

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 529**

51 Int. Cl.:
G08G 1/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10013472 .5**
- 96 Fecha de presentación: **02.03.2007**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2278573**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.01.2011**

54 Título: **Evaluación de condiciones de tráfico de carretera utilizando datos de múltiples fuentes**

30 Prioridad:
03.03.2006 US 778946 P 05.04.2006 US 789741 P
11.05.2006 US 431980 11.05.2006 US 432603
22.05.2006 US 438822 31.05.2006 US 444998
22.06.2006 US 473861 18.08.2006 US 838700 P
28.09.2006 US 540342

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.08.2012

73 Titular/es:
Inrix, Inc.
10210 NE Points Drive, No. 300, Suite 200
Kirkland WA 98033, US

72 Inventor/es:
Love, Scott R.;
Hersch, Jesse S.;
Downs, Oliver B.;
Cahn, Robert C.;
Burns, Mitchel A. Jr.;
Barker, Alec y
Chapman, Craig H.

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 386 529 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

Evaluación de condiciones de tráfico de carretera utilizando datos de múltiples fuentes

Ámbito técnico

5 La siguiente descripción se relaciona generalmente con técnicas para evaluar las condiciones del tráfico de carretera basándose en datos obtenidos de varias fuentes de datos, tal como infiriendo la información relacionada con el tráfico para carreteras de interés basándose en muestras de datos que reflejan un desplazamiento verdadero en esas carreteras.

Antecedentes

10 Como el tráfico de carretera ha continuado aumentando a una velocidad mayor que el aumento en la capacidad de las carreteras, los efectos del aumento de la congestión del tráfico han tenido unos crecientes efectos perjudiciales en las operaciones de negocio y del gobierno y en el bienestar de las personas. Por consiguiente, se han hecho esfuerzos para combatir el aumento en la congestión del tráfico de varias maneras, tal como la obtención de la información acerca de las condiciones actuales del tráfico y la entrega de la información a individuos y organizaciones. Tal información de la situación actual del tráfico puede proporcionarse a partes interesadas de 15 varias maneras (por ejemplo, a través de frecuentes emisiones de radio, un sitio web de internet que muestra un mapa de una zona geográfica con información codificada por colores acerca de la congestión actual del tráfico en algunas carreteras principales de la zona área geográfica, información enviada a teléfonos móviles y otros dispositivos de consumo portátiles, etc.).

20 Una fuente para obtener información acerca de las condiciones actuales del tráfico incluye las observaciones suministradas por humanos (por ejemplo, helicópteros de tráfico que proporcionan información general acerca del flujo del tráfico y accidentes, informes de conductores a través de teléfonos móviles, etc.), mientras que otra fuente en algunas zonas metropolitanas más grandes son las redes de sensores de tráfico capaces de medir el flujo de tráfico en varias carreteras de la zona (por ejemplo, a través de sensores empotrados en el pavimento de la 25 carretera). Si bien las observaciones suministradas por humanos pueden proporcionar algún valor en limitadas situaciones, tal información normalmente está limitada a sólo unas pocas zonas a la vez y normalmente carecen de detalle suficiente para ser de uso significativo.

30 Las redes de sensores de tráfico pueden proporcionar información más detallada acerca de las condiciones del tráfico en algunas carreteras en algunas situaciones. Sin embargo, existen varios problemas con respecto a tal información, así como a la información proporcionada por otras fuentes similares. Por ejemplo, muchas carreteras no tienen sensores de carretera (por ejemplo, zonas geográficas que no tienen redes de sensores de carretera y/o 35 carreteras principales que no son lo suficientemente grandes para tener sensores de carretera como parte de una red cercana), e incluso carreteras que tienen sensores de carretera a menudo no pueden proporcionar datos precisos, lo que disminuye mucho el valor de los datos proporcionados por los sensores de tráfico. Una causa de datos imprecisos y/o poco fiables incluye sensores de tráfico que están rotos, y por lo tanto no proporcionan datos, los datos son intermitentes o las lecturas de datos son incorrectas. Otra causa de datos imprecisos y/o poco fiables incluye un problema temporal de transmisión de datos desde uno o más sensores, teniendo como resultado una entrega intermitente, una entrega retrasada o ninguna entrega de datos. Además, muchos sensores de tráfico no se configuran o diseñan para informar de información acerca de su estado operativo (por ejemplo, si están funcionando normalmente o no), e incluso si se informa de la información del estado operativo, ésta puede ser incorrecta (por 40 ejemplo informando de que están funcionando normalmente cuando de hecho no lo están haciendo), haciendo de este modo difícil o imposible determinar si los datos proporcionados por los sensores de tráfico son precisos. Además, alguna información relacionada con el tráfico puede estar disponible sólo en una forma sin tratar y/o desglosada, y por lo tanto puede ser de la utilidad limitada.

45 De este modo, sería beneficioso proporcionar técnicas mejoradas para obtener y evaluar información relacionada con el tráfico, así como proporcionar varias capacidades adicionales relacionadas.

50 El documento US 2004/034467 A1 describe un sistema y un método para mantener una base de datos de estado de tráfico de red de carreteras que se compone de segmentos de mapas con la red en la que las posiciones y velocidades de los vehículos con la red se reciben de manera inalámbrica y se utilizan para actualizar una velocidad media de los segmentos de mapa y en la que de la base de datos se determina una ruta óptima entre una primera y una segunda posición.

El objeto de la presente invención es proporcionar un método, un sistema y un medio legible por ordenador, mejores, para determinar información de velocidad promedio estimada para vehículos que se desplazan por carretera.

El objeto se resuelve con el objeto-asunto de las reivindicaciones independientes.

Realizaciones preferidas de la presente invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

55 La invención se describirá con más detalle más adelante, junto con la técnica relacionada con la misma.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra los flujos de datos entre componentes de una realización de un sistema para evaluar las condiciones de tráfico de carretera basándose por lo menos en parte en datos obtenidos de vehículos y otras fuentes móviles de datos.

5 Las Figuras 2A-2E ilustran ejemplos de evaluación de condiciones de tráfico de carretera basándose por lo menos en parte en datos obtenidos de vehículos y otras fuentes móviles de datos.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de cálculo adecuado para ejecutar una realización del sistema descrito Gestor de Muestras de Datos.

10 La Figura 4 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina de Filtrador de Muestras de Datos relacionada con la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina de Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos relacionada con la presente invención.

La Figura 6 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina de Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos según la presente invención.

15 La Figura 7 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina de Evaluador de Flujo de Muestras de Datos relacionada con la presente invención.

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina de Provisión de Información de Fuente de Datos Móviles relacionada con la presente invención.

20 Las Figuras 9A-9C ilustran ejemplos de acciones de fuentes móviles de datos al obtener y proporcionar información acerca de condiciones de tráfico de carretera.

Las Figuras 10A-10B ilustran ejemplos de rectificación de muestras de datos obtenidos de sensores de tráfico de carretera.

La Figura 11 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina de Detector de Errores de Lecturas de Datos de Sensor relacionada con la presente invención.

25 La Figura 12 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina de Corrector de Errores de Lecturas de Datos de Sensor relacionada con la presente invención.

La Figura 13 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina de Totalizador de Lecturas de Datos de Sensor relacionada con la presente invención.

30 La Figura 14 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina de Estimador de Flujo de Tráfico relacionada con la presente invención.

Descripción detallada

35 Se describen técnicas para evaluar las condiciones de tráfico de carretera de varias maneras basadas en datos obtenidos relacionados con el tráfico, tales como muestras de datos de vehículos y otras fuentes móviles de datos que se desplazan por las carreteras y/o de sensores de tráfico de carretera (por ejemplo, sensores físicos que se empotran en carreteras o de otro modo cerca de las mismas). Además, en por lo menos algunas realizaciones, las muestras de datos de las fuentes móviles de datos pueden ser complementadas con datos de otras una o varias fuentes, tales como obteniendo lecturas de datos de sensores físicos que están cerca o empotrados en las carreteras. La evaluación de condiciones de tráfico de carretera se basa en muestras obtenidas de datos (por ejemplo, lecturas de datos de sensores de tráfico de carreteras, puntos de datos individuales o agrupados de fuentes móviles de datos, etc.) puede incluir varios filtrados y/o acondicionamientos de las muestras y lecturas de datos, y de 40 varias inferencias y determinaciones por probabilidad de características de interés relacionadas con el tráfico.

Según se ha indicado, en algunas realizaciones los datos obtenidos de información de condiciones de tráfico de carretera pueden incluir múltiples muestras de datos proporcionados por fuentes móviles de datos (por ejemplo, vehículos), lecturas de datos de sensores de tráfico con base en carreteras (por ejemplo, sensores de lazo 45 empotrados en el pavimento de la carretera), y datos de otras fuentes de datos. Los datos pueden ser analizados de varias maneras para facilitar la determinación de las características de interés de las condiciones del tráfico, tal como la velocidad media estimada del tráfico y el volumen total estimado de vehículos para tramos particulares de carreteras de interés, y para permitir que tales determinaciones de las condiciones de tráfico sean realizadas de una manera en tiempo real o cercana a tiempo real (por ejemplo, a los pocos minutos de recibir las muestras y/o lecturas 50 de datos subordinados). Por ejemplo, los datos obtenidos pueden estar condicionados de varias maneras con el fin de detectar y/o corregir errores en los datos. Los datos obtenidos de información de las condiciones del tráfico de carretera pueden ser filtrados además de varias maneras en varias realizaciones con el fin de quitar datos de la

consideración si son imprecisos o de otro modo poco representativos de las características de interés verdaderas de las condiciones de tráfico, incluyendo la identificación de muestras de datos que no son de interés basándose por lo menos en parte en carreteras con las que se asocian las muestras de datos y/o muestras de datos que son valores atípicos estadísticos con respecto a otras muestras de datos - en algunas realizaciones, el filtrado puede incluir además realizar la asociación de las muestras de datos con carreteras particulares. Las muestras de datos filtradas pueden incluir además muestras de datos que de otro modo reflejarían posiciones o actividades de vehículos que no son de interés (por ejemplo, vehículos aparcados, vehículos dando círculos en un terreno o estructura de aparcamiento, etc.) y/o muestras de datos que son de otro modo poco representativas de desplazamientos verdaderos de vehículos en carreteras de interés. La evaluación de los datos obtenidos puede, en por lo menos algunas realizaciones, incluir la determinación de condiciones del tráfico (por ejemplo, flujo de tráfico y/o velocidad media del tráfico) para varios tramos de una red de carreteras en una zona geográfica particular, basada por lo menos en parte en muestras de datos obtenidas. Los datos evaluados se pueden utilizar entonces para realizar otras funciones relacionadas con analizar, predecir, pronosticar y/o proporcionar información relacionada con el tráfico. En por lo menos algunas realizaciones, un sistema gestor de muestras de datos utiliza por lo menos alguna de las técnicas descritas para preparar datos para el uso por parte de clientes de datos de tráfico, tales como un sistema predictivo proveedor de información de tráfico que genera múltiples predicciones de condiciones de tráfico en varios momentos futuros, según se describe con mayor detalle más adelante.

En algunas realizaciones, el acondicionamiento de muestras obtenidas de datos puede incluir la rectificación de muestras erróneas de datos, tal como por detección y/o corrección de errores presentes en los datos de varias maneras (por ejemplo, para lecturas de datos recibidas de sensores de tráfico de carretera). En particular, se describen técnicas para evaluar la "salud" de fuentes particulares de datos (por ejemplo, sensores de tráfico con base en la carretera) con el fin de determinar si las fuentes de datos están funcionando correctamente y proporcionar de manera fiable muestras de datos precisas, tal como basándose en el análisis de las muestras de datos proporcionadas por esas fuentes de datos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, las lecturas actuales de datos proporcionadas por un sensor determinado de tráfico pueden compararse para pasar lecturas de datos proporcionadas por ese sensor de tráfico (por ejemplo, datos medios históricos) con el fin de determinar si las lecturas actuales de datos de tráfico son significativamente diferentes de las lecturas pasadas típicas de datos, tal como pueden ser provocadas por el sensor de tráfico que funciona incorrectamente y/u otros problemas en los datos, y/o pueden reflejar en cambio condiciones inusuales del tráfico actual. Tal detección y análisis de posibles errores con fuentes particulares de datos y/o lecturas de datos de tráfico actual puede realizarse de varias maneras en varias realizaciones, tal como se comenta con mayor detalle más adelante, incluyendo las basadas por lo menos en parte en técnicas de clasificación tales como utilizando las redes neurálgicas, clasificadores bayesianos, árboles de decisión, etc.

Después de detectar muestras de datos no fiables, tales como fuentes de datos rotas que funcionan incorrectamente, tales muestras de datos no fiables (así como muestras de datos perdidas) pueden corregirse o rectificarse de otro modo de varias maneras. Por ejemplo, las muestras de datos perdidas y poco fiables para una o más fuentes de datos (por ejemplo, sensores de tráfico) pueden rectificarse en algunas realizaciones utilizando una o más fuentes de información relacionada, tal como a través de muestras contemporáneas de datos de sensores de tráfico cercanos o relacionados de otro modo que funcionan correctamente (por ejemplo, promediando las lecturas de datos proporcionadas por sensores de tráfico adyacentes), a través de información predictiva relacionada con las muestras de datos perdidas o no fiables (por ejemplo, determinando lecturas de datos esperadas para la una o más fuentes de datos que utilizan información de condiciones de tráfico predichas y/o pronosticadas para esas fuentes de datos), a través de información histórica para la una o más fuentes de datos (por ejemplo, utilizando lecturas medias históricas de datos), a través de ajustes de muestras incorrectas de datos que utilizan información acerca de tendencia coherente u otros tipos de errores que causan errores que pueden ser compensados, etc. Más adelante se incluyen detalles adicionales relacionados con la rectificación de muestras de datos perdidas y no fiables.

Además, se describen técnicas para estimar además información de condiciones de tráfico de otras diversas maneras, tal como en casos en los que datos actualmente disponibles pueden no permitir que la rectificación de muestras de datos para una fuente particular de datos (por ejemplo, un sensor de tráfico particular) sea realizada con fiabilidad. Por ejemplo, la presencia de múltiples sensores de tráfico cercanos poco sanos que están funcionando incorrectamente pueden tener como resultado que haya datos insuficientes para evaluar la información de flujo de tráfico con la suficiente confianza para esos sensores de tráfico individuales. En tales casos, la información de condiciones de tráfico puede ser estimada de varias otras maneras, incluyendo las basadas en grupos de sensores de tráfico relacionados y/u otra información relacionada con la estructura de una red de carreteras. Por ejemplo, tal como se describe con mayor detalle más adelante, cada carretera de interés puede modelarse o representarse mediante el uso de múltiples segmentos de carretera, cada uno de los cuales puede tener múltiples sensores de tráfico asociados y/o datos disponibles de una o más fuentes de datos distintas (por ejemplo, fuentes móviles de datos). Si es así, la información de condiciones de tráfico de carretera puede estimarse para un segmento particular de carretera (u otro grupo de múltiples sensores de tráfico relacionados) de varias maneras, tal como utilizando información de condiciones de tráfico evaluadas para segmentos vecinos de carretera, información predicha para el segmento de carretera particular (por ejemplo, que es generada para un período de tiempo futuro limitado, tal como tres horas, basado por lo menos en parte en las condiciones actuales y recientes en el momento de la predicción), información de pronóstico para el segmento particular de carretera (por ejemplo, que

es generada para un período de tiempo futuro más largo, tal como dos semanas o más, de una manera que no utiliza algo o toda la información actual y reciente de condiciones utilizada para la predicción), condiciones medias históricas para el segmento particular de carretera, etc. Utilizando tales técnicas, se puede proporcionar información de las condiciones del tráfico incluso en presencia de pocos o ningún dato de condiciones de tráfico para uno o más sensores de tráfico cercanos u otras fuentes de datos. Los detalles adicionales relacionados con tal estimación de información de condiciones de tráfico se incluyen más adelante.

Según se indicó anteriormente, la información acerca de las condiciones de tráfico de carretera puede obtenerse de fuentes móviles de datos de varias maneras en varias realizaciones. En por lo menos algunas realizaciones, las fuentes móviles de datos incluyen los vehículos en la carretera, que cada uno puede incluir uno o más sistemas de cálculo que proporciona los datos acerca del movimiento del vehículo. Por ejemplo, cada vehículo puede incluir un dispositivo GPS ("*Global Positioning System*": Sistema de Localización Global) y/u otro dispositivo de localización geográfica capaz de determinar la posición geográfica, la velocidad, la dirección y/u otros datos que caracterizan o se relacionan de otro modo con el desplazamiento del vehículo, y uno o más dispositivos en el vehículo (ya sean los dispositivos de localización geográfica o un dispositivo distinto de comunicación) de vez en cuando pueden proporcionar tales datos (por ejemplo, por medio de una conexión inalámbrica) a uno o más sistemas capaces de utilizar los datos (por ejemplo, un sistema gestor de muestras de datos, como se describe con más detalle más adelante). Tales vehículos pueden incluir, por ejemplo, una red distribuida de vehículos manejados por usuarios individuales no relacionados, flotas de vehículos (por ejemplo, para compañías de reparto, compañías de taxis y autobuses, compañías de transporte, organismos o agencias gubernamentales, vehículos de un servicio de alquiler de vehículos, etc.), vehículos que pertenecen a redes comerciales que proporcionan información relacionada (por ejemplo, el servicio de OnStar), un grupo de vehículos manejados con el fin obtener tal información de condiciones de tráfico (por ejemplo, desplazándose por rutas predefinidas, o se desplazan por carreteras dirigidos dinámicamente, tal como para obtener información acerca de carreteras de interés), vehículos con dispositivos de telefonía móvil a bordo (por ejemplo, equipos incorporados y/o en posesión de un ocupante del vehículo) capaces de proporcionar información de localización (por ejemplo, basándose en capacidades GPS de los dispositivos y/o basándose en capacidades de localización geográfica proporcionadas por la red de telefonía móvil), etc.

En por lo menos algunas realizaciones, las fuentes móviles de datos pueden incluir o basarse en dispositivos de cálculo y otros dispositivos móviles de usuarios que se desplazan por las carreteras, tales como usuarios que son los conductores y/o pasajeros de vehículos en las carreteras. Tales dispositivos de usuario pueden incluir dispositivos con capacidades GPS (por ejemplo, teléfonos móviles y otros dispositivos de mano), o la información de posición y/o movimiento puede ser producida en cambio de otras maneras en otras realizaciones. Por ejemplo, los dispositivos en vehículos y/o dispositivos de usuario pueden comunicarse con sistemas externos que pueden detectar y rastrear información acerca de dispositivos (por ejemplo, para dispositivos que pasan por cada uno de múltiples transmisores/receptores en una red manejada por el sistema), permitiendo de este modo que la información de posición y/o movimiento para los dispositivos sea determinada de varias maneras y con varios niveles de detalle, o tales sistemas externos pueden ser capaces de otro modo de detectar y rastrear información acerca de vehículos y/o usuarios sin interactuar con los dispositivos (por ejemplo, sistemas de cámara que pueden observar e identificar placas de matrícula y/o las caras de usuarios). Tales sistemas externos pueden incluir, por ejemplo, torres y redes telefónicas móviles, otras redes inalámbricas (por ejemplo, una red de lugares con WiFi), detectores de transpondedores de vehículos que utilizan varias técnicas de comunicación (por ejemplo, RFID o "Identificación por Radiofrecuencia"), otros detectores de vehículos y/o usuarios (por ejemplo, utilizando dispositivos de alcance por infrarrojos, sonar, radar o láser para determinar la posición y/o velocidad de los vehículos), etc.

La información de las condiciones del tráfico de carretera obtenida de las fuentes móviles de datos se puede utilizar de varias maneras, ya sea sola o combinada con otra información de condiciones de tráfico de carretera de una o más fuentes distintas (por ejemplo, de sensores de tráfico de carretera). En algunas realizaciones, tal información de condiciones de tráfico de carretera obtenida de fuentes móviles de datos se utiliza para proporcionar información similar a la de sensores de carretera pero para carreteras que no tienen sensores de carretera en funcionamiento (por ejemplo, para carreteras que carecen de sensores, tales como para zonas geográficas que no tienen redes de sensores de carretera y/o para carreteras principales que no son significativamente grandes para tener sensores de carretera, para sensores de carretera que están rotos, etc.), para verificar información duplicada que es recibida de sensores de carretera u otras fuentes, para identificar sensores de carretera que proporcionan datos imprecisos (por ejemplo, debido a problemas temporales o en progreso), etc. Además, las condiciones de tráfico de carretera pueden ser medidas y ser representadas de una o más de diversas maneras, ya sea basándose en muestras de datos de fuentes móviles de datos y/o de lecturas de datos de sensores de tráfico, tales como en términos absolutos (por ejemplo, velocidad media; volumen del tráfico para un periodo de tiempo indicado; tiempo medio de ocupación de uno o más sensores de tráfico u otras posiciones en una carretera, tal como para indicar el porcentaje medio de tiempo que un vehículo está sobre o activando de otro modo un sensor; uno de múltiples niveles enumerados de congestión de carretera, tal como el medido basándose en una o más de otras medidas de condiciones de tráfico; etc.) y/o en términos relativos (por ejemplo, para representar una diferencia respecto lo normal o del máximo).

En algunas realizaciones, alguna información de condiciones de tráfico de carretera puede tomar la forma de muestras de datos proporcionadas por varias fuentes de datos, tales como fuentes de datos asociadas con vehículos para informar de las características del desplazamiento de los vehículos. Las muestras individuales de datos pueden incluir cantidades variables de información. Por ejemplo, las muestras de datos proporcionadas por

fuentes móviles de datos pueden incluir uno o más de entre un identificador de fuente, una indicación de velocidad, una indicación de un rumbo o dirección, una indicación de una posición, una marca de tiempo y una identificación de estado. El identificador de fuente puede ser un número o una cadena de caracteres que identifica el vehículo (o persona u otro dispositivo) que actúa una fuente móvil de datos. En algunas realizaciones, el identificador de fuente móvil de datos puede estar asociado de manera permanente o temporal (por ejemplo, para la vida de la fuente móvil de datos; para una hora; para una sesión actual de uso, tal como asignar un nuevo identificador cada vez que un vehículo o dispositivo de fuente de datos son encendidos; etc.) con la fuente móvil de datos. En por lo menos algunas realizaciones, los identificadores de fuente se asocian con fuentes móviles de datos de tal manera que se minimizan las preocupaciones de privacidad relacionadas con los datos de las fuentes móviles de datos (asociadas ya sea permanente o temporalmente), tal como creando y/o manipulando los identificadores de fuente de una manera que impide que la fuente móvil de datos asociada con un identificador sea identificada basándose en el identificador. La indicación de velocidad puede reflejar la velocidad instantánea o media de la fuente móvil de datos expresada de varias maneras (por ejemplo, millas o kilómetros por hora). El rumbo puede reflejar una dirección de desplazamiento y ser un ángulo expresado en grados u otra medida (por ejemplo, en rumbos con base de brújula o radianes). La indicación de posición puede reflejar una posición física expresada de varias maneras (por ejemplo, parejas de latitud/longitud o coordenadas Universales Transversales de Mercator). La marca de tiempo puede denotar el momento en el que se registró una muestra dada de datos por parte de la fuente móvil de datos, tal como en la hora local o la hora UTC ("Universal Coordinated Time": Tiempo Universal Coordinado). Un indicador del estado puede indicar el estado de la fuente móvil de datos (por ejemplo, que el vehículo está moviéndose, parado, parado con el motor en marcha, etc.) y/o el estado de por lo menos parte de los dispositivos de detección, grabación y/o transmisión (por ejemplo, batería baja, mala fuerza de señal, etc.).

En algunas realizaciones, la red de carreteras en una zona geográfica dada puede ser modelada o puede ser representada utilizando múltiples segmentos de carretera. Cada segmento de carretera puede ser utilizado para representar un tramo de una carretera (o de múltiples carreteras), tal como dividiendo una carretera física dada en múltiples segmentos de carretera (por ejemplo, con cada segmento de carretera siendo una longitud particular, tal como una longitud de una milla de carretera o con segmentos de carretera seleccionados para reflejar tramos de la carretera que comparten características similares de condiciones de tráfico) - tales múltiples segmentos de carretera pueden ser tramos sucesivos de la carretera, o como alternativa en algunas realizaciones superponerse o tener tramos de carretera intermedios de carretera que no son parte de ningún segmento de carretera. Además, un segmento de carretera puede representar uno o más carriles de desplazamiento en una carretera física dada. Por consiguiente, una carretera particular de varios carriles que tiene uno o más carriles para desplazarse en cada uno de los dos sentidos puede asociarse con por lo menos dos segmentos de carretera, con por lo menos un segmento de carretera asociado con el desplazamiento en un sentido y con por lo menos un segmento de carretera asociado con el desplazamiento en el otro sentido. Además, en algunas situaciones, múltiples carriles de una única carretera para el desplazamiento en un único sentido pueden ser representados por múltiples segmentos de carretera, tal como si los carriles tienen diferentes características de condiciones de desplazamiento. Por ejemplo, un sistema dado de autopista puede tener carriles de vehículos rápidos o de alta ocupación ("VAO") que pueden ser beneficiosos para representar mediante segmentos de carretera distintos de segmentos de carretera que representan carriles regulares (por ejemplo, que no son de VAO) que se desplazan en el mismo sentido que los carriles rápidos o de VAO. Los segmentos de carretera pueden conectarse además o asociarse de otro modo con otros segmentos adyacentes de carretera, formando de ese modo una red de segmentos de carretera.

La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra el flujo de datos entre componentes de una realización de sistema Gestor de Muestras de Datos. El diagrama de flujo de datos ilustrado está pensado para reflejar una representación lógica de flujo de datos entre fuentes de datos, los componentes de una realización de un sistema Gestor de Muestras de Datos y clientes de datos de tráfico. Es decir, el flujo de datos verdaderos puede producirse a través de una variedad de mecanismos que incluyen flujos directos (por ejemplo, implementados mediante el paso de parámetros o comunicaciones de redes tales como mensajes) y/o flujos indirectos a través de uno o más sistemas de base de datos u otros mecanismos de almacenamiento, tales como sistemas de archivos. El sistema ilustrado 100 Gestor de Muestras de Datos incluye un componente 104 Filtrador de Muestras de Datos, un componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor, un componente 106 Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos, un componente 107 Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos y un componente 108 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos y un componente opcional 110 Totalizador de Datos de Sensor.

En la realización ilustrada, los componentes 104-108 y 110 del sistema 100 Gestor de Muestras de Datos obtienen muestras de datos de varias fuentes de datos, incluyendo fuentes 101 de datos con base en vehículos, sensores 103 de tráfico de carretera y otras fuentes 102 de datos. Las fuentes 101 de datos con base en vehículos pueden incluir múltiples vehículos que se desplazan en una o más carreteras, que cada uno puede incluir uno o más sistemas de cálculo y/u otros dispositivos que proporcionan datos acerca del desplazamiento del vehículo. Según se ha descrito con más detalle en otra parte, cada vehículo puede incluir dispositivos GPS y/u otros de localización geográfica capaces de determinar la posición, la velocidad y/u otros datos relacionados con el desplazamiento del vehículo. Tales datos pueden obtenerse con los componentes del sistema Gestor de Muestras de Datos por enlaces de datos inalámbricos (por ejemplo, enlace ascendente de satélites y/o red celular) o de otras maneras (por ejemplo, a través de una conexión física cableada que se hace después de que un vehículo llegue a la posición con la posición física, tal como cuando un vehículo de flota vuelve a su base de operaciones). Los sensores 102 de tráfico

- de carretera pueden incluir múltiples sensores que se instalan en o cerca de varias calles, autopistas u otras carreteras, tales como sensores de lazo empotrados en el pavimento que son capaces de medir el número de vehículos que pasan por encima del sensor por unidad de tiempo, la velocidad del vehículo y/u otros datos relacionados con el flujo de datos. Los datos pueden obtenerse asimismo de los sensores 102 del tráfico de carretera a través de enlaces de datos con cables o inalámbricos. Otras fuentes 103 de datos pueden incluir una variedad de otros tipos de fuentes de datos, incluyendo servicios de mapas y/o bases de datos que proporcionan información con respecto a redes de carreteras tales como las conexiones entre carreteras así como información de control de tráfico relacionada con tales carreteras (por ejemplo, la existencia y/o la posición de señales de control de tráfico y/o zonas de velocidad).
- Aunque las fuentes de datos ilustradas 101-103 en este ejemplo proporcionan muestras de datos directamente a varios componentes 104-108 y 110 del sistema 100 Gestor de Muestras de Datos, las muestras de datos pueden ser procesadas en cambio de varias maneras en otras realizaciones antes de proporcionarse a esos componentes. Tal procesamiento puede incluir el organizar y/o agregar muestras de datos en colecciones lógicas basadas en el tiempo, la posición, la región geográfica y/o la identidad de la fuente individual de datos (por ejemplo, vehículo, sensor de tráfico, etc.). Además, tal procesamiento puede incluir el fusionar o combinar de otro modo muestras de datos de orden superior, muestras de datos lógicas u otros valores. Por ejemplo, las muestras de datos obtenidas de múltiples sensores de tráfico de carretera localizados geográficamente pueden fundirse en una única muestra de datos lógicos mediante promedio o totalización. Además, tal procesamiento puede incluir la derivación o sintetización de otro modo de muestras de datos o elementos de muestras de datos basados en una o más muestras obtenidas de datos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, por lo menos algunas fuentes de datos con base en vehículo pueden, cada una, proporcionar las muestras de datos que incluyen sólo un identificador de fuente y una posición geográfica, y si éste es el caso de grupos de múltiples muestras de datos distintas proporcionadas periódicamente en un intervalo particular de tiempo u otro período de tiempo pueden de ese modo ser asociadas entre sí como si hubieran sido proporcionados por un vehículo particular. Tales grupos de muestras de datos pueden entonces ser procesadas aún más con el fin de determinar otra información relacionada con el desplazamiento, tal como un rumbo para cada muestra de datos (por ejemplo calculando el ángulo entre la posición de una muestra de datos y la posición de una muestra de datos anterior y/o subsiguiente) y/o una velocidad para cada muestra de datos (por ejemplo, calculando la distancia entre la posición de una muestra de datos y la posición de una muestra de datos anterior y/o subsiguiente, y dividiendo la distancia por el tiempo correspondiente).
- El componente 104 Filtrador de Muestras de datos obtiene muestras de datos de las fuentes 101 de datos con base en vehículo y las otras fuentes 102 de datos en la realización ilustrada, y a continuación filtra las muestras obtenidas de datos antes de proporcionarlas al componente 106 Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos y opcionalmente al componente 108 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos. Como se ha comentado con mayor detalle en otra parte, tal filtrado puede incluir la asociación de muestras de datos con segmentos de carretera que corresponden a carreteras en una zona geográfica y/o la identificación de muestras de datos que no corresponden a segmentos de carreteras de interés o que reflejan de otro modo posiciones o actividades de vehículo que no son de interés. La asociación de muestras de datos con segmentos de carretera puede incluir la utilización de la posición y/o rumbo informados de cada muestra de datos para determinar si la posición y el rumbo corresponden a un segmento de carretera anteriormente definido. La identificación de muestras de datos que no corresponden a segmentos de carreteras de interés puede incluir la eliminación o identificación de otro modo de tales muestras de datos de modo que esas no serán modeladas, consideradas o procesadas de otro modo por otros componentes del sistema 100 Gestor de Muestras de Datos - tales muestras de datos que se van a eliminar pueden incluir las correspondientes a carreteras de determinadas clases funcionales de carretera (por ejemplo, calles residenciales) que no son de interés, las correspondientes a carreteras o segmentos de carreteras particulares que no son de interés, las correspondientes a partes o tramos de carreteras que no son de interés (por ejemplo, rampas y carreteras secundarias/carriles de distribución/carreteras para autopistas), etc. La identificación de muestras de datos que reflejan de otro modo posiciones o actividades de vehículos que no son de interés puede incluir la identificación de muestras de datos que corresponden a vehículos que están en un estado parado (por ejemplo, aparcados con el motor en marcha), que se conducen en una estructura de aparcamientos (por ejemplo, dando círculos a una velocidad muy baja), etc. Además, el filtrado en algunas realizaciones incluye la identificación de segmentos de carretera que son (o no son) de interés para una presentación o un análisis adicional. Por ejemplo, tal filtrado puede incluir el análisis de la variabilidad del flujo de tráfico y/o nivel de congestión de varios segmentos de carretera en un período de tiempo particular (por ejemplo, hora, día, semana), tal como excluir algunos o todos los segmentos de carretera con baja variabilidad entre períodos de tiempo y/o baja congestión (por ejemplo, para segmentos de carretera para los que las lecturas de datos de sensor no están disponibles o cuya clase funcional de carretera indica de otro modo una carretera más pequeña o menos transitada) de un análisis adicional como que es de menos interés que otras carreteras o segmentos de carretera.
- El componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor ayuda a rectificar muestras erróneas de datos, tal como detectando y corrigiendo errores en lecturas obtenidas de los sensores 103 de tráfico de carretera. Por ejemplo, las muestras de datos que son detectadas por el componente Acondicionador de Datos de Sensor como que no son fiables no son reenviadas a otros componentes para su uso (o se proporcionan indicaciones de la no fiabilidad de muestras particulares de datos para que los otros componentes puedan manejar esas muestras de datos en consecuencia), tal como al componente 106 Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos. Si ese es el caso,

el componente Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos puede determinar entonces si hay disponibles suficientes muestras fiables de datos y si no iniciar una acción correctiva. Como alternativa, el componente Acondicionador de Datos de Sensor puede realizar además por lo menos algunas correcciones a las muestras de datos, tal como se comenta con mayor detalle más adelante y entonces proporcionar los datos corregidos al componente 110 Totalizador de Datos de Sensor (y opcionalmente a otros componentes tales como el componente Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos y/o el componente Evaluador de Flujo de Muestras de Datos). La detección de muestras erróneas de datos puede utilizar varias técnicas, incluyendo medidas estadísticas que comparan la distribución de muestras actuales de datos informadas por un sensor dado de tráfico de carretera con la distribución histórica de muestras de datos informadas por ese sensor de tráfico de carretera durante un correspondiente período de tiempo (por ejemplo, el mismo día de la semana y hora de día). La medida en la que difieren las distribuciones verdaderas e históricas puede calcularse mediante medidas estadísticas, tal como la divergencia de Kullback-Leibler, que proporciona una medida convexa de la similitud entre dos distribuciones de probabilidad y/o mediante entropía estadística de información. Además, algunos sensores de carretera pueden informar de indicaciones de la salud del sensor y tales indicaciones también pueden ser utilizadas para detectar errores en muestras obtenidas de datos. Si se detectan errores en muestras obtenidas de datos, las muestras erróneas de datos pueden ser rectificadas de diversas maneras, incluyendo la sustitución de tales muestras de datos por promedios de muestras de datos adyacentes (por ejemplo, vecinas) de sensores de carretera adyacentes/cercanos que se ha determinado que no son erróneos. Además, las muestras erróneas de datos pueden ser rectificadas utilizando en su lugar valores pronosticados y/o predichos con anterioridad o al mismo tiempo, tal como pueden ser proporcionados por un sistema predictivo de información de tráfico. Detalles adicionales con respecto a sistemas predictivos de información de tráfico se proporcionan en otra parte.

