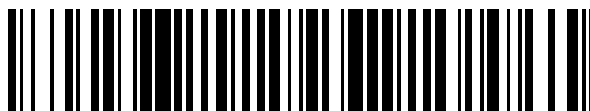


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 458**

51 Int. Cl.:

G07B 15/06 (2011.01)

G08G 1/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2009 E 09759258 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013 EP 2286388**

54 Título: **Tarificación dinámica para carriles de peaje**

30 Prioridad:

02.06.2008 US 58141 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.09.2013

73 Titular/es:

**ELECTRONIC TRANSACTION CONSULTANTS
CORPORATION (100.0%)
1705 North Plano Road
Richardson, TX 75081, US**

72 Inventor/es:

**COFFEE, BRETT y
LAIN, MARTY**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 421 458 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

Tarificación dinámica para carriles de peaje

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere en general a la gestión de carriles de peaje, y más específicamente, la presente invención se refiere a un método para tarificación dinámica para carriles de peaje.

ANTECEDENTES

10 La congestión de tráfico ha sido una cuestión muy importante en muchas áreas urbanas, y seguirá siéndolo mientras se incrementa el número de vehículos. Se han empleado varias aproximaciones para aliviar la congestión del tráfico y tratar los diversos problemas asociados a la congestión del tráfico. Por ejemplo, se han empleado carriles para vehículos de alta ocupación (VAO) o carriles para vehículos compartidos para animar a la gente a compartir viajes, y reducir así la cantidad de vehículos en las vías. Sin embargo, no es práctico ni conveniente en muchos casos para la gente compartir viajes y los carriles VAO no se usan eficientemente hasta su capacidad completa. Como otro ejemplo, los carriles VAO pueden ser transformados en carriles de tarificación de alta ocupación, y los carriles de tarificación de alta ocupación pueden ser usados por vehículos de pasajero único que están dispuestos a pagar un cargo de peaje para ahorrar tiempo de conducción.

15 Consecuentemente, más vehículos pueden usar los carriles VAO, vehículos que en otro caso no hubieran podido hacerlo, lo que puede reducir la congestión de tráfico en los correspondientes carriles que no son de tipo VAO o carriles de propósito general. El cargo de peaje puede variar dependiendo del momento del día (por ejemplo, periodos punta o periodos que no son punta) y/o del día de la semana (por ejemplo, días laborales y fin de semana).
20 Aunque estas aproximaciones han sido satisfactorias para sus fines pretendidos, no han sido satisfactorias en todos los aspectos. Una desventaja es que estas aproximaciones no responden eficazmente a cambios en tiempo real en las condiciones de tráfico, lo que puede llevar a problemas de congestión de tráfico. Además, estas aproximaciones no predicen las condiciones de tráfico que se aproximan y que pueden dar lugar también a problemas de congestión de tráfico si no se tratan con suficiente antelación.

25 Los antecedentes técnicos se proporcionan en el documento WO 02/071338 A1, que da a conocer un servidor de control de tráfico de vehículos que incluye un medio de monitorización, un medio de ajuste de tarifas en comunicación con el medio de monitorización, y un medio de notificación en comunicación con el medio de ajuste de tarifas. El medio de monitorización está configurado para monitorizar al menos un parámetro de congestión de tráfico de una calzada que tiene una tarifa vial. El medio de ajuste de tarifas está configurado para ajustar la tarifa vial de acuerdo con el parámetro de congestión de tráfico monitorizado. El medio de notificación está configurado para
30 notificar al menos a un conductor la tarifa vial ajustada.

SUMARIO

La presente invención es un sistema de peaje definido en la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas. También se proporciona un método para determinar un cargo de peaje definido en la reivindicación 7.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las características novedosas que se creen características de la invención están expuestas en las reivindicaciones adjuntas. La propia invención, sin embargo, así como un modo preferido de uso, objetos adicionales y ventajas de ellos, se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa leída en conjunción con los dibujos adjuntos, en los que:

- 40 **la figura 1** ilustra un sistema vial que tiene carriles de peaje y carriles sin peaje en el que pueden implementarse diversos aspectos de tarificación dinámica para los carriles de peaje;
- la figura 2** ilustra un sistema de peaje para procesar información de tráfico en el segmento vial de la figura 1 y para la tarificación dinámica para los carriles de peaje;
- 45 **la figura 3** ilustra un diagrama de flujo de un método para calcular un cargo de peaje para vehículos que viajan por un carril de peaje de acuerdo con diversos aspectos de la presente exposición;
- la figura 4** ilustra una relación entre flujo de tráfico y un factor de peso de flujo que puede usarse en la tarificación dinámica para carriles de peaje de la figura 1; y
- la figura 5** ilustra una relación entre velocidad de tráfico y un factor de peso de velocidad que puede usarse en la tarificación dinámica para carriles de peaje de la figura 1.

50

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Con referencia a la figura 1, se ilustra una vista desde arriba de un sistema vial 100 que tiene carriles sin peaje (por ejemplo carriles de propósito general) 102 y carriles de peaje (por ejemplo, carriles gestionados) 104 para viajar en una única dirección 105. Los carriles sin peaje 102 pueden estar separados de los carriles de peaje 104 por una mediana 106 u otra estructura de separación. El sistema vial 100 puede estar dividido además en un segmento de vía 110 que está entre los marcadores A y B, y un segmento de vía 112 que está entre los marcadores B y C. El sistema vial 100 puede incluir además puntos de acceso 113, 115 para entrar a y salir de los carriles de peaje 104 de los segmentos 110 y 112, respectivamente. Una pantalla (no mostrada) puede estar situada cerca de los puntos de acceso 113, 115 para notificar a los conductores un cargo de peaje por usar los carriles de peaje 104 de los respectivos segmentos 110 y 112. El cargo de peaje puede variar dependiendo de las condiciones de tráfico de los carriles sin peaje 102 y los carriles de peaje 104 como se discutirá aquí posteriormente. Se entiende que el número de carriles sin peaje y de peaje, el número de segmentos, y la distancia de los segmentos puede variar dependiendo de los requisitos de diseño y las restricciones del segmento de vía.

Los vehículos 122, 123, 124 que desean viajar por los carriles de peaje 104 pueden requerir cada uno un transpondedor de peaje (por ejemplo, una etiqueta de peaje) u otro dispositivo adecuado que sea capaz de comunicarse con un lector situado en los puntos de acceso 113, 115. Los transpondedores pueden comunicarse con el lector a través del aire usando señales de radiofrecuencia (RF) u otra tecnología inalámbrica adecuada conocida en la técnica. Correspondientemente, el lector puede obtener información del transpondedor, y facturar el cargo de peaje a una cuenta asociada al transpondedor. Una pluralidad de sensores 130, 131, 132 pueden estar situados en cada marcador A, B, C para determinar condiciones de tráfico en los carriles sin peaje 102 y los carriles de peaje 104. Por ejemplo, los sensores 130, 131, 132 pueden usarse para determinar la velocidad de tráfico y el flujo de tráfico de vehículos 122, 123, 124 que viajan por los carriles de peaje 104 y de vehículos 140, 141, 142 que viajan por los carriles sin peaje 102, como se discutirá aquí posteriormente. La información de tráfico puede ser recogida y determinada periódicamente (por ejemplo, 5 segundos), y la información puede ser enviada a un sistema de peaje para determinar la carga de peaje para los carriles de peaje 104 de los respectivos segmentos 110, 112. Se entiende que el número de sensores usados y la posición de los sensores puede variar dependiendo de los requisitos de diseño del sistema vial 100. Por ejemplo, pueden colocarse múltiples sensores a lo largo de segmentos de vía 110, 112, y la información de tráfico procedente de los sensores puede ser promediada para proporcionar datos más precisos.

