del vehículo automotor, el cual opera de acuerdo con las señales recibidas del aparato de medición (1).
6. El sistema (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho aparato
 - 35 de medición (1) está configurado para adquirir una señal de aceleración representativa de dicha aceleración de vehículo automotor, y además dicho módulo de procesamiento (2) comprende:
 - un módulo de derivación de señal de aceleración (10) configurado para devolver una señal de tironeo representativa de la variación temporal en dicha señal de aceleración;
 - un módulo de almacenamiento (7) configurado para almacenar una pluralidad de muestras cada una indicativa de
 - 40 un valor de aceleración y de una un valor de tironeo correspondiente;
 - un segundo módulo de estimación (11) configurado para comparar pares de valores de aceleración y tironeo contra valores de referencia y proveer una indicación posterior del estilo de conducción de vehículo automotor relacionada con la seguridad de conducción del vehículo automotor.

7. El sistema (100) de acuerdo con al menos la reivindicación 6, en donde dicha aceleración es una amplitud de una aceleración resultante (a_{res}) de una suma vectorial de una aceleración longitudinal de vehículo automotor y una aceleración lateral de vehículo automotor.
- 5 8. El sistema (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho aparato de medición comprende al menos uno de los siguientes dispositivos: un receptor de GPS, un sensor de velocidad, un sensor de aceleración, un sistema de medición inercial.
9. El sistema (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en donde el aparato de medición (1) está construido como para enviar señales de medición a dicho módulo de filtrado (8) y a dicho módulo de procesamiento (2) según un modo inalámbrico.
- 10 10. El sistema (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, que comprende un aparato con pantalla (4; 2) adaptado para poner a disposición de un conductor de vehículo automotor dicha primera indicación del estilo de conducción y/o dicha segunda indicación del estilo de conducción.
11. El sistema (100) de acuerdo con al menos la reivindicación 2, en donde el aparato de medición comprende:
- 15 un dispositivo de medición (6) estructurado para proveer una primera señal de velocidad de vehículo automotor;
un acelerómetro (5) estructurado para proveer una señal de aceleración longitudinal de vehículo automotor;
y en donde el módulo de procesamiento (2) comprende un módulo de tratamiento previo de separación de frecuencia (300) configurado para:
- realizar un filtrado de paso bajo (HPF1, 303) de la primera señal de velocidad;
- 20 realizar un filtrado de paso alto (HPF2) de la señal de aceleración longitudinal;
- integrar (INT) la señal de aceleración longitudinal resultante del filtrado de paso alto a fin de obtener una segunda señal de velocidad;
- 25 combinar (303; 304) la primera señal de velocidad, la segunda señal de velocidad y la primera señal de velocidad como resultado del filtrado a fin de obtener dicha señal de velocidad representativa de la tendencia de velocidad del vehículo automotor.
12. Procedimiento para estimar el estilo de conducción de un vehículo automotor, que comprende:
- la generación (201), a partir de mediciones, de una señal cinemática representativa de una tendencia de cantidad de movimiento de un vehículo automotor ($v(t)$) a lo largo de un trayecto de medición; **caracterizado porque** comprende
- 30 el filtrado de paso bajo (202) de la señal cinemática obteniendo una señal filtrada de referencia correspondiente asociada a una tendencia de referencia de dicha cantidad de movimiento del vehículo automotor ($v_F(t)$);
- el cálculo (203), a partir de la señal cinemática y de un modelo de descripción de vehículo automotor, de una estimación de una energía (**E1**) usada por el vehículo automotor a lo largo del trayecto de medición;
- el cálculo (204), a partir de la señal filtrada de referencia y dicho modelo de descripción de vehículo automotor, de una energía de referencia (**E2**) asociada a la tendencia de referencia;
- 35 la comparación (205) de dicha energía con la energía de referencia y la provisión de una indicación (IND1) sobre el estilo de conducción dependiendo de un corrimiento entre la energía y la energía de referencia.