El componente 106 Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos obtiene muestras filtradas de datos a partir del componente 104 Filtrador de Muestras de Datos y/o de muestras de datos acondicionadas o rectificadas de otro modo del componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor, y a continuación identifica y elimina para no tomarse en consideración esas muestras de datos que no son representativas de desplazamientos verdaderos de vehículos en las carreteras o segmentos de carretera de interés. En la realización ilustrada, para cada segmento de carretera de interés, el componente analiza un grupo de muestras de datos que fueron registradas durante un período de tiempo particular y asociadas con el segmento de carretera (por ejemplo, por el componente 104 Filtrador de Muestras de Datos) con el fin de determinar cuál, si hay alguna, debe ser eliminada. Tales determinaciones de muestras poco representativas de datos pueden ser realizadas de varias maneras, incluyendo las basadas en técnicas que detectan muestras de datos que son valores atípicos estadísticos con respecto a las otras muestras de datos en el grupo de muestras de datos. Detalles adicionales con respecto a la eliminación de valores atípicos de muestras de datos se proporcionan en otra parte.

El componente 107 Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos según la presente invención obtiene muestras de datos del componente 106 Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos, de tal manera que las muestras obtenidas de datos en la realización ilustrada sean representativas del desplazamiento verdadero de vehículos en las carreteras y segmentos de carretera de interés. El componente Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos analiza entonces las muestras obtenidas de datos para evaluar una o más velocidades de segmentos de carretera de interés para por lo menos un período de tiempo de interés basado en un grupo de muestras de datos que han sido asociadas con el segmento de carretera (por ejemplo, mediante el componente 104 Filtrador de Muestras de Datos o por lecturas de sensores de tráfico que forman parte del segmento de carretera) y el período de tiempo. En algunas realizaciones, la velocidad o velocidades evaluadas pueden incluir un promedio de las velocidades para múltiples muestras de datos del grupo, posiblemente ponderadas por uno o más atributos de las muestras de datos (por ejemplo, la edad, tal como para dar un mayor peso a muestras de datos más recientes y/o la fuente o el tipo de las muestras de datos, tal como variar el peso para muestras de datos de fuentes móviles de datos o de sensores de carretera para dar mayor peso a fuentes con una mayor fiabilidad o disponibilidad esperadas) o por otros factores. Más detalles con respecto a la evaluación de velocidad de muestras de datos se proporcionan en otra parte.

El componente 108 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos evalúa la información de flujo de tráfico para segmentos de carretera de interés durante por lo menos un período de tiempo de interés, tal como para evaluar el volumen de tráfico (por ejemplo, expresado como un número total o medio de vehículos que llegan a, o atraviesan, un segmento de carretera en una cantidad particular de tiempo, tal como por minuto o por hora), para evaluar la densidad del tráfico (por ejemplo, expresada como un número promedio o total de vehículos por unidad de distancia, tal como por milla o kilómetro), para evaluar la ocupación del tráfico (por ejemplo, expresado como una cantidad promedio o total de tiempo que los vehículos ocupan un punto o zona particulares en una cantidad particular de tiempo, tal como por minuto o una hora), etc. La evaluación de la información de flujo de tráfico en la realización ilustrada se basa por lo menos en parte en la información relacionada con la velocidad del tráfico proporcionada por el componente 107 Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos y el componente 106 Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos, y opcionalmente en información de muestras de datos de tráfico proporcionada por el componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor y el componente 104 Filtrador de Muestras de Datos. Detalles adicionales con respecto a la evaluación de flujo de muestras de datos se proporcionan en otra parte.

Si está presente, el componente 110 Totalizador de Datos de Sensor totaliza la información de condiciones de tráfico basada en sensores proporcionada por el componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor, tal como después de que el componente Acondicionador de Datos de Sensor haya eliminado cualquier muestra no fiable de datos y/o

haya rectificado cualquier muestra de datos ausente y/o no fiable. Como alternativa, el componente Totalizador de Datos de Sensor puede realizar en su lugar cualquier eliminación y/o corrección de muestras de datos ausentes y/o no fiables. En algunos casos, el componente 110 Totalizador de Datos de Sensor puede proporcionar información de flujo de tráfico para cada uno de varios segmentos de carretera mediante la totalización (por ejemplo, promediando) de la información proporcionada por los múltiples sensores individuales de tráfico asociados con cada uno de esos segmentos de carretera. Como tal, cuando está presente, el componente 110 Totalizador de Datos de Sensor puede proporcionar información que sea complementaria a la información evaluada de las condiciones del tráfico proporcionada por componentes tales como el componente 107 Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos y/o el componente 108 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos, o en cambio puede ser utilizado si no hay disponibles muestras de datos de fuentes móviles de datos en absoluto o en cantidad suficiente de muestras fiables de datos para permitir que otros componentes tales como el componente 107 Evaluador de Velocidad de Muestras de Sensor y el componente 108 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos proporcionen información evaluada precisa de las condiciones del tráfico de carretera.

El uno o más clientes 109 de datos de tráfico pueden obtener información evaluada de condiciones de tráfico de carretera (por ejemplo, datos de velocidad y/o de flujo) proporcionada por el componente 107 Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos y/o el componente 108 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos, y pueden utilizar tales datos de varias maneras. Por ejemplo, los clientes 109 de datos de tráfico pueden incluir otros componentes y/o sistemas de información de tráfico manejados por el operario del sistema 100 Gestor de Muestras de Datos, tal como un sistema predictivo proveedor de información de tráfico que utiliza información de condiciones de tráfico para generar predicciones de futuras condiciones del tráfico en múltiples momentos futuros y/o una presentación de información de tráfico en tiempo real (o cercana a en tiempo real) o sistema proveedor que proporciona información de condiciones de tráfico en tiempo real (o cercana a en tiempo real) a usuarios finales y/o clientes de terceras partes. Además, los clientes 109 de datos de tráfico pueden incluir sistemas de cálculo manejados por terceros para proporcionar servicios de información de tráfico a sus clientes. Además, el uno o más clientes 109 de datos de tráfico pueden, opcionalmente en algunas circunstancias (por ejemplo, en casos en los que hay disponibles datos insuficientes para que el componente Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos y/o el componente evaluador de Flujo de Muestras de Datos realicen evaluaciones precisas y/o si no hay datos disponibles de fuentes de datos con base en vehículos u otras), obtener información de condiciones de tráfico de carretera proporcionada por el componente 110 Totalizador de Datos de Sensor, ya sea en vez de o además de los datos del componente Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos y/o el componente Evaluador de Flujo de Muestras de Datos.

Con fines ilustrativos, más adelante se describen algunas realizaciones y aspectos relacionados con la presente invención en las que tipos específicos de condiciones de tráfico de carretera son evaluados de maneras específicas y en los que tal información evaluada de tráfico se utiliza de varias maneras específicas.

Las Figuras 2A-2E ilustran ejemplos de evaluación de condiciones de tráfico de carretera basados en datos obtenidos de vehículos y otras fuentes móviles de datos, como puede realizarse con una realización del sistema Gestor de Muestras de Datos. En particular, la Figura 2A ilustra un ejemplo de filtrado de muestras de datos para una zona de ejemplo 200 con varias carreteras 201, 202, 203 y 204, y con una indicación de leyenda 209 que indica la dirección del norte. En este ejemplo, la carretera 202 es una carretera dividida de acceso limitado tal como una autopista o carretera de peaje, con dos grupos distintos de carriles 202a y 202b para el desplazamiento de vehículos en sentidos al oeste y al este, respectivamente. El grupo de carriles 202a incluye un carril de VAO 202a2 y otros múltiples carriles regulares 202a1, y el grupo de carriles 202b incluye similarmente un carril de VAO 202b2 y otros múltiples carriles regulares 202b1. La carretera 201 es una carretera principal con dos carriles 201a y 201b para el desplazamiento de vehículos en sentido sur y norte, respectivamente. La carretera 201 pasa por encima de la carretera 202 (por ejemplo, por un paso elevado o puente), y la carretera 204 es una rampa que conecta el carril hacia el norte 201b de la carretera 201 con el grupo de carriles hacia el este 202b de la carretera 202. La carretera 203 es una carretera local de servicio adyacente a la carretera 202.

Las carreteras representadas en la Figura 2A puede representarse de varias maneras para el uso por parte del sistema Gestor de Muestras de Datos. Por ejemplo, uno o más segmentos de carretera pueden asociarse con cada carretera física, tal como para tener segmentos de carretera en sentido norte y en sentido sur con el carril hacia el norte 201b y el carril hacia el sur 201a respectivamente. Asimismo, por lo menos un segmento de carretera hacia el oeste y por lo menos un segmento de carretera hacia el este pueden asociarse con el grupo 202a de carriles hacia el oeste y el grupo 202b de carreteras hacia el este de la carretera 202, respectivamente. Por ejemplo, la parte del grupo 202b de carriles hacia el este al este de la carretera 201 pueden ser un segmento de carretera independiente de la parte del grupo 202b de carriles hacia el este al oeste de la carretera 201, tal como basándose en las condiciones del tráfico de carretera que a menudo o normalmente varían entre las partes de carretera (por ejemplo, debido a una entrada normalmente significativa de vehículos al grupo de carriles 202b al este de la carretera 201 desde la rampa 204, tal como que puede causar normalmente una mayor congestión en el grupo de carriles 202b al este de la carretera 201). Además, uno o más grupos de carriles pueden descomponerse en múltiples segmentos de carretera, tal como si diferentes carriles tienen normalmente o a menudo características diferentes de condiciones de tráfico de carretera (por ejemplo, para representar alguna parte dada del grupo de carriles 202b como un primer segmento de carretera que corresponde a los carriles 202b1 basado en esos carriles que comparten características similares de condiciones de tráfico, y como un segundo segmento de carretera que corresponde al carril de VAO 202b2 debido a sus diferentes características de condiciones de tráfico) - en otras de tales situaciones, puede

utilizarse sólo un único segmento de carretera para tal grupo de carriles, pero algunas muestras de datos (por ejemplo, las correspondientes al carril de VAO 202b2) pueden excluirse de ser usadas (tal como por un componente Filtrador de Muestras de Datos y/o un componente Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos) al evaluar las condiciones de tráfico de carretera para el grupo de carriles. Como alternativa, algunas realizaciones pueden representar múltiples carriles de una carretera dada como un único segmento de carretera, incluso si los carriles se utilizan para el desplazamiento en sentidos opuestos, tal como si las condiciones del tráfico de carretera son normalmente similares en ambos sentidos - por ejemplo, la carretera de servicio 205a puede tener dos carriles opuestos de desplazamiento, pero puede representarse con un único segmento de carretera. Los segmentos de carretera pueden determinarse por lo menos en parte con otras diversas maneras, tales como asociarse con información geográfica (por ejemplo, dimensiones físicas y/o rumbo(s)) y/o información relacionada con el tráfico (por ejemplo, límites de velocidad).

La Figura 2A representa además múltiples muestras 205a-k de datos informadas por múltiples fuentes móviles de datos (por ejemplo, vehículos, que no se muestran) que se desplazan en la zona 200 durante un intervalo particular de tiempo u otro período de tiempo (por ejemplo 1 minuto, 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos, etc.). Cada una de las muestras de datos 205a-k se representa como una flecha que indica un rumbo para la muestra de datos, según es informada por una de las múltiples fuentes móviles de datos. Las muestras 205a-k de datos se superponen sobre la zona 200 de tal manera que reflejen las posiciones informadas para cada una de las muestras de datos (por ejemplo, expresadas en unidades de latitud y longitud, tales como las basadas en lecturas GPS), que pueden ser diferentes de las posiciones verdaderas del vehículo cuando esa muestra de datos se registró (por ejemplo, debido a una lectura imprecisa o errónea, o debido a un grado de variabilidad que es inherente al mecanismo de detección de posición utilizado). Por ejemplo, la muestra 205g de datos muestra una posición que está ligeramente al norte de la carretera 202b, que puede reflejar un vehículo que fue arrastrado fuera del lado norte del carril 202b2 (por ejemplo, a causa de una disfunción mecánica), o en cambio puede reflejar una posición imprecisa para un vehículo que estaba de hecho desplazándose en sentido hacia el este en el carril 202b2 u otro carril. Además, una única fuente móvil de datos puede ser la fuente de más de una de las fuentes de datos ilustradas, tal como si ambas muestras 205i y 205h fueran informadas por un único vehículo basándose en su desplazamiento hacia el este por la carretera 202 durante el período de tiempo (por ejemplo, a través de una única transmisión que contiene múltiples muestras de datos para múltiples puntos previos de tiempo, tal como para informar de muestras de datos cada 5 minutos o cada 15 minutos). Más detalles con respecto a almacenar y proporcionar múltiples muestras adquiridas de datos se ilustran más adelante.

El sistema Gestor de Muestras de Datos puede filtrar las muestras obtenidas de datos, tal como para trazar muestras de datos en segmentos predefinidos de carretera y/o identificar muestras de datos que no se corresponden con tales segmentos de carretera de interés. Una muestra de datos puede asociarse con un segmento de carretera si su posición informada está dentro de una distancia predeterminada (por ejemplo, 5 metros) de la posición de una carretera y/o los carriles correspondientes al segmento de carretera y si su rumbo está dentro de un ángulo predeterminado (por ejemplo, más o menos 15 grados) del rumbo de la carretera y/o los carriles correspondientes del segmento de carretera. Los segmentos de carretera pueden asociarse con suficiente información basada en la posición (por ejemplo, rumbo del segmento de carretera, fronteras físicas del segmento de carretera, etc.) para hacer tal determinación, aunque también la asociación de muestras de datos con segmentos de carretera también puede realizarse antes de que las muestras de datos estén disponibles para el sistema Gestor de Muestras de Datos.

Como ejemplo ilustrativo, la muestra 205a de datos puede asociarse con un segmento de carretera que corresponde a la carretera 203, porque su posición informada cae dentro de los límites de la carretera 203 y su rumbo es el mismo (o casi el mismo) que por lo menos uno de los rumbos asociados con la carretera 203. En algún caso, cuando se utiliza un único segmento de carretera para representar múltiples carriles, algunos de los cuales se desplazan en sentidos opuestos, el rumbo de una muestra de datos puede compararse con ambos rumbos del segmento de carretera para determinar si la muestra de datos puede asociarse con el segmento de carretera. Por ejemplo, la muestra 205k de datos tiene un rumbo aproximadamente opuesto al de la muestra 205a de datos, pero también puede asociarse con el segmento de carretera que corresponde a la carretera 203, si ese segmento de carretera se utiliza para representar los dos carriles opuestos de la carretera 203.

Sin embargo, debido a la proximidad de la carretera 203 y el grupo de carriles 202a, también puede ser posible que la muestra 205k de datos refleje un vehículo que se desplaza en el grupo de carriles 202a, tal como si la posición informada de la muestra 205k de datos está dentro de un margen de error para posiciones de vehículos que se desplazan en uno o más de los carriles del grupo de carriles 202a, ya que el rumbo de la muestra 205k de datos es el mismo (o casi el mismo) que el rumbo del grupo de carriles 202a. En algunos casos, se puede eliminar la ambigüedad de tales casos de múltiples posibles segmentos de carretera para una muestra de datos basándose en otra información asociada con la muestra de datos - por ejemplo, en este caso, un análisis de la velocidad informada de la muestra 205k de datos puede utilizarse para ayudar a eliminar la ambigüedad, tal como si el grupo de carriles 202a corresponde a una autopista con un límite de la velocidad de 100 km/h (65 mph), la carretera 203 es una carretera local de servicio con un límite de velocidad de 50km/h (30 mph), y una velocidad informada de la muestra de datos son 120km/h (75 mph) (que tiene como resultado una asociación con los carriles de autopista que es mucho más probable que una asociación con la carretera local de servicio). Más generalmente, si la velocidad informada de la muestra 205k de datos es más similar a la velocidad observada o anunciada para la carretera 203

que la velocidad observada o anunciada para el grupo de carriles 202a, tal información puede ser utilizada como parte de la determinación para asociar la muestra de datos con la carretera 203 y no con el grupo de carriles 202a. Como alternativa, si la velocidad informada de muestra 205k de datos es más similar a la velocidad observada o anunciada para el grupo de carriles 202a que la velocidad observada o anunciada para la carretera 203, puede asociarse con el grupo de carriles 202a y no con la carretera 203. Similarmente puede utilizarse otro tipo de información como parte de tal eliminación de ambigüedad (por ejemplo, posición; rumbo; estado; información acerca de otras muestras relacionadas de datos, tales como otras muestras recientes de datos de la misma fuente móvil de datos; etc.), tal como parte de un análisis ponderado para reflejar un grado de coincidencia para cada tipo de información para una muestra de datos con un segmento de carretera candidato.

Por ejemplo, con respecto a la asociación de muestras de datos 205a con un segmento apropiado de carretera, su posición informada se produce en una superposición entre el carril 201b y el grupo de carriles 202a y está cerca del carril 201a así como de otras carreteras. Sin embargo, el rumbo informado de las muestra de datos (aproximadamente en sentido norte) coincide con el rumbo del carril 201b (en sentido norte) mucho más de cerca que de con el de otros carriles/carreteras candidatos, y se este modo se asociará probablemente con el segmento de carretera que corresponde al carril 201b en este ejemplo. Similarmente, la muestra 205c de datos incluye una posición informada que puede coincidir con múltiples carreteras/carriles (por ejemplo, el carril 201a, el carril 201b y el grupo de carriles 202a), pero su rumbo (aproximadamente hacia el oeste) puede utilizarse para seleccionar un segmento de carretera para el grupo de carriles 202a como el segmento de carretera más apropiado para la muestra de datos.

Continuando con este ejemplo, la muestra 205d de datos no puede asociarse con cualquier segmento de carretera, porque su rumbo (aproximadamente hacia el este) está en sentido opuesto al del grupo de carriles 202a (hacia el oeste) cuya posición corresponde a la posición informada de las muestra de datos. Si no hay otros segmentos de carretera candidatos apropiados que estén suficientemente cerca (por ejemplo, dentro de una distancia predeterminada) a la posición informada de la muestra 205d de datos, tal como si el grupo de carriles 202b con un rumbo similar está demasiado lejos, durante el filtrado esta muestra de datos puede ser excluida del uso subsiguiente en el análisis de las muestras de datos.

La muestra 205e de datos puede asociarse con un segmento de carretera que corresponde al grupo de carriles 202a, tal como un segmento de carretera que corresponde a un carril de VAO 202a2, ya que su posición y rumbo informados corresponden a la posición y rumbo de ese carril, tal como si una técnica basada en la posición utilizada para la posición de la muestra de datos tiene suficiente resolución como para diferenciar entre carriles (por ejemplo, dispositivos de localización por GPS diferencial, infrarrojos, sonar o radar). Las muestras de datos también pueden asociarse con un carril particular de una carretera de múltiples carriles basándose en factores distintos de la información basada en la posición, tal como si los carriles tienen diferentes características de condiciones de tráfico. Por ejemplo, en algunos casos la velocidad informada de una muestra de datos puede utilizarse para fijar o emparejar la muestra de datos con un carril particular mediante modelado de una distribución esperada (por ejemplo, una distribución normal o gaussiana) de velocidades observadas (u otras medidas del flujo de tráfico) de muestras de datos para cada uno de tales carriles candidatos y determinar una mejor adaptación para la muestra de datos con las distribuciones esperadas. Por ejemplo, la muestra 205e de datos puede asociarse con el segmento de carretera que corresponde al carril de VAO 202a2 porque la velocidad informada de esa muestra de datos está más cerca de una velocidad media observada inferida o histórica de vehículos que se desplazan en el carril de VAO 202a2 que de una velocidad media observada inferida o histórica de vehículos que se desplazan en los carriles regulares 202a1, tal como por determinación de una velocidad media observada o inferida basándose en otras muestras de datos (por ejemplo, utilizando lecturas de datos proporcionados por uno o más sensores de tráfico de carretera) y/o el análisis de otros datos actuales relacionados.

De una manera similar, las muestras 205f, 205h, 205i, y 205j de datos pueden asociarse con los segmentos de carretera que corresponden al carril 201a, carriles 202b1, carriles 202b1 y rampa 204, respectivamente, porque sus posiciones y rumbos informados corresponden a las posiciones y los rumbos de esas carreteras o carriles.

Las muestras 205g de datos pueden asociarse con un segmento de carretera que corresponde al grupo de carriles 202b (por ejemplo, un segmento de carretera para el carril de VAO 202b2) aunque su posición informada esté fuera de los límites de la carretera ilustrada, porque la posición informada puede estar dentro de la distancia predeterminada (por ejemplo, 5 metros) de la carretera. Como alternativa, La muestra 205g de datos no puede asociarse con ningún segmento de carretera si su posición informada es lo suficientemente distante de la carretera. En algunos casos, se pueden utilizar distancias predeterminadas diferentes para muestras de datos proporcionadas por fuentes diferentes de datos, tal como para reflejar un nivel conocido o esperado de precisión de la fuente de datos. Por ejemplo, las muestras de datos proporcionadas por fuentes móviles de datos que utilizan señales GPS sin corregir pueden utilizar una distancia predeterminada relativamente alta (por ejemplo, 30 metros), mientras que muestras de datos proporcionadas por fuentes móviles de datos que utilizan dispositivos GPS corregidos por diferencial pueden compararse utilizando una distancia predeterminada relativamente baja (por ejemplo, 1 metro).

Además, el filtrado de muestras de datos puede incluir la identificación de muestras de datos que no corresponden a segmentos de carretera de interés y/o son poco representativas de desplazamiento verdadero de vehículos en las carreteras. Por ejemplo algunas muestras de datos pueden ser eliminadas de ser consideradas porque han sido

asociadas con carreteras que no son consideradas por el sistema Gestor de Muestras de Datos. Por ejemplo, en algunos casos, pueden filtrarse las muestras de datos asociadas con carreteras de menores clases funcionales de carretera (por ejemplo, calles residenciales y/o carreteras principales). Haciendo referencia de nuevo a la Figura 2A, por ejemplo, las muestras 205a y/o 205k de datos pueden filtrarse porque la carretera 203 es una carretera local de servicio que es de una clasificación funcional lo suficientemente baja como para no ser considerada por el sistema Gestor de Muestras de Datos, o la muestra 205j de datos puede ser filtrada porque la rampa es demasiado corta para ser de interés independiente de la autopista. El filtrado puede basarse además en otros factores, tal como la actividad inferida o informada de fuentes móviles de datos con respecto a la actividad inferida o informada de otras fuentes móviles de datos en uno o más segmentos de carretera. Por ejemplo, una serie de muestras de datos asociadas con un segmento de carretera y proporcionada por una única fuente móvil de datos todas indicando la misma posición indica probablemente que la fuente móvil de datos se ha parado. Si todas las otras muestras de datos asociadas con el mismo segmento de carretera indican fuentes móviles de datos en movimiento, las muestras de datos que corresponden a la fuente móvil parada de datos pueden ser filtradas por ser poco representativas del desplazamiento verdadero del vehículo en el segmento de carretera, tal como debido a que la fuente móvil de datos es un vehículo aparcado. Además, en algunos casos, las muestras de datos pueden incluir indicaciones informadas del estado de conducción del vehículo (por ejemplo, que la transmisión del vehículo está en "aparcar" con el motor en marcha, tal como un vehículo parado para hacer una entrega), y si ése es el caso tales indicaciones pueden utilizarse similarmente para filtrar tales muestras de datos por ser poco representativas de vehículos verdaderos desplazándose.

La Figura 2B ilustra una vista gráfica de múltiples muestras de datos asociadas con un único segmento de carretera obtenido de múltiples fuentes de datos durante un intervalo particular de tiempo u otro período de tiempo, con las muestras de datos trazadas en un gráfico 210 con tiempo medido en el eje x 210b y la velocidad medida en el eje y 210a. En este ejemplo, las muestras ilustradas de datos han sido obtenidas de múltiples fuentes móviles de datos así como de uno o más sensores de tráfico de carretera asociados con el segmento de carretera, y se muestran con formas diferentes según se ilustra en la leyenda mostrada (*es decir*, con diamantes oscurecidos ("♦") para muestras de datos obtenidas de sensores de tráfico de carretera, y con cuadrados vacíos ("□") para muestras de datos obtenidas de fuentes móviles de datos). Las muestras ilustradas de datos de fuentes móviles de datos pueden haber sido asociadas con el segmento de carretera como se ha descrito con referencia a la Figura 2A.

Los ejemplos de muestras de datos incluyen las muestras 211a-c de datos de sensor de tráfico de carretera y las muestras 212a-d de datos de fuente móvil de datos. La velocidad informada y el tiempo de grabación de una muestra dada de datos pueden determinarse por su posición en el gráfico. Por ejemplo, la muestra 212d de datos de fuente móvil de datos tiene una velocidad informada de 15 millas por hora (u otra unidad de la velocidad) y fue registrada en un momento de aproximadamente 37 minutos (u otra unidad de tiempo) con respecto a algún punto de partida. Tal como se describirá con mayor detalla más adelante, algunos ejemplos de casos pueden analizar o procesar de otro modo las muestras obtenidas de datos dentro de intervalos de tiempo particulares durante el período de tiempo que se está representando, tal como el intervalo de tiempo 213. En este ejemplo, el intervalo de tiempo 213 contiene muestras de datos registradas durante un intervalo de tiempo de 10 minutos desde el momento de 30 minutos al momento de 40 minutos. Además, algunos ejemplos de casos pueden dividir aún más el grupo de muestras de datos que se producen dentro de un intervalo de tiempo particular en dos o más grupos, tal como el grupo 214a y el grupo 214b. Por ejemplo, cabe señalar que las muestras ilustradas de datos parecen reflejar una distribución de dos modos de velocidades informadas, con las mayoría de las muestras de datos informando de velocidades en el intervalo de 40-48 km/h (25-30 millas por hora) o en el intervalo de 0-13 km/h (0-8 millas por hora). Tal distribución de dos modos u otra de múltiples modos de velocidades puede producirse, por ejemplo, porque los patrones esenciales de flujo de tráfico no son uniformes, tal como debido a una señal de control del tráfico que hace que el tráfico fluya con un patrón de parada y avance, o al segmento de carretera que incluye múltiples carriles de tráfico que se mueve a velocidades diferentes (por ejemplo, un carril de VAO o rápido con velocidades relativamente más altas que otros carriles que no son de VAO). En presencia de tales distribuciones de varios modos de datos de velocidad, algunos ejemplos de casos pueden dividir las muestras de datos en dos o más grupos para un procesamiento adicional, tal como producir mejor precisión o resolución de procesamiento (por ejemplo, calculando distintas velocidades medias que reflejan con más precisión las velocidades de varios flujos de tráfico) así como información adicional de interés (por ejemplo, el diferencial de velocidad entre el tráfico de VAO y el tráfico que no es de VAO), o para identificar un grupo de muestras de datos a excluir (por ejemplo, no incluir el tráfico de VAO como parte de un análisis subsiguiente). Aunque no se ilustra en esta memoria, tales grupos distintos de muestras de datos pueden ser identificados de varias maneras, incluyendo el modelado de una distribución distinta (por ejemplo, una distribución normal o gaussiana) para las velocidades observadas de cada grupo.

La figura 2C ilustra un ejemplo de realización de eliminación de valores atípicos de muestras de datos para filtrar o excluir de otro modo la consideración de esas muestras de datos que son poco representativas de vehículos que se desplazan en un segmento particular de carretera, que en este ejemplo se basa en la velocidad informada para las muestras de datos (aunque en otros casos uno o más atributos de las muestras de datos puedan ser utilizados en cambio como parte del análisis, ya sea en lugar o además de las velocidades informadas). En particular, la Figura 2C muestra una tabla 220 que ilustra la eliminación de valores atípicos de muestras de datos que se realiza en un grupo de ejemplo de diez muestras de datos (en el uso verdadero, el número de muestras de datos que se analizan puede ser mucho más grande). Las muestras ilustradas de datos pueden, por ejemplo, ser todas las muestras de

datos que se producen dentro de un intervalo particular de tiempo (tal como el intervalo de tiempo 213 de la Figura 2B), o como alternativa pueden incluir sólo un subconjunto de las muestras de datos de un intervalo de tiempo particular (como los incluidos en el grupo 214a o 214b de la Figura 2B) o pueden incluir todas las muestras de datos disponibles para un período de tiempo más grande.

5 En el presente ejemplo, las muestras poco representativas de datos son identificadas como que son valores atípicos estadísticos con respecto a otras muestras de datos en un grupo determinado de muestras de datos mediante la determinación de la desviación de la velocidad de cada muestra de datos en un grupo de muestras de datos a partir de la velocidad media de las otras muestras de datos en el grupo. La desviación de cada muestra de datos puede medirse, por ejemplo, en función del número de la diferencia de desviaciones típicas de la velocidad media de las
 10 otras muestras de datos en el grupo, con muestras de datos cuyas desviaciones son mayores que un umbral predeterminado (por ejemplo, 2 desviaciones típicas) que se identifican como valores atípicos y se excluyen de un procesamiento adicional (por ejemplo, siendo descartadas).