Los vehículos 122, 123, 124 que desean viajar por los carriles de peaje 104 pueden requerir cada uno un transpondedor de peaje (por ejemplo, una etiqueta de peaje) u otro dispositivo adecuado que sea capaz de comunicarse con un lector situado en los puntos de acceso 113, 115. Los transpondedores pueden comunicarse con el lector a través del aire usando señales RF u otra tecnología inalámbrica adecuada conocida en la técnica. Correspondientemente, el lector puede obtener información del transpondedor, y facturar el cargo de peaje a una cuenta asociada al transpondedor. Una pluralidad de sensores 130, 131, 132 pueden estar situados en cada marcador A, B, C para determinar condiciones de tráfico en los carriles sin peaje 102 y los carriles de peaje 104. Por ejemplo, los sensores 130, 131, 132 pueden usarse para determinar la velocidad de tráfico y el flujo de tráfico de los vehículos 122, 123, 124 que viajan por los carriles de peaje 104 y de los vehículos 140, 141, 142 que viajan por los carriles sin peaje 102, como se discutirá aquí posteriormente. La información de tráfico puede ser recogida y determinada periódicamente (por ejemplo, 5 segundos), y la información puede ser enviada a un sistema de peaje para determinar la carga de peaje para los carriles de peaje 104 de los respectivos segmentos 110, 112 o alguna combinación de los segmentos 110, 112. Se entiende que el número de sensores usados y la posición de los sensores puede variar dependiendo de los requisitos de diseño del sistema vial 100. Por ejemplo, pueden colocarse múltiples sensores a lo largo de segmentos de vía 110, 112, y la información de tráfico procedente de los sensores puede ser promediada para proporcionar datos más precisos.

Con referencia también a la figura 2, se ilustra un sistema de peaje 200 para procesar información de tráfico y determinar un cargo de peaje para vehículos 122, 123, 124 que viajan por los carriles de peaje 104 de los segmentos de vía 110 y 112 de la figura 1. Características similares en las figuras 1 y 2 están numeradas de igual modo por motivos de claridad y simplicidad. El sistema de peaje 200 puede incluir un controlador 202 para controlar las operaciones y la funcionalidad del sistema de peaje. El controlador 202 puede incluir un procesador 204 tal como un ordenador, microcontrolador, máquina digital, u otro dispositivo de procesamiento adecuado conocido en la técnica. El controlador 202 puede incluir además una memoria 206 para almacenar diversos programas de ordenador a ejecutar por el procesador 204 y para almacenar información de tráfico y/u otros datos. Por ejemplo, la información de tráfico puede ser recogida y almacenada en tablas de historial para identificar patrones y tendencias de tráfico que pueden usarse en la predicción de las condiciones de tráfico que se aproximan como se discutirá aquí posteriormente.

El controlador 202 puede recibir información de tráfico desde los sensores 130, 131, 132 situados cerca de cada marcador A, B, C de la figura 1. Los sensores 130, 131, 132 pueden recoger información de tráfico, tal como velocidad de tráfico y flujo de tráfico, en cada uno de los carriles de peaje 104 y en cada uno de los carriles sin peaje 102, y comunicar la información al controlador 202 a través de una conexión por cable o inalámbrica. El controlador 202 puede estar acoplado a pantallas 211, 212 que están situadas cerca de los puntos de acceso 113, 115 para

notificar a conductores el cargo de peaje por usar los carriles de peaje 104 de la figura 1.

La memoria 206 puede incluir un algoritmo de tarificación dinámica que es ejecutado por el procesador 204 para determinar el cargo de peaje para los vehículos 122, 123, 124 por usar los carriles de peaje 104. El cargo de peaje puede ser calculado y actualizado cada 5 minutos, 10 minutos, o cualquier otro intervalo adecuado definido por el usuario, y puede ser presentado en las pantallas 211, 212 para notificar a los conductores el cargo de peaje. Además, el intervalo definido por el usuario puede ser variado de tal modo que pueden usarse intervalos más cortos durante periodos punta (por ejemplo, la hora punta) mientras que pueden usarse intervalos más largos durante periodos que no son de punta (por ejemplo, tras la medianoche). Igualmente, el intervalo puede ser variado dependiendo de la información de tráfico tal como cuando la información de tráfico (por ejemplo el cambio del flujo de tráfico se ha incrementado anómalamente o el cambio de velocidad de tráfico se ha reducido anómalamente) puede predecir que se aproximan problemas de tráfico tales como un accidente u otra situación de emergencia. El algoritmo de tarificación dinámica usa una aproximación con pesos basada en el flujo de tráfico y la velocidad de tráfico de los carriles de peaje 104 y/o los carriles sin peaje 102 para determinar una cantidad en la que ajustar el cargo de peaje actual. Además, el algoritmo de tarificación dinámica usa cambios de flujo de tráfico y cambios de velocidad de tráfico para predecir las condiciones de tráfico que se aproximan, y ajusta el cargo de peaje para tratar de controlar tanto el flujo de tráfico como la velocidad de tráfico en los carriles de peaje 104. Correspondientemente, el algoritmo de tarificación dinámica puede responder a las condiciones de tráfico predichas que se aproximan, y ajustar el cargo de peaje para mantener un flujo de tráfico óptimo y una velocidad de tráfico óptima (por ejemplo, parámetros definidos por el usuario) en los carriles de peaje 104 en todo momento.

En una realización, los carriles de peaje 104 puede estar configurados como carriles para vehículos de alta ocupación que pueden ser usados sin cargo por vehículos que tienen dos o más ocupantes. Adicionalmente, los carriles de peaje 104 pueden estar configurados también como carriles de tarificación de alta ocupación que pueden ser usados por vehículos de pasajero único que no cumplen los requisitos para viajar sin cargo en los carriles VAO pero que están dispuestos a pagar el cargo de peaje para ahorrar tiempo de viaje. Esto es conocido como "tarificación por valor" en que la cantidad que una persona estaría dispuesta a pagar depende del tiempo de viaje potencial que puede ahorrarse usando los carriles de peaje 104 (por ejemplo, carriles gestionados) en vez de los carriles sin peaje 102 (por ejemplo, carriles de propósito general). De este modo, el flujo de tráfico y la velocidad de tráfico pueden ser controlados ajustar el cargo de peaje a través del algoritmo de tarificación dinámica para animar a conductores a usar los carriles de peaje 104 o disuadirlos de hacerlo. Por ejemplo, los conductores pueden ser disuadidos de usar los carriles de peaje 104 cuando el cargo de peaje se aproxima a una tasa máxima, y los conductores pueden ser animados a usar los carriles de peaje 104 cuando la tasa de peaje se aproxima a una tasa mínima.