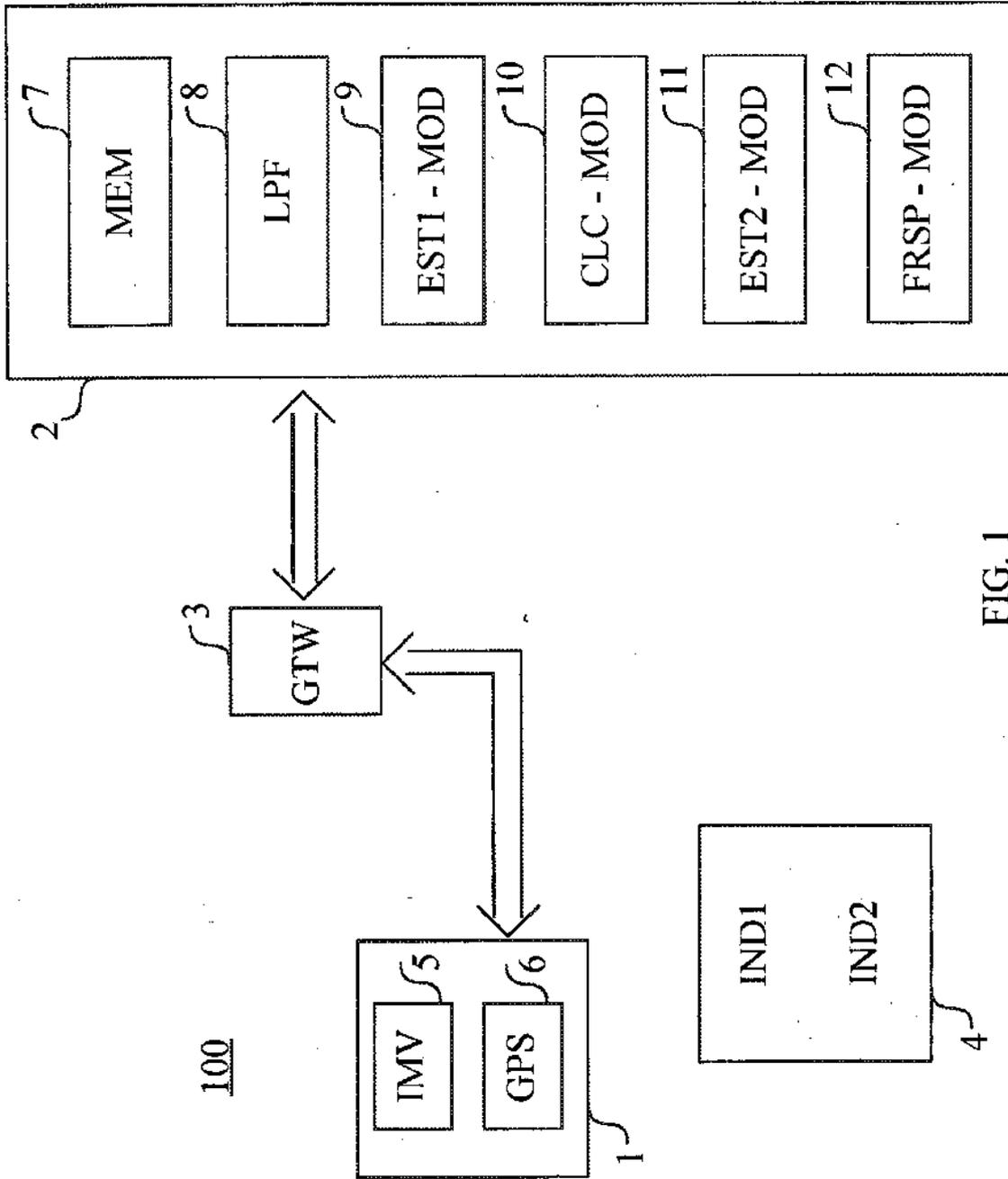


FIG. 1

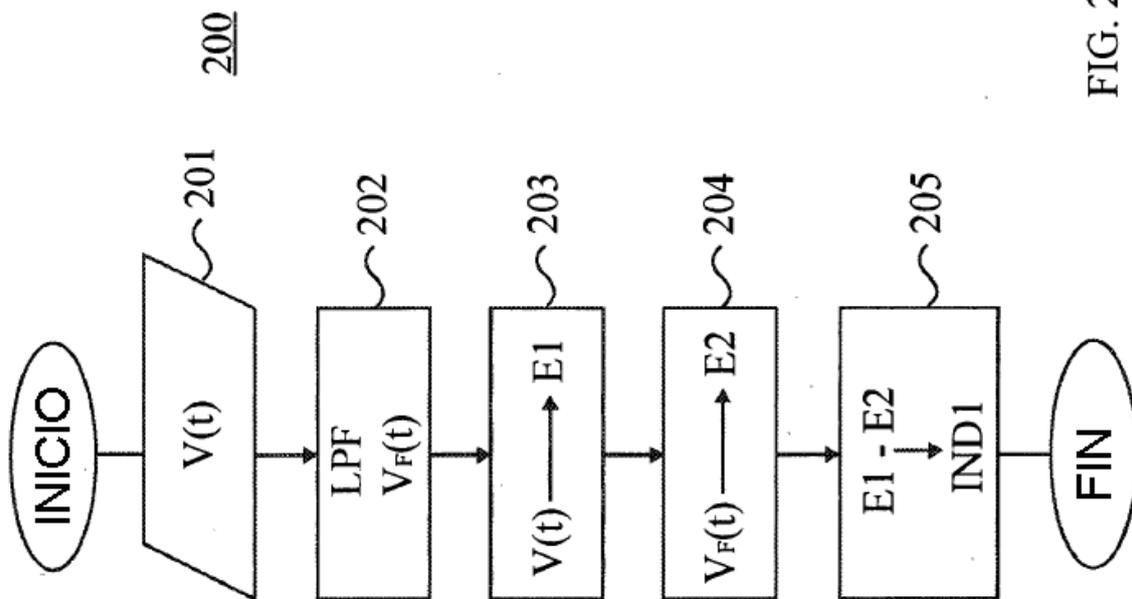