La tabla 220 incluye una fila de títulos 222 que describe el contenido de múltiples columnas 221a-f. Cada fila 223a-j de la tabla 220 ilustra un análisis de eliminación de valores atípicos de muestra de datos para la distinta de las diez
 15 muestras de datos, con la columna 221a indicando la muestra de datos que se está analizando para cada fila - cuando cada muestra de datos se analiza, es excluida de las otras muestras del grupo para determinar la diferencia resultante. La muestra de datos de la fila 223a puede ser denominada como la primera muestra de datos, la muestra de datos de la fila 223b puede denominarse como la segunda muestra de datos, etcétera. La columna 221b contiene la velocidad informada de cada una de las muestras de datos, medida en millas por hora. La columna 221c enumera
 20 las otras muestras de datos en el grupo frente a la que se comparará la muestra de datos de una fila dada y la columna 221d enumera la velocidad media aproximada del grupo de muestras de datos indicado por la columna 221c. La columna 221e contiene la desviación aproximada entre la velocidad de la muestra de datos excluida de la columna 221b y la velocidad media enumerada en la columna 221d de las otras muestras de datos, medido en el número de desviaciones típicas. La columna 221f indica si la muestra dada de datos sería eliminada, basándose en si la desviación enumerada en la columna 221e es más de 1,5 desviaciones típicas para los fines de este ejemplo. Además, la velocidad media 224 para las 10 muestras de datos se muestra como que es aproximadamente 25,7 millas por hora, y la desviación típica 225 de las 10 muestras de datos se muestran como que son aproximadamente
 25 14,2.

Así, por ejemplo, la fila 223a ilustra que la velocidad de la muestra 1 de datos es 26 millas por hora. A continuación,
 30 la velocidad media de las otras muestras 2-10 de datos se calcula como aproximadamente 25,7 millas por hora. La desviación de la velocidad de la muestra 1 de datos respecto la velocidad media de las otras muestras 2-10 de datos se calcula entonces como que es aproximadamente 0,02 desviaciones típicas. Por último, la muestra 1 de datos es determinada que no es un valor atípico ya que su desviación está debajo del umbral de 1,5 desviaciones típicas. Además, la fila 223c ilustra que la velocidad de la muestra 3 de datos son 0 millas por hora y que la velocidad media de las otras muestras 1-2 y 4-10 de datos se calcula como aproximadamente 28,6 millas por hora. A continuación, la desviación de la velocidad de la muestra 3 de datos respecto la velocidad media de las otras muestras 1-2 y 4-10 de datos se calcula como que es aproximadamente 2,44 desviaciones típicas. Por último, la muestra 3 de datos es determinada para ser eliminada como valor atípico ya que su desviación está por encima del umbral de 1,5 desviaciones típicas.

40 Más formalmente, dadas N muestras de datos, $v_0, v_1, v_2, \dots, v_n$, registradas en el período de tiempo dado y asociadas con un segmento dado de carretera, una muestra de datos actuales v_i será eliminada si

$$\frac{|v_i - \bar{v}_i|}{\sigma_i} \geq c$$

dónde v_i es la velocidad de la muestra de datos actuales que se está analizando; \bar{v}_i es el promedio de la velocidad de las otras muestras de datos ($v_0, \dots, v_{i-1}, v_{i+1}, \dots, v_n$); σ_i es la desviación típica de las otras muestras de datos; y c es
 45 un umbral constante (por ejemplo, 1,5). Además, como caso especial para manejar una potencial división por cero, la muestra actual v_i será eliminada si la desviación típica de las otras muestras de datos, σ_i , es cero y la velocidad de la muestra actual de datos no es igual a la velocidad media de las otras muestras de datos, \bar{v}_i .

Cabe señalar que para cada v_i no es necesario iterar por todas las otras muestras de datos ($v_0, \dots, v_{i-1}, v_{i+1}, \dots, v_n$) con el fin de calcular la \bar{v}_i media y la desviación típica σ_i . La v_i media de las otras muestras de datos $v_0, \dots, v_{i-1}, v_{i+1}, \dots, v_n$
 50 puede expresarse de la siguiente manera:

$$\bar{v}_i = \frac{N\bar{v} - v_i}{N - 1}$$

y la desviación típica σ_i de las otras muestras de datos $v_0, \dots, v_{i-1}, v_{i+1}, \dots, v_n$ puede expresarse de la siguiente manera:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{N-2} \left[(N-1)\sigma^2 - \frac{N(v_i - \bar{v})^2}{N-1} \right]}$$

dónde N es el número total de muestras de datos (incluyendo la muestra actual de datos); \bar{v} es el promedio de todas las muestras de datos $v_0, v_1, v_2, \dots, v_n$; v_i es la muestra actual de datos, y σ es la desviación típica de todas las muestras de datos $v_0, v_1, v_2, \dots, v_n$. Utilizando las fórmulas anteriores, se puede calcular con eficiencia las medias y las desviaciones típicas y en particular pueden calcularse para tiempo constante. Como el algoritmo anterior calcula un promedio y una desviación típica para cada muestra de datos en cada segmento de carretera, el algoritmo se ejecuta en un momento $O(MN)$, en el que M es el número de segmentos de carretera y N es el número de muestras de datos por segmento de carretera.

Otro algoritmo de detección de valores atípicos y/o de eliminación de datos comprende técnicas basadas en clasificadores neuronales de red, clasificadores simplistas bayesianas y/o modelado por regresión, así como técnicas en las que los grupos de múltiples muestras de datos se consideran a la vez (por ejemplo, si por lo menos algunas muestras de datos no son independientes de otras muestras de datos).

La figura 2D ilustra un ejemplo de realización de evaluación de velocidad media utilizando muestras de datos, y muestra ejemplos de muestras de datos similares a los representados en la Figura 2B para un segmento particular de carretera y el periodo de tiempo. Las muestras de datos han sido trazadas en un gráfico 230, con el tiempo medido en el eje x 230b y la velocidad medida en el eje y 230a. En algunas realizaciones, la velocidad media para un segmento dado de carretera puede calcularse de forma periódica (por ejemplo cada 5 minutos). Cada cálculo puede considerar múltiples muestras de datos dentro de un intervalo predeterminado de tiempo, tal como 10 minutos o 15 minutos. Si las velocidades medias son calculadas en tales intervalos de tiempo, tal como en o cerca del final de los intervalos de tiempo, las muestras de datos dentro de un intervalo de tiempo pueden ser ponderadas de varias maneras al totalizar las velocidades de las muestras de datos, tal como tener en cuenta la edad de las muestras de datos (por ejemplo, para descontar muestras más antiguas de datos basadas en la intuición y la esperanza de que no proporcionen información tan precisa como las condiciones verdaderas de tráfico al final del intervalo de tiempo u otro tiempo actual como muestras más recientes de datos registradas relativamente más cerca del momento actual debido a las condiciones cambiantes del tráfico). Similarmente, en algunas realizaciones pueden considerarse otros atributos de muestras de datos al ponderar muestras de datos, tal como un tipo de fuente de datos o una fuente particular de datos para una muestra de datos (por ejemplo, para ponderar muestras de datos con más peso si vienen de un tipo de fuente de datos o una fuente particular de datos que se cree que es más precisa que otras o que proporciona de otro modo mejores datos que otras), así como uno o más tipos de factores de ponderación.

En el ejemplo ilustrado, una velocidad media para el ejemplo de segmento de carretera se calcula cada cinco minutos en un intervalo de tiempo de 15 minutos. El ejemplo representa los pesos relativos de dos muestras ilustrativas de datos, 231a y 231b, ya que contribuyen a la velocidad media calculada de cada uno de dos intervalos de tiempo, 235a y 235b. El intervalo de tiempo 235a incluye muestras de datos registradas entre los tiempos 30 y 45, y el intervalo de tiempo 235b incluye muestras de datos registradas entre los tiempos 35 y 50. Las dos muestras 231a y 231b de datos caen dentro de ambos intervalos de tiempo 235a y 235b.

En el ejemplo ilustrado, cada muestra de datos en un intervalo dado de tiempo es ponderada en proporción a su edad. Eso es, las muestras más antiguas de datos pesan menos (y por lo tanto contribuyen menos a la velocidad media) que las muestras más recientes de datos. Específicamente, el peso de una muestra dada de datos disminuye de manera exponencial con la edad en este ejemplo. Esta función de ponderación en disminución se ilustra mediante dos gráficos de peso 232a y 232b que corresponden a los intervalos de tiempo 235a y 235b, respectivamente. Cada gráfico de peso 232a y 232b traza el tiempo de grabación de las muestras de datos en el eje x (horizontal) frente al peso en el eje y (vertical). Las muestras registradas más tarde en el tiempo (por ejemplo, más cerca del extremo del intervalo de tiempo) pesan más que las muestras registradas antes en el tiempo (por ejemplo, más cerca del principio del intervalo de tiempo). El peso para una muestra dada de datos puede visualizarse dejando caer una línea vertical hacia abajo de la muestra de datos en el gráfico 230 hasta donde se cruza con la curva del gráfico de pesos que corresponde al intervalo de tiempo de interés. Por ejemplo, el gráfico 232a de pesos corresponde al intervalo de tiempo 235a, y de acuerdo con las edades relativas de las muestras de datos 231a (más antigua) y 231b (más reciente), el peso 233a de la muestra 231a de datos es menor que el peso 233b de la muestra 231b de datos. Además, el gráfico 232b de pesos corresponde al intervalo de tiempo 235b, y similarmente puede verse que el peso 234a de la muestra 231a de datos es menor que el peso 234b de la muestra 231b de datos. Además, es evidente que el peso de una muestra dada de datos decae con el tiempo con respecto a intervalos subsiguientes de tiempo. Por ejemplo, el peso 233b, de la muestra 231b de datos en el intervalo de tiempo 235a es mayor que el peso 234b de la misma muestra 231b de datos en el intervalo de tiempo posterior 235b, porque la muestra 231b de datos es relativamente más reciente durante el intervalo de tiempo 235a comparado con el intervalo de tiempo 235b.

Más formalmente, en una realización, el peso de una muestra de datos registrada en el momento T con respecto a una conclusión de tiempo en el momento T puede expresarse de la siguiente manera:

$$w(t) = e^{-\alpha(T-t)}$$

dónde e es la constante matemática muy conocida y α es un parámetro variable (por ejemplo, 0,2). Dado lo anterior, una velocidad media ponderada para N muestras de datos $v_0, v_1, v_2, \dots, v_n$, en una conclusión de intervalo de tiempo en el momento T puede expresarse de la siguiente manera, con t_i siendo el momento que representa la muestra de datos v_i (por ejemplo, el tiempo en que fue registrada):

$$\text{Velocidad media ponderada} = \frac{\sum_i^n v_i e^{-\alpha(T-t_i)}}{\sum_i^n e^{-\alpha(T-t_i)}}$$

Además, una estimación de error para la velocidad media calculada puede calcularse de la siguiente manera:

$$\text{Estimación de error} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

dónde N es el número de muestras de datos σ es la desviación típica de las muestras $v_0, v_1, v_2, \dots, v_n$ de la velocidad media. Similarmente pueden determinarse otras formas de valores de confianza para velocidades medias calculadas o generadas.

Como se ha indicado, las muestras de datos pueden ponderarse basándose en otros factores, ya se en vez o además de cuán recientes son las muestras de datos. Por ejemplo, las muestras de datos pueden ser ponderadas con el tiempo como se ha descrito anteriormente pero utilizando diferentes funciones de peso (por ejemplo, que el peso de una muestra de datos disminuya linealmente, en vez de una manera exponencial, con la edad). Además, la ponderación de muestras de datos puede basarse aún más en el número total de muestras de datos en el intervalo de tiempo de interés. Por ejemplo, el parámetro variable α descrito anteriormente puede depender o variar de otro modo basándose en el número total de muestras de datos, de tal manera que números más grandes de muestras de datos tengan como resultado mayores penalizaciones (por ejemplo, pesos menores) para muestras más antiguas de datos, para reflejar el aumento de probabilidad de que habrá más muestras de datos de baja latencia (por ejemplo, más reciente) disponibles con el fin de calcular la velocidad media. Además, las muestras de datos pueden ponderarse basándose en otros factores, incluyendo el tipo de fuente de datos. Por ejemplo, puede darse el caso de que se sepa (por ejemplo, basándose en la información informada de estado) o se espere (por ejemplo, basándose en observaciones históricas) que fuentes particulares de datos (por ejemplo, sensores particulares de tráfico de carretera o todos los sensores de tráfico de una red particular) no sean fiables o sean de otro modo imprecisas. En tales casos, las muestras de datos obtenidas de tales sensores de tráfico de carretera (por ejemplo, tales como la muestra 211a de datos de la Figura 2B) pueden tener menos peso que las muestras de datos obtenidas de fuentes móviles de datos (por ejemplo, la muestra 212a de datos de la Figura 2B).

La figura 2E facilita un ejemplo de realización de la evaluación de flujo de tráfico para segmentos de carretera basándose en muestras de datos, tal como puede incluir el inferir volúmenes, densidades y/o la ocupación de tráfico. En este ejemplo, el volumen de tráfico de un segmento dado de carretera se expresa como un número total de vehículos que fluyen en un intervalo dado de tiempo por el segmento de carretera o un número total de vehículos que llegan al segmento de carretera durante el intervalo de tiempo, la densidad del tráfico de un segmento dado de carretera se expresa como un número total de vehículos por unidad de distancia (por ejemplo, millas o kilómetros), y la ocupación del tráfico se expresa como una cantidad media de tiempo que un segmento particular de carretera o punto del segmento de carretera está ocupado por un vehículo.

Dadas varias fuentes móviles distintas de datos observadas desplazándose por un segmento dado de carretera durante un intervalo dado de tiempo, y un porcentaje conocido o esperado de vehículos totales que son fuentes móviles de datos, es posible inferir un volumen total de tráfico - el número total de vehículos (incluyendo los vehículos que no son fuentes móviles de datos) desplazándose por el segmento de carretera durante el intervalo de tiempo. A partir del volumen total inferido de tráfico y evaluando las velocidades medias para vehículos en el segmento de carretera, es posible calcular además la densidad del tráfico así como la ocupación de la carretera.

Un enfoque poco sofisticado para estimar el volumen total de tráfico de un segmento particular de carretera durante un intervalo particular de tiempo sería simplemente dividir el número fuentes móviles de muestras de datos para ese intervalo de tiempo por el porcentaje de vehículos verdaderos que se espera que sean fuentes móviles de muestras de datos - de este modo, por ejemplo, si se reciben muestras móviles de datos de 25 fuentes móviles de datos durante el intervalo de tiempo y se espera que el 10% del total de vehículos en el segmento de carretera sean fuentes móviles de muestras de datos, el volumen total estimado serían 250 vehículos verdaderos para la cantidad de tiempo del intervalo de tiempo. Sin embargo, este enfoque puede llevar a una gran variabilidad de las estimaciones de volumen para intervalos de tiempo adyacentes debido a la variabilidad inherente de las tasas de llegada de vehículos, particularmente si el porcentaje esperado de fuentes móviles de muestras de datos es

pequeño. Como una alternativa que proporciona un análisis más sofisticado, el volumen total de tráfico de un segmento dado de carretera puede ser inferido de la siguiente manera. Dada una observación de un determinado número de fuentes móviles distintas de datos (por ejemplo, vehículos individuales), n , en un segmento de carretera de longitud l , durante un periodo de tiempo dado τ , puede utilizarse la estadística bayesiana para inferir una tasa media esencial de llegada de fuentes móviles de datos λ . La llegada de fuentes móviles de datos en el tramo de carretera que corresponde al segmento de carretera puede ser modelada como un proceso aleatorio y discreto en el tiempo, y por lo tanto puede describirse con la estadística de Poisson, de tal manera que:

$$p(n | \lambda) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}$$

De la fórmula anterior, puede calcularse la probabilidad de que n fuentes móviles de datos sean observadas, dada una tasa media de llegada λ y un número observado de vehículos n . Por ejemplo, suponiendo una tasa media de llegada de $\lambda=10$ (vehículos/unidad de tiempo) y una observación de $n = 5$ vehículos. La sustitución produce

$$p(n | \lambda) = \frac{10^5 e^{-10}}{5!} \approx 0.038$$

que indica una probabilidad del 3,8% de observar realmente $n = 5$ vehículos. Similarmente, la probabilidad de observar realmente 10 vehículos que llegan (es decir, $n = 10$) si la tasa media de llegada es $\lambda=10$ (vehículos/unidad de tiempo) es aproximadamente el 12,5%.

La fórmula anterior puede utilizarse conjuntamente con el Teorema de Bayes con el fin de determinar la probabilidad de una tasa de llegada particular λ dada una observación de n . Como es sabido, el teorema de Bayes es:

$$p(\lambda | n) = \frac{p(n | \lambda)p(\lambda)}{p(n)}$$

Por sustitución y eliminación de constante, se puede obtener lo siguiente:

$$p(\lambda | n) \propto \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}$$

A partir de lo anterior, se puede calcular una probabilidad proporcional o relativa de una tasa de llegada λ , dada una observación de fuentes móviles n de datos, puede calcularse, proporcionando una distribución de probabilidad acerca de valores posibles de λ dados varios valores observados para n . Para un valor particular de n , la distribución de probabilidades en varios valores de la tasa de llegada permite que sea seleccionado un solo valor representativo de la tasa de llegada (por ejemplo, una media o un promedio) y un grado de confianza en ese valor que va a ser evaluado.

Además, dado un porcentaje q conocido de vehículos totales en la carretera que son fuentes móviles de datos, también denominado como el "factor de penetración", el volumen de la tasa de llegada de tráfico total puede calcularse como

$$\text{Volumen total de tráfico} = \frac{\lambda}{q}$$

El volumen total de tráfico para un segmento de carretera durante un período de tiempo puede expresarse alternativamente como un número total de vehículos k que fluyen en un tiempo por una longitud l del segmento de carretera.

La Figura 2E ilustra la distribución de probabilidades de varios volúmenes totales de tráfico dados unos tamaños observados de muestra, dado un factor de penetración de fuentes móviles de datos de ejemplo de $q = 0,014$ (1,4%). En particular, la Figura 2E representa un gráfico de tres dimensiones que traza el número observado de fuentes móviles (n) de datos en el eje y frente al volumen inferido de tasa de llegada de tráfico en el eje x y frente a la probabilidad de cada valor inferido de volumen de tráfico en el eje z. Por ejemplo, el gráfico muestra que dado un número observado de fuentes móviles de datos de $n = 0$, la probabilidad de que el volumen verdadero de tráfico sea cerca de cero es aproximadamente 0,6 (o 60%), como se ilustra mediante la barra 244a, y la probabilidad de que el volumen verdadero de tráfico sea cercano a 143 vehículos por unidad de tiempo es aproximadamente 0,1, tal como se ilustra mediante la barra 244b. Además, dado un número observado de fuentes móviles de datos de $n = 28$, la probabilidad de que el volumen verdadero total de tráfico sea cercano a 2143 vehículos por unidad de tiempo

(correspondiendo a aproximadamente 30 fuentes móviles de muestras de datos por unidad de tiempo, dado el factor de penetración de ejemplo) es aproximadamente 0,1, como se ilustra con la barra 244c, que parece ser cercano al valor mediano para el volumen total verdadero de tráfico.

Además, la ocupación y la densidad medias pueden calcularse utilizando el volumen inferido total de tasa de llegada de tráfico para un segmento dado de carretera (que representa un número vehículos k que llegan durante el tiempo τ al segmento de carretera), la velocidad media evaluada v y una longitud media d de vehículo, de la siguiente manera:

$$\text{Vehículos por milla, } m = \frac{k}{v\tau}$$

$$\text{Ocupación} = md$$

Como se ha descrito anteriormente, la velocidad media v de los vehículos en el segmento de carretera puede obtenerse utilizando técnicas de evaluación de velocidad, como las descritas haciendo referencia a la Figura 2D.

Las Figuras 10A-10B ilustran ejemplos de acondicionamiento y rectificación de otro modo de muestras erróneas de datos de sensores de tráfico de carretera, tales como muestras no fiables y muestras perdidas de datos. En particular, la Figura 10A muestra varias lecturas de datos de ejemplo obtenidas de múltiples sensores de tráfico en varios veces, organizadas en una tabla 1000. La tabla 1000 incluye múltiples de filas lecturas de datos 1004a-1004y, cada una incluyendo una ID ("identificación") 1002a de sensor de tráfico que identifica de manera única el sensor de tráfico que proporcionó la lectura, un valor 1002b de lectura datos de sensor de tráfico que incluye información de flujo de tráfico informada por el sensor del tráfico, un tiempo de lectura 1002c de datos de sensor de tráfico que refleja el momento en el que fue tomada la lectura de datos por el sensor del tráfico, y un estado 1002d de sensor de tráfico que incluye una indicación del estado funcional del sensor de tráfico. En este ejemplo, sólo se muestra información de velocidad, aunque tipos adicionales de información de flujo de tráfico pueden ser informados por sensores de tráfico (por ejemplo, volumen y ocupación de tráfico), y los valores pueden ser informados en otros formatos.

En el ejemplo ilustrado, las lecturas 1004a-1004y de datos han sido tomadas por múltiples sensores de tráfico en varias veces y registradas como se representa en la tabla 1000. En algunos casos, las lecturas de datos pueden ser tomadas por sensores de tráfico de forma periódica (por ejemplo, cada minuto, cada cinco minutos, etc.) y/o ser informadas por los sensores de tráfico de tal forma periódica. Por ejemplo, el sensor de tráfico 123 toma lecturas de datos cada cinco minutos, como se muestra mediante las lecturas 1004a-1004d y 1004f-1004l de datos que ilustran varias lecturas de datos tomadas por el sensor de tráfico 123 entre las 10:25AM y las 10:40AM en dos días independientes (en este ejemplo, el 13/08/06 y el 14/08/06).

Cada lectura ilustrada 1004a-1004y de datos incluye un valor 1002b de lectura de datos que incluye información de flujo de tráfico observada u obtenida de otro modo por el sensor de datos. Tal información de flujo de tráfico puede incluir la velocidad de uno o más vehículos que se desplazan en, cerca o sobre un sensor de tráfico. Por ejemplo, las lecturas 1004a-1004d de datos muestran que el sensor de tráfico 123 observado, en cuatro momentos diferentes, las velocidades de vehículo de 34 millas por hora (mph), 36 mph, 42 mph, y 38 mph, respectivamente. Además, la información de flujo de tráfico puede incluir sumas totales o en incrementos de vehículos que se desplazan en, cerca o sobre un sensor de tráfico, ya sea en vez de o además de la velocidad y/u otra información. Las cuentas totales pueden ser un una cuenta acumulativa de vehículos observados por un sensor de tráfico desde que el sensor fue instalado o fue activado de otro modo. Las cuentas por incrementos pueden ser un una cuenta acumulativa de vehículos observados por un sensor de tráfico desde que el sensor tomó una lectura anterior. Las lecturas 1004w-1004x de datos muestran que ese sensor de tráfico 166 contó, en dos momentos diferentes, 316 coches y 389 coches, respectivamente. En algunos casos, las lecturas registradas de datos pueden no incluir valores de lecturas de datos, tal como cuando un sensor dado de tráfico ha experimentado una disfunción de sensor, de tal manera que no puede hacer ni grabar una observación o informar de una observación (por ejemplo, debido a un fallo de la red). Por ejemplo, la lectura 1004k de datos muestra que el sensor de tráfico 129 no era capaz de proporcionar un valor a las 10:25AM de lectura de datos en el día de 13/08/06, como se indica mediante un "-" en la columna 1002b de valores de lectura de datos.

Además, un estado 1002d de sensor de tráfico puede asociarse con por lo menos algunas lecturas de datos, como si un sensor de tráfico y/o red de comunicaciones correspondiente proporcionara una indicación del estado funcional del sensor de tráfico. Los estados funcionales pueden incluir indicaciones de que un sensor funciona correctamente (por ejemplo, OK), que un sensor está en un estado apagado (por ejemplo APAGADO), que un sensor está atascado informando de un valor único (por ejemplo, ATASCADO), y/o que un enlace de comunicaciones con la red está caído (por ejemplo, COM_ABAJO), como se ilustra en las lecturas 1004m, 1004k, 1004o y 1004s de datos, respectivamente. En otros casos, puede proporcionarse información adicional y/o diferente relacionada con el estado funcional de un sensor de tráfico, o tal información de estado funcional puede no estar disponible. Otros sensores de tráfico, tal como los sensores de tráfico 123 y 166 en este ejemplo, no se configuran para proporcionar indicaciones de estado de sensor de tráfico, como se indica mediante un "-" en la columna 1002d de estado de sensor de tráfico.

Las filas 1004e, 1004j, 1004n, 1004q, 1004v, y 1004y y la columna 1002e indican que pueden grabarse lecturas adicionales de datos de sensor de tráfico en algunos casos y/o que puede proporcionarse información adicional y/o grabarse como parte de cada lectura de datos. Igualmente, puede utilizarse menos información que la mostrada como una base para las técnicas descritas en esta memoria.

5 La Figura 10B ilustra ejemplos de errores de detección en lecturas de datos de sensor de tráfico que pueden ser indicativos de sensores poco sanos de tráfico que funcionan incorrectamente. En particular, como muchos sensores de tráfico no pueden proporcionar una indicación del estado del sensor de tráfico, y como en algunos casos tales indicaciones de estado de sensor de tráfico pueden no ser fiables (por ejemplo, indicando que un sensor no funciona correctamente cuando de hecho sí lo hace, o indicando que un sensor funciona correctamente cuando de hecho no lo hace), puede ser deseable utilizar técnicas estadística y/o de otro tipo para detectar sensores de tráfico poco sanos basándose en los datos informados de lecturas de valores.

10 Por ejemplo, un sensor poco sano de tráfico puede detectarse comparando una distribución actual de lecturas de datos informados por un sensor dado de tráfico durante un período de tiempo (por ejemplo, entre las 4:00PM y las 7:29PM) en un día particular con una distribución histórica de lecturas de datos informados por el sensor de tráfico durante el mismo período de tiempo en múltiples días pasados (por ejemplo, los pasados 120 días). Tales distribuidores pueden generarse, por ejemplo, procesando múltiples lecturas de datos obtenidas de un sensor de tráfico, como los mostrados en la Figura 10A.

15 La Figura 10B muestra tres histogramas 1020, 1030 y 1040 cada uno representa una distribución de lecturas de datos basada en lecturas de datos obtenidas del sensor 123 de tráfico durante un período de tiempo de interés. Los datos representados en los histogramas 1020, 1030 y 1040 están separados en 5 intervalos de milla por hora (por ejemplo, de 0 a 4 millas por hora, de 5 a 9 millas por hora, de 10 a 14 millas por hora, etc.) y están normalizados, de tal manera que cada barra (por ejemplo, la barra 1024) representa una probabilidad entre 0 y 1 de que las velocidades de vehículo dentro del abanico de 5 millas por hora para esa barra ocurrieron durante el período de tiempo (por ejemplo, basándose en un porcentaje de lecturas de datos durante el período de tiempo que se encuentra dentro del cubo). Por ejemplo, la barra 1024 indica que las velocidades de vehículo entre 50 y 54 millas por hora fueron observadas por el sensor de tráfico 123 con una probabilidad de aproximadamente 0,23, tal como basado en aproximadamente el 23% de las lecturas de datos obtenidas del sensor del tráfico 123 que había informado de las velocidades entre 50 y 54 millas por hora, inclusive. En otros casos, pueden utilizarse uno o más otros tamaños de abanico, ya sea además de o en vez de un abanico de 5 mph. Por ejemplo, un abanico de 1 mph puede proporcionar un nivel de detalle más fino del procesamiento, pero también puede causar una alta variabilidad entre abanicos adyacentes si no hay disponibles suficientes lecturas de datos para el período de tiempo, mientras que un abanico de 10 mph proporcionaría menos variabilidad pero también menos detalle. Aún más, si bien el ejemplo actual usa la velocidad media como la medida para el análisis y la comparación de lecturas de datos, pueden utilizarse una o más de otras medidas, ya sea en vez de o además de la velocidad media. Por ejemplo, se manera similar se puede utilizar el volumen y/o la ocupación de tráfico.

20 En este ejemplo, el histograma 1020 representa una distribución histórica de lecturas de datos tomadas por el sensor de tráfico 123 entre las 9:00AM y las 12:29PM los lunes durante los últimos 120 días. El histograma 1030 representa una distribución de lecturas de datos tomadas por el sensor 123 entre las 9:00AM y las 12:29 en un lunes particular cuando el sensor de tráfico 123 funcionaba correctamente. Puede discernirse visiblemente que la forma del histograma 1030 se parece al histograma 1020, dados esos patrones de tráfico en un lunes particular se esperaría ser similar a los patrones de tráfico de los lunes en general, y el grado de similitud puede calcularse de varias maneras, como se comenta más adelante. El histograma 1040 representa una distribución de lecturas de datos tomadas por el sensor 123 entre las 9:00AM y las 12:29 en un lunes particular cuando el sensor de tráfico 123 no funcionaba correctamente, y en cambio estaba enviando lecturas de datos que no reflejaban el flujo verdadero de tráfico. La forma del histograma 1040 difiere notablemente de la del histograma 1020, como es visiblemente discernible, reflejando las lecturas erróneas de datos informadas por el sensor de tráfico 123. Por ejemplo, un pico grande en la distribución es visible en la barra 1048, que puede ser indicativo de que el sensor 123 estaba atascado durante por lo menos parte del tiempo entre las 9:00AM y las 12:30PM e informó de un número substancial de lecturas idénticas que no reflejaban los flujos verdaderos de tráfico.

25 En algunos casos, la divergencia de Kullback-Leibler entre dos distribuciones de datos de sensor de tráfico puede utilizarse para determinar la similitud entre las dos distribuciones, aunque en otras realizaciones las similitudes o diferencias entre distribuciones puedan ser calculadas en otras maneras. La divergencia de Kullback-Leibler es una medida convexa de la similitud de dos distribuciones de probabilidad P y Q. Puede expresarse de la siguiente manera,

$$D_{KL}(P \parallel Q) = \sum_i P_i \log\left(\frac{P_i}{Q_i}\right)$$

30 donde P_i y Q_i son valores de las distribuciones de probabilidad separadas P y Q (Por ejemplo., cada P_i y Q_i es la probabilidad de que se produzcan las velocidades dentro del abanico iésimo). En el ejemplo ilustrado, la divergencia de Kullback-Leibler ("DKL") 1038 entre la distribución de lecturas de datos mostrada en el histograma 1020 y la

distribución de lectura de datos mostrada en el histograma 1030 para el sensor sano de tráfico es aproximadamente 0,076, mientras que la divergencia de Kullback-Leibler 1046 entre la distribución de lecturas de datos mostrada en el histograma 1020 y la distribución de lecturas de datos mostrada en el histograma 1040 para el sensor poco sano de tráfico es aproximadamente 0,568. Como se podría esperar, la DKL 1036 es significativamente más pequeño que la DKL 1046 (en este caso, aproximadamente el 13% de la DKL 1046), reflejando el hecho de que el histograma 1030 (por ejemplo, representando la salida del sensor de tráfico 123 mientras funcionaba apropiadamente) es más similar al histograma 1020 (por ejemplo, representando el comportamiento medio del sensor de tráfico 123) que el histograma 1040 (por ejemplo, representando el tráfico sensor 123 mientras fallaba) es similar al histograma 1020.