Como se ha discutido anteriormente, los sensores 130, 131, 132 pueden recoger información de tráfico en cada uno de los carriles sin peaje 102 y en cada uno de los carriles de peaje 104, y proporcionar información de tráfico al procesador 202. Por ejemplo, el flujo de tráfico puede ser definido como la tasa a la que pasan vehículos por un punto o una sección dados de un carril durante un intervalo dado de tiempo (por ejemplo, una hora o menos). Los datos de flujo de tráfico que se obtienen en cada marcador A, B, C para los carriles de peaje 104 pueden ser promediados para determinar un flujo de tráfico promedio para los carriles de peaje, y el flujo de tráfico para los carriles sin peaje 102 puede ser promediado para determinar un flujo de tráfico promedio para los carriles sin peaje. Alternativamente, el flujo de tráfico para los carriles sin peaje 102 y los carriles de peaje 104 puede ser determinado para un segmento de vía particular tal como los segmentos 110, 112 en vez de en un punto dado tal como el marcador A, B, C. La velocidad de tráfico puede definirse como una tasa de movimiento expresada como distancia por unidad de tiempo (por ejemplo, millas por hora).

Correspondientemente, los datos de velocidad de tráfico que son obtenidos en cada marcador A, B, C para los carriles de peaje 104 pueden ser promediados para determinar una velocidad de tráfico promedio para los carriles de peaje, y la velocidad de tráfico para los carriles sin peaje 102 puede ser promediada para determinar una velocidad de tráfico promedio para los carriles sin peaje.

En el sistema de peaje, el flujo de tráfico puede usarse como un indicador adelantado de la velocidad de tráfico. Igualmente, la tasa de cambio del flujo de tráfico puede usarse como un indicador adelantado acerca de cómo continuará cambiando el flujo de tráfico en intervalos de tiempo futuros. Similarmente, la tasa de cambio de la velocidad de tráfico puede usarse como un indicador adelantado acerca de cómo continuará cambiando la velocidad de tráfico en intervalos de tiempo futuros. Evaluando los estados actuales tanto del flujo de tráfico como de la velocidad de tráfico, el algoritmo de tarificación dinámica operará para predecir las condiciones de tráfico que se aproximan y ajusta el cargo de peaje actual para tratar de controlar el flujo de tráfico y la velocidad de tráfico en los carriles de peaje 104. De este modo, el flujo de tráfico óptimo y la velocidad de tráfico óptima en los carriles de peaje 104 pueden ser mantenidos como se especifica por parte del operador del sistema vial. Adicionalmente, los patrones y tendencias de tráfico pueden usarse para evaluar los estados actuales de flujo de tráfico y velocidad de tráfico para predecir además las condiciones de tráfico que se aproximan en los carriles de peaje 104 así como en los carriles sin peaje 102.

Por ejemplo, la información de tráfico en los carriles de peaje 104 pueden indicar que el cambio de flujo de tráfico se

ha estado incrementando en una gran cantidad en un periodo corto de tiempo y/o el cambio de velocidad de tráfico se ha estado reduciendo en una gran cantidad en un periodo corto de tiempo, lo que puede predecir que se aproxima un problema de congestión de tráfico en los carriles de peaje. De este modo, el algoritmo de tarificación dinámica puede ajustar el cargo de peaje para disuadir a los conductores de entrar en los carriles de peaje 104, y de este modo puede aliviar parte de la congestión de tráfico que ha sido predicha a partir de la información de tráfico. Consecuentemente, el algoritmo de tarificación dinámica responde eficazmente a cambios en tiempo real en las condiciones de tráfico que permiten predecir las condiciones de tráfico que se aproximan y ajusta la tasa de peaje actual para controlar tanto el flujo de tráfico como la velocidad de tráfico en los carriles de peaje 104. Se entiende que el cargo de peaje para usar los carriles de peaje 104 del segmento 110 puede ser el mismo o puede ser diferente que el cargo de peaje para usar los carriles de peaje 104 del segmento 112.

Con referencia a la figura 3, se ilustra un diagrama de flujo de un método 250 para calcular un cargo de peaje para vehículos que viajan por un carril de peaje. El método 250 empieza con el bloque 252 en el cual se determina un cambio de flujo de tráfico de vehículos que viajan por un carril de peaje. El método 250 continúa con el bloque 254 en el que se determina un cambio de velocidad de vehículos que viajan por el carril de peaje. El método 250 continúa con el bloque 256 en el que se determina un cargo de peaje para vehículos que viajan por el carril de peaje, usando una aproximación con pesos. La aproximación pesa el cambio en el flujo de tráfico con un primer factor y pesa el cambio en la velocidad con un segundo factor. Los factores primero y segundo dependen de si el cambio es creciente o decreciente. Un ejemplo de implementación del método 250 se describe en detalle posteriormente con referencia a un algoritmo de tarificación dinámica. Igualmente, debe observarse que el cálculo de peaje puede incorporar el cambio de flujo de tráfico y velocidad de vehículos que viajan por un carril sin peaje que discurre paralelamente al carril de peaje como se discutirá posteriormente.

La tabla siguiente es una lista de abreviaturas que se usan en el algoritmo de tarificación dinámica discutido posteriormente.

CPG	Carril de Propósito General
CG	Carril Gestionado
V	Velocidad
V'	Cambio de Velocidad
FCV	Factor de Cambio de Velocidad
Vmax	Velocidad máxima
Vmin	Velocidad mínima
Vo	Velocidad óptima
Vp	Porcentaje de factor de peso de Velocidad
FPV	Factor de Peso de Velocidad
P	Tasa de Peaje
MIP	Multiplicador de Incremento de Peaje
MIPpg	Multiplicador de Incremento de Peaje para carriles de propósito general
MIPcg	Multiplicador de Incremento de Peaje para carriles gestionados
Pinc	Incremento de Peaje
Pmax	Peaje máximo
Pmin	Peaje mínimo

Pescala	Escala de multiplicador de incremento de peaje
ff	Flujo
f'	Cambio de flujo
FCf	Factor de Cambio de flujo
fmax	Flujo máximo
fmin	Flujo mínimo
fo	Flujo óptimo
fp	Porcentaje de factor de peso de flujo
fescala	Escala de flujo
FPf	Factor de Peso de flujo
ppg	Promedio pesado de carril de propósito general
pcg	Promedio pesado de carril gestionado
pFCV	Promedio pesado de Factor de Cambio de Velocidad
pFCf	Promedio pesado de Factor de Cambio de Flujo

El algoritmo de tarificación dinámica determina la cantidad en la que ajustar la tasa de peaje actual calculando un Multiplicador de Incremento de Peaje ("MIP") que se aplica a un parámetro de incremento de Peaje ("Pinc") predefinido tal como 0,25\$, 0,50\$, etc. Correspondientemente, la tasa de peaje ("P") puede ser definida mediante la siguiente ecuación:

$$P(t) = P(t-1) + MIP * Pinc$$

P(t) representa la tasa de peaje actual y **P(t-1)** representa la tasa de peaje previa. La tasa de peaje (**P**) puede ser determinada y actualizada en un intervalo definido por el usuario tal como cada 10 minutos o cualquier otro intervalo de tiempo adecuado como se ha discutido anteriormente.

10 El multiplicador **MIP** está basado en el flujo de tráfico ("**f**"), la velocidad de tráfico ("**V**"), el cambio de flujo de tráfico ("**f'**") y el cambio de velocidad de tráfico ("**V'**"). Adicionalmente, el flujo de tráfico óptimo ("**fo**"), el flujo de tráfico máximo ("**fmax**"), la velocidad óptima ("**Vo**"), y la velocidad mínima ("**Vmin**") son parámetros definidos por el usuario y configurables que son usados para ajustar óptimamente el algoritmo. Consecuentemente, el algoritmo puede alcanzar la tasa de peaje máxima al llegar o bien al flujo máximo (**fmax**) o a la velocidad mínima (**Vmin**). Además,

15 para ayudar a gestionar la tasa de peaje (**P**), el algoritmo tiene unos umbrales superior e inferior configurables definidos como Peaje Máximo (**Pmax**) y Peaje Mínimo (**Pmin**) que limitan los valores posibles de tasa de peaje. El algoritmo puede continuar para calcular tasas de peaje superiores o inferiores fuera de estos umbrales, pero estas tasas de peaje no serán mostradas.