FIG. 2

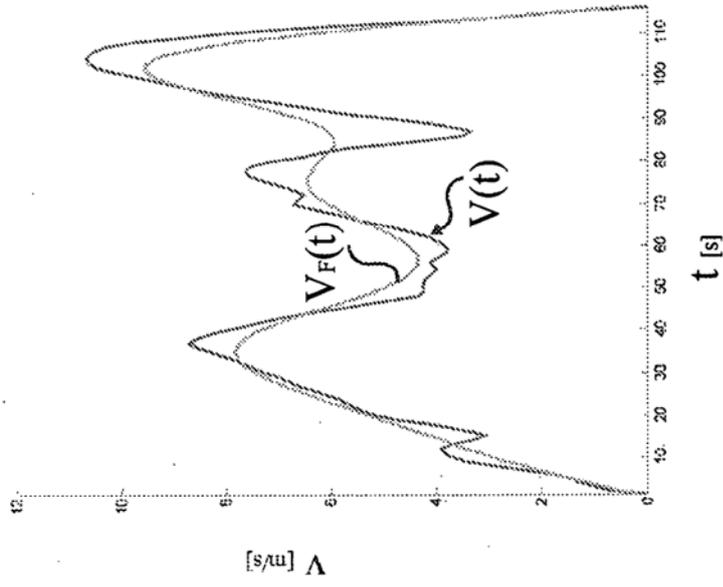


FIG. 3