Además, algunos casos pueden utilizar otras medidas estadísticas para detectar lecturas erróneas de datos proporcionadas por sensores de tráfico, tal como entropía estadística de información, ya sea en vez de o además de una medida de similitud como la divergencia de Kullback-Leibler. La entropía estadística de una distribución de probabilidad es una medida de la diversidad de la distribución de probabilidad. La entropía estadística de una distribución de probabilidad P puede expresarse de la siguiente manera,

$$H(P) = -\sum_i P_i \log P_i$$

dónde P_i es un valor de las distribuciones de probabilidad separadas P (Por ejemplo, cada P_i es la probabilidad de que se produzcan las velocidades dentro del abanico iésimo del histograma para P). En el ejemplo ilustrado, la entropía estadística 1022 de la distribución mostrada en el histograma 1020 es aproximadamente 2,17, la entropía estadística 1032 de la distribución mostrada en el histograma 1030 es aproximadamente 2,14 y la entropía estadística 1042 de la distribución mostrada en el histograma 1040 es aproximadamente 2,22. Tal y como se podría esperar, la entropía estadística 1042 es mayor que la entropía estadística 1032 y que la entropía estadística 1022, reflejando el patrón de salida más caótico exhibido por sensor de tráfico 123 mientras fallaba.

Además, la diferencia entre dos medidas de entropía estadística puede ser medida calculando la medida de diferencia de entropías. La medida de la diferencia de entropía entre dos distribuciones de probabilidad P y Q puede expresarse como

$$EM = \|H(P) - H(Q)\|^2$$

donde $H(P)$ y $H(Q)$ son las entropías de las distribuciones de probabilidad P y Q , respectivamente, como se describió anteriormente. En el ejemplo ilustrado, la medición ("EM") 1034 de diferencia de entropía entre la distribución mostrada en el histograma 1020 y la distribución mostrada en el histograma 1030 es aproximadamente 0,0010, y la medición 1044 de diferencia de entropía entre la distribución mostrada en el histograma 1020 y la distribución mostrada en el histograma 1040 es aproximadamente 0,0023. Como se podría esperar, la medida 1044 de diferencia de entropía es significativamente más grande que la medida 1034 de diferencia de entropía (en este caso, más de dos veces mayor), reflejando la mayor diferencia entre la entropía estadística de la distribución mostrada en el histograma 1040 y la entropía estadística de la distribución mostrada en el histograma 1020, comparada a la diferencia entre la entropía estadística de la distribución mostrada en el histograma 1030 y la entropía estadística de la distribución mostrada en el histograma 1020.

Las medidas estadísticas descritas anteriormente pueden utilizarse de varias maneras para detectar sensores poco sanos de tráfico. En algunos casos, diversa información acerca de una distribución actual de lecturas de datos es proporcionada como entrada a un clasificador de salud de sensor (o fiabilidad de lectura de datos), tal como basándose en una red neurálgica, clasificador bayesiano, árbol de decisión, etc. Por ejemplo, la información de entrada al clasificador puede incluir, por ejemplo, la divergencia de Kullback-Leibler entre una distribución de lecturas de datos históricos para el sensor de tráfico y la distribución de lectura de datos actuales para el sensor de tráfico, y la entropía estadística de la distribución de lecturas de datos actuales. El clasificador entonces evalúa la salud del sensor de tráfico basándose en las entradas proporcionadas, y proporciona una salida que indica un sensor sano o poco sano. En algunos casos, también se puede proporcionar información adicional como entrada al clasificador, tal como una indicación de la hora de día (por ejemplo, un período de tiempo de 5:00AM a 9:00AM), día o días de semana (por ejemplo, de lunes a jueves, viernes, sábado o domingo) correspondiendo a la hora del día y/o día de la semana a la que corresponden las distribuciones de lecturas de datos históricos, el tamaño de los abanicos de mph, etc. Los clasificadores pueden ser entrenados utilizando lecturas previas verdaderas de datos, tales como las que incluyen indicaciones de estado de sensor de tráfico, como se ilustra en la Figura 10A.

En otros casos, los sensores poco sanos de tráfico pueden ser identificados sin el uso de un clasificador. Por ejemplo, se puede determinar que un sensor de tráfico está poco sano si una o más medidas estadísticas están por encima de un valor predeterminado de umbral. Por ejemplo, se puede determinar que un sensor de tráfico está poco sano si la divergencia de Kullback-Leibler entre una distribución de lecturas de datos históricos para el sensor de tráfico y una distribución de lecturas de datos actuales para el sensor del tráfico está por encima de un primer valor de umbral, si la entropía estadística de la distribución de lecturas de datos actuales está por encima de un segundo valor de umbral, y/o si la medida de diferencia de entropía entre la distribución de lecturas de datos actuales y la

distribución de lecturas de datos históricos está por encima de un tercer umbral. Además, puede utilizarse otra información no estadística, tal como si el sensor de tráfico está informando un estado de sensor que puede ser interpretado como sano o poco sano.

5 Según se indicó anteriormente, aunque las técnicas anteriores se describen principalmente en el contexto de sensores de tráfico que informan de información de velocidad de vehículo, las mismas técnicas pueden ser utilizadas con respecto a otra información de flujo de tráfico, incluyendo volumen, densidad y la ocupación de tráfico.

10 La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra una realización de un sistema de cálculo 300 que es adecuado para realizar por lo menos algunas de las técnicas descritas, tal como la ejecución de una realización de un sistema Gestor de Muestras de Datos. El sistema de cálculo 300 incluye una unidad de procesamiento central ("CPU") 335, varios componentes de entrada-salida ("E/S") 305, un almacenamiento 340 y una memoria 345, con los componentes de E/S ilustrados incluyendo una pantalla 310, una conexión de red 315, una unidad 320 de medio legible por ordenador y otros dispositivos de E/S 330 (por ejemplo, teclados, ratones u otros dispositivos de señalización, micrófonos, altavoces, etc.).

15 En la realización ilustrada, se ejecutan varios sistemas en la memoria 345 con el fin de realizar por lo menos alguna de las técnicas descritas, incluyendo un sistema 350 Gestor de Muestras de Datos, un sistema 360 Proveedor Predictivo de Información de Tráfico, un sistema 361 Identificador de Carreteras Clave, un sistema 362 Determinante de Segmentos de Carretera, un sistema 363 Proveedor de Información RT y otros sistemas opcionales proporcionados por programas 369, con estos diversos sistemas de ejecución denominados generalmente en esta memoria descriptiva sistemas de información de tráfico. El sistema de cálculo 300 y sus sistemas de ejecución
20 pueden comunicarse con otros sistemas de cálculo a través de una red 380 (por ejemplo, internet, una o más redes de telefonía móviles, etc.), tal como varios dispositivos 382 de cliente, fuentes 384 de datos y/o clientes con base en vehículos, sensores 386 de tráfico de carretera, otras fuentes 388 de datos y sistemas de cálculo 390 de terceros.

25 En particular, el sistema 350 Gestor de Muestras de Datos obtiene diversa información con respecto a las condiciones actuales de tráfico y/o datos observados de casos anteriores de varias fuentes, tales como los sensores 386 de tráfico de carretera, las fuentes móviles 384 de datos con base en vehículos y/u otras fuentes móviles o no móviles 388 de datos. El sistema 350 Gestor de Muestras de Datos prepara a continuación los datos obtenidos para el uso por parte de otros componentes y/o sistemas mediante filtrado (por ejemplo, eliminando de la consideración algunas muestras de datos) y/o acondicionamiento (por ejemplo, corrigiendo errores) de los datos, y luego evalúa las condiciones de tráfico de carretera tal como el flujo y/o la velocidad del tráfico para varios segmentos de
30 carretera utilizando los datos preparados. En esta realización ilustrada, el sistema 350 Gestor de Muestras de Datos incluye un componente 352 Filtrador de Muestras de Datos, un componente 353 Acondicionador de Datos de Sensor, un componente 354 Eliminador de Valores Atípicos de Muestras de Datos, un componente 356 Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos; un componente 358 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos y un componente opcional 355 Totalizador de Datos de Sensor, con los componentes 352-358 realizando funciones similares a las
35 descritas anteriormente para los componentes correspondientes de la Figura 1 (Tal como el componente 104 Filtrador de Muestras de Datos, el componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor, el componente 106 Eliminador de Valores Atípicos de Muestras de Datos, el componente 107 Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos, el componente 108 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos y el componente opcional 110 Totalizador de Datos de Sensor). Además, en por lo menos algunas realizaciones el sistema Gestor de Muestras de Datos realiza su evaluación de las condiciones de tráfico de carretera substancialmente de manera en tiempo real o cerca de en tiempo real, tal como en de unos minutos tras obtener los datos esenciales (que pueden obtenerse de una manera substancialmente en tiempo real a partir de las fuentes de datos).

40 Los otros sistemas 360-363 y 369 de información del tráfico y/o los sistemas de cálculo 390 de terceros pueden entonces utilizar los datos proporcionados por el sistema Gestor de Muestras de Datos de varias maneras. Por ejemplo, el sistema 360 Predictivo Proveedor de Información de Tráfico puede obtener (ya sea directa o indirectamente a través de un dispositivo de almacenamiento o base de datos) unos datos preparados para generar futuras predicciones de condiciones de tráfico para múltiples momentos futuros, y proporcionar la información
45 predicha a otros uno o más recipientes, tal como otros uno o más sistemas de información de tráfico, dispositivos 382 de cliente, clientes 384 con base en vehículo y/o sistemas de cálculo 390 de terceros . Además, el sistema 363 Proveedor de Información RT puede obtener información acerca de las condiciones evaluadas de tráfico de carretera del sistema Gestor de Muestras de Datos y pone disponible la información de condiciones de tráfico de carretera para otros (por ejemplo, dispositivos 382 de clientes, clientes 384 con base en vehículos y/o sistemas de
50 cálculo 390 de terceros) de una manera en tiempo real o cercana a en tiempo real - cuando el sistema Gestor de Muestras de Datos también realiza su evaluación de tal manera en tiempo real o cercana a en tiempo real, los recipientes de los datos del sistema Proveedor de Información RT pueden ser capaces de ver y utilizar la información acerca de las condiciones actuales de tráfico en uno o más segmentos de carretera basándose en el desplazamiento verdadero contemporáneo de vehículos en esos segmentos de carretera (según es informado por fuentes móviles de datos que se desplazan por esos segmentos de carretera y/o por sensores y otras fuentes de
55 datos que proporcionan información acerca del desplazamiento verdadero de vehículos en esos segmentos de carretera).

60

Los dispositivos 382 de cliente pueden adoptar varias formas y pueden incluir generalmente cualquier dispositivo de comunicación y otros dispositivos de cálculo capaces de hacer peticiones a y/o recibir información de los sistemas de información de tráfico. A veces, los dispositivos de cliente pueden ejecutar aplicaciones interactivas de consola (por ejemplo, navegadores de internet) que los usuarios pueden utilizar para hacer peticiones de información relacionada con el tráfico (por ejemplo, información predicha de futuras condiciones de tráfico, información de condiciones actuales tráfico en tiempo real o cercana a en tiempo real, etc.), mientras que en otros casos por lo menos alguna información relacionada con el tráfico puede ser enviada automáticamente a los dispositivos de cliente (por ejemplo, como mensajes de texto, nuevas páginas web, actualizaciones de datos de programas especializados, etc.) de uno o más de los sistemas de información de tráfico.

Los sensores 386 de tráfico de carretera incluyen múltiples sensores que se instalan en, o cerca de, varias calles, autopistas u otras carreteras, tal como para una o más zonas geográficas. Estos sensores pueden incluir sensores de lazo que son capaces de medir el número de vehículos que pasan por encima del sensor por unidad de tiempo, la velocidad del vehículo y/u otros datos relacionados con el flujo de tráfico. Además, tales sensores pueden incluir cámaras, sensores de movimiento, dispositivos de localización por radar, dispositivos basados en RFID y otros tipos de sensores que se sitúan adyacentes a, o de otro modo cerca de, una carretera. Los sensores 386 de tráfico de carretera pueden proporcionar de forma periódica o continua lecturas medidas de datos a través de enlaces de datos con cables o inalámbricos al sistema 350 Gestor de Muestras de Datos a través de la red 380 utilizando uno o más mecanismos de intercambio de datos (por ejemplo, empuje (*push*), tirón (*pull*), sondeo (*polling*), petición-respuesta, entre iguales (*peer to peer*), etc.). Además, si bien no se ilustra en esta memoria, uno o más totalizadores de tal información de sensor de tráfico de carretera (por ejemplo, un organismo de transporte gubernamental que maneja los sensores) puede obtener en su lugar los datos sin procesar y hacer que los datos estén disponibles para los sistemas de información de tráfico (ya sea en forma sin procesar o después de que sea procesada).

Las otras fuentes 388 de datos incluyen una diversidad de tipos de otras fuentes de datos que pueden ser utilizadas por uno o por más de los sistemas de información de tráfico para proporcionar información relacionada con el tráfico a los usuarios, los clientes y/o otros sistemas de cálculo. Tales fuentes de datos pueden incluir servicios de mapas y/o bases de datos que proporcionan información con respecto a redes de carreteras tales como la conectividad entre carreteras así como información de control de tráfico relacionada con tales carreteras (por ejemplo, la existencia y/o la posición de señales de control de tráfico y/o zonas de velocidad). Otras fuentes de datos también pueden incluir fuentes de información acerca de acontecimientos y/o condiciones que impactan en y/o reflejan las condiciones de tráfico, tal como pronósticos del clima a corto plazo y a largo plazo, horarios y/o calendarios de escuelas, horarios y/o calendarios de acontecimientos, informes de incidentes de tráfico proporcionados por operarios humanos (por ejemplo, primeros auxilios, personal de aplicación de la ley, personal de autopistas, medios de noticias, viajeros, etc.), información de obras en carretera, horarios de vacaciones, etc.

Las fuentes 384 clientes/datos con base en vehículos en este ejemplo pueden cada una ser un sistema de cálculo y/o sistema de comunicación situado dentro de un vehículo que proporciona datos a uno o a más sistemas de información de tráfico y/o que recibe datos de uno o más de esos sistemas. En algunos casos, el sistema 350 Gestor de Muestras de Datos puede utilizar una red distribuida de fuentes móviles de datos con base en vehículo y/u otras fuentes móviles de datos con base en usuario (no se muestran) que proporcionan información relacionada con las condiciones actuales de tráfico para el uso por parte de los sistemas de información de tráfico. Por ejemplo, cada vehículo u otra fuente móvil de datos puede tener un dispositivo GPS ("Sistema de Localización Global") (por ejemplo, un teléfono móvil con capacidades GPS, un dispositivo GPS autónomo, etc.) y/u otro dispositivo de localización geográfica capaz de determinar la posición geográfica y posiblemente otra información tal como la velocidad, la dirección, la altura y/u otros datos relacionados con el desplazamiento del vehículo, con los dispositivos de localización geográfica u otros dispositivos distintos de comunicación obteniendo y proporcionando tales datos para uno o más de los sistemas de información de tráfico (por ejemplo, mediante de una conexión inalámbrica) de vez en cuando. Tales fuentes móviles de datos se comentan con mayor detalle en otra parte.

Como alternativa, cada una de algunas o todas las fuentes 384 de clientes/datos con base en vehículos puede tener un sistema de cálculo y/o sistema de comunicación situado dentro de un vehículo para obtener información de uno o más de los sistemas de información de tráfico, tal como para el uso por parte de un ocupante del vehículo. Por ejemplo, el vehículo puede contener un sistema de navegación en la consola con un navegador de Internet instalado u otra aplicación de consola que un usuario puede utilizar para hacer peticiones de información relacionada con el tráfico a través de una conexión inalámbrica de uno de los sistemas de información de tráfico, tal como el sistema Predictivo Proveedor de Información de Tráfico y/o sistema Proveedor de Información RT, o en su lugar tales peticiones pueden hacerse desde un dispositivo portátil de un usuario en el Vehículo. Además, uno o más de los sistemas de información de tráfico puede transmitir automáticamente información relacionada con el tráfico al dispositivo del cliente con base en vehículo basándose en la recepción o la generación de información actualizada.

Los sistemas de cálculo 390 de terceros incluyen uno o más sistemas opcionales de cálculo que son manejados por otras partes distintas a los operarios de los sistemas de información de tráfico, tal como las partes que reciben los datos relacionados con el tráfico de uno o más de los sistemas de información de tráfico y que utilizan los datos de alguna manera. Por ejemplo, los sistemas de cálculo 390 de terceros pueden ser sistemas que reciben información de tráfico de uno o más de los sistemas de información de tráfico, y que proporcionan información relacionada (ya sea la información recibida u otra información basada en la información recibida) para usuarios u otros (por ejemplo,

a través de servicios de suscripción o portales web). Como alternativa, los sistemas de cálculo 390 de terceros pueden ser manejados por otros tipos de partes, tales como organizaciones de medios que reúnen e informan de las condiciones del tráfico a sus consumidores, o compañías de mapas en línea que proporcionan información relacionada con el tráfico a sus usuarios como parte de unos servicios de planificación de viajes.

5 Según se indicó anteriormente, el sistema 360 Predictivo Proveedor de Información de Tráfico puede utilizar los datos preparados por el sistema 350 Gestor de Muestras de Datos y otros componentes para generar futuras predicciones de condiciones de tráfico para futuros múltiples momentos. En algunos casos, las predicciones son generadas utilizando técnicas de probabilidad que incorporan varios tipos de datos de entrada para producir repetidas veces futuras predicciones en series cronológicas para cada uno de numerosos segmentos de carretera, tal como de una manera en tiempo real basada en condiciones actuales cambiantes para una red de carreteras en una zona geográfica dada. Además, uno o más modelos predictivos bayesianos u otros (por ejemplo, árboles de decisión) puede crearse automáticamente para el uso en la generación de las futuras predicciones de condiciones de tráfico para cada zona geográfica de interés, tal como basadas en condiciones históricas observadas de tráfico para esas zonas geográficas. La futura información predicha de condiciones de tráfico puede utilizarse de diversas maneras para ayudar con fines de desplazamiento u otros fines, como planear rutas óptimas por una red de carreteras basándose en predicciones acerca de condiciones de tráfico para las carreteras en múltiples momentos futuros.

Además, el sistema 362 Determinante de Segmentos de Carretera puede utilizar servicios de mapa y/o bases de datos que proporcionan información con respecto a redes de carreteras en una o más zonas geográficas para determinar automáticamente y manejar la información relacionada con las carreteras que puede ser utilizada por otros sistemas de información de tráfico. Tal información relacionada con carreteras puede incluir determinaciones de partes particulares de carreteras para ser tratadas como segmentos de interés de carreteras (por ejemplo, basados en condiciones de tráfico de esas partes de carreteras y otras partes cercanas de carretera), así como asociaciones o relaciones generadas automáticamente entre segmentos en una red dada de carreteras e indicaciones de otra información de interés (por ejemplo, posiciones físicas de sensores de tráfico de carretera, lugares de presentación de acontecimientos y señales geográficas; información acerca de clases funcionales de carreteras y otras características relacionadas con el tráfico; etc.). En algunos casos, el sistema 362 Determinante de Segmentos de Carreteras puede ejecutar periódicamente y almacenar la información que produce en el almacenamiento 340 o en una base de datos (no se muestra) para ser usada por otros sistemas de información de tráfico.

Además, el sistema 361 Identificador de Carreteras Clave utiliza una red de carreteras que representa una zona geográfica dada e información de las Condiciones del tráfico para esa zona geográfica para identificar automáticamente las carreteras que son de interés para rastreo y evaluación de condiciones de tráfico de carretera, tal como para ser utilizados por otros sistemas de información de tráfico y/o clientes de datos de tráfico. En algunos casos, la identificación automática de una carretera (o de uno o más segmentos de la carretera) como que es de interés puede basarse por lo menos en parte en factores tales como la magnitud de volumen máximo de tráfico u otro flujo, la magnitud de la congestión máxima de tráfico, la variabilidad entre días del volumen de tráfico u otro flujo, la variabilidad entre días de la congestión para la carretera, la variabilidad entre días del volumen de tráfico u otro flujo y/o la variabilidad entre días de la congestión para la carretera. Tales factores pueden ser analizados mediante, por ejemplo, análisis de componentes principales, tal como calculando primero una matriz S de covarianza de información de condiciones de tráfico para todas las carreteras (o segmentos de carretera) en una zona geográfica dada, y luego calcular una descomposición de Eigen de la matriz S de covarianza. En orden decreciente de Eigenvalor, los Eigenvectores de S representan entonces las combinaciones de carreteras (o segmentos de carretera) que contribuyen independientemente de manera más fuerte a la varianza de las condiciones observadas del tráfico

Además, mediante un sistema Proveedor de Información RT puede proporcionarse un sistema proveedor o presentador de información de tráfico en tiempo real, o en su lugar mediante uno o por más de los otros programas 369. El sistema proveedor de información puede utilizar datos analizados y proporcionados por el sistema 350 Gestor de Muestras de Datos y/u otros componentes (tal como el sistema 360 Proveedor Predictivo de Información de Tráfico) con el fin de proporcionar servicios de información de tráfico a consumidores y/o entidades de negocio que manejan o utilizan de otro modo dispositivos cliente 382, clientes 384 con base en vehículo, sistemas de cálculo 390 de terceros, etc., tal como proporcionar datos de una manera en tiempo real o cercana a en tiempo real basados por lo menos en parte en muestras de datos obtenidas de vehículos y otras fuentes móviles de datos.

Se apreciará que los sistemas de cálculo ilustrados son solamente ilustrativos y no están pensados para limitar el alcance de la presente invención. El sistema de cálculo 300 puede conectarse a otros dispositivos que no se ilustran, incluyendo a través de una o más redes tal como internet o a través de la Web. Más generalmente, un sistema o dispositivo de cálculo "cliente" o "servidor", o sistema y/o componente de información de tráfico, puede comprender cualquier combinación de hardware o software que puede interactuar y realizar los tipos descritos de funcionalidad, incluyendo sin limitación ordenadores de escritorio u otros, servidores de bases de datos, dispositivos de almacenamiento de redes y otros dispositivos de red, PDA, teléfonos móviles, teléfonos inalámbricos, buscapersonas, organizadores electrónicos, aparatos de Internet, sistemas basados en televisión (por ejemplo, utilizando cajas de encima de aparatos y/o grabadoras de vídeo personal/digital), y otros diversos productos de

consumidor que incluyen las capacidades apropiadas de intercomunicación. Además, la funcionalidad proporcionada por los componentes ilustrados de sistema puede combinarse en menos componentes o distribuirse en componentes adicionales. Similarmente, puede no proporcionarse la funcionalidad de algunos de los componentes ilustrados y/o puede estar disponible otra funcionalidad adicional.

5 Además, si bien se ilustran varios elementos como que están almacenados en la memoria o en el almacenamiento mientras se utilizan, estos elementos o partes de ellos pueden ser transferidos entre la memoria y otros dispositivos de almacenamiento para fines de gestión de memoria y/o integridad de datos. Como alternativa, algunos o todos los componentes de software y/o módulos pueden ejecutarse en memoria en otro dispositivo y comunicarse con el sistema ilustrado de cálculo a través de comunicación entre ordenadores. Algunos o todos los componentes de sistema o estructuras de datos también pueden almacenarse (por ejemplo, como instrucciones de software o datos estructurados) en un medio legible por ordenador, tal como un disco duro, una memoria, una red o un artículo portátil de medios para ser leídos por una unidad apropiada o a través de una conexión apropiada. Los componentes de sistema y estructuras de datos también pueden ser transmitidos como señales generadas de datos (por ejemplo, como parte de una onda de portador u otra señal analógica o digital propagada) en una diversidad de medios de transmisión legibles por ordenador, incluyendo medios inalámbricos y con cables, y pueden adoptar diversas formas (por ejemplo, como parte de una señal analógica individual o multiplexada, o como múltiples paquetes o marcos digitales discretos). Tales productos de programa informático también pueden adoptar otras formas. Por consiguiente, la presente invención puede ponerse en práctica con otras configuraciones de sistemas de ordenador.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina 400 de Filtrador de Muestras de Datos relacionada con la presente invención. La rutina puede ser proporcionada, por ejemplo, por la ejecución de una realización de un componente 352 Filtrador de Muestras de Datos de la Figura 3 y/o el componente 104 Filtrador de Muestras de Datos de la Figura 1, tal como para recibir muestras de datos correspondientes a carreteras en una zona geográfica y para filtrar muestras de datos que no son de interés para las evaluaciones posteriores. Las muestras filtradas de datos pueden ser utilizadas entonces posteriormente de varias maneras, tal como para utilizar las muestras filtradas de datos para calcular velocidades medias para segmentos particulares de carreteras de interés y para calcular otras características relacionadas con el flujo de tráfico para tales segmentos de carretera.

La rutina empieza en la etapa 405, donde se recibe un grupo de muestras de datos para una zona geográfica para un periodo de tiempo particular. En la etapa 410, la rutina genera entonces opcionalmente información adicional para algunas o todas las muestras de datos basándose en otras muestras relacionadas de datos. Por ejemplo, si una muestra particular de datos para un vehículo u otra fuente móvil de datos carece de información de interés (como la velocidad y/o el rumbo o la orientación para la fuente móvil de datos), tal información puede ser determinada conjuntamente con una o las dos muestras anterior y subsiguiente de datos para la misma fuente móvil de datos. Además, en por lo menos algunas realizaciones la información de múltiples muestras de datos para una fuente móvil particular de datos puede ser totalizada con el fin de evaluar tipos adicionales de información con respecto a la fuente de datos, tal como para evaluar una actividad de la fuente de datos en un periodo de tiempo que se expande por múltiples muestras de datos (por ejemplo, para determinar si un vehículo se ha aparcado durante varios minutos en vez de pararse temporalmente durante un minuto o dos como parte del flujo normal de tráfico, tal como en una señal de stop o luz de detención).

Después de la etapa 410, la rutina continúa con la etapa 415 para intentar asociar cada muestra de datos con una carretera en la zona geográfica y un segmento particular de carretera de esa carretera, aunque en otras realizaciones esta etapa puede no realizarse o puede realizarse de otras maneras, tal como si por lo menos una asociación inicial de una muestra de datos con una carretera y/o segmento de carretera es recibida en cambio en la etapa 405, o en cambio si se realiza toda la rutina de una sola vez para un único segmento de carretera de tal manera que todas las muestras de datos recibidas en la etapa 405 como un grupo corresponden a un único segmento de carretera. En la realización ilustrada, la asociación de una muestra de datos con una carretera y segmento de carretera puede realizarse de varias maneras, tal como hacer una asociación inicial basada únicamente en una posición geográfica asociada con la muestra de datos (por ejemplo, para asociar la muestra de datos con la carretera y segmento de carretera más cercanos). Además, la asociación puede incluir opcionalmente un análisis adicional para refinar o revisar esa asociación inicial - por ejemplo, si un análisis basado en la posición indica múltiples posibles segmentos de carretera para una muestra de datos (tal como múltiples segmentos de carretera para una carretera particular, o en cambio múltiples segmentos de carretera para carreteras cercanas pero relacionadas de otro modo), tal análisis adicional puede utilizar otra información tal como la velocidad y la orientación para efectuar la asociación (por ejemplo, combinando la información de posición y uno o más de tales factores de una manera ponderada). De este modo, por ejemplo, si la posición informada de una muestra de datos está entre una autopista y una carretera de servicio cercana, la información acerca de la velocidad informada de la muestra de datos puede utilizarse para ayudar a la asociación de la muestra de datos con la carretera apropiada (por ejemplo, determinando que una muestra de datos con una velocidad asociada de 70 millas por hora es improbable que se origine en una carretera de servicio con un límite de velocidad de 25 millas por hora). Además, en situaciones en las que un tramo particular de carretera u otra parte de la carretera está asociado con múltiples segmentos distintos de carretera (por ejemplo, para una carretera de dos carriles en la que el desplazamiento en un sentido está modelado como un primer segmento de carretera y en el que el desplazamiento en el otro sentido está modelado como un segundo segmento distinto de carretera, o en su lugar una autopista de múltiples carriles en la que un carril de VAO se modela como un segmento de carretera independiente de los uno o más carriles adyacentes que no son de

VAO), puede utilizarse información adicional acerca de la muestra de datos tal como la velocidad y/o la orientación para seleccionar el segmento de carretera más probable de la carretera para la muestra de datos.

Después de la etapa 415, la rutina continúa a la etapa 420 para filtrar cualquier muestra de datos que no esté asociada con segmentos de carretera que sea de interés para un posterior procesamiento, incluyendo muestras de datos (si las hay) que no estén asociadas con ningún segmento de carretera. Por ejemplo, determinadas carreteras o partes de carreteras pueden no ser de interés para un análisis posterior, tal como excluir carreteras de determinadas clases funcionales de carretera (por ejemplo, si el tamaño de la carretera y/o su cantidad de tráfico no es lo suficientemente grande como para ser de interés), o excluir partes de carreteras tales como una rampa de autopista, carretera secundaria o carretera de distribución, ya que las características del tráfico de tales partes de carretera no son reflejo de la autopista en su conjunto. Similarmente, en situaciones en las que múltiples segmentos de carretera se asocian con una parte particular de la carretera, algunos segmentos de carretera pueden no ser de interés para algunos fines, tal como excluir un carril de VAO para una autopista si solamente solo es de interés el comportamiento de los carriles que no son de VAO para una finalidad particular, o si solamente es de interés un sentido de una carretera de doble sentido. Después de la etapa 420, la rutina continúa a la etapa 425 para determinar si se han de filtrar las muestras de datos basadas en la actividad de las fuentes de datos, aunque en otras realizaciones tal filtrado puede no realizarse o puede realizarse siempre. En la realización ilustrada, si el filtrado se va a realizar basándose en la actividad de fuente, la rutina continúa a la etapa 430 para realizar tal filtrado, tal como eliminar muestras de datos que corresponden a fuentes de datos cuyo comportamiento no refleja la actividad del flujo de tráfico de interés que se va a medir (por ejemplo, para excluir vehículos que están aparcados con sus motores en marcha durante un periodo de tiempo prolongado, para excluir vehículos que se están conduciendo alrededor de un aparcamiento, garaje o en otra pequeña zona durante un espacio de tiempo prolongado, etc.). Después de la etapa 430, o si en cambio se determina en la etapa 425 que no se ha de filtrar basándose en la actividad de la fuente de datos, la rutina continúa a la etapa 490 para almacenar los datos filtrados para un uso posterior, aunque en otras realizaciones los datos filtrados puedan ser proporcionados en cambio directamente a uno o más clientes. La rutina entonces continúa a la etapa 495 para determinar si se continúa. Si ese es el caso, la rutina regresa a la etapa 405, y si no continúa a la etapa 499 y finaliza.

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina 500 de Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos relacionada con la presente invención. La rutina puede ser proporcionada, por ejemplo, por la ejecución de una realización de un componente 354 Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos de la Figura 3 y/o el componente 106 Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos de la Figura 1, tal como para eliminar muestras de datos para un segmento de carretera que son valores atípicos con respecto a las muestras de datos para el segmento de carretera.

La rutina empieza en la etapa 505, donde se recibe un conjunto de muestras de datos para un segmento de carretera y un periodo de tiempo. Las muestras recibidas de datos pueden ser, por ejemplo, muestras filtradas de datos obtenidas de la salida de la rutina de Filtrador de Muestras de Datos. En la etapa 510, la rutina entonces separa opcionalmente las muestras de datos en múltiples grupos para reflejar distintas partes del segmento de carretera y/o comportamientos distintos. Por ejemplo, si se incluyen juntos múltiples carriles de autopista como parte de un único segmento de carretera y los múltiples carriles incluyen por lo menos un carril de VAO y uno o más carriles que no son de VAO, los vehículos en los carriles de VAO pueden ser separados de los vehículos en los otros carriles si el flujo de tráfico durante el periodo de tiempo es significativamente diferente entre los carriles de VAO y los que no son de VAO. Tal agrupamiento puede realizarse de varias maneras, tal como filtrando las muestras de datos con múltiples curvas que representan cada una la variabilidad normal de muestras de datos dentro de un grupo particular de muestras de datos (por ejemplo, una curva normal o gaussiana). En otras realizaciones, tal agrupamiento puede no ser realizado, tal como si el segmento de carretera se divide en su lugar de tal manera que todas las muestras de datos para el segmento de carretera reflejan un comportamiento similar (por ejemplo, si una autopista con un carril de VAO y otros carriles que no son de VAO se dividen en cambio en múltiples segmentos de carretera).