20 El multiplicador **MIP** es calculado como un promedio pesado basado en un factor de cambio para flujo de tráfico y velocidad de tráfico, el Factor de Cambio de flujo ("**FCf**") y el Factor de Cambio de Velocidad ("**FCV**"), respectivamente. Estos factores de cambio tienen valores de peso independientes definidos como peso de FCf ("**pFCf**") y peso de FCV ("**pFCV**"). Usando los factores de peso configurables, puede darse más o menos énfasis al flujo de tráfico (**f**) que a la velocidad de tráfico (**V**) o viceversa. Adicionalmente, puede usarse un factor, Pescala, para modificar en cuanto a escala el multiplicador **MIP** hasta un valor que representa el nivel deseado de cambio y

25 para ajustar el algoritmo. Por ejemplo, puede desearse incrementar la tasa de peaje hasta un cargo de peaje máximo para intentar aliviar un problema de tráfico que se aproxima correspondientemente al Factor de Cambio de flujo (**FCf**) y/o al Factor de Cambio de Velocidad (**FCV**). Consecuentemente, el multiplicador **MIP** puede estar

definido mediante la siguiente ecuación:

$$\text{MIP} = (\text{FCf} * \text{pFCf} + \text{FCV} * \text{pFCV}) * \text{Pescala}, \text{ donde } \text{pFCf} + \text{pFCV} = 1$$

El factor de cambio de flujo (**FCf**) es el producto del cambio de flujo (**f'**) y el factor de peso de flujo (**FPf**). Puede modificarse la escala ("**fescala**") del producto reduciéndolo hasta un rango equivalente al factor de cambio de velocidad (**FCV**) con el cociente entre el flujo óptimo (**fo**) y la velocidad óptima (**Vo**). Consecuentemente, el factor de cambio de flujo puede estar definido por la siguiente ecuación:

$$\text{FCf} = (\text{f}' * \text{FPf}) / \text{fescala}, \text{ donde } \text{f}' = \text{f}(\text{t}) - \text{f}(\text{t}-1) \text{ y } \text{fescala} = \text{fo}/\text{Vo}$$

Con referencia también a la figura 4, se representa un gráfico 300 que muestra la relación entre el flujo de tráfico 302 y el Factor de Peso de flujo 304. El gráfico 300 puede usarse para determinar el Factor de Peso de flujo (**FPf**) para un valor de flujo de tráfico particular. Debe observarse que el Factor de Peso de flujo (**FPf**) es sensible al valor actual del flujo de tráfico. Consecuentemente, cambios para un flujo de tráfico cercano a la condición de flujo óptimo (**fo**) tienen un peso mayor que cambios cerca de la condición de flujo de tráfico mínimo (**fmin**). Para aliviar reducciones abruptas en la tasa de peaje causadas por condiciones inestables, el gráfico 300 incluye una función 306 que se usa cuando el cambio en el flujo de tráfico (**f'**) indica que el flujo de tráfico está incrementándose, y una función 308 que se usa cuando el cambio en el flujo de tráfico (**f'**) indica que el flujo de tráfico está reduciéndose. La función 308 puede tener un valor máximo que se define como un porcentaje (**fp**) de la función **FPf** creciente 306. El gráfico 300 puede ser representado mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{si } \text{f} > \text{fmin} \text{ y } \text{f}' \geq 0,$$

$$\text{FPf} = (\text{f} - \text{fmin}) / (\text{fo} - \text{fmin})$$

$$\text{si } \text{f} > \text{fmin} \text{ y } \text{f}' < 0,$$

$$\text{FPf} = [\text{fp} / (\text{fo} + 1 - \text{fmin} - \text{fp})] * \text{f}(\text{t}-1) - [\text{fp} / (\text{fo} + 1 - \text{fmin} - \text{fp})] * (-1 + \text{fmin} + \text{fp})$$

$$\text{si } \text{f} \leq \text{fmin},$$

$$\text{FPf} = 0$$

$$\text{si } \text{f} \geq \text{fo},$$

$$\text{FPf} = 1$$

El siguiente gráfico 300 representa el factor **FPf** creciente (+) y el factor **FPf** decreciente (-) dados $\text{fo} = 4500$, $\text{fmin} = 2500$, y $\text{fp} = 60\%$.

El factor de cambio de velocidad (**FCV**) es calculado de una manera similar al factor de cambio de flujo (**FCf**) anteriormente discutido. El factor **FCV** es el producto del cambio de velocidad (**V'**) y el Factor de Peso de Velocidad (**FPV**). Correspondientemente, el factor de cambio de velocidad puede definirse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{FCV} = -\text{V}' * \text{FPV}, \text{ donde } \text{V}' = \text{V}(\text{t}) - \text{V}(\text{t}-1)$$

Con referencia también a la figura 5, se ilustra un gráfico 400 que muestra la relación entre la velocidad de tráfico 402 y el Factor de Peso de Velocidad 404. El gráfico 400 puede usarse para determinar el Factor de Peso de Velocidad (**FPV**) para un valor de velocidad de tráfico particular. Debe observarse que el Factor de Peso de Velocidad (**FPV**) es también sensible al valor actual de velocidad de tráfico. Correspondientemente, cambios en una velocidad de tráfico cercana a la condición de velocidad óptima (**Vo**) tienen un mayor peso que cambios cerca de la condición de velocidad de tráfico máxima (**Vmax**). Para aliviar reducciones abruptas en la tasa de peaje causadas por condiciones inestables, el gráfico 400 incluye una función 406 que se usa cuando el cambio de velocidad de tráfico (**V'**) indica que la velocidad de tráfico está reduciéndose, y una función 408 que se usa cuando el cambio de velocidad de tráfico (**V'**) indica que la velocidad de tráfico está incrementándose. La función 408 puede tener un valor máximo que está definido como un porcentaje (**Vp**) de la función **FPV** decreciente 406. El gráfico 400 puede estar

representado por las siguientes ecuaciones:

$$\text{si } V \geq V_o \text{ y } V' \leq 0,$$

$$FPV = (-1/(V_{max} - V_o))V + (1 - (-1/(V_{max} - V_o)))V_o$$

5

$$\text{si } V \geq V_o \text{ y } V' > 0,$$

$$FPV = [-V_p / [(1 + V_{max} - V_p) - V_o]] * V(t-1) + [V_p - (-V_p / [(1 + V_{max} - V_p) - V_o]) * V_o]$$

10

$$\text{si } V < V_o,$$

$$FPV = 1$$

$$\text{si } V \geq V_{max},$$

$$FPV = 0$$

15

El siguiente gráfico 400 representa el factor **FPV** decreciente (-) y el factor **FPV** creciente (+) dados $V_o = 50$, $V_{max} = 65$, y $V_p = 60\%$.