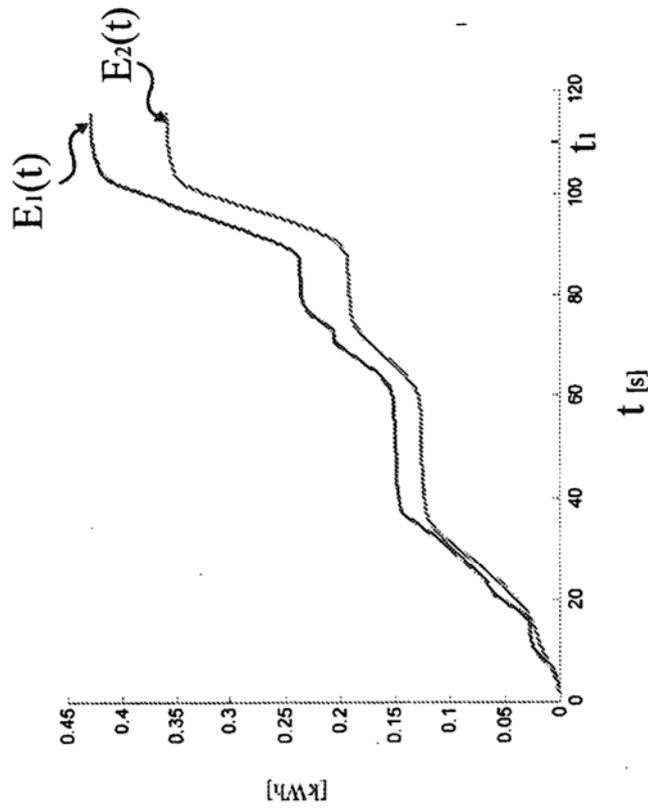


FIG. 4

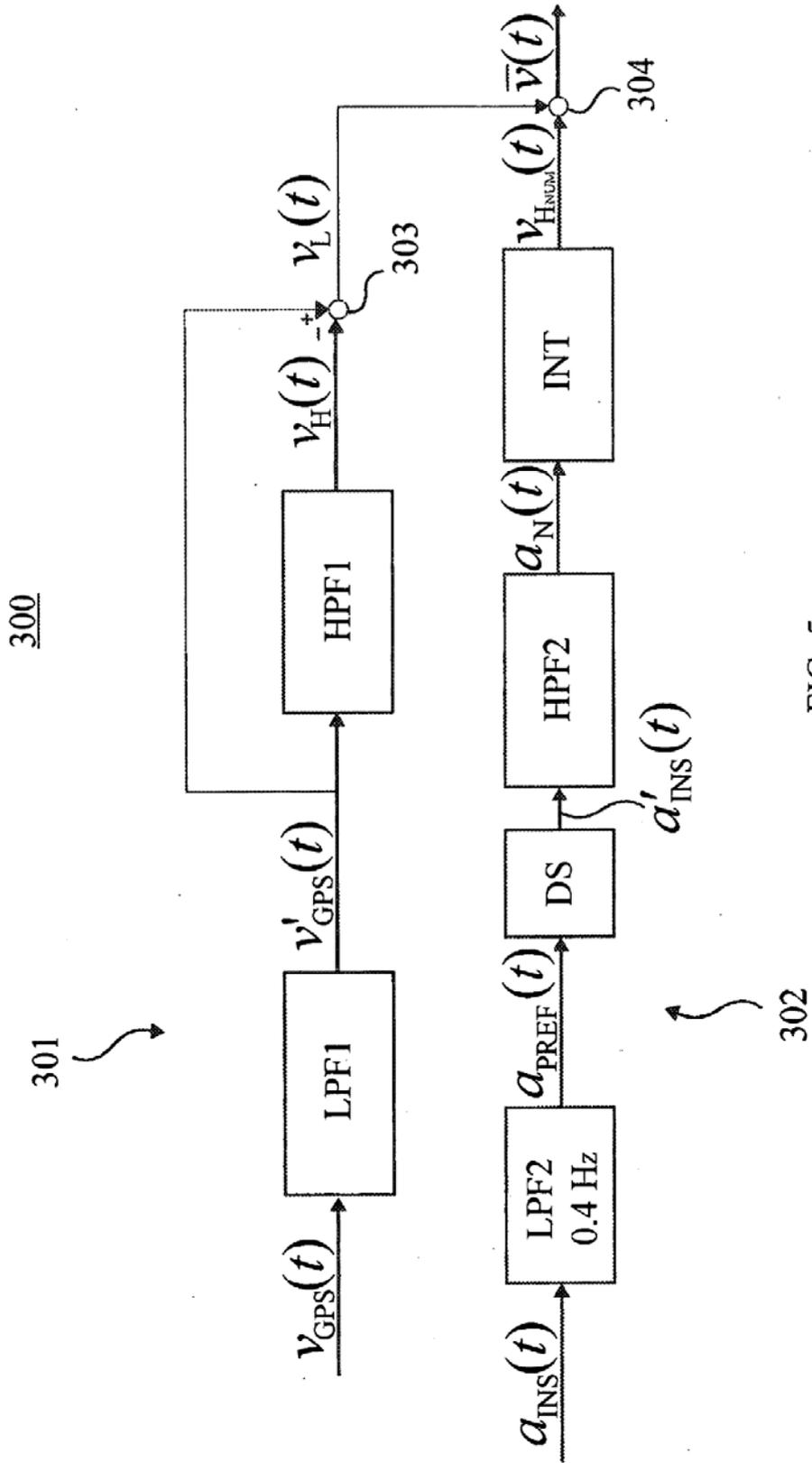