La rutina continúa luego a la etapa 515, para cada uno del uno o más grupos de muestras de datos (con todas las muestras de datos siendo tratadas como un único grupo si no se realiza la separación de la muestra de datos de la etapa 510), para calcular características medias de condiciones de tráfico para todas las muestras de datos. Tales características medias de condiciones de tráfico pueden incluir, por ejemplo, una velocidad media, así como correspondiente información estadística tal como una desviación típica de la media. La rutina entonces continúa a la etapa 520, para cada uno del uno o más grupos de muestras de datos, para realizar sucesivamente un análisis dejando una fuera de tal manera que se selecciona una muestra particular objetivo de datos para ser dejada provisionalmente fuera y se determinan las características promedio de condiciones de tráfico para las características restantes de condiciones de tráfico. Cuanto mayor es la diferencia entre las características medias de condiciones de tráfico para las muestras restantes de datos y las características medias de condiciones de tráfico para todas las muestras de datos de la etapa 515, más grande es la probabilidad de que las muestras objetivo de datos de objetivo dejadas fuera sean valores atípicos que no reflejan las características comunes de las restantes muestras de datos. En la etapa 525, la rutina realiza entonces opcionalmente uno o más tipos adicionales de análisis de valores atípicos, tal como dejar fuera sucesivamente grupos de dos o más muestras objetivo de datos con el fin de evaluar su efecto de unión, aunque en algunas realizaciones tal análisis adicional de valores atípicos puede no ser realizado. Después de la etapa 522, la rutina continúa a la etapa 590 para eliminar las muestras de datos que

están identificadas como valores atípicos en las etapas 520 y/o 525, y almacenar las muestras restantes de datos para un uso posterior. En otros casos, la rutina puede en cambio enviar las muestras restantes de datos a uno o más clientes para su uso. La rutina entonces continúa a la etapa 595 para determinar si se continúa. Si ese es el caso, la rutina regresa a la etapa 505, y si no la rutina continúa a la etapa 599 y finaliza.

5 La Figura 6 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina 600 de Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos según la presente invención. La rutina puede ser proporcionada, por ejemplo, por la ejecución de un componente 356 Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos de la Figura 3 y/o el componente 107 Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos de la Figura 1, tal como para evaluar la velocidad actual para un segmento de carretera durante un periodo de tiempo basándose en varias muestras de datos para el segmento de carretera. En este ejemplo de realización, la rutina realizará cálculos sucesivos de la velocidad media para el segmento de carretera para cada uno de múltiples intervalos de tiempo durante el periodo de tiempo, aunque en otras realizaciones cada invocación de la rutina pueda ser en cambio para un único intervalo de tiempo (por ejemplo, con múltiples intervalos de tiempo evaluados a través de múltiples invocaciones de la rutina). Por ejemplo, si el periodo de tiempo es de treinta minutos, cada cinco minutos puede realizarse un nuevo cálculo de velocidad media, tal como con intervalos de tiempo de 5 minutos (y así con cada intervalo de tiempo que no se superpone con intervalos de tiempo anteriores o sucesivos), ni con intervalos de tiempo de 10 minutos (y de este modo superponerse a intervalos de tiempo adyacentes).

La rutina empieza en la etapa 605, donde se recibe una indicación de muestras de datos (por ejemplo, muestras de datos de fuentes móviles de datos y lecturas físicas de datos de sensor) para un segmento de carretera para un periodo de tiempo, o de datos insuficientes para un segmento de carretera para un periodo de tiempo, aunque en algunas realizaciones puede recibirse sólo una de las muestras de datos de fuentes móviles de datos y de lecturas de datos de sensor. Las muestras recibidas de datos pueden obtenerse, por ejemplo, de la salida de la rutina de Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos. Similarmente, la indicación de datos insuficientes puede ser recibida de la rutina de Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos. En algunos casos, la indicación de datos insuficientes puede basarse en tener un número insuficiente de muestras de datos, tal como cuando no haya muestras de datos de fuentes móviles de datos asociadas con el segmento de carretera para el periodo de tiempo y/o cuando algunas o todas las lecturas de datos de sensor para el segmento de carretera se pierden o se ha detectado que son erróneas (por ejemplo, por el componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor de la Figura 1). En este ejemplo, la rutina continúa en la etapa 610 para determinar si se ha recibido una indicación de datos insuficientes. Si ese es el caso, la rutina continúa a la etapa 615, y si no la rutina continúa a la etapa 625.

En la etapa 615, la rutina ejecuta una realización de la rutina de Evaluador de Flujo de Tráfico (descrita con referencia a la Figura 14) con el fin de obtener la velocidad media estimada del tráfico para el segmento de carretera para el periodo de tiempo. En la etapa 620, la rutina proporciona entonces una indicación de la velocidad media estimada. En la etapa 625, la rutina selecciona el próximo intervalo de tiempo para el que se ha de evaluar una velocidad media, empezando con el primer intervalo de tiempo. En la etapa 630, la rutina calcula entonces una velocidad media ponderada del tráfico para las muestras de datos dentro del intervalo de tiempo, basándose en la ponderación de las muestras de datos en uno o más factores. Por ejemplo, en la realización ilustrada, el peso para cada muestra de datos se varía (por ejemplo, de una manera lineal, exponencial o escalonada) basándose en el estado latente de la muestra de datos, tal como para dar mayor peso a muestras de datos cerca del final del intervalo de tiempo (ya que pueden reflejar más la velocidad media verdadera al final del intervalo de tiempo). Además, las muestras de datos pueden recibir más peso en la realización ilustrada basándose en la fuente de los datos, tal como dar un peso a las lecturas de datos de sensores físicos de forma distinta a muestras de datos de vehículos y otras fuentes móviles de datos, ya sea dar más o menos peso. Además, en otras realizaciones, en la ponderación se pueden utilizar otros diversos factores, incluyendo en una base a la muestra - por ejemplo, una lectura de datos de un sensor físico pueden recibir un peso distinto que una lectura de datos de otro sensor físico, tal como para reflejar información disponible acerca de los sensores (por ejemplo, que uno de los sensores físicos está intermitentemente defectuoso o tiene una resolución de lectura de datos menos precisa que otro sensor), y una muestra de datos de un vehículo u otra fuente móvil de datos puede recibir un peso distinto de la de otro vehículo o fuente móvil de datos basándose en la información acerca de las fuentes móviles de datos. Otros tipos de factores que en algunas realizaciones pueden utilizarse en la ponderación incluyen valores de confianza u otras estimaciones del posible error en una muestra particular de datos, un grado de confianza que una muestra particular de datos debe asociarse con un segmento particular de carretera, etc.

Después de la etapa 630, la rutina continúa a la etapa 635 para proporcionar una indicación de la velocidad media calculada del tráfico para el intervalo de tiempo, tal como para almacenar la información para un uso posterior y/o para proporcionar la información a un cliente. En la etapa 640, la rutina obtiene entonces opcionalmente muestras adicionales de datos para el periodo de tiempo que ha llegado a ser disponible a continuación de la recepción de información en la etapa 605. Entonces se determina en la etapa 645 si se han de calcular más intervalos de tiempo para el periodo de tiempo, y si éste es el caso la rutina regresa a la etapa 625. Si en cambio no hay más intervalos de tiempo, o después de la etapa 620, la rutina continúa a la etapa 695 para determinar si se debe continuar. Si ese es el caso, la rutina regresa a la etapa 605, y si no continúa a la etapa 699 y finaliza.

La Figura 7 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina 700 de Evaluador de Flujo de Muestras de Datos relacionada con la presente invención. La rutina puede ser proporcionada, por ejemplo, por la

ejecución de una realización de un componente 358 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos de la Figura 3 y/o el componente 108 Evaluador de Flujo de Muestras de Datos de la Figura 1, tal como evaluar características de las condiciones de flujo de tráfico distintas de la velocidad media para un segmento particular de carretera durante un periodo particular de tiempo. En este ejemplo de realización, las características de flujo a evaluar incluyen un volumen total de vehículos (u otras fuentes móviles de datos) que llegan a, o están presentes en, un segmento particular de carretera durante un periodo de tiempo, y una ocupación porcentual para el segmento de carretera durante el periodo de tiempo para reflejar el porcentaje de tiempo que un punto o zona del segmento de carretera está cubierto por un vehículo.

La rutina empieza en la etapa 705, donde se recibe una indicación de muestras de datos para un segmento de carretera durante un periodo de tiempo y una velocidad media para el segmento de carretera durante el periodo de tiempo, o de datos insuficientes para un segmento de carretera para un periodo de tiempo. Las muestras de datos pueden obtenerse de, por ejemplo, la salida de la rutina de Eliminador de Valores Atípicos de Muestras de Datos y la velocidad media puede obtenerse de, por ejemplo, la salida de la rutina de Evaluador de Velocidad Muestras de Datos. La indicación de datos insuficientes puede obtenerse de, por ejemplo, la salida de la rutina de Eliminador de Valores Atípicos de Muestras de Datos. En algunos casos, la indicación de datos insuficientes puede basarse en tener un número insuficiente de muestras de datos, tal como cuando no haya muestras de datos de fuentes móviles de datos asociadas con el segmento de carretera para el periodo de tiempo y/o cuando algunas o todas las lecturas de datos de sensor para el segmento de carretera se pierden o se ha detectado que son erróneas (por ejemplo, por el componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor de la Figura 1). La rutina continúa entonces en la etapa 706 para determinar si se ha recibido una indicación de datos insuficientes. Si ese es el caso, la rutina continúa a la etapa 750, y si no la rutina continúa a la etapa 710.

En la etapa 750, la rutina ejecuta una realización de la rutina de Estimador de Flujo de Tráfico (descrita con referencia a la Figura 14) con el fin de obtener el volumen y la ocupación totales estimados del tráfico para el segmento de carretera durante el periodo de tiempo. En la etapa 755, la rutina proporciona entonces una indicación del volumen y la ocupación totales estimados.

En la etapa 710, la rutina determina varios vehículos (u otras fuentes móviles de datos) que proporcionaron las muestras de datos, tal como asociando cada muestra de datos con una fuente móvil particular de datos. En la etapa 720, la rutina determina entonces por probabilidades el régimen de llegada más probable al segmento de carretera de los vehículos que proporcionan las muestras de datos, basándose en parte en el número determinado de vehículos. En algunas realizaciones, la determinación en base a probabilidades puede utilizar además información de uso acerca de la probabilidad a priori del número de tales vehículos y la probabilidad a priori de una tasa particular de llegada. En la etapa 730, la rutina entonces infiere el volumen total de todos los vehículos que pasan por el segmento de carretera durante el periodo de tiempo, tal como basándose en el número determinado de vehículos y la información acerca de qué porcentaje del número total de vehículos son vehículos que proporcionan muestras de datos y evalúa además un intervalo de confianza para el volumen total inferido. En la etapa 740, la rutina infiere entonces la ocupación porcentual para el segmento de carretera durante el periodo de tiempo basándose en el volumen total inferido, la velocidad media y una longitud media de vehículo. Otros tipos de características de interés de flujo de tráfico pueden evaluarse similarmente en otras realizaciones. En la realización ilustrada, la rutina continúa entonces a la etapa 790 para proporcionar indicaciones del volumen total inferido y la ocupación porcentual inferida. Después de las etapas 755 o 790, si entonces se determina en la etapa 795 que se ha de continuar; la rutina regresa a la etapa 705, y si no continúa a la etapa 799 y finaliza.

La Figura 11 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina 1100 de Detector de Errores de Lecturas de Datos de Sensor relacionada con la presente invención. La rutina puede ser proporcionada, por ejemplo, por la ejecución del componente 353 Acondicionador de Datos de Sensor de la Figura 3 y/o el componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor de la Figura 1, tal como para determinar la salud de uno o más sensores de tráfico. En este ejemplo de realización, la rutina es realizada en varios momentos del día para determinar la salud de uno o más sensores de tráfico, basándose en lecturas de datos de sensor de tráfico obtenidas recientemente durante un período de tiempo indicado. Además, los datos que son producidos por un sensor de tráfico para uno o más de los diversos tipos de medidas de condiciones de tráfico pueden ser analizados por la rutina en varias realizaciones, tal como la velocidad, el volumen, la ocupación del tráfico, etc. Además, los datos para por lo menos alguna de las condiciones de tráfico puede medirse y/o totalizarse de varias maneras, tal como en varios niveles de grado de detalle (por ejemplo, abanicos de 5 mph de grupos de datos para la información de velocidad), y la rutina puede en algunas realizaciones analizar los datos para un sensor particular de tráfico en cada uno de uno o más niveles de grado de detalle (u otro nivel de totalización) para cada uno de una o más medidas de condiciones de tráfico.

La rutina empieza en la etapa 1105 y recibe una indicación de uno o más sensores de tráfico y de una categoría seleccionada de tiempo (por ejemplo, la categoría de tiempo más reciente, si la rutina se ejecuta después de cada categoría de tiempo para proporcionar resultados de una manera cercana a en tiempo real, o una o más categorías de tiempo previo seleccionadas para el análisis), aunque en otras realizaciones se pueden indicar en cambio múltiples categorías de tiempo. En algunas realizaciones, el tiempo puede ser modelado por medio de categorías de tiempo cada una incluyendo una categoría de la momento del día (por ejemplo, de 12:00AM a 5:29AM y de 7:30PM a 11:59PM, de 5:30AM a 8:59AM, de 9:00AM a 12:29PM, de 12:30PM a 3:59PM, de 4:00PM a 7:29PM, y de

12:00AM a 11:59PM) y/o una categoría del día de la semana (por ejemplo, de lunes a jueves, el viernes, el sábado y el domingo, o en su lugar con el sábado y el domingo agrupados juntos). Las categorías particulares de tiempo pueden seleccionarse de varias maneras en varias realizaciones, incluyendo para reflejar períodos de tiempo durante los que se espera que el tráfico tenga características similares (por ejemplo, basándose en tiempos y patrones de cálculo, u otras actividades coherentes que afectan al tráfico), tal como agrupar juntas las horas de la tarde y las primeras de la mañana si el tráfico normalmente es relativamente escaso durante esos momentos. Además, en algunas realizaciones las categorías de tiempo pueden seleccionarse para diferir para sensores diferentes de tráfico (por ejemplo, por zona geográfica, carretera, sensor individual, etc.), ya sea manualmente o de una manera automatizada al analizar los datos históricos para determinar períodos de tiempo que tienen características similares de flujo de tráfico.

En las etapas 1110 a 1150, la rutina realiza entonces un bucle en el que analiza lecturas de datos de sensor de tráfico de cada uno de uno o más sensores de tráfico indicados para las categorías indicadas de tiempo con el fin de determinar el estado de la salud del sensor de tráfico de cada uno de los sensores de tráfico durante esa categoría de tiempo. En la etapa 1110, la rutina selecciona el próximo sensor de tráfico de los uno o más sensores del tráfico indicados, empezando con el primero, y selecciona la categoría indicada de tiempo (o, si en cambio se indicaron múltiples categorías de tiempo en la etapa 1105, la próxima combinación de sensor de tráfico y categoría indicada de tiempo). En la etapa 1115, la rutina recupera una distribución histórica media de lecturas de datos para el sensor de tráfico durante la categoría seleccionada de tiempo. En algunas realizaciones, la distribución histórica de lecturas de datos puede basarse en lecturas de datos proporcionadas por el sensor de tráfico durante la categoría seleccionada de tiempo (por ejemplo, entre 4:00PM y 7:29PM en días de la semana que incluye de lunes a jueves) en un período de tiempo prolongado, tal como los últimos 120 días o un período reciente de 120 días).

En la etapa 1120, la rutina determina una distribución objetivo de datos de sensor para el sensor de tráfico seleccionado durante la categoría seleccionada de tiempo. En la etapa 1125, la rutina determina entonces la similitud de la distribución objetivo de lecturas de datos de sensor de tráfico y la distribución histórica de lecturas de datos de sensor de tráfico. Según se ha descrito con más detalle en otra parte, en algunas realizaciones, tal medida de similitud puede determinarse calculando la divergencia de Kullback-Leibler entre la distribución objetivo de lecturas de datos de sensor de tráfico y la distribución histórica de lecturas de datos de sensor de tráfico. En la etapa 1130, la rutina determina luego la entropía de información de la distribución objetivo de lecturas de datos de sensor de tráfico, según se comenta con mayor detalle en otra parte.

En la etapa 1135, la rutina evalúa a continuación la salud del sensor seleccionado de tráfico para la categoría seleccionada de tiempo utilizando diversa información para realizar una clasificación de la salud (por ejemplo, una indicación de "sano" o "poco sano", o de un valor en una escala de "salud" tal como de 1 a 100), que en este ejemplo incluye la similitud determinada, la entropía determinada y la categoría seleccionada de tiempo (por ejemplo, la categoría seleccionada de momento del día, tal como de 4:00PM a 7:29PM, y/o la categoría seleccionada de día de la semana, tal como de lunes a jueves). En otras realizaciones, se podrían utilizar otros tipos de información, tal como una indicación de un grado de detalle de los datos que se están midiendo (por ejemplo, abanicos 5 de mph de grupos de datos para la información de velocidad). En una realización, puede utilizarse una red neurálgica para la clasificación, mientras que en otras realizaciones se pueden utilizar otras diversas técnicas de clasificación, incluyendo árboles de decisión, clasificadores bayesianos, etc.

En la etapa 1140, la rutina determina entonces el estado de salud de sensor de tráfico para el sensor seleccionado de tráfico y categoría seleccionada de tiempo (en este ejemplo como sano o poco sano) basándose en la salud evaluada de sensor de tráfico y/u otros factores. En algunas realizaciones, el estado de salud para un sensor de tráfico puede determinarse que es sano siempre que la salud de sensor de tráfico para la categoría seleccionada de tiempo sea evaluada como sano en la etapa 1135. Además, el estado de salud para el sensor de tráfico puede determinarse que es poco sano siempre que la salud de sensor de tráfico para la categoría seleccionada de tiempo sea evaluada como poco sano (por ejemplo, en la etapa 1135), y la categoría seleccionada de tiempo tiene una categoría asociada de momento del día que abarca un período de tiempo lo suficientemente grande (por ejemplo, por lo menos 12 o 24 horas). Además, en algunas realizaciones la información acerca de categorías de tiempo relacionadas (por ejemplo, para uno o más períodos de tiempo previos y/o subsiguientes) puede ser recuperada y puede utilizarse, tal como para clasificar la salud de sensor de tráfico en un periodo de tiempo más largo (por ejemplo, un día). Tal lógica puede reducir el riesgo de una falsa determinación negativa de estado de salud de sensor (por ejemplo, determinando el estado de salud de sensor de tráfico como poco sano cuando de hecho el sensor de tráfico está sano) basándose en patrones temporales excepcionales de tráfico que el sensor de tráfico informa con precisión.

Por ejemplo, pueden producirse falsas determinaciones negativas debido a una substancial variabilidad entre días en lecturas de datos debido a factores externos (por ejemplo, accidentes de tráfico, incidentes climáticos, etc.). Un accidente de automóvil que se produce en o cerca de un sensor particular de tráfico, por ejemplo, puede tener como resultado que ese sensor de tráfico proporcione lecturas atípicas y erráticas de datos durante un período de tiempo relativamente corto (por ejemplo, una a dos horas). Si una determinación de estado de salud de sensor se basa únicamente en lecturas de datos obtenidas principalmente durante el tiempo de perturbación causado por el accidente de tráfico, probablemente se producirá una determinación negativa falsa. Basando la determinación de estado de sensor poco sano en lecturas de datos obtenidas en períodos de tiempo relativamente más grandes (por

ejemplo, 12 o 24 horas) puede reducirse el riesgo de tales determinaciones negativas falsas. Por otro lado, las determinaciones positivas falsas (por ejemplo, determinar la salud de sensor de tráfico como sano cuando de hecho es poco sano) puede ser en general menos probable, porque es improbable que los sensores de tráfico que fallan proporcionen lecturas de datos que sean similares a lecturas históricas de datos (por ejemplo, reflejando patrones de tráfico ordinario). Como tal, puede ser apropiado determinar un estado de salud de sensor de tráfico como sano basándose en períodos de tiempo relativamente más pequeños.

Tal lógica diferencial puede efectuarse ejecutando la rutinaria ilustrada muchas veces por día, siendo la categoría de tiempo reflejo de períodos de tiempo más cortos (por ejemplo, ejecutar la rutina cada tres horas con una categoría de tiempo que tenga una categoría de momento del día que se extiende por las tres horas anteriores) y por lo menos una vez por día con una categoría de tiempo que refleje el día anterior entero (por ejemplo, ejecutar la rutina a medianoche con una categoría de tiempo que tenga una categoría de momento del día que se extienda por las 24 horas anteriores).

Además, la determinación de estado de salud de sensor puede basarse en otros factores, tal como si puede obtenerse un número suficiente de lecturas de datos para la categoría seleccionada de tiempo (por ejemplo, porque el sensor de tráfico informa intermitentemente de las lecturas de datos) y/o basándose en indicaciones de estado de sensor proporcionadas por el sensor de tráfico (por ejemplo, que el sensor de tráfico está atascado).

En la etapa 1145, la rutina proporciona el estado determinado de salud de sensor de tráfico. El estado de salud de sensor de tráfico puede almacenarse (por ejemplo, en un sistema de archivos o base de datos) para el uso posterior por parte de otros componentes (por ejemplo, el componente 110 Totalizador de Datos de Sensor de la figura 1) y/o proporcionarse directamente a otros componentes (por ejemplo, un componente Eliminator de Valores Atípicos de Muestras de Datos). En la etapa 1150, la rutina determina si hay que procesar más sensores de tráfico (o combinaciones de sensores de tráfico y categorías de tiempo). Si ese es el caso, la rutina continúa a la etapa 1110, y si no continúa a la etapa 1155 y realiza otras acciones según sea apropiado. Tales otras acciones pueden incluir, por ejemplo; volver a calcular periódicamente (por ejemplo, una vez al día, una vez a la semana, etc.) o distribuciones históricas de lecturas de datos (por ejemplo, para los últimos 120 días) para cada una de la una o más categorías de tiempo para cada uno de múltiples sensores de tráfico. Calculando de nuevo periódicamente distribuciones históricas de lecturas de datos, la rutina puede continuar para proporcionar determinaciones precisas de estado de salud de sensor de tráfico a la vista de las condiciones de tráfico que cambian gradualmente (por ejemplo, debido a la iniciación o la finalización de proyectos de construcción de carreteras). Después de la etapa 1155, la rutina continúa a la etapa 1199 y regresa.

La Figura 12 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina 1200 de Corrector de Errores de Lecturas de Datos de Sensor relacionada con la presente invención. La rutina puede ser proporcionada, por ejemplo, por la ejecución del componente 353 Acondicionador de Datos de Sensor de la Figura 3 y/o el componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor de la Figura 1, tal como para determinar lecturas corregidas de datos para uno o más sensores de tráfico asociados con un segmento de carretera. En la realización ilustrada de ejemplo, esta rutina puede ejecutarse periódicamente (por ejemplo, cada 5 minutos) para corregir lecturas de datos para sensores de tráfico que han sido identificados como poco sanos por la rutina de Corrector de Errores de Lecturas de Datos de Sensor. En otras realizaciones, la rutina puede ejecutarse bajo petición, tal como por la rutina de Totalizador de Datos de Sensor, para obtener lecturas corregidas de datos para un segmento particular de carretera, o en cambio puede no utilizarse en diversas circunstancias. Por ejemplo, el análisis y corrección de datos pueden realizarse más generalmente determinando si todas las muestras de datos (por ejemplo, de múltiples fuentes de datos, tal como de múltiples tipos que pueden incluir sensores de tráfico y uno o más tipos distintos de fuentes móviles de datos) para un segmento particular de carretera proporciona datos suficientes para analizar condiciones de flujo de tráfico para ese segmento de carretera, y si ése es el caso, no realizar ninguna corrección de datos de sensores individuales de tráfico .

La rutina empieza en la etapa 1205, donde recibe una indicación de un segmento de carretera con el que están asociados uno o más sensores de tráfico (por ejemplo, basándose en resultados de la rutina de Detector de Errores de Lecturas de Datos de Sensor de que uno o más de los sensores asociados de tráfico han sido clasificados como poco sanos), y opcionalmente de una o más categorías de tiempo que se van a procesar (por ejemplo, categorías de tiempo durante las que por lo menos uno de los sensores asociados de tráfico han sido clasificados como por lo menos potencialmente poco sanos). En otras realizaciones, uno o más sensores de tráfico de interés pueden ser indicados de otras maneras, tal como recibiendo directamente indicaciones de uno o más sensores de tráfico. En las etapas 1210 a 1235, la rutina realiza un bucle en el que procesa sensores poco sanos de tráfico en el segmento indicado de carretera para determinar y proporcionar lecturas corregidas de datos para esos sensores de tráfico durante una o más categorías de tiempo (por ejemplo, las categorías de tiempo indicadas en la etapa 1205).

En la etapa 1210, la rutina selecciona el próximo sensor poco sano de tráfico en el segmento indicado de carretera, empezando con el primero. La rutina también selecciona una categoría de tiempo a utilizar, tal como una de las una o más categorías de tiempo indicadas en la etapa 1205, seleccionando una de las una o más categorías de tiempo durante la que el sensor de tráfico fue designado anteriormente que era poco sano, etc. En la etapa 1215, la rutina determina si hay otros suficientes sensores de tráfico en el segmento indicado de carretera que son sanos y pueden ser utilizados para ayudar en la corrección de las lecturas para el sensor poco sano de tráfico para la categoría

seleccionada de tiempo. Esta determinación puede basarse en si hay por lo menos un número predeterminado (por ejemplo, por lo menos dos) y/o un porcentaje predeterminado (por ejemplo, por lo menos 30%) de sensores sanos de tráfico en el segmento indicado de carretera durante la categoría seleccionada de tiempo, y puede considerar además la posición relativa de los sensores sanos de tráfico en el segmento indicado de carretera (por ejemplo, pueden preferirse sensores vecinos de tráfico o de otro modo cercanos a sensores de tráfico que están más lejos del sensor poco sano de tráfico). Si se determina en la etapa 1215 que hay suficientes sensores sanos de tráfico, la rutina continúa a la etapa 1220, donde determina una lectura corregida de datos para el sensor poco sano de tráfico basándose en lecturas de datos de otros sensores sanos de tráfico en el segmento de carretera para la categoría seleccionada de tiempo. Una lectura corregida de datos puede determinarse de varias maneras, tal como calculando el promedio de dos o más lecturas de datos obtenidas de sensores sanos de tráfico en el segmento indicado de carretera para la categoría seleccionada de tiempo. En algunas realizaciones, todos los sensores sanos de tráfico pueden ser utilizados para el promedio, mientras en otras realizaciones sólo pueden utilizarse sensores sanos seleccionados de tráfico. Por ejemplo, si un porcentaje predeterminado (por ejemplo, por lo menos 30%) de sensores de tráfico en el segmento indicado de carretera son sanos durante la categoría seleccionada de tiempo, pueden utilizarse todos los sensores sanos de tráfico para el promedio, y de otro modo sólo puede utilizarse un número predeterminado (por ejemplo, por lo menos dos) de los más cercanos sensores sanos de tráfico.

Si en la etapa 1215 se determina que no hay suficientes sensores sanos de tráfico en el segmento indicado de carretera para la categoría seleccionada de tiempo, la rutina continúa a la etapa 1225, donde intenta determinar una lectura corregida de datos para el sensor poco sano de tráfico basándose en otra información relacionada con el sensor de tráfico y/o el segmento de carretera. Por ejemplo, tal información puede incluir información predicha de condiciones de tráfico para el segmento de carretera y/o el sensor poco sano de tráfico, información de pronóstico de condiciones de tráfico para el segmento de carretera y/o el sensor poco sano de tráfico, y/o información histórica media de condiciones de tráfico para el segmento de carretera y/o el sensor poco sano de tráfico. Pueden implementarse diversas lógicas para reflejar la fiabilidad relativa de diversos tipos de información. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la información predicha de condiciones de tráfico puede ser utilizada prefiriéndose a (por ejemplo, siempre que esté disponible) pronosticar información de condiciones de tráfico, que a su vez puede utilizarse prefiriéndose a la información media histórica de condiciones de tráfico. Detalles adicionales relacionados con la predicción y pronóstico de futuras condiciones de flujo de tráfico están disponibles en la solicitud de patente de EEUU nº 11/367.463, presentada el 3 de marzo de 2006 y titulada "Predicción Dinámica de Series Cronológicas de Futuras Condiciones del Tráfico" que se incorpora en la presente memoria como referencia en su totalidad. En otras realizaciones, las etapas 1215 y 1225 pueden no realizarse, tal como si la corrección de lecturas de datos en la etapa 1220 se realiza siempre basándose en los mejores datos que están disponibles de otros sensores sanos de tráfico durante la categoría seleccionada de tiempo y/o categorías relacionadas de tiempo. Por ejemplo, la corrección de lecturas de datos puede basarse en todos los sensores sanos de tráfico en el segmento indicado de carretera para la categoría seleccionada de tiempo si por lo menos son sanos un porcentaje predeterminado (por ejemplo, por lo menos 30%) de éstos sensores de tráfico, o de otro modo en los sensores sanos más cercanos de tráfico en el segmento indicado y/o cercano de carretera durante la categoría seleccionada de tiempo y/o categorías relacionadas de tiempo.

Después de las etapas 1220 o 1225, la rutina continúa a la etapa 1230 y proporciona las lecturas determinadas de datos de sensor de tráfico para su uso como una lectura corregida para el sensor de tráfico durante la categoría seleccionada de tiempo. En algunas realizaciones, la lectura determinada de datos de sensor de tráfico puede almacenarse (por ejemplo, en un sistema de archivos o base de datos) para el uso posterior por parte de otros componentes (por ejemplo, el componente 110 Totalizador de Datos de Sensor de Figura 1). En la etapa 1235, la rutina determina si hay que procesar combinaciones adicionales de sensores de tráfico y categorías de tiempo. Si ese es el caso, la rutina regresa a la etapa 1210, y si no continúa a la etapa 1299 y regresa.

La Figura 13 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina 1300 de Totalizador de Lecturas de Datos de Sensor relacionada con la presente invención. La rutina puede ser proporcionada, por ejemplo, por la ejecución del componente 355 Totalizador de Datos de Sensor de la Figura 3 y/o el componente 110 Totalizador de Datos de Sensor de la Figura 1, tal como para determinar y proporcionar información de condiciones de tráfico para múltiples sensores de tráfico durante una categoría particular de tiempo u otro periodo de tiempo, tal como para múltiples sensores de tráfico asociados con un segmento particular de carretera. En la realización ilustrada de ejemplo, la rutina se realiza para segmentos particulares de carretera, pero en otras realizaciones puede totalizar información de otros tipos de grupos de múltiples sensores de tráfico. Además, esta rutina puede proporcionar información de condiciones de tráfico que es complementaria a la información proporcionada por otras rutinas que realizan evaluaciones de información de condiciones de tráfico (por ejemplo, la rutina de Evaluador de Flujo de Muestras de Datos), tal como proporcionar información de condiciones de tráfico en situaciones en las que otras rutinas no pueden proporcionar evaluaciones precisas (por ejemplo, debido a datos insuficientes).

La rutina empieza en la etapa 1305 y recibe una indicación de uno o más segmentos de carretera y de una o más categorías de tiempo u otros periodos de tiempo. En la etapa 1310, la rutina selecciona el próximo segmento de carretera del uno o más segmentos de carretera, empezando con el primero. En la etapa 1315, la rutina obtiene algunas o todas las lecturas disponibles de datos de sensor de tráfico tomadas durante los periodos de tiempo indicados por todos los sensores de tráfico asociados con el segmento de carretera. Tal información puede obtenerse de, por ejemplo, el componente 105 Acondicionador de Datos de Sensor de la Figura 1 y/o el componente

353 Acondicionador de Datos de Sensor de la Figura 1. En particular, en algunos casos la rutina puede obtener lecturas de datos de sensor de tráfico para sensores de tráfico determinados como sanos y/o lecturas corregidas de datos de sensor de tráfico para sensores de tráfico determinados como poco sanos, tal como los proporcionados o determinados por la rutina de Corrector de Errores de Lecturas de Datos de Sensor de la Figura 12.