20

Como se ha discutido anteriormente, los factores de cambio tienen valores de peso independientes definidos como peso de FCf ("**pFCf**") y peso de FCV ("**pFCV**"). De este modo, puede darse más o menos énfasis al flujo de tráfico que a la velocidad de tráfico o viceversa. Adicionalmente, puede usarse un factor ("**Pescala**") para modificar en cuanto a escala el multiplicador MIP hasta un valor que representa el nivel deseado de cambio. Correspondientemente, el multiplicador MIP puede estar definido mediante la siguiente ecuación:

$$MIP = (FCf * pFCf + FCV * pFCV) * Pescala, \text{ donde } pFCf + pFCV = 1$$

25

Los carriles sin peaje 102 (o condiciones de carril de propósito general ("**CPG**")) pueden considerarse en el cálculo del multiplicador **MIP** usando información de tráfico **CPG** para calcular todos los valores en paralelo a los carriles de peaje 104 (o valores de carriles gestionados ("**CG**")), y usar una aproximación con pesos para determinar un valor agregado del multiplicador **MIP**. Es decir, la información de tráfico para los carriles de peaje 104 (o carriles gestionados) se usa para calcular todos los valores requeridos para determinar el multiplicador **MIP** como se ha definido anteriormente (denominado "**MIPcg**"). Y en paralelo, la información de tráfico para los carriles sin peaje 102 (o carriles de propósito general) se usa para calcular todos los valores requeridos para determinar el multiplicador **MIP** como se ha definido anteriormente (denominado "**MIPpg**") de una manera similar. Pueden usarse los valores de peso definidos como peso de carriles gestionados ("**pcg**") y peso de carriles de propósito general ("**ppg**"), y de este modo, puede darse más o menos énfasis a las condiciones de los carriles gestionados (carriles de peaje 104) que a las condiciones de los carriles de propósito general (carriles sin peaje 102) o viceversa. Correspondientemente, el cálculo del multiplicador **MIP** que considera las condiciones tanto de carriles gestionados como de carriles de propósito general puede estar definido mediante la siguiente ecuación:

35

$$MIP = MIPcg * pcg + MIPpg * ppg, \text{ donde } pcg + ppg = 1$$

40

En resumen, el algoritmo de tarificación dinámica calcula un ajuste del cargo de peaje basado en una aproximación con pesos de condiciones de tráfico, tales como un factor de cambio de flujo de tráfico y un factor de cambio de velocidad de tráfico, tanto de los carriles gestionados (por ejemplo, carriles de peaje) como de carriles de propósito general (por ejemplo, carriles sin peaje). Correspondientemente, el factor de cambio de flujo toma en cuenta el flujo de tráfico actual y el flujo de tráfico previo (por ejemplo, vehículos por hora, u otra tasa adecuada a la que pasan vehículos por un punto o sección del sistema vial), y el factor de cambio de velocidad toma en cuenta la velocidad de tráfico actual y la velocidad de tráfico previa (por ejemplo, millas por hora, u otra tasa adecuada de movimiento). La tasa de cambio de flujo de tráfico es un indicador adelantado de cómo continuará cambiando el flujo de tráfico y la tasa de cambio de velocidad de tráfico es un indicador adelantado de cómo continuará cambiando la velocidad de tráfico. De este modo, el algoritmo de tarificación dinámica está configurado para predecir las condiciones de tráfico que se aproximan e intenta controlar tanto la velocidad de tráfico como el flujo ajustando la tasa de peaje para vehículos de pasajero único que usan los carriles gestionados.

50

Aunque el algoritmo de tarificación dinámica ha sido discutido anteriormente con diversas ecuaciones, se entiende que el algoritmo puede estar representado por una base de datos o tabla de consulta que está almacenada en memoria y es procesada por el procesador. Además, las tablas de consulta pueden ser actualizadas periódicamente

ya que el sistema de peaje opera en línea y la información de tráfico es recogida durante un periodo de tiempo extendido. La información de tráfico que es recogida puede ser analizada y evaluada para determinar los efectos del algoritmo de tarificación dinámica sobre la base de evaluar los estados actuales de flujo de tráfico y velocidad de tráfico, y los resultados pueden usarse para ajustar el algoritmo de tarificación dinámica a través de diferentes configuraciones de pesos, configuraciones de escalas, y combinaciones de ellas.

5

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de peaje que comprende:

un primer sensor para detectar un flujo de tráfico de vehículos (122, 123, 124) que viajan por un carril de peaje (104);

5 un segundo sensor para detectar una velocidad de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje; y

un controlador (202) acoplado operativamente a los sensores primero y segundo para recibir información relativa al flujo y a la velocidad de tráfico, de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104);

10 **caracterizado porque** el controlador (202) está configurado para:

determinar una tasa de cambio del flujo de tráfico de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104);

determinar una tasa de cambio de la velocidad de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104); y

15 determinar un cargo de peaje para vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104) usando una aproximación con pesos que pesa la tasa de cambio del flujo de tráfico con un primer factor y pesa la tasa de cambio de la velocidad con un segundo factor para predecir las condiciones de tráfico que se aproximan, en que el primer factor depende de si la tasa de cambio del flujo de tráfico es creciente o decreciente, y el segundo factor depende de si la tasa de cambio de la velocidad es creciente o decreciente.

20

2. El sistema de peaje según la reivindicación 1, en que el cambio del flujo de tráfico de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104) está definido como una diferencia entre un flujo de tráfico determinado en un instante actual de tiempo y un flujo de tráfico determinado en un instante previo de tiempo; y

25 en que el cambio de la velocidad de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104) está definido como una diferencia entre una velocidad determinada en el instante actual de tiempo y una velocidad determinada en el instante previo de tiempo.

3. El sistema de peaje según la reivindicación 2, en que el primer factor es también dependiente del flujo de tráfico actual de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104) ; y

30 en que el segundo factor es también dependiente de la velocidad actual de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104).

4. El sistema de peaje según la reivindicación 3, en que el primer factor es mayor para un flujo de tráfico actual cercano a un flujo de tráfico óptimo en comparación con un flujo de tráfico actual cercano a un flujo de tráfico mínimo, en que el flujo de tráfico óptimo y el flujo de tráfico mínimo son parámetros definidos por el usuario;

35 en que el segundo factor es mayor para una velocidad actual cercana a una velocidad óptima en comparación con una velocidad actual cercana a una velocidad máxima, en que la velocidad óptima y la velocidad máxima son parámetros definidos por el usuario.