FIG. 5

400

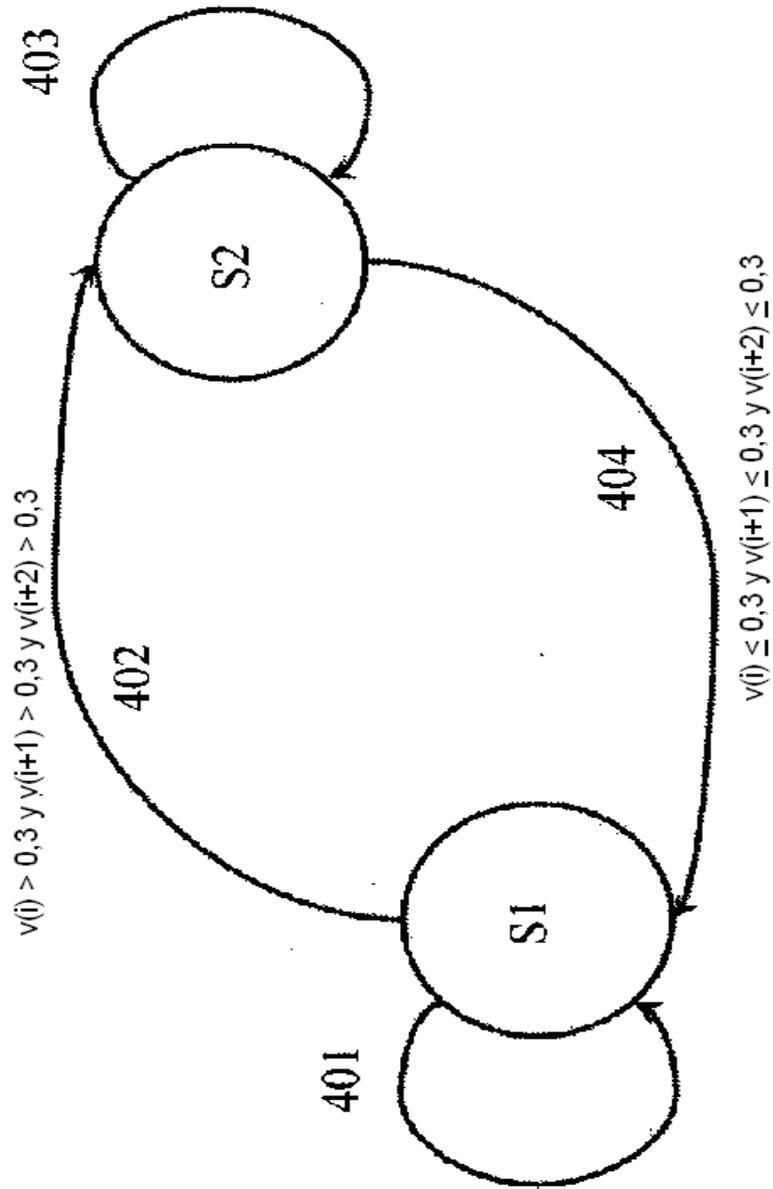


FIG. 6