5 En la etapa 1320, la rutina genera entonces las lecturas obtenidas de datos de una o más de diversas maneras, tal como para determinar la velocidad media, el volumen y/o la ocupación para el segmento de carretera durante los períodos de tiempo indicados. La velocidad media puede, por ejemplo, ser determinada promediando lecturas de datos que reflejan la velocidad de vehículos que pasan por encima de uno o más sensores de tráfico. El volumen de tráfico puede ser determinado con referencia a lecturas de datos que informan de cuentas de vehículos. Por
10 ejemplo, dado un sensor de lazo que informa de un número acumulado de vehículos que pasan por encima del sensor desde que el sensor fue activado, puede inferirse un volumen de tráfico simplemente restando dos lecturas de datos obtenidas durante el período de tiempo indicado y dividiendo el resultado por el intervalo de tiempo entre las lecturas de datos. Además, la densidad puede ser determinada basándose en la velocidad media determinada, en el volumen y en una longitud media de vehículo, como se ha descrito con más detalle en otra parte. En algunos
15 casos, las lecturas de datos pueden recibir pesos de diversas maneras (por ejemplo, por la edad), de tal manera que lecturas más recientes de datos tengan un impacto más grande que lecturas más antiguas de datos en una determinación del flujo medio.

En la etapa 1325, la rutina determina entonces si hay que procesar más segmentos de carretera (u otros grupos de múltiples sensores de tráfico). Si ese es el caso, la rutina regresa a la etapa 1310, y de lo contrario continúa a la
20 etapa 1330 para proporcionar la información determinada de flujo de tráfico. En algunas realizaciones, la información determinada de flujo puede ser almacenada (por ejemplo, en un sistema de archivos o base de datos) para la provisión posterior a clientes 109 de datos de tráfico de la Figura 1 y/o al sistema 363 Proveedor de Información RT de Figura 3. Después, la rutina continúa a la etapa 1339 y regresa.

La Figura 14 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina 1400 de Estimador de Flujo de Tráfico relacionada con la presente invención. La rutina puede ser proporcionada, por ejemplo, por la ejecución de un componente Estimador de Flujo de Tráfico (no se muestra), tal como para estimar diversos tipos de información de flujo de tráfico para un segmento de carretera de varias maneras. En esta realización de ejemplo, la rutina puede ser invocada por la rutina de Evaluador de Velocidad de Muestras de Datos de la Figura 6 para obtener estimaciones de la velocidad media y/o por la rutina de Evaluador de Flujo de Muestras de Datos de la Figura 7 para
30 obtener estimaciones de volumen y/u ocupación, tal como en situaciones en las que esas rutinas no son capaces de obtener los datos suficientes para de otro modo realizar con precisión sus respectivas evaluaciones.

La rutina empieza en la etapa 1405 y recibe una indicación de un segmento de carretera, una o más categorías de tiempo u otros períodos de tiempo, y de uno o más tipos de información de flujo de tráfico, tal como la velocidad, el volumen, la densidad, la ocupación, etc. En la etapa 1410, la rutina determina si se ha de estimar el tipo indicado de información de flujo de tráfico basándose en uno o más segmentos relacionados de carretera, tal como basándose en si tales segmentos de carretera tienen información precisa para el uno o más tipos de información de flujo de tráfico durante el uno o más períodos indicados de tiempo. Los segmentos relacionados de carretera pueden ser identificados de varias maneras. Por ejemplo, en algunos casos, la información acerca de segmentos de carretera puede incluir información acerca de relaciones entre segmentos de carretera, tal como un primer segmento de
40 carretera que normalmente tiene similares patrones de tráfico a un segundo (por ejemplo, vecino) segmento de carretera, de tal manera que se puede utilizar información de flujo de tráfico para el segundo segmento de carretera para estimar el flujo de tráfico en el primer segmento de carretera. En algunos casos, tales relaciones pueden ser determinadas automáticamente, tal como basándose en un análisis estadístico de los respectivos patrones de flujo de tráfico en los dos segmentos de carretera (por ejemplo, de una manera similar a la que se comentó anteriormente con respecto a la identificación de distribuciones similares de datos para un sensor dado del tráfico en momentos diferentes, pero analizando en cambio la similitud entre dos o más sensores diferentes de tráfico, tal como al mismo tiempo), si se realizó un análisis anteriormente y/o dinámicamente. Como alternativa, uno o más segmentos vecinos de carretera pueden ser seleccionados como que están relacionados para un segmento indicado de carretera sin haber realizado ninguna determinación de una relación particular entre segmentos de carretera. Si se determina que se ha de estimar información de flujo de tráfico basándose en segmentos relacionados de carretera, la rutina
50 continúa a la etapa 1415 y estima valores para los tipos indicados de información de flujo de tráfico basándose en los mismos tipos de información de flujo de tráfico para el uno o más segmentos relacionados de carretera. Por ejemplo, la velocidad media del segmento de carretera puede ser determinada basándose en la velocidad media del tráfico de uno o más segmentos vecinos de carretera (por ejemplo, utilizando la velocidad del tráfico de un segmento vecino de carretera o promediando las velocidades del tráfico de dos o más segmentos vecinos de carretera).
55

Si en cambio en la etapa 1410 se determina no estimar la información de flujo de tráfico para el segmento indicado de carretera basándose en segmentos relacionados de carretera, la rutina continúa a la etapa 1420 y determina si se ha de estimar información de flujo de tráfico para el segmento indicado de carretera durante el uno o más períodos indicados de tiempo basándose en la información predicha para el segmento indicado de carretera y en períodos de tiempo indicados. En algunas realizaciones, tal información predicha puede estar disponible sólo bajo determinadas condiciones, tales como si se hacen predicciones de manera repetida para múltiples futuros momentos (por ejemplo cada 15 minutos para las próximas tres horas) mientras están disponibles los datos actuales precisos. Como tal, si
60

llega a haber disponibles datos de entrada precisos para generar predicciones para un tiempo prolongado (por ejemplo, durante más de tres horas), puede no ser posible obtener futuras predicciones de información de condiciones de tráfico que puedan ser utilizadas por esta rutina. Como alternativa, en algunas realizaciones tal futura información predicha de condiciones de tráfico puede no estar disponible por otras razones, tal como debido no ser utilizada en esa realización, Si en la etapa 1420 se determina que se ha de estimar información de flujo de tráfico basada en la información predicha, la rutina continúa a la etapa 1425 y estima los tipos indicados de información de flujo de tráfico para el segmento indicado de carretera y períodos de tiempo indicados basándose en la información predicha obtenida de, por ejemplo, el sistema 360 Predictivo Proveedor de Información de Tráfico de la Figura 3. Detalles adicionales relacionados con la predicción y pronóstico de futuras condiciones de flujo de tráfico están disponibles en la solicitud de patente de EEUU nº 11/367.463, presentada el 3 de marzo de 2006 y titulada "Predicción Dinámica de Serie Cronológicas de Futuras Condiciones del Tráfico" que se incorpora en su totalidad en la presente memoria como referencia.

Si en cambio en la etapa 1420 se determina no estimar la información de flujo de tráfico para el segmento indicado basándose en información predicha (por ejemplo debido a la información que no está disponible), la rutina continúa a la etapa 1430 y determina si se ha de estimar información de flujo de tráfico para el segmento indicado de carretera durante el uno o más períodos indicados de tiempo basándose en información de pronóstico para el segmento de carretera y los períodos de tiempo. En algunas realizaciones, las condiciones de tráfico pueden ser pronosticadas para futuros tiempos más allá de éstos para los que se predicen las condiciones de tráfico, tal como de una manera que no utiliza por lo menos alguna información de condiciones actuales. Como tal, si no hay disponible información predicha (por ejemplo, debido a que durante más de tres horas no ha habido disponibles datos de entrada precisos para generar predicciones), todavía puede ser posible utilizar información de pronóstico, tal como información generada significativamente por adelantado. Si en la etapa 1430 se determina que se ha de estimar información de flujo de tráfico basada en la información de pronóstico, la rutina continúa a la etapa 1435 y estima los tipos indicados de información de flujo de tráfico para el segmento indicado de carretera y períodos de tiempo basándose en la información de pronóstico obtenida de, por ejemplo, el sistema 360 Predictivo Proveedor de Información de Tráfico.

Si en la etapa 1430 se determina en cambio no estimar información de flujo de tráfico para el segmento indicado de carretera basándose en la información de pronóstico (por ejemplo, debido a que la información no está disponible), la rutina continúa a la etapa 1440 y estima los tipos indicados de información de flujo de tráfico para los segmentos indicados de carretera y los períodos de tiempo basándose en la información media histórica de flujo para el segmento indicado de carretera (por ejemplo, para el mismo período de tiempo u otro correspondiente, tal como basándose en categorías de tiempo que incluyen una categoría de momento del día y/o categoría de día de la semana). Por ejemplo, si no hay disponible información de pronóstico (por ejemplo, porque los datos de entrada no han estado disponibles durante más tiempo que el período para el que se generó la predicción y el pronóstico más recientes, de tal manera que no se pueden generar nuevas predicciones ni nuevos pronósticos), la rutina puede utilizar información media histórica de flujo para el segmento indicado de carretera. Los detalles adicionales relacionados con la generación de información histórica media de flujo están disponibles en la solicitud de patente de EEUU nº. (Número de Expediente de Apoderado 480234.410P1), presentada concurrentemente y titulada "Generación de Información Representativa de Flujo de Tráfico de Carretera de Datos Históricos", que se incorpora en su totalidad en esta memoria como referencia.

Después de las etapas 1415, 1425, 1435 o 1440, la rutina continúa a la etapa 1445 y proporciona información estimada de flujo de tráfico de los tipos indicados para el segmento indicado de carretera y períodos de tiempo indicados. La información proporcionada puede, por ejemplo, ser devuelta a una rutina (por ejemplo, la rutina de Evaluador de Flujo de Muestras de Datos) que llamó a la rutina y/o ser almacenada (por ejemplo, en un sistema de archivos o base de datos) para una utilización posterior. Después de la etapa 1445, la rutina continúa a la etapa 1499 y regresa.

Las Figuras 9A-9C ilustran ejemplos de acciones de fuentes móviles de datos al obtener y proporcionar información acerca de condiciones de tráfico de carretera. La información acerca de condiciones de tráfico de carretera puede obtenerse de dispositivos móviles (ya sea dispositivos con base en vehículo y/o dispositivos de usuario) de varias maneras, tal como siendo transmitida utilizando una conexión inalámbrica (por ejemplo, enlace ascendente de satélite, la red de telefonía móvil, WI-FI, radio de paquetes, etc.) y/o ser descargada físicamente cuando el dispositivo alcanza una estación apropiada u otro punto de conexión (por ejemplo, para descargar información de un vehículo de flota una vez que ha vuelto a su base primaria de operaciones u otro destino con el equipo apropiado para realizar la descarga de información). Si bien la información acerca de las condiciones de tráfico de carretera en un primer tiempo que se obtienen en un segundo tiempo posterior proporciona varios beneficios (por ejemplo, la verificación de predicciones acerca del primer tiempo, para el uso como datos observados de caso en una mejora posterior de un proceso de predicción, etc.), tal como puede ser el caso para información que es descargada físicamente de un dispositivo, tal información de condiciones de tráfico de carretera proporciona beneficios adicionales cuando se obtiene de una manera en tiempo real o cercana a en tiempo real. Por consiguiente, en por lo menos algunas realizaciones unos dispositivos móviles con capacidades inalámbricas de comunicación pueden proporcionar por lo menos alguna información adquirida acerca de las condiciones de tráfico de carretera de manera frecuente, tal como periódicamente (por ejemplo, cada 30 segundos, 1 minuto, 5 minutos, etc.) y/o cuando hay disponible una cantidad suficiente de información adquirida (por ejemplo, para cada adquisición de un punto de datos relacionado con la información de la condiciones de tráfico de carretera; para cada N adquisiciones de tales

datos, tal como cuando N es un número que se puede configurar; cuando los datos adquiridos alcanzan un determinado tamaño de almacenamiento y/o de transmisión; etc.). En algunas realizaciones, tales comunicaciones inalámbricas frecuentes de información adquirida de condiciones de tráfico de carretera pueden ser complementadas aún más por información adquirida adicional de condiciones de tráfico de carretera en otros momentos (por ejemplo, tras una descarga física subsiguiente desde un dispositivo, a través de comunicaciones inalámbricas menos frecuentes que contienen una cantidad más grande de datos, etc.), tal como incluir datos adicionales que corresponden a cada punto de datos, para incluir información agregada acerca de múltiples puntos de datos, etc.

Si bien se proporcionan varios beneficios al obtener información adquirida de condiciones de tráfico de carretera de dispositivos móviles de una manera en tiempo real u otra manera frecuente, en algunas realizaciones tales comunicaciones inalámbricas de información adquirida de condiciones de tráfico de carretera pueden ser limitadas de varias maneras. Por ejemplo, en algunos casos la estructura de costes de transmitir los datos desde un dispositivo móvil a través de una conexión inalámbrica particular (por ejemplo, enlace ascendente de satélite) puede ser de tal manera que las transmisiones se producen en intervalos menos frecuentes (por ejemplo, cada 15 minutos), o los dispositivos móviles pueden haber sido programados previamente para transmitir en tales intervalos. En otros casos, un dispositivo móvil puede perder temporalmente una capacidad de transmitir los datos por una conexión inalámbrica, tal como debido a una falta de cobertura inalámbrica en una zona del dispositivo móvil (por ejemplo, debido a que no hay cerca una estación receptora de telefonía móvil), debido a que se están realizando otras actividades por parte del dispositivo móvil o un usuario del dispositivo, o debido a un problema temporal con el dispositivo móvil o un transmisor asociado.

Por consiguiente, en algunas realizaciones por lo menos algunos de tales dispositivos móviles pueden diseñarse o configurarse de otro modo para almacenar múltiples muestras de datos (o para hacer que tales múltiples muestras de datos sean almacenadas en otro dispositivo asociado) de modo que por lo menos alguna información para las múltiples muestras de datos pueda ser transmitida a la vez durante una única transmisión inalámbrica. Por ejemplo, en algunas realizaciones por lo menos algunos dispositivos móviles se configuran para almacenar muestras adquiridas de datos de información de condiciones de tráfico de carretera durante períodos en los que el dispositivo móvil puede no ser capaz de transmitir los datos por una conexión inalámbrica (por ejemplo, tal como para un dispositivo móvil que transmite normalmente cada muestra de datos individualmente, tal como cada 30 segundos o 1 minuto), y entonces transmitir esas muestras de datos almacenadas a la vez (o un subconjunto y/o agrupación de esas muestras) durante la próxima transmisión inalámbrica que se produzca. Algunos dispositivos móviles también pueden configurarse para realizar transmisiones inalámbricas periódicamente (por ejemplo, cada 15 minutos, o cuando hay disponible una cantidad especificada de datos para ser transmitida), y en por lo menos algunas realizaciones pueden configurarse además para adquirir y almacenar múltiples muestras de datos de información de condiciones de tráfico de carretera (por ejemplo, con un régimen predeterminado de muestreo, tal como 30 segundos o un minuto) en el intervalo de tiempo entre transmisiones inalámbricas y entonces transmitir similarmente a la vez esas muestras de datos almacenadas (o un subconjunto y/o agrupación de esas muestras) durante la próxima transmisión inalámbrica. Como ejemplo, si una transmisión inalámbrica de hasta 1000 unidades de información cuesta \$0,25 y cada muestra de datos tiene un tamaño de 50 unidades, puede ser ventajoso muestrear cada minuto y enviar un conjunto de datos que comprende 20 muestras cada 20 minutos (en vez de enviar cada muestra individualmente cada minuto). En tales realizaciones, si bien las muestras de datos pueden ser retrasadas ligeramente (en el ejemplo de las transmisiones periódicas, de media la mitad del período de tiempo entre transmisiones, suponiendo adquisiciones regulares de muestras de datos), la información de condiciones de tráfico de carretera obtenida de las transmisiones todavía proporciona información cercana a en tiempo real. Además, en algunas realizaciones se puede generar información adicional y puede ser proporcionada por un dispositivo móvil basado en múltiples muestras de datos almacenadas. Por ejemplo, si un dispositivo móvil particular puede adquirir sólo información acerca de una posición instantánea actual durante cada muestra de datos, pero no puede adquirir información relacionada adicional tal como la velocidad y/o la dirección, tal información relacionada adicional puede ser calculada o determinada de otro modo basándose en múltiples muestras subsiguientes de datos.

En particular, la Figura 9A representa una zona de ejemplo 955 con varias carreteras interconectadas 925, 930, 935 y 940, y una indicación de leyenda 950 indica la dirección Norte para las carreteras (discurriendo las carreteras 925 y 935 en dirección norte-sur, y discurriendo las carreteras 930 y 940 en dirección este-oeste). Si bien sólo se indica un número limitado de carreteras, pueden representar una zona geográfica grande, tal como autopistas interconectadas en numerosas millas, o un subconjunto de calles de ciudad que atraviesan numerosos bloques. En este ejemplo, una fuente móvil de datos (por ejemplo, un vehículo, no mostrado) se ha desplazado desde la posición 945a a 945c en un período de 30 minutos, y se configura para adquirir y transmitir una muestra de datos que indica las condiciones de tráfico actual cada 15 minutos. Por consiguiente, cuando la fuente móvil de datos comienza a desplazarse, adquiere y transmite una primera muestra de datos en la posición 945a (según lo indicado en este ejemplo con un asterisco "**"), adquiere y transmite una segunda muestra de datos 15 minutos después en la posición 945b, y adquiere y transmite una tercera muestra de datos un total de 30 minutos después en la posición 945c. En este ejemplo, cada muestra de datos incluye una indicación de la posición actual (por ejemplo, en coordenadas GPS), dirección actual (por ejemplo, en dirección norte), la velocidad actual (por ejemplo, 30 millas por hora), y tiempo actual, tal como se representa para la transmisión 945a utilizando los valores de datos P_a , D_a , S_a y T_a , y también puede incluir opcionalmente otra información (por ejemplo, un identificador para indicar la fuente móvil

de datos). Si bien tal información adquirida y proporcionada de condiciones actuales de tráfico proporciona algún beneficio, numerosos detalles no pueden ser determinados de tales datos, incluyendo si la ruta desde la posición 945b a 945c ocurrió en parte por la carretera 930 o por la 940. Además, tal muestra de datos no permite que, por ejemplo, partes de carretera 925 entre las posiciones 945a y 945b sean tratadas como distintos segmentos de carretera para los que se pueden informar y predecir condiciones distintas de tráfico.

De una manera similar a la Figura 9A, la Figura 9B representa un ejemplo 905 con una fuente móvil de datos que se desplaza por carreteras interconectadas 925, 930, 935 y 940 desde las posiciones 945a a 945c en un período de 30 minutos, y con la fuente móvil de datos transmitiendo información acerca de condiciones de tráfico cada 15 minutos (como se indica mediante los asteriscos mostrados en las posiciones 945a, 945b y 945c). Sin embargo, en este ejemplo la fuente móvil de datos se configura para adquirir y almacenar muestras de datos cada minuto, con una transmisión subsiguiente que incluye datos de cada una de las muestras de datos durante los 15 minutos previos. Por consiguiente, como la fuente móvil de datos se desplaza entre las posiciones 945a y 945b, la fuente móvil de datos adquiere un conjunto 910b de 15 muestras de datos 910b1-910b15, con cada muestra de datos indicada en este ejemplo con una flecha que apunta en la dirección de la fuente móvil de datos en el momento de muestra de datos. En este ejemplo, cada muestra de datos incluye similarmente una indicación de la posición actual, la dirección actual, la velocidad actual y el momento actual, y la transmisión subsiguiente en la posición 945b incluye esos valores de datos para cada una de las muestras 910b de datos. Similarmente, cuando la fuente móvil de datos se desplaza entre las posiciones 945b y 945c, la fuente móvil de datos adquiere 15 muestras 910c1-910c15 de datos y la transmisión subsiguiente en la posición 945c incluye los valores adquiridos de datos para cada una de esas 15 muestras de datos. Al proporcionar tales muestras adicionales de datos, se puede obtener diversa información adicional. Por ejemplo, ahora se determina fácilmente que la ruta desde la posición 945b a la 945c se produjo en parte por la carretera 930 en vez de por la carretera 940, permitiendo que la correspondiente información de condiciones de tráfico sea atribuida a la carretera 930. Además, muestras particulares de datos y sus muestras adyacentes de datos pueden proporcionar diversa información acerca de tramos más pequeños de carreteras, tal como para permitir que la carretera 925 entre las posiciones 945a y 945b sea representada como, por ejemplo, hasta 15 segmentos distintos de carretera (por ejemplo, asociando cada muestra de datos con un segmento distinto de carretera) que cada uno tiene condiciones potencialmente distintas de tráfico de carretera. Por ejemplo, puede observarse visualmente que la velocidad media para las muestras 910b1-910b6 de datos es aproximadamente constante (ya que las muestras de datos están separadas aproximadamente igual), que la velocidad media aumentó para las muestras 910b7 y 910b8 de datos (ya que las muestras de datos corresponden a posiciones que están bastante separadas, reflejando que se recorrió mayor distancia durante el intervalo de 1 minuto dado entre muestras de datos para este ejemplo), y que la velocidad media disminuyó para las muestras 910b11-910b15 de datos. Si bien las muestras de datos en este ejemplo proporcionan directamente información acerca de tal velocidad, en otras realizaciones tal información de velocidad puede derivarse de información de muestras de datos que incluye sólo la posición actual.

La Figura 9B representa un tercer ejemplo 990 con una fuente móvil de datos que se desplaza por una parte de las carreteras interconectadas 965a a 965c en un período de 30 minutos, y con la fuente móvil de datos transmitiendo información acerca de las condiciones de tráfico cada 15 minutos (como se indica mediante los asteriscos mostrados en las posiciones 965a, 945b y 945c). Como en la figura 9C, la fuente móvil de datos se configura en este ejemplo para adquirir y almacenar muestras de datos cada minuto, con una transmisión subsiguiente que incluye datos de cada una de por lo menos algunas de las muestras de datos durante los 15 minutos previos. Por consiguiente, cuando la fuente móvil de datos se desplaza entre las posiciones 965a y 965b, la fuente móvil de datos adquiere un conjunto 960b de 15 muestras 960b1-960b15 de datos. Sin embargo, tal como se ilustra con las muestras situadas 960b5-b13 de datos (utilizando círculos en este caso en vez de flechas porque no se detectó ningún movimiento para estas muestras de datos, pero mostrados por separado en vez de uno encima de otro con fines de claridad), en este ejemplo la fuente móvil de datos se ha parado durante aproximadamente 9 minutos en una posición al lado de la carretera 925 (por ejemplo, para parar en una cafetería). Por consiguiente, cuando se produce la próxima transmisión en la posición 965b, la transmisión puede en algunas realizaciones incluir toda la información para todas las muestras de datos, o en cambio puede omitir por lo menos algo de tal información (por ejemplo, omitir información para las muestras 960b6-960b12 de datos, ya que en esta situación ellas no proporcionan información útil adicional si se sabe que la fuente móvil de datos se quedó inmóvil entre las muestras 960b5 y 960b13 de datos). Además, si bien no se ilustra aquí, en otras realizaciones en las que se omite la información para una o más de tales muestras de datos, la transmisión subsiguiente puede ser retrasada hasta que haya disponibles 15 muestras de datos para ser transmitidas (por ejemplo, si las transmisiones periódicas se realizan basándose en la cantidad de datos a enviar en vez de en el tiempo). Además, cuando la fuente móvil de datos se desplaza entre las posiciones 965b y 965c, la fuente móvil de datos adquiere las muestras 960c13 y 960c14 de datos en una zona en la que las comunicaciones inalámbricas no están actualmente disponibles (como se indica en este ejemplo, con círculos abiertos en vez de flechas). En otras realizaciones en las que cada muestra de datos es transmitida individualmente cuando se adquiere pero por el contrario no se guarda, estas muestras de datos se perderían, pero en este ejemplo son almacenadas en cambio y son transmitidas junto con las otras muestras 960c1-960c12 y 960c15 de datos en la posición 965c. Si bien no se muestra aquí, en algunas situaciones una fuente móvil de datos puede además perder temporalmente la capacidad de obtener una o más muestras de datos utilizando unos medios principales de adquisición de datos (por ejemplo, si una fuente móvil de datos pierde la capacidad de obtener lecturas GPS durante unos minutos) - si ese es el caso, la fuente móvil de datos puede en algunas realizaciones informar de las otras

muestras obtenidas de datos sin acción adicional (por ejemplo, tal como para permitir al recipiente interpolar o estimar de otro modo esas muestras de datos si así se desea), si bien en otras realizaciones se puede procurar obtener muestras de datos de otras maneras (por ejemplo, utilizando un mecanismo menos preciso para determinar la posición, tal como triangulación de torres de telefonía móvil o estimando la posición actual basándose en una posición conocida previa y la velocidad media y el rumbo subsiguientes, tal como a través de navegación por estimación), incluso si esas muestras de datos tienen menos precisión o certeza (por ejemplo, que pueden reflejarse por incluir un grado menor de confianza o grado mayor de posibles errores con esas muestras de datos, o por inclusión de otro modo de una indicación de cómo fueron generadas éstas y/u otras muestras de datos).

Si bien las muestras de datos de ejemplo en cada una de las Figuras 9B y 9C se ilustran para un único vehículo u otra fuente móvil de datos con fines de claridad, en otras realizaciones las múltiples muestras de datos para una fuente móvil particular de datos no pueden ser utilizadas para determinar una ruta particular tomada por esa fuente móvil de datos y más generalmente no pueden incluso ni asociarse entre sí (por ejemplo, si la fuente de cada muestra móvil de datos es anónima o no se puede diferenciar de otro modo de otras fuentes). Por ejemplo, si múltiples muestras de datos de una fuente móvil particular de datos no son utilizadas por un recipiente para generar los datos totalizados relacionados con esas muestras de datos (por ejemplo, para generar información de velocidad y/o dirección basada en muestras sucesivas de datos que proporcionan sólo información de posición), tal como cuando tales datos totalizados se incluyen con cada muestra de datos o no se utilizan, tal recipiente no puede proporcionarse en algunas realizaciones con datos de identificación relacionados con la fuente de las muestras móviles de datos y/o con indicaciones de que las múltiples muestras de datos son de la misma fuente móvil de datos (por ejemplo, basándose en una decisión de diseño para aumentar la privacidad relacionada con las fuentes móviles de datos).

En cambio, en por lo menos algunas de tales realizaciones, múltiples fuentes móviles de datos se utilizan juntas para determinar información de condiciones de carretera de interés, tal como utilizar múltiples muestras de datos de todas las fuentes móviles de datos para un segmento particular de carretera (u otro tramo de una carretera) para determinar información totalizada para ese segmento de carretera. Así, por ejemplo, durante un periodo de tiempo de interés (por ejemplo, 1 minuto, 5 minutos, 15 minutos, etc.), numerosas fuentes móviles no relacionadas de datos se pueden proporcionar una o más muestras de datos relacionadas con su propio desplazamiento en un segmento particular de carretera durante ese periodo de tiempo, y si cada una de tales muestras de datos incluye información de velocidad y dirección (por ejemplo), puede determinarse una velocidad totalizada media para ese periodo de tiempo y ese segmento de carretera para todas las fuentes móviles de datos que se mueven generalmente en el mismo sentido, tal como de una manera similar a un sensor de carretera que totaliza información para múltiples vehículos que pasan por el sensor. Una muestra particular de datos puede asociarse con un segmento particular de carretera de varias maneras, tal como asociando la posición de las muestras de datos con la carretera (o segmento de carretera) teniendo la posición más cercana (ya sea para alguna carretera o sólo para carreteras que cumplen criterios especificados, tal como ser de una o más de las clases funcionales indicadas de carretera) y luego seleccionando el segmento apropiado de carretera para esa carretera, o utilizando una indicación proporcionada por una fuente móvil de datos junto con una muestra de datos de una carretera asociada (o segmento de carretera). Además, en por lo menos algunas realizaciones, las carreteras distintas a las carreteras de un sentido serán tratadas como carreteras distintas para los fines de asignación de muestras de datos a carreteras y para otros fines (por ejemplo, para tratar los carriles hacia el norte de una autopista como que son una carretera distinta a los carriles hacia el sur de la autopista), y si ése es el caso la dirección para una muestra móvil de datos puede ser utilizada además para determinar la carretera apropiada con la que se asocia la muestra de datos - en otras realizaciones sin embargo, las carreteras se pueden modelar de otras maneras, tal como tratar una calle de ciudad de doble sentido como una única carretera (por ejemplo, con condiciones medias de tráfico informadas y predichas para vehículos que se mueven en ambos sentidos), tratar cada carril de una autopista de múltiples carriles u otras carreteras como una carretera lógica distinta, etc.

En algunas realizaciones, para facilitar el uso de múltiples fuentes móviles de datos con el fin de determinar información de condiciones de carretera de interés, los vehículos de flota pueden configurarse de varias maneras para proporcionar las muestras de datos de uso. Por ejemplo, si en una flota grande de vehículos cada uno deja el mismo punto de origen en un momento similar cada día, varios de los vehículos de flota pueden configurarse de forma distinta con respecto a cuándo y con qué frecuencia empezar a proporcionar muestras de datos, tal como minimizar un número muy grande de puntos de datos todos ellos cerca del punto único de origen y/o proporcionar la variabilidad para cuando las muestras de datos serán adquiridas y transmitidas. Más generalmente, un dispositivo de fuente móvil de datos puede configurarse de varias maneras con respecto a cómo y cuándo adquirir muestras de datos, incluyendo basándose en la distancia total cubierta desde un punto de partida (por ejemplo, un punto de origen para un grupo de vehículos de flota), la distancia cubierta desde una última adquisición y/o transmisión de muestra de datos, tiempo total transcurrido desde que un momento inicial (por ejemplo, una hora de salida de un vehículo de flota de un punto de origen), el tiempo transcurrido desde una última adquisición y/o transmisión de muestra de datos, una relación indicada que ha ocurrido con respecto a una o más posiciones indicadas (por ejemplo, pasar por, llegar a, partir de, etc.), etc. Similarmente, un dispositivo de fuente móvil de datos puede configurarse de varias maneras con respecto a cómo y cuándo transmitir o proporcionar de otro modo una o más muestras adquiridas de datos, tal como cuando se cumplen condiciones predefinidas, incluyendo las basadas en la distancia total cubierta desde un punto de partida, la distancia cubierta desde que una última adquisición y/o

transmisión de muestra de datos, tiempo total transcurrido desde una hora de inicio, el tiempo total transcurrido desde una última adquisición y/o transmisión de muestra de datos, una relación indicada que ha ocurrido con respecto a una o más posiciones indicadas, un número indicado de muestras de datos que se han reunido, una cantidad indicada de datos que se han reunido (por ejemplo, una cantidad tal como llenar o substancialmente llenar una caché que se utiliza para almacenar las muestras de datos en el dispositivo móvil, o una cantidad tal como llenar o substancialmente llenar una cantidad indicada de tiempo para una transmisión) etc.

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de una rutina 800 de Provisión de Información de Fuente Móvil de Datos relacionada con la presente invención, tal como puede ser proporcionada, por ejemplo, por el manejo de un dispositivo de fuente móvil de datos para cada una de la una o más de las fuentes 384 de datos con base en vehículo de la Figura 3 y/u otras fuentes 388 de datos (por ejemplo, dispositivos de usuario) de la Figura 3 y/o fuentes 101 de datos con base en vehículo de la Figura 1 y/u otras fuentes 102 de datos de la Figura 1. En este ejemplo, la rutina adquiere muestras de datos para una fuente móvil particular de datos para indicar condiciones actuales de tráfico, y almacena las muestras de datos según sea apropiado de tal manera que una transmisión subsiguiente pueda incluir información para múltiples muestras de datos.