5. El sistema de peaje según la reivindicación 1, que comprende además:

un tercer sensor para detectar un flujo de tráfico de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril sin peaje (102); y

40 un cuarto sensor para detectar una velocidad de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril sin peaje (102);

en que el controlador (202) está acoplado operativamente a los sensores tercero y cuarto para recibir información relativa al flujo de tráfico y a la velocidad de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril sin peaje (102) y está configurado para:

45 determinar un cambio del flujo de tráfico de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril sin peaje (102);

determinar un cambio de la velocidad de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril sin peaje (102);

- pesar el cambio de flujo de tráfico de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril sin peaje (102) con un tercer factor, en que el tercer factor depende de si el cambio de flujo de tráfico para el carril sin peaje (102) es creciente o decreciente;
- 5 pesar el cambio de velocidad de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril sin peaje (102) con un cuarto factor, en que el cuarto factor depende de si el cambio de velocidad para el carril sin peaje (102) es creciente o decreciente; y
- determinar el cargo de peaje combinando el cambio pesado de flujo y velocidad de tráfico para el carril de peaje (104) y el cambio pesado de flujo y velocidad de tráfico para el carril sin peaje (102).
- 10 6. El sistema de peaje según la reivindicación 5, en que el cambio del flujo de tráfico de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril sin peaje (102) está definido como una diferencia entre un flujo de tráfico determinado en un instante actual de tiempo y un flujo de tráfico determinado en un instante previo de tiempo; y
- en que el cambio de la velocidad de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril sin peaje (102) está definido como una diferencia entre una velocidad determinada en el instante actual de tiempo y una velocidad determinada en el instante previo de tiempo.
- 15 7. Un método para determinar un cargo de peaje para vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104), en que el método está **caracterizado porque** comprende:
- determinar una tasa de cambio de flujo de tráfico de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104);
- 20 determinar una tasa de cambio de velocidad de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104); y
- determinar el cargo de peaje para vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104) usando una aproximación con pesos que pesa la tasa de cambio de flujo de tráfico con un primer factor y pesa la tasa de cambio de velocidad con un segundo factor para predecir las condiciones de tráfico que se aproximan, en que el primer factor depende de si la tasa de cambio de flujo de tráfico es creciente o decreciente, y el segundo factor depende de si la tasa de cambio de velocidad es creciente o decreciente.
- 25 8. El método según la reivindicación 7, en que el flujo de tráfico está definido como una tasa a la cual vehículos (122, 123, 124) atraviesan una sección (110, 112) del carril de peaje (104) en un periodo predeterminado de tiempo.
9. El método según la reivindicación 7, en que la velocidad está definida como una velocidad promedio de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104).
- 30 10. El método según la reivindicación 7, en que la determinación del cambio de flujo de tráfico incluye determinar una diferencia entre un flujo de tráfico actual y un flujo de tráfico previo.
11. El método según la reivindicación 10, en que el primer factor también depende del flujo de tráfico actual de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104).
- 35 12. El método según la reivindicación 11, en que el primer factor es mayor para un flujo de tráfico actual que está próximo a un flujo de tráfico óptimo que para un flujo de tráfico actual que está próximo a un flujo de tráfico mínimo, en que el flujo de tráfico óptimo y el flujo de tráfico mínimo son parámetros definidos por el usuario.
13. El método según la reivindicación 7, en que la determinación del cambio de velocidad incluye determinar una diferencia entre una velocidad actual y una velocidad previa.
- 40 14. El método según la reivindicación 13, en que el segundo factor también depende de la velocidad actual de vehículos (122, 123, 124) que viajan por el carril de peaje (104).
15. El método según la reivindicación 14, en que el segundo factor es mayor para una velocidad actual que está próxima a una velocidad óptima que para una velocidad actual que está próxima a una velocidad máxima, en que la velocidad óptima y la velocidad máxima son parámetros definidos por el usuario.