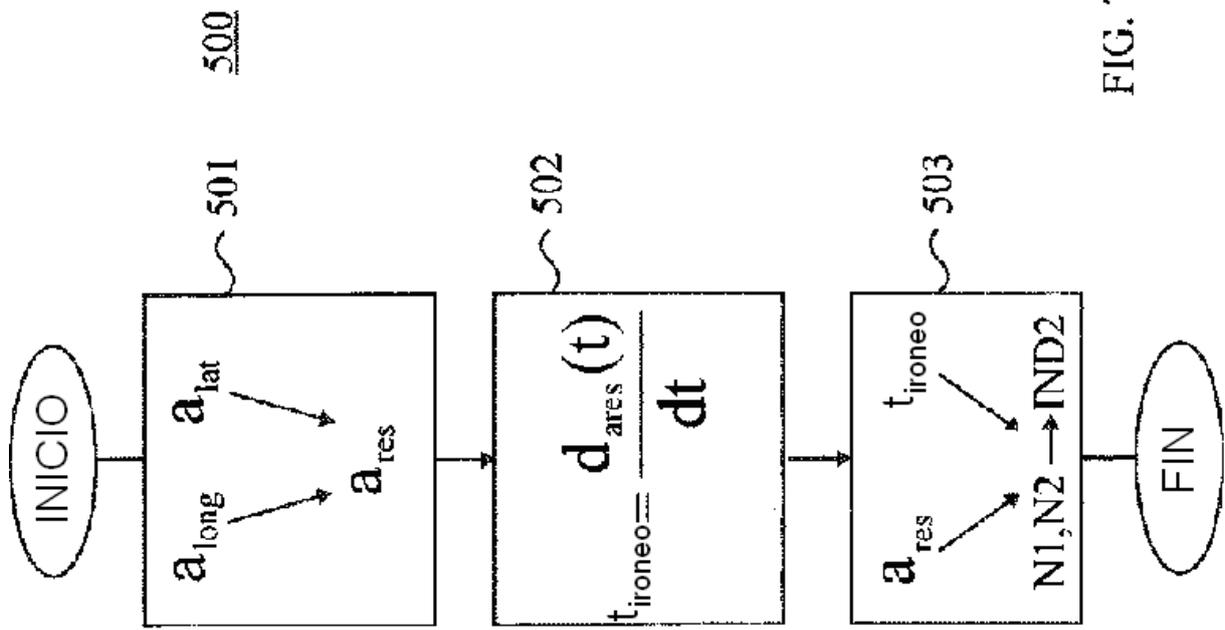


FIG. 7

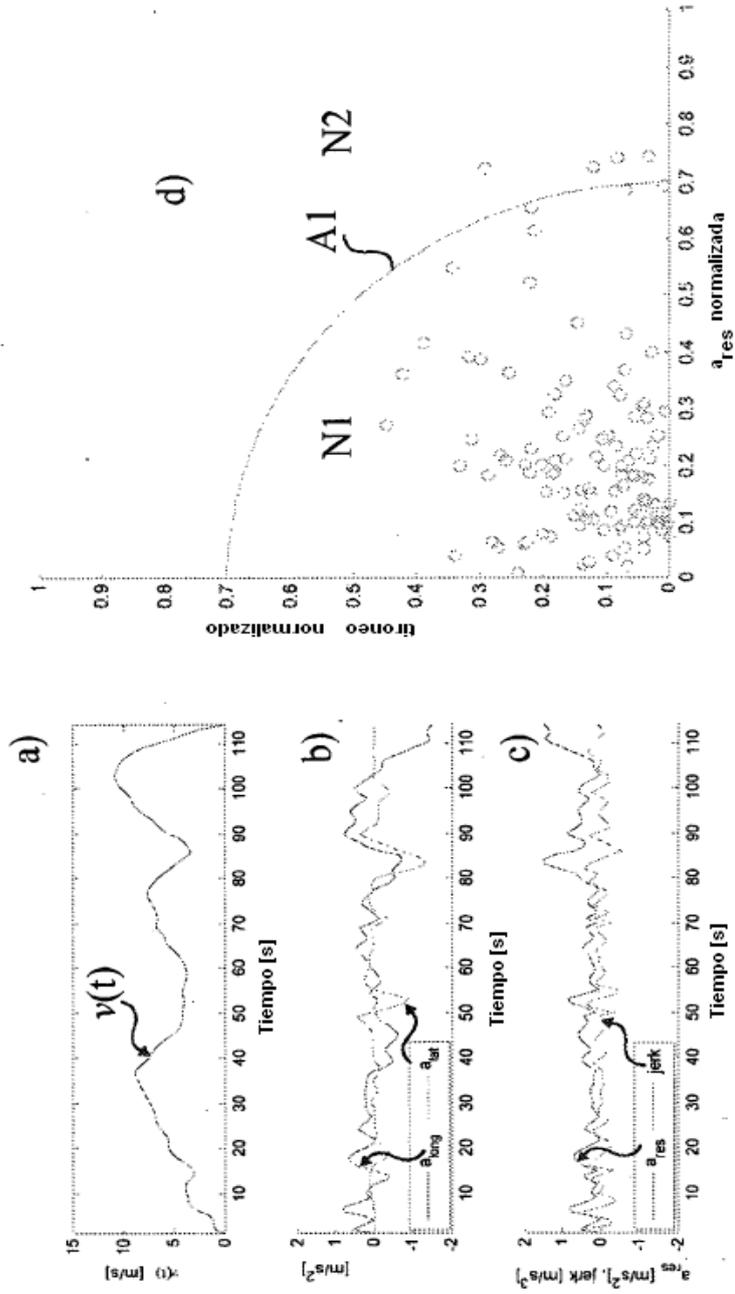