La rutina empieza en la etapa 805, en la que se recuperan parámetros que serán utilizados como parte de la adquisición y provisión de muestras de datos, tal como parámetros que se pueden configurar para indicar cuándo deben ser adquiridas muestras de datos y cuando deben ocurrir las transmisiones con información correspondiente a una o más muestras de datos. La rutina continúa a la etapa 810 para esperar hasta que sea el momento de adquirir una muestra de datos, tal como basándose en los parámetros recuperados y/u otra información (por ejemplo, una cantidad indicada de tiempo que ha pasado desde una adquisición previa de muestras de datos, una distancia indicada que se ha recorrido desde una adquisición previa de muestras de datos, una indicación para adquirir muestras de datos de una manera substancialmente continua, etc.). La rutina entonces continúa a la etapa 815 para adquirir una muestra de datos basándose en la posición y el movimiento actuales de la fuente móvil de datos y almacena la muestra de datos en la etapa 820. Si en la etapa 825 se determina que todavía no es momento de transmitir los datos, tal como basándose en los parámetros recuperados y/u otra información (por ejemplo, una cantidad indicada de tiempo que ha pasado desde una transmisión previa, una distancia indicada que se ha recorrido desde una transmisión previa, una indicación para transmitir muestras de datos tan pronto como llegan a estar disponibles o de una manera substancialmente continua, etc.), la rutina regresa a la etapa 810.

De otro modo, la rutina continúa a la etapa 830 para recuperar y seleccionar cualquier muestra almacenada de datos desde la transmisión previa (o desde la puesta en marcha, para la primera transmisión). La rutina entonces opcionalmente en la etapa 835 genera datos totalizados basados en múltiples de las muestras seleccionadas de datos (por ejemplo, una velocidad media general para todas las muestras de datos, una velocidad media y una dirección para cada muestra de datos si la información adquirida proporciona sólo información de posición, etc.), aunque en otras realizaciones tal generación totalizada de datos no pueda ser realizada. En la etapa 840, la rutina elimina entonces opcionalmente algo o toda la información adquirida para algunas o todas las muestras de datos del conjunto seleccionado de muestras de datos (por ejemplo, para transmitir sólo tipos seleccionados de datos para cada muestra de datos, para eliminar muestras de datos que parecen ser valores atípicos o erróneos de otro modo, para eliminar muestras de datos que no corresponden al movimiento verdadero de la fuente móvil de datos, etc.), aunque en otras realizaciones tal eliminación de información puede no ser realizada. En la etapa 845, la rutina transmite entonces la información actual en el conjunto actual de muestras de datos y cualquier información totalizada para un recipiente que utilizará los datos de una manera apropiada. En la etapa 895, la rutina determina si continuar (por ejemplo, si la fuente móvil de datos continúa estando en uso y móvil), y si ése es el caso regresar a la etapa 610. De lo contrario, la rutina continúa a la etapa 899 y finaliza. En realizaciones y situaciones en las que una fuente móvil de datos no es capaz de transmitir datos, ya sea debido a condiciones temporales o en cambio para reflejar la configuración o las limitaciones de la fuente móvil de datos, las etapas 830-845 pueden no ser realizadas hasta tal momento en el que la fuente móvil de datos sea capaz de transmitir o proporcionar de otro modo (por ejemplo, a través de descarga física) algunas o todas las muestras de datos que han sido adquiridas y almacenadas desde una transmisión previa.

Según se ha indicado anteriormente, una vez que se ha obtenido la información acerca de las condiciones de tráfico de carretera, tal como de una o más fuentes móviles de datos y/o de una o más de otras fuentes, la información de condiciones de tráfico de carretera puede ser utilizada de varias maneras, tal como para informar de condiciones actuales de tráfico de carretera de una manera substancialmente en tiempo real, o para utilizar información pasada y actual de condiciones de tráfico de carretera para predecir futuras condiciones de tráfico en cada uno de múltiples momentos futuros. En algunas realizaciones, los tipos de datos de entrada que se utilizan para generar predicciones de futuras condiciones de tráfico pueden incluir una variedad de condiciones actuales, previas y esperadas en el futuro, y las salidas del proceso de predicción pueden incluir las predicciones generadas de las condiciones esperadas de tráfico en cada uno de múltiples segmentos objetivo de carretera de interés para cada uno de futuros múltiples momentos (por ejemplo, cada 5, 15 o 60 minutos en el futuro) dentro de un intervalo de tiempo predeterminado (por ejemplo, tres horas, o un día), según lo comentado con mayor detalle en otra parte. Por ejemplo, los tipos de datos de entrada pueden incluir lo siguiente: información acerca de cantidades de tráfico pasadas y actuales para varios segmentos objetivo de carretera de interés en un zona geográfica, tal como para una red de carreteras seleccionadas en la zona geográfica; información acerca de accidentes de tráfico recientes y actuales; información acerca de obras recientes y actuales; información acerca de condiciones climáticas actuales,

pasadas y futuras según lo esperado (por ejemplo, la precipitación, la temperatura, la dirección del viento, la velocidad del viento, etc.); información acerca de por lo menos algún acontecimiento planificado actual, pasado y futuro (por ejemplo, el tipo de acontecimiento, las horas esperadas de comienzo y finalización del acontecimiento, y/o un lugar de actuación u otra posición del acontecimiento, etc., tal como para todos los acontecimientos, los acontecimientos de tipos indicados, los acontecimientos que son lo suficientemente grandes, tal como los que tienen una asistencia esperada por encima de un umbral indicado (por ejemplo, 1000 o 5000 asistentes esperados), etc.); y la información acerca de los horarios de escuela (por ejemplo, si la escuela está en temporada y/o la posición de una o más escuelas). Además, si bien en algunas realizaciones los futuros múltiples momentos en los que se predicen futuras condiciones de tráfico son cada uno de los puntos en el tiempo, en otras realizaciones tales predicciones pueden representar en cambio múltiples puntos de tiempo (por ejemplo, un periodo de tiempo), tal como representando un promedio u otra medida totalizada de las futuras condiciones de tráfico durante esos múltiples puntos de tiempo. Además, algunos o todos los datos de entrada pueden conocerse y representarse con grados variables de certeza (por ejemplo, el clima esperado), y puede generarse información adicional para representar grados de confianza y/u otros datos que describen datos para las predicciones generadas. Además, la predicción de futuras condiciones de tráfico puede ser iniciada por varias razones y en varias veces, tal como de una manera periódica, (por ejemplo, cada cinco minutos), cuando se recibe cualquier o suficientes nuevos datos de entrada, en respuesta a una petición de un usuario, etc.

Algunos de los mismos tipos de datos de entrada pueden utilizarse para generar similarmente pronósticos a más largo plazo de futuras condiciones del tráfico (por ejemplo, una semana en el futuro o en un mes en el futuro) en algunas realizaciones, pero tales pronósticos a más largo plazo no pueden utilizar algunos de los tipos de datos de entrada, tal como información acerca de condiciones actuales en el momento de la generación del pronóstico (por ejemplo, el tráfico actual, el tiempo u otras condiciones). Además, pueden generarse tales pronósticos a más largo plazo con menos frecuencia que las predicciones a más a corto plazo, y pueden hacerse para reflejar futuros períodos de tiempo diferentes que para predicciones más a corto plazo (por ejemplo, para cada hora en vez de cada 15 minutos).

Las carreteras y/o segmentos de carretera para los que se generan futuras predicciones y/o pronósticos de condiciones de tráfico también pueden seleccionarse de varias maneras en varias realizaciones. En algunas realizaciones, las futuras predicciones y/o pronósticos de condiciones del tráfico son generados para cada una de múltiples zonas geográficas (por ejemplo, áreas metropolitanas), con cada zona geográfica que tiene una red de múltiples carreteras interconectadas - tales zonas geográficas pueden seleccionarse de varias maneras, tal como basándose en zonas en las que hay fácilmente disponible información actual de condiciones de tráfico (por ejemplo, basándose en redes de sensores de carretera para por lo menos algunas de las carreteras en la zona) y/o en la que la congestión del tráfico es un problema significativo. En algunas de tales realizaciones, las carreteras para las que se generan futuras predicciones y/o pronósticos de condiciones de tráfico, incluyendo esas carreteras para las que está fácilmente disponible información actual de condiciones de tráfico, mientras que en otras realizaciones la selección de tales carreteras puede basarse por lo menos en parte en uno o más de otros factores (por ejemplo, basándose en el tamaño o la capacidad de las carreteras, tal como incluir autopistas y autovías mayores; basándose en el papel que juegan las carreteras para llevar el tráfico, tal como incluir las carreteras principales y carreteras de distribución que son alternativas primarias a carreteras de mayor capacidad tales como autopistas y autovías mayores; basándose en la clase funcional de las carreteras, tal como designa la Administración Federal de Autovías; etc.). En otras realizaciones, las futuras predicciones y/o pronósticos de condiciones de tráfico pueden hacerse para una única carretera, independientemente de su tamaño y/o la relación con otras carreteras. Además, los segmentos de carretera para los que se generan futuras predicciones y/o pronósticos de condiciones de tráfico pueden seleccionarse de varias maneras, tal como tratar cada sensor de carretera como un segmento distinto; agrupar juntos múltiples sensores de carretera para cada segmento de carretera (por ejemplo, para reducir el número de predicciones y/o pronósticos independientes que se hacen, tal como agrupando juntos números específicos de sensores de carretera); seleccionar segmentos de carretera para reflejar tramos relacionados lógicamente de una carretera en la que las condiciones de tráfico son normalmente las mismas o suficientemente similares (por ejemplo, relacionados fuertemente), tal como basándose en información de condiciones de tráfico de sensores de tráfico y/o de otras fuentes (por ejemplo, datos generados de vehículos y/o usuarios que se desplazan por las carreteras, tal como se comenta con mayor detalle en otra parte); etc.

Además, información futura de predicciones y/o de pronóstico de condiciones de tráfico puede ser utilizada de diversas maneras en varias realizaciones, tal como se comenta con mayor detalle en otra parte, incluyendo proporcionar tal información a usuarios y/u organizaciones en diversos momentos (por ejemplo, en respuesta a peticiones, enviando periódicamente la información, etc.) y de varias maneras (por ejemplo, transmitiendo la información a teléfonos móviles y/u otros dispositivos portátiles de consumo; mostrando información a usuarios, tal como a través de programas de aplicación y de navegadores de internet; proporcionando la información a otras organizaciones y/o entidades que proporcionan por lo menos algo de información a usuarios, tal como terceras partes que proporcionan la información después de analizar y/o modificar la información; etc.). Por ejemplo, en algunas realizaciones, la información de predicción y/o pronóstico es utilizada para determinar rutas sugeridas y/o tiempos de desplazamiento, tal como una ruta óptima entre una posición de partida y una posición de finalización por una red de carreteras y/o un tiempo óptimo para realizar el desplazamiento indicado, con tales determinaciones

basadas en información predicha y/o de pronóstico en cada uno de múltiples futuros momentos para una o más carreteras y/o segmentos de carretera.

5 Además, varias realizaciones proporcionan varios mecanismos para usuarios y otros clientes para interactuar con uno o más de los sistemas de información de tráfico (por ejemplo, el sistema 350 Gestor de Muestras de Datos, el sistema 363 Proveedor de información RT y/o el sistema 360 Predictivo Proveedor de información de Tráfico de la Figura 3, etc.). Por ejemplo, algunas realizaciones pueden proporcionar una consola interactiva (por ejemplo un programa de cliente que proporciona una interfaz interactiva de usuario, una interfaz basada en navegador de Internet, etc.) desde las que los clientes pueden hacer peticiones y recibir correspondientes respuestas, tales como peticiones de información relacionada con las condiciones actuales y/o predichas de tráfico y/o peticiones para analizar, seleccionar y/o proporcionar información relacionada con rutas de viaje. Además, algunas realizaciones proporcionan una API ("*Application Programmer Interface*": Interfaz de Programación de Aplicaciones) que le permite al cliente calcular sistemas para hacer en forma de programación algunas o todas de tales peticiones, tal como a través de protocolos de mensajes de red (por ejemplo, servicios Web) y/u otros mecanismos de comunicación.

10 De lo precedente se apreciará que, aunque en esta memoria se han descrito con fines de ilustración realizaciones específicas según la presente invención y aspectos adicionales relacionados con la presente invención, se pueden hacer diversas modificaciones sin desviarse del alcance de la invención. Por consiguiente, la invención no está limitada excepto por las reivindicaciones anexas y los elementos relatados en ellas. Además, si bien ciertos aspectos de la invención se explican en determinadas formas de reivindicación, los inventores contemplan los diversos aspectos de la invención en cualquier forma disponible de reivindicación. Por ejemplo, si bien actualmente sólo pueden relatarse algunos aspectos de la invención como que se incorporan en un medio legible por ordenador, igualmente pueden incorporarse otros aspectos.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado en ordenador para determinar información de velocidad media estimada para vehículos que se desplazan en carreteras sobre la base de muestras de datos que reflejan el desplazamiento en esas carreteras, el método comprende:

5 recibir indicaciones de uno o más segmentos de una o más carreteras, cada segmento de carretera tiene múltiples muestras asociadas de datos, cada una reflejando una velocidad informada de un vehículo en el segmento de carretera en un momento informado;

10 para cada uno de por lo menos uno de los segmentos de carretera, estimar automáticamente una velocidad media del tráfico de vehículos que se desplazan por el segmento de carretera durante un periodo de tiempo mediante,

identificar un grupo de las múltiples muestras de datos asociadas con el segmento de carretera cuyos momentos informados ocurren durante el periodo de tiempo;

15 determinar pesos para las muestras de datos del grupo basándose en uno o más atributos de esas muestras de datos que afectan a la precisión de las velocidades informadas de esas muestras de datos, en el que las muestras de datos del grupo incluyen muestras de datos suministradas de múltiples fuentes, y en el que el uno o más atributos de las muestras de datos del grupo que se utilizan para la determinación de pesos incluyen las fuentes de muestras de datos de tal manera que las muestras de datos del grupo desde una o más de las múltiples fuentes de muestras de datos reciben diferentes pesos determinados que las muestras del grupo desde otras de la una o más de las múltiples fuentes; y

20 determinar la velocidad estimada media del tráfico de vehículos que se desplazan por el segmento de carretera durante el periodo de tiempo basándose por lo menos en parte en una media ponderada de las velocidades informadas de las muestras de datos del grupo, la media ponderada calculada utilizando los pesos determinados; y

25 utilizar una o más de las velocidades estimadas medias de tráfico para facilitar los desplazamientos en la una o más carreteras.

2. El método de la reivindicación 1, en el que las indicaciones recibidas del uno o más segmentos de la una o más carreteras incluyen indicaciones de múltiples segmentos de carretera de la una o más carreteras, en el que la estimación automática de la velocidad media del tráfico de los vehículos que se desplazan por cada uno del por lo menos un segmento de carretera durante un periodo de tiempo se realiza para cada uno de múltiples periodos de tiempo, en el que la identificación del grupo de las múltiples muestras de datos asociadas con por lo menos un segmento de carretera cuyos tiempos informados se produjeron durante un periodo de tiempo incluye:

35 recibir información relacionada con condiciones actuales de tráfico de los múltiples segmentos de carretera durante el periodo de tiempo, la información recibida incluye una pluralidad de muestras de datos para el periodo de tiempo que cada una es informada desde uno de múltiples vehículos y reflejan una velocidad informada del un vehículo en una ubicación informada en uno de los segmentos de carretera en un momento informado durante el periodo de tiempo, los múltiples vehículos son un subconjunto de todos los vehículos que se desplazan por los segmentos de carretera durante el periodo de tiempo, la información recibida incluye además una pluralidad de muestras adicionales de datos para el periodo de tiempo que cada una es informada desde uno de múltiples sensores de tráfico que vigilan los múltiples segmentos de carretera y reflejan una velocidad informada basándose en una o más lecturas de velocidad para uno o más vehículos en una ubicación en uno de los segmentos de carretera para uno o más momentos informados durante el periodo de tiempo; y

40 para cada uno de los múltiples segmentos de carretera, identificar un grupo de múltiples muestras de datos para el segmento de carretera para el periodo de tiempo, las múltiples muestras de datos son desde por lo menos una de la pluralidad de muestras de datos y la pluralidad de muestras adicionales de datos,

45 y en el que el uno o más atributos de las muestras de datos del grupo en el que se determinan los pesos para las muestras incluyen la cercanía temporal del momento informado de una muestra de datos y una fuente de una muestra de datos, de tal manera que a las muestras de datos cuyos momentos informados son menos recientes se les da menos peso que a las muestras de datos cuyos momentos informados son más recientes, y de tal manera que a las muestras de datos informadas desde los vehículos en la una o más carreteras se les dan diferentes pesos que a las muestras de datos informadas desde sensores de tráfico,

50 de modo que las velocidades medias del tráfico son determinadas para segmentos de carretera basándose en muestras de datos que reflejan el desplazamiento verdadero de vehículos en los segmentos de carretera que son ponderados para reflejar la cercanía temporal de las muestras de datos y la fuente de las muestras de datos.

55

3. El método de la reivindicación 2, que comprende además, para cada uno de por lo menos uno de los periodos de tiempo y cada uno de por lo menos uno de los segmentos de carretera, dividir el periodo de tiempo en múltiples intervalos de tiempo superpuestos y realizar la estimación de la velocidad media del tráfico de vehículos que se desplazan por el segmento de carretera durante el periodo de tiempo para cada uno de los intervalos de tiempo utilizando las muestras de datos cuyos momentos informados son durante el intervalo de tiempo, de tal manera que por lo menos algunas de las muestras de datos son utilizadas para múltiples intervalos de tiempo y se les dan diferentes pesos determinados para esos intervalos de tiempo.
4. El método de la reivindicación 2, en el que, para cada uno de por lo menos uno de los periodos de tiempo y cada uno de por lo menos uno de los segmentos de carretera, la determinación de la velocidad media estimada del tráfico de vehículos que se desplazan por el segmento de carretera durante el periodo de tiempo incluye generar un valor de confianza para la velocidad media estimada del tráfico para reflejar un grado de error posible en la velocidad media estimada del tráfico, y en el que la utilización de la una o más velocidades medias estimadas del tráfico para el periodo de tiempo incluye utilizar los valores generados de confianza para facilitar futuros desplazamientos en la una o más carreteras.
5. El método de la reivindicación 1, en el que, para cada uno del uno o más del por lo menos algún segmento de carretera, el uno o más atributos de las muestras de datos del grupo que se utiliza para la determinación de los pesos incluye además la cercanía temporal de los tiempos informados para las muestras de datos.
6. El método de la reivindicación 1, en el que, para cada uno del uno o más del por lo menos algún segmento de carretera, las muestras de datos asociadas con el segmento de carretera incluye muestras de datos suministradas desde múltiples fuentes, y en el que el uno o más atributos de las muestras de datos del grupo que se utiliza para la determinación de los pesos incluye las fuentes de las muestras de datos.
7. El método de la reivindicación 6, en el que, para cada uno de por lo menos uno del uno o más segmentos de carretera, una de las múltiples fuentes para las muestras de datos incluye uno o más vehículos que se desplazan por el segmento de carretera y que informan de muestras de datos basándose en los desplazamientos, y otra de las múltiples fuentes para las muestras de datos incluye uno o más sensores de tráfico que vigilan el segmento de carretera y que informan de muestras de datos basándose en lecturas que reflejan los vehículos que pasan.
8. El método de la reivindicación 6, en el que, para cada uno de por lo menos uno del uno o más segmentos de carretera, las múltiples fuentes para las muestras de datos incluyen múltiples vehículos que se desplazan por el segmento de carretera y que cada una informa de una o más muestras de datos para reflejar una ubicación y/o velocidad del vehículo.
9. El método de la reivindicación 6, en el que, para cada uno de por lo menos uno del uno o más segmentos de carretera, las múltiples fuentes para las muestras de datos incluyen múltiples sensores de tráfico que vigilan el segmento de carretera y que cada una informa de una o más muestras de datos basándose en lecturas que cada una refleja uno o más vehículos que pasan.
10. El método de la reivindicación 6, que comprende además, para cada uno de por lo menos uno del uno o más segmentos de carretera, evaluar la fiabilidad de cada una de las múltiples fuentes para las muestras de datos para el segmento de carretera, y en el que la determinación del peso para esas muestras de datos basándose en las fuentes de las muestras de datos es realizada de tal manera que a las muestras de datos cuyas fuentes tengan menor fiabilidad evaluada se les da menos peso que a las muestras de datos cuyas fuentes tengan mayor fiabilidad evaluada.
11. El método de la reivindicación 1, en el que, para cada uno del uno o más del por lo menos algún segmento de carretera, el uno o más atributos de las muestras de datos del grupo que se utiliza para la determinación de los pesos incluye una cantidad total de las muestras de datos del grupo.
12. El método de la reivindicación 1, en el que, para cada uno de uno o más del por lo menos algún segmento de carretera, las muestras de datos asociadas con el segmento de carretera del grupo identificado son muestras de datos suministradas desde uno o más vehículos que se están desplazando por el segmento de carretera durante el periodo de tiempo y que informa de las muestras de datos basándose en los desplazamientos, el uno o más vehículos es un subconjunto de todos los vehículos que se desplazan por el segmento de carretera durante el periodo de tiempo, y en el que la velocidad media estimada de tráfico de vehículos que se desplazan por el segmento de carretera durante el periodo de tiempo es determinada de tal manera como para estimar la velocidad media del tráfico de todos los vehículos que se desplazan por el segmento de carretera durante el periodo de tiempo.
13. El método de la reivindicación 1, en el que, para cada uno de uno o más del por lo menos algún segmento de carretera, la estimación de la velocidad media del tráfico de los vehículos que se desplazan por el segmento de carretera durante un periodo de tiempo es realizada para cada uno de múltiples intervalos de tiempo superpuestos de tiempo durante el periodo de tiempo, de tal manera que por lo menos parte de las muestras asociadas de datos para el segmento de carretera es utilizada para cada uno de los múltiples intervalos de tiempo.

14. Un soporte de almacenamiento legible por ordenador cuyo contenido almacenado configura un dispositivo de cálculo para realizar el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-13.

15. Un sistema informático, que comprende:

uno o más procesadores; y

5 uno o más componentes que están configurados para realizar el método de cualquiera de las reivindicaciones 11 -13.

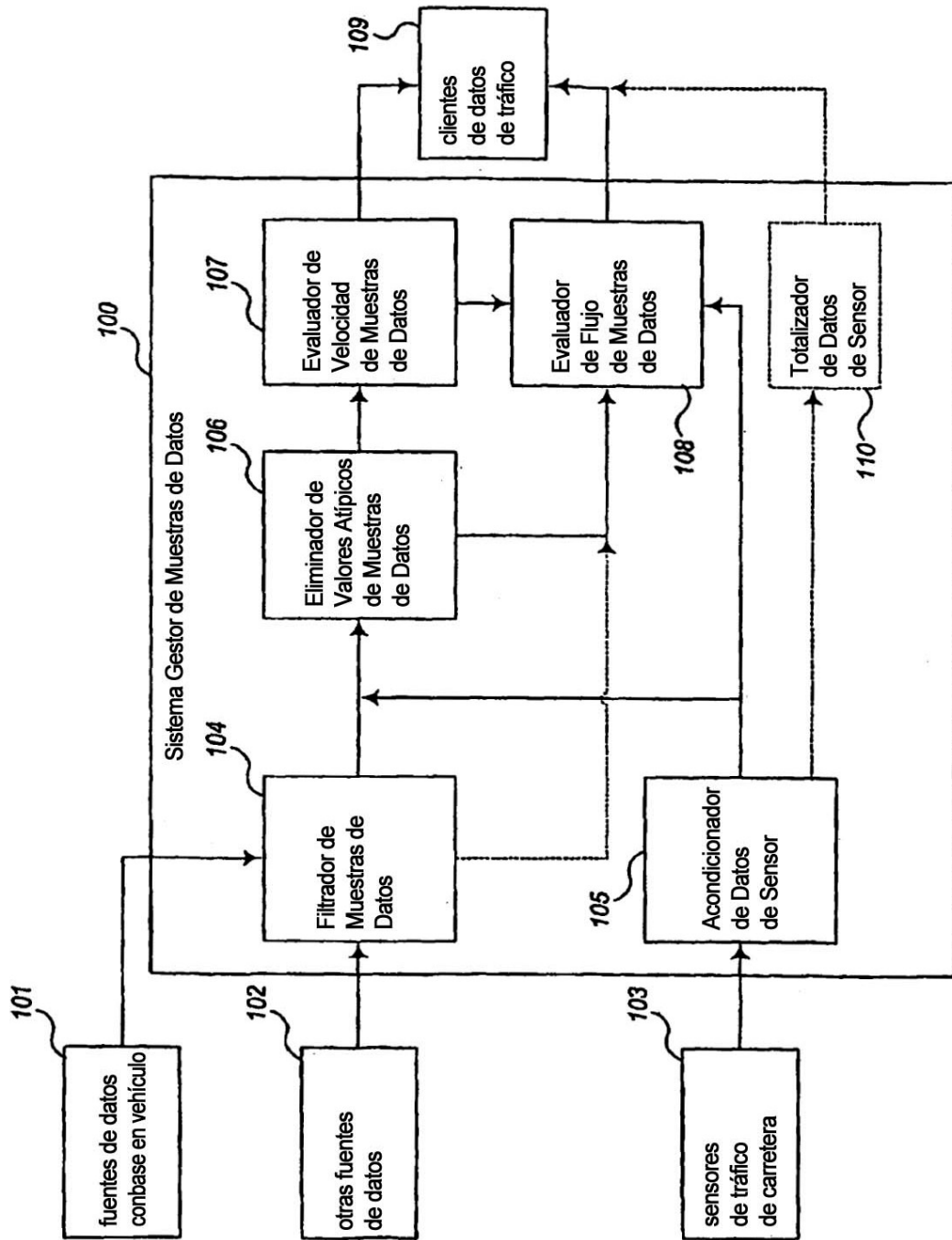


Fig. 1

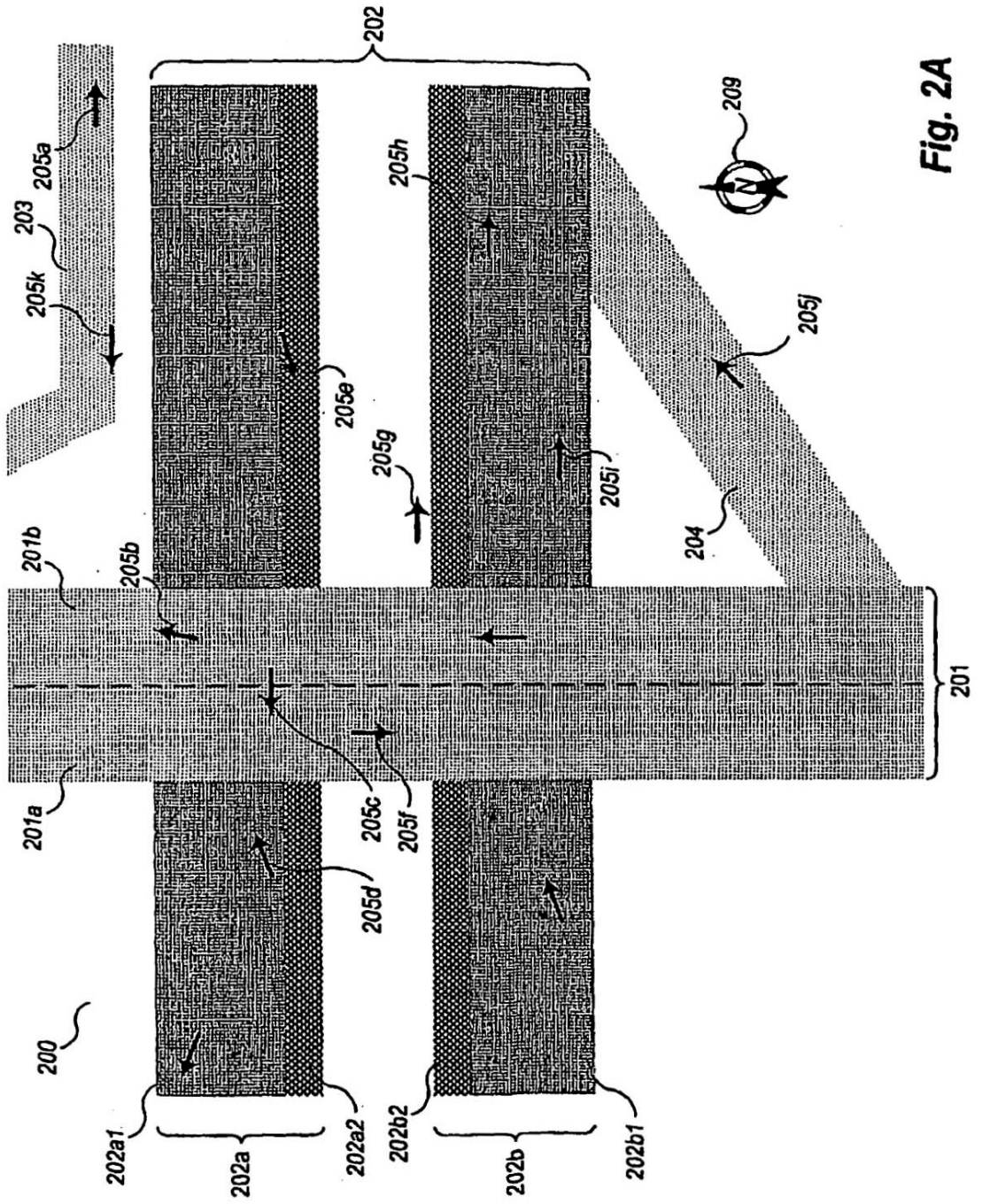


Fig. 2A

Vista Gráfica de Muestras de Datos para Un Segmento de Carretera

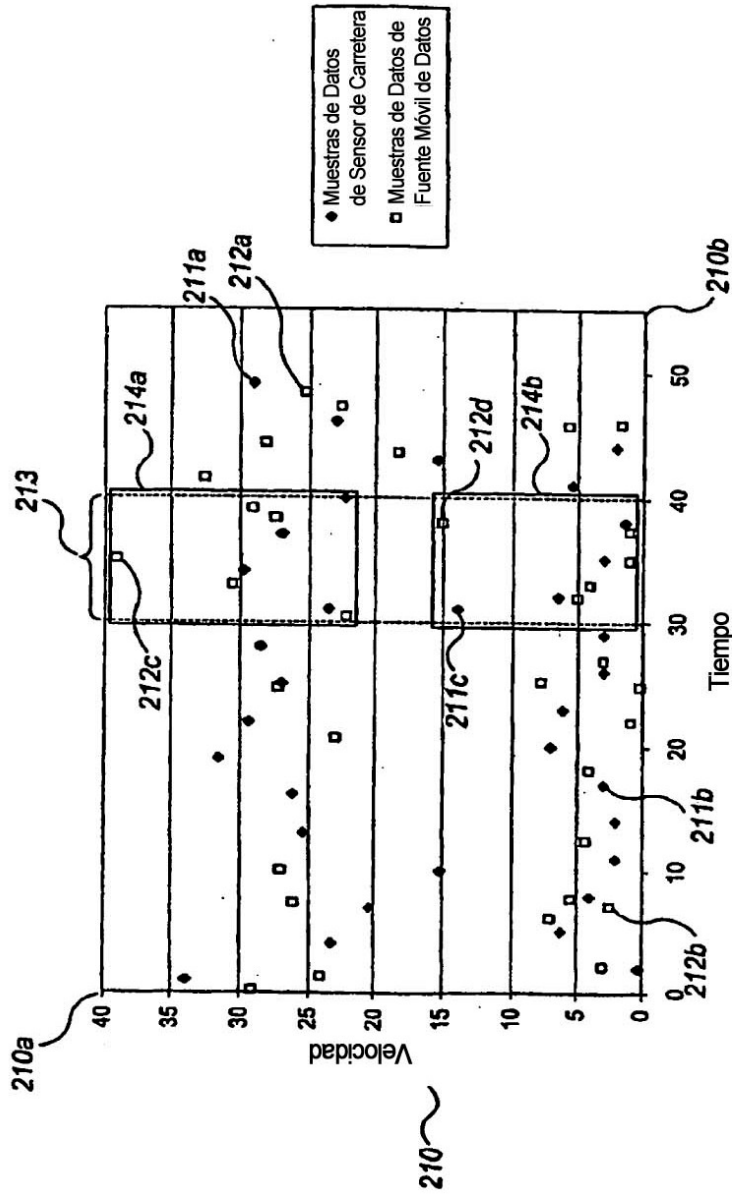


Fig. 2B

Eliminación de Valores Atípicos de Muestras de Datos

221a 221b		221c		221d		221e		221f 220	
Muestra Excluida	Velocidad	Grupo de Muestras de Datos	Velocidad Media del Grupo de Muestras de Datos	Desviación de la Velocidad Media	¿Dejar fuera?				
1	26	2-10	25,7	0,02	no	222	223a	223b	223c
2	31	1, 3-10	25,1	0,39	no	223d	223e	223f	223g
3	0	1-2, 4-10	28,6	2,44	sí	223h	223i	223j	223k
4	37	1-3, 5-10	24,4	0,88	no	223l	223m	223n	223o
5	33	1-4, 6-10	24,9	0,55	no	223p	223q	223r	223s
6	21	1-5, 7-10	26,2	0,35	no	223t	223u	223v	223w
7	30	1-6, 8-10	25,2	0,32	no	223x	223y	223z	224
8	45	1-7, 9-10	23,6	1,61	sí	225	226	227	228
9	3	1-8, 10	28,2	2,01	sí	229	230	231	232
10	31	1-9	25,1	0,39	no	233	234	235	236