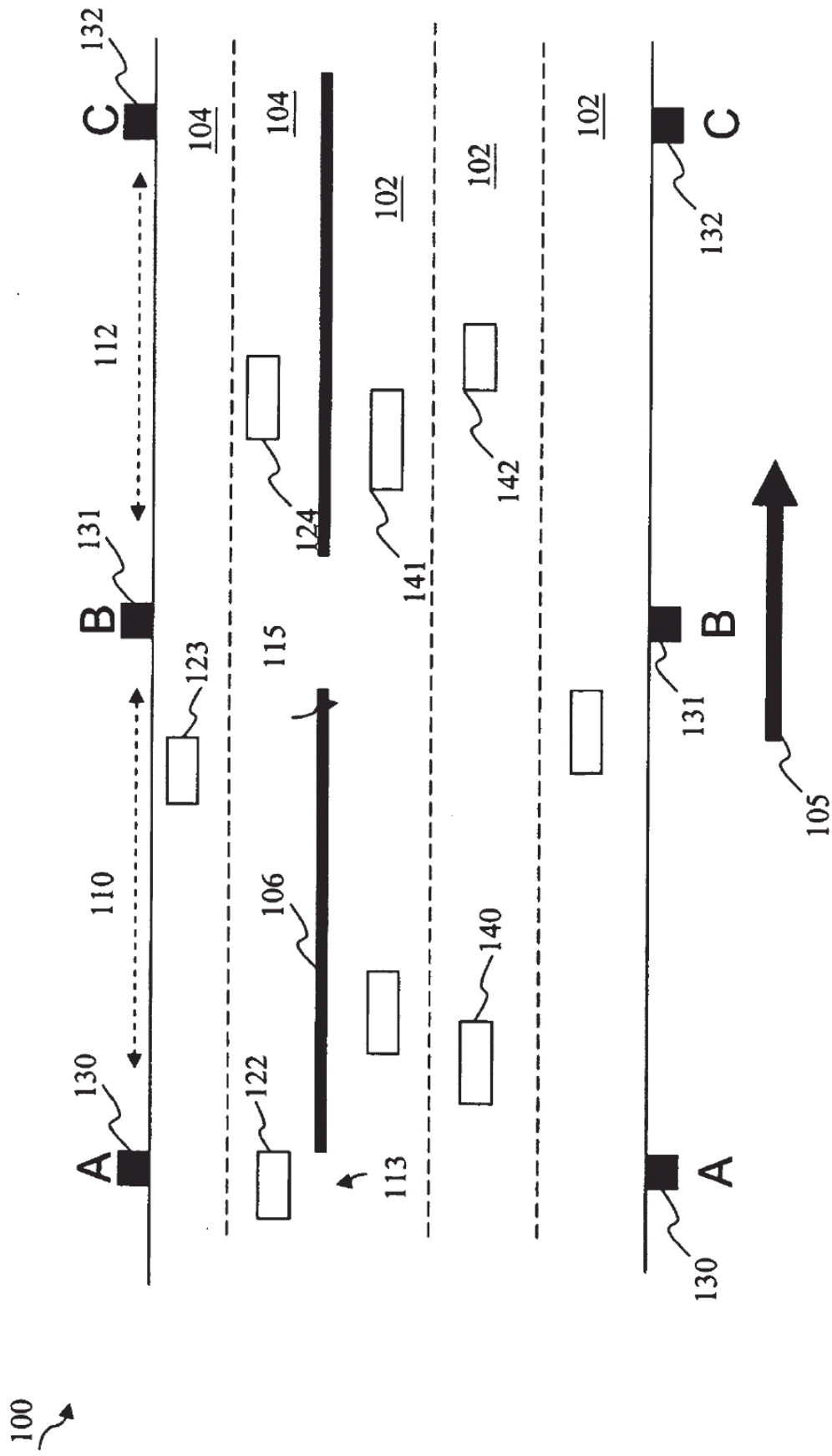


Fig. 1

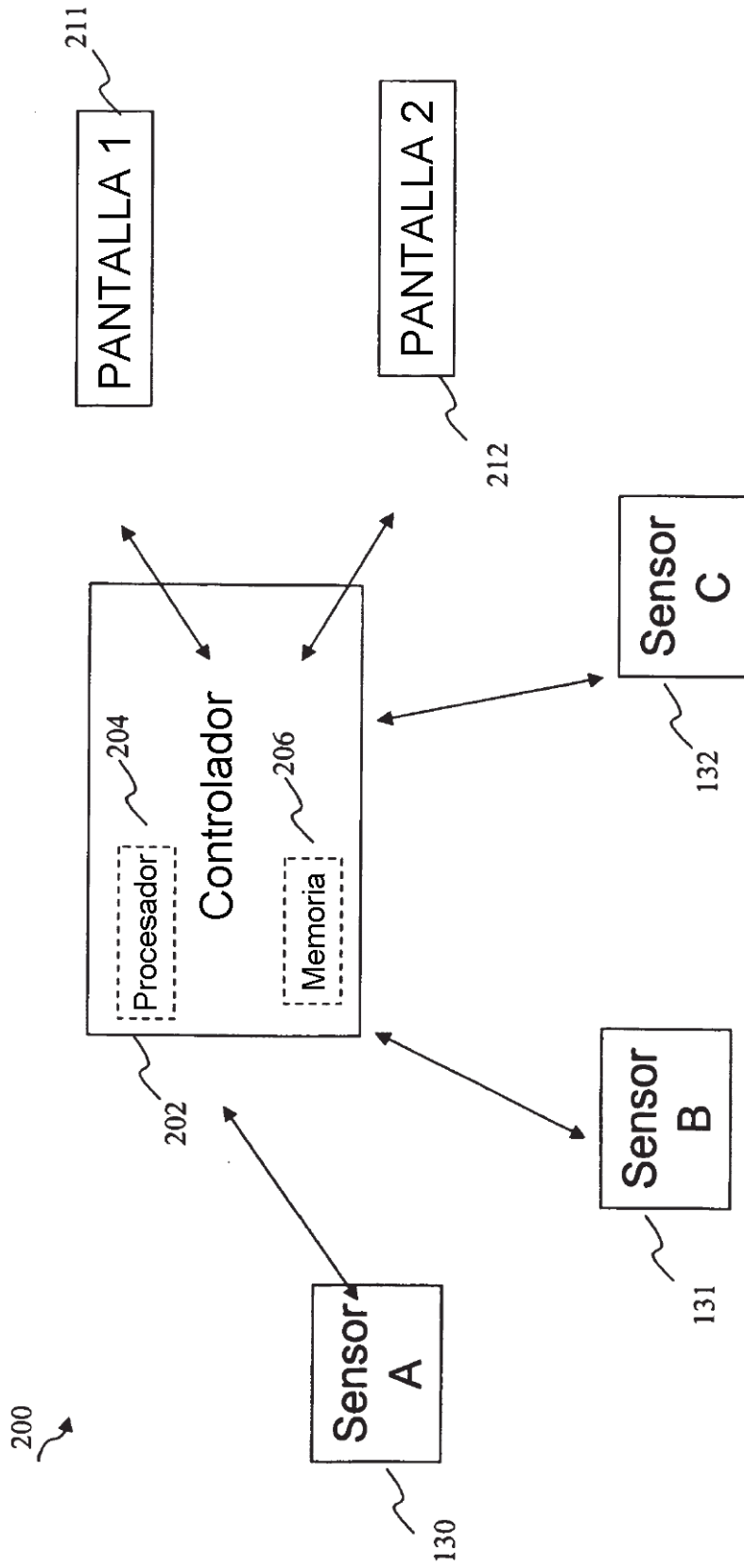


Fig. 2

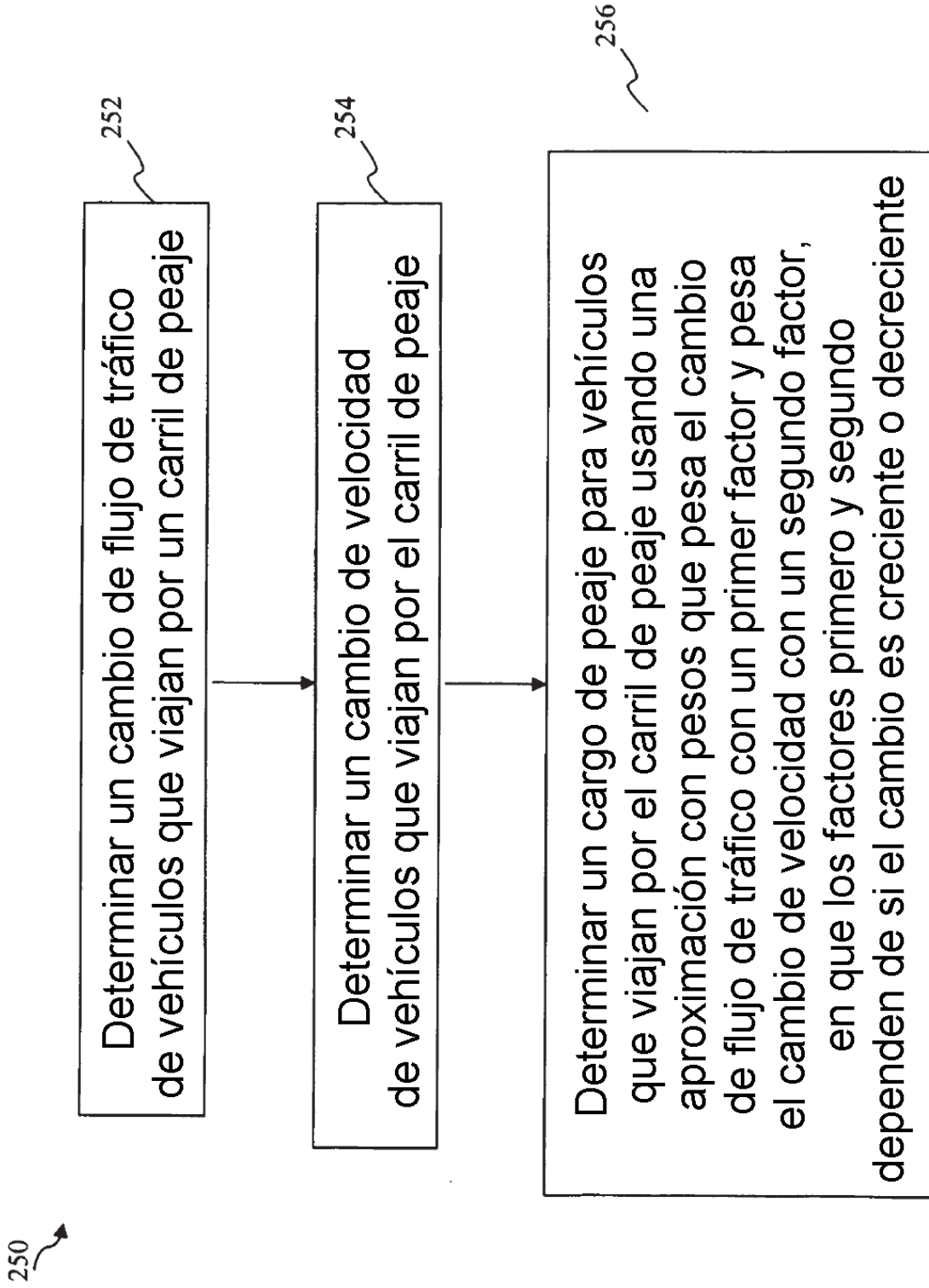