FIG. 8

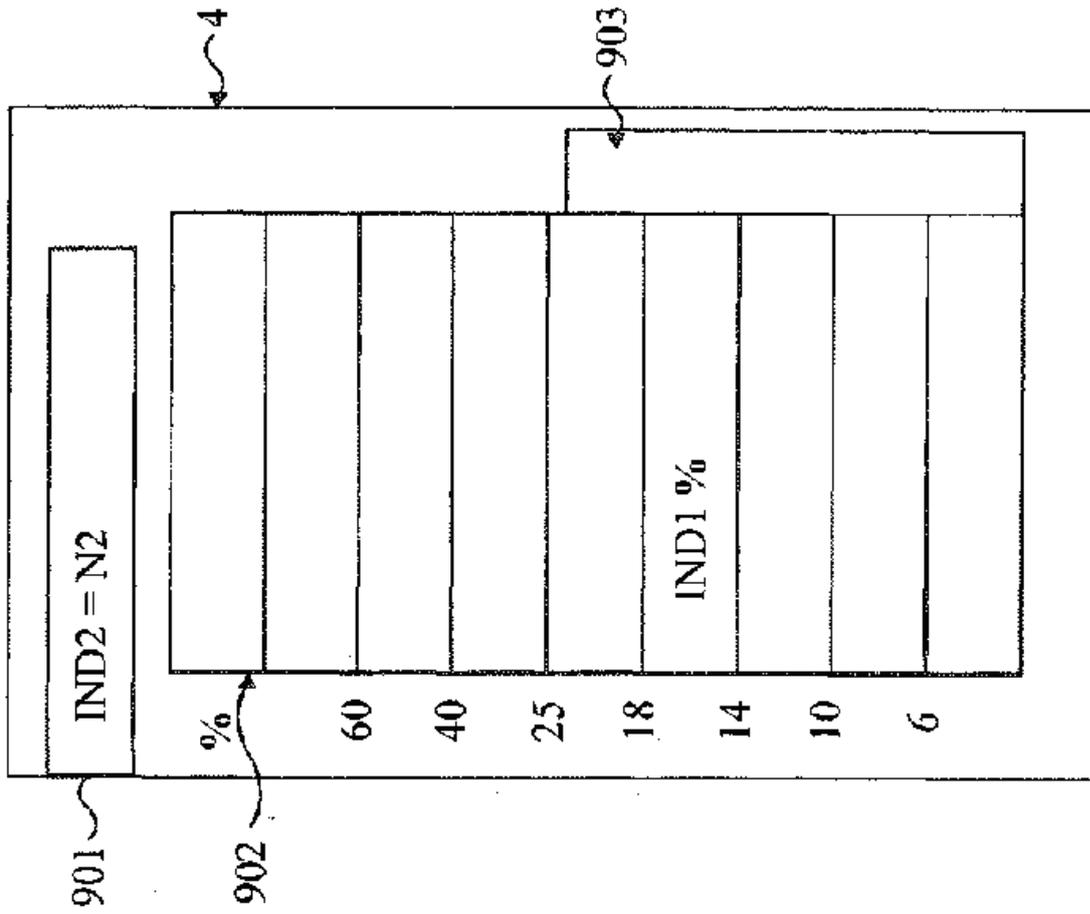


FIG. 9