Velocidad Media para las 10 Muestras = 25.7
 Desviación Típica de las 10 Muestras = 14.2

Fig. 2C

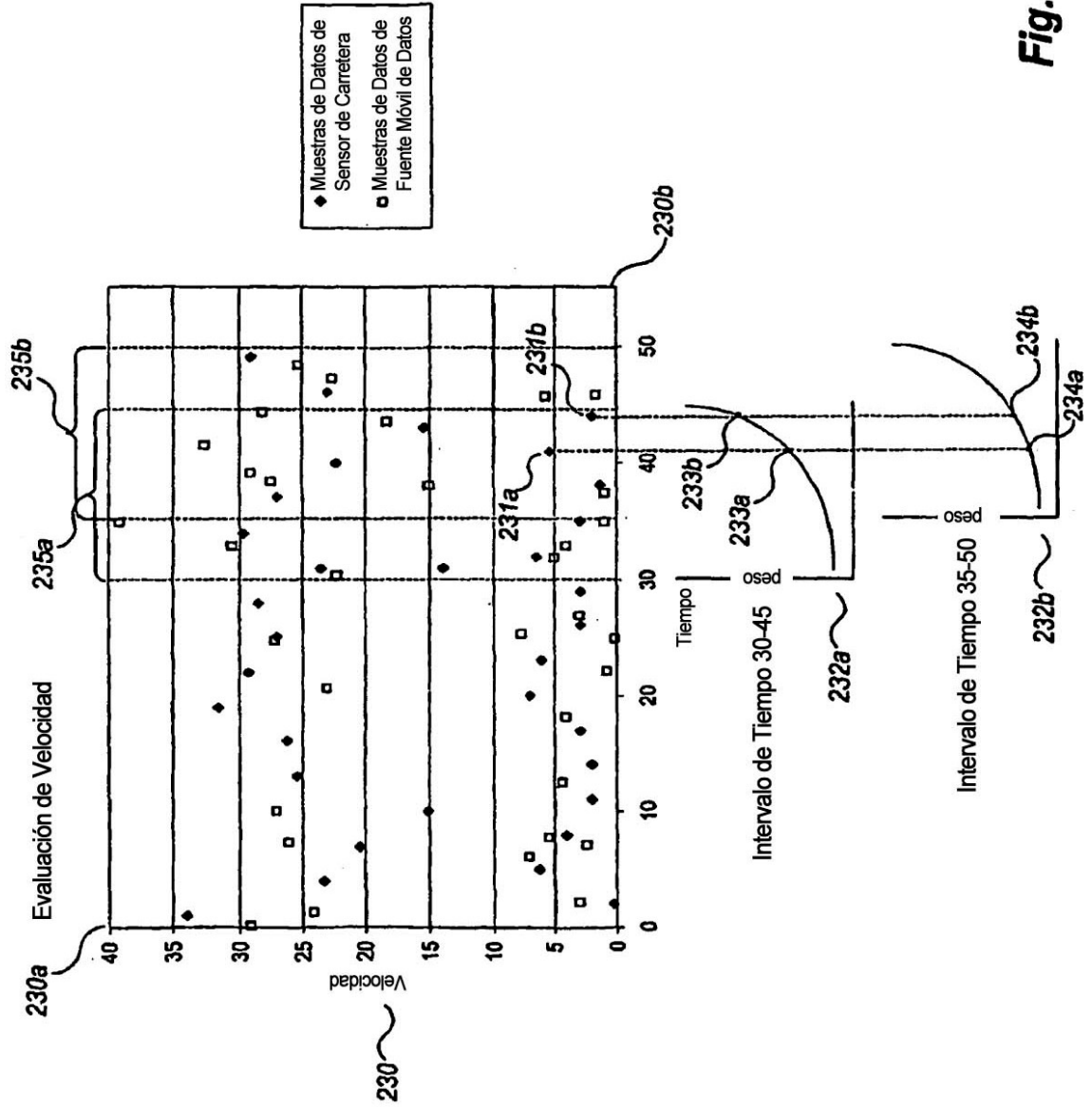


Fig. 2D

Flujo de Tráfico Evaluado Dado un Tamaño de Muestra Observado

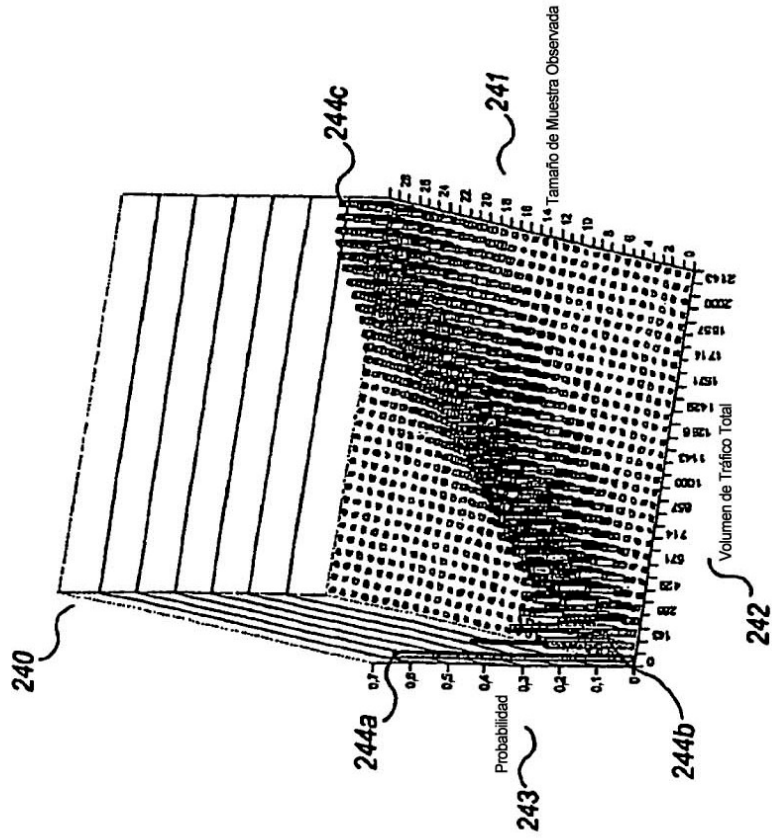


Fig. 2E

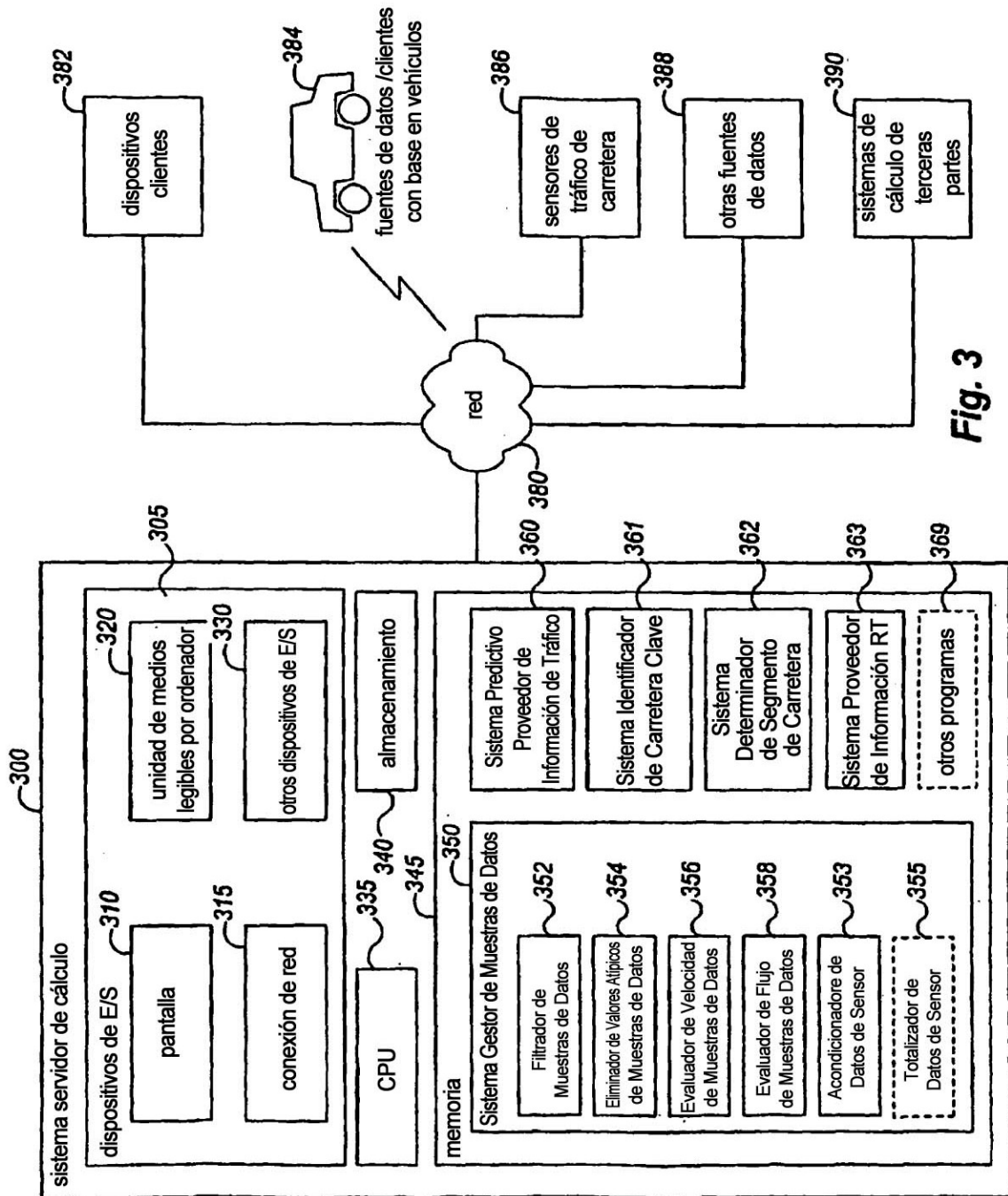


Fig. 3

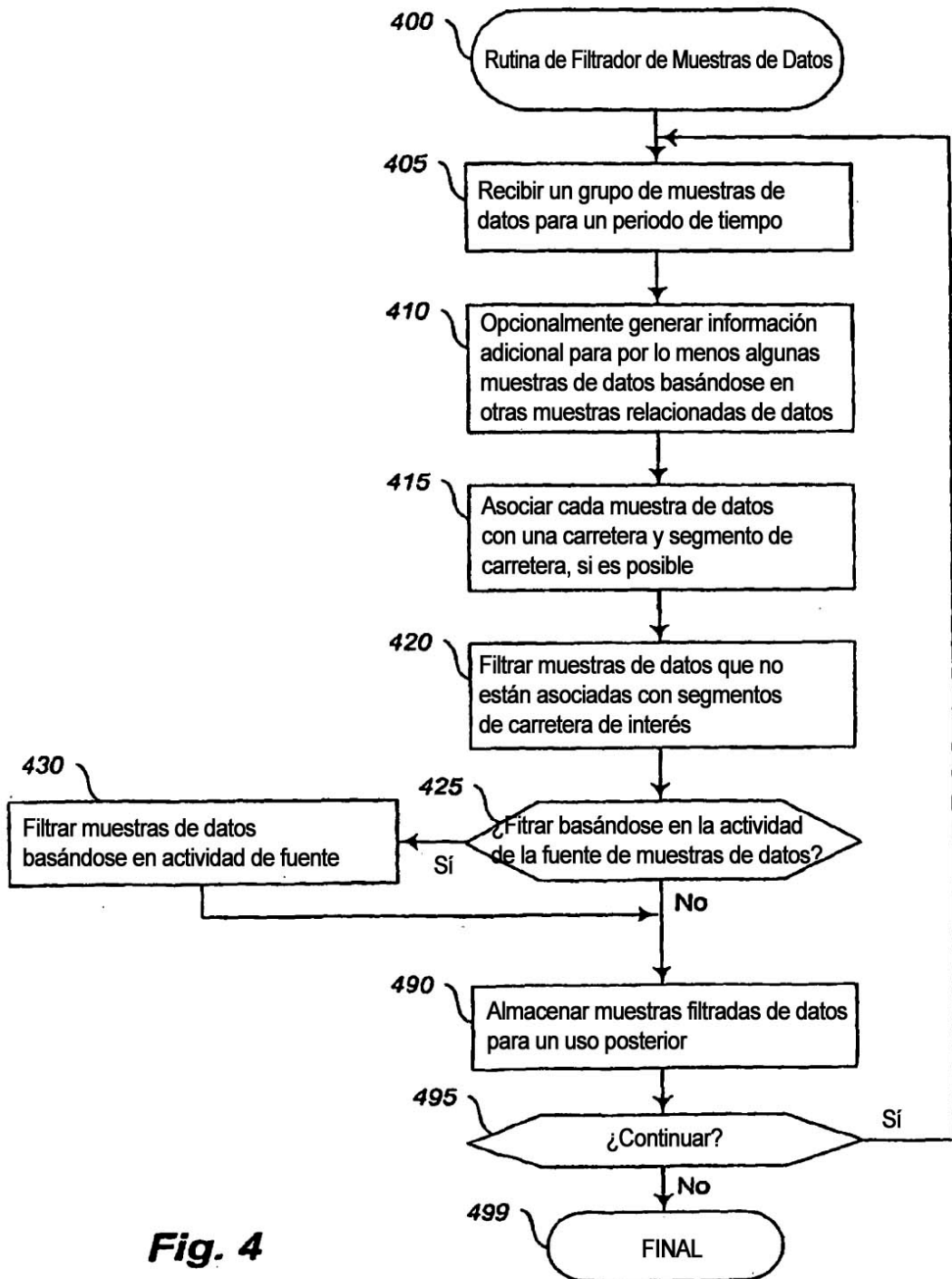
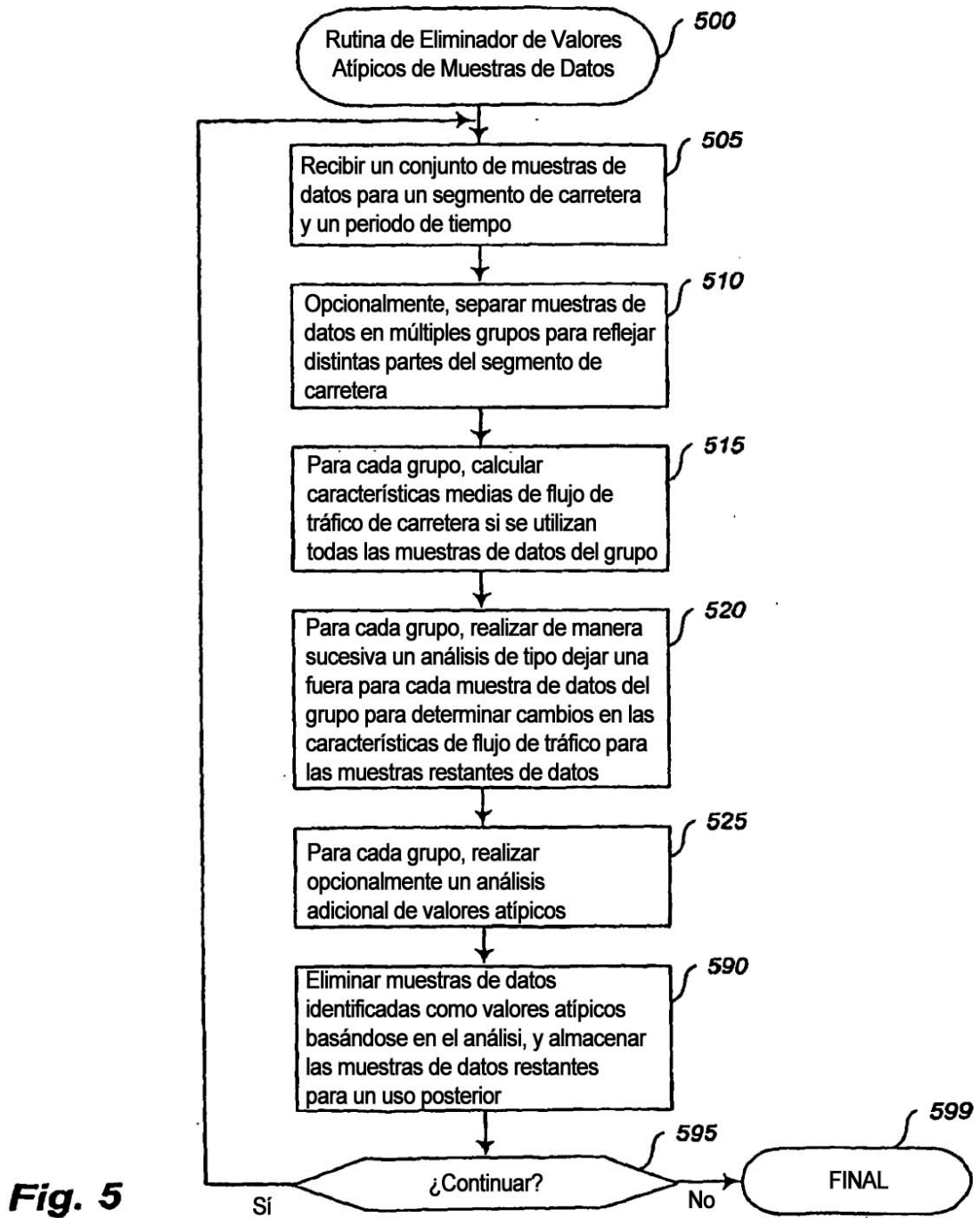


Fig. 4



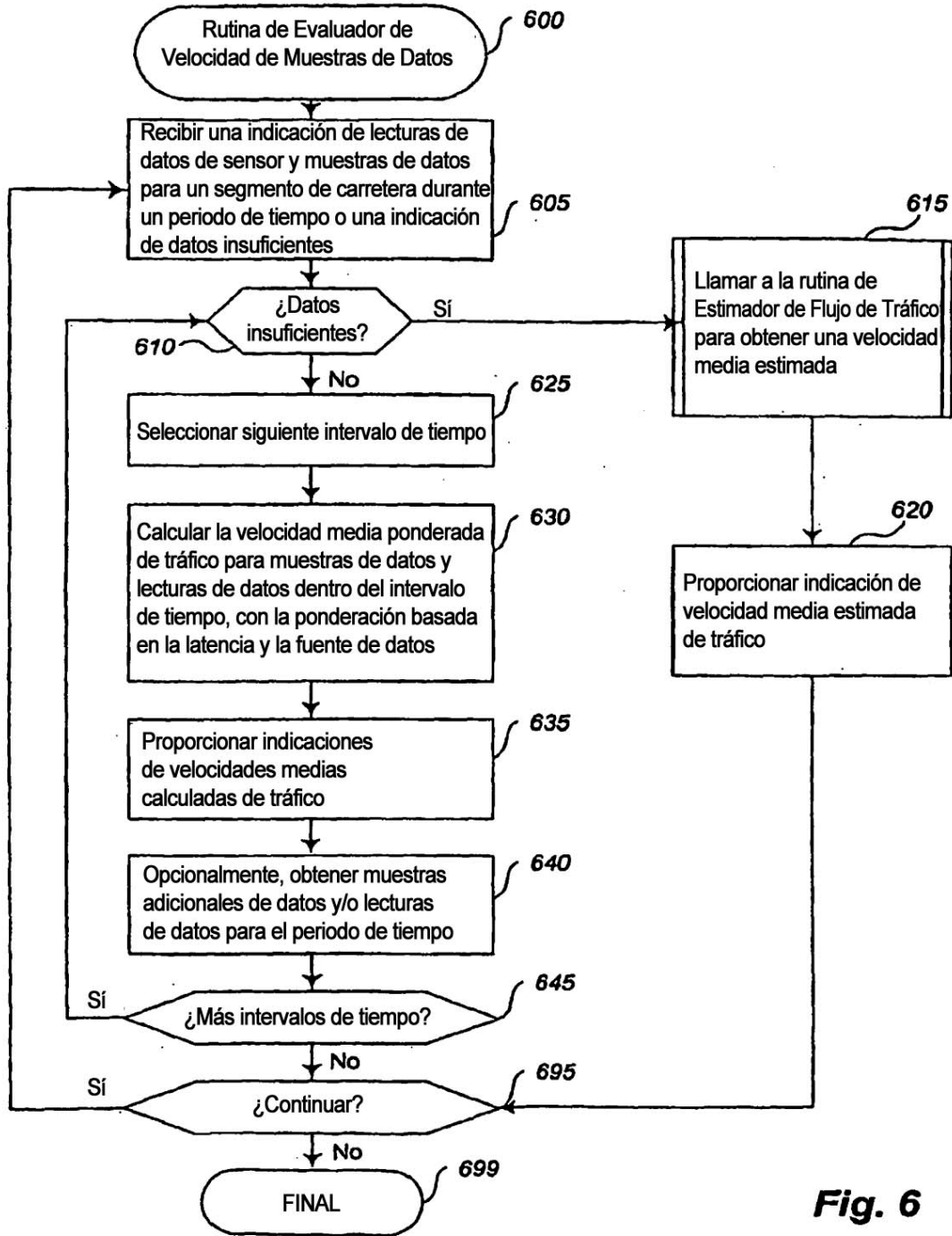
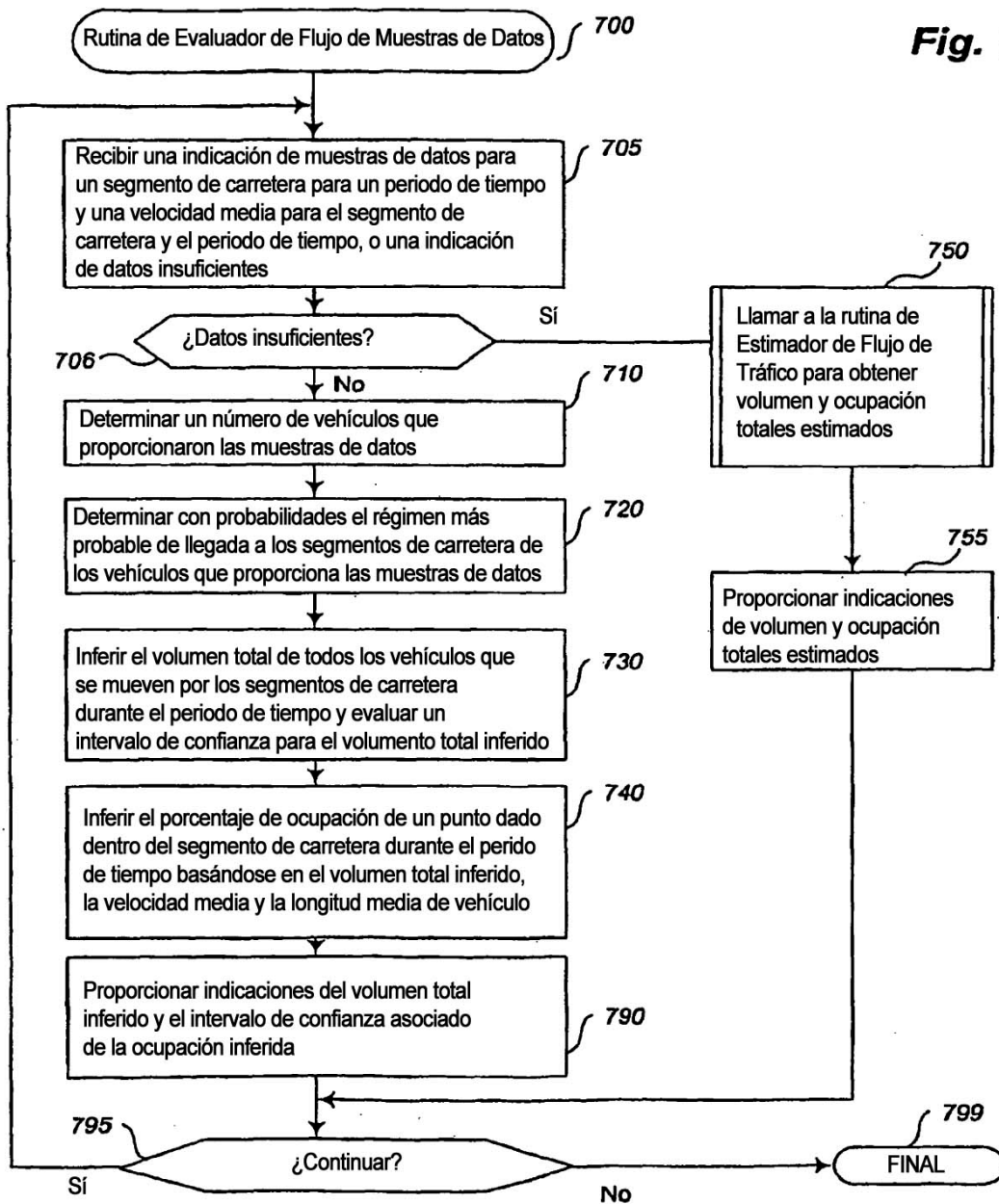


Fig. 6

Fig. 7



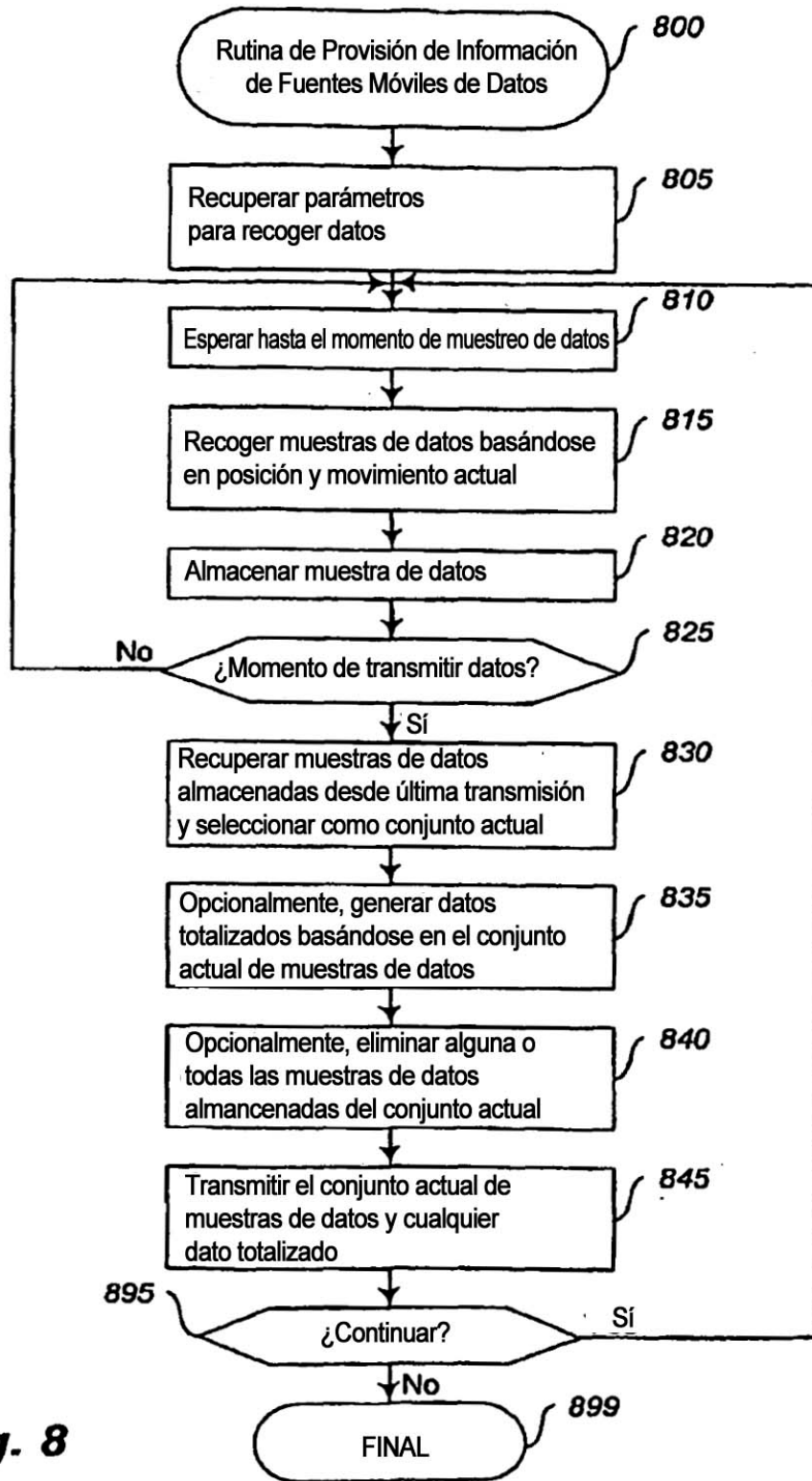
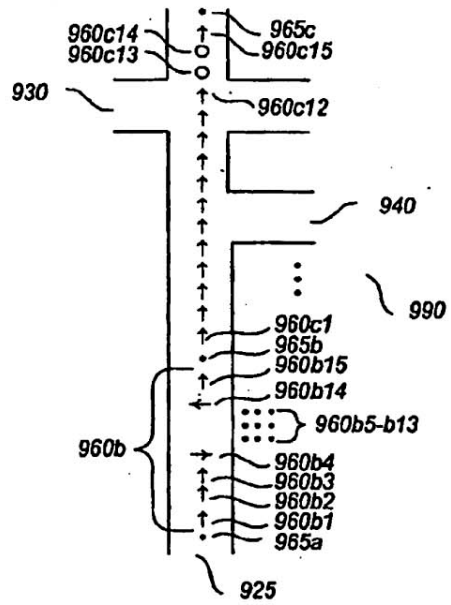
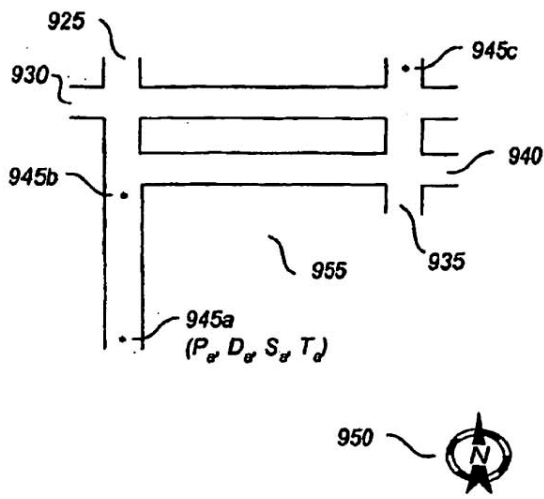