Fig. 3

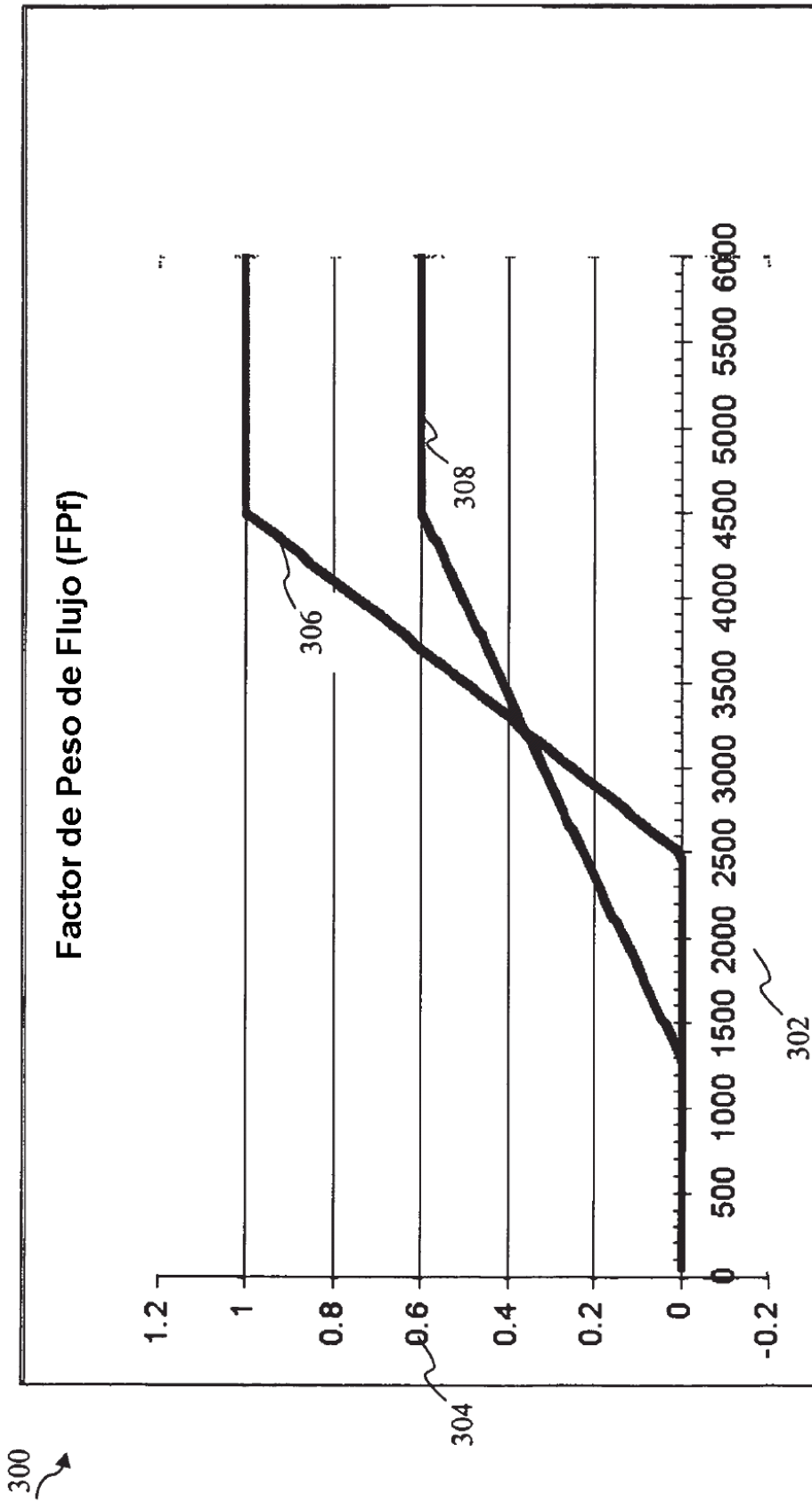


Fig. 4

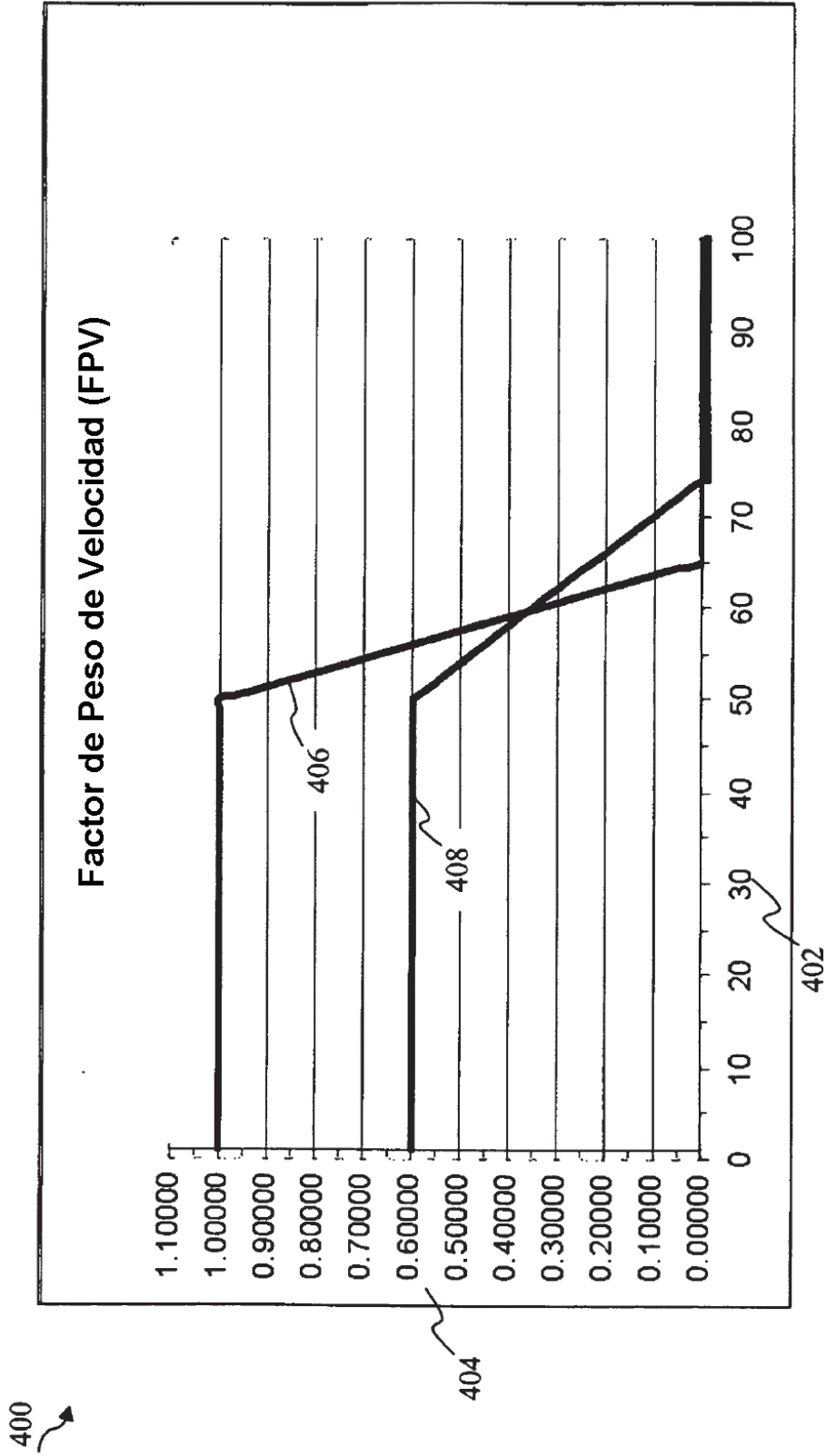


Fig. 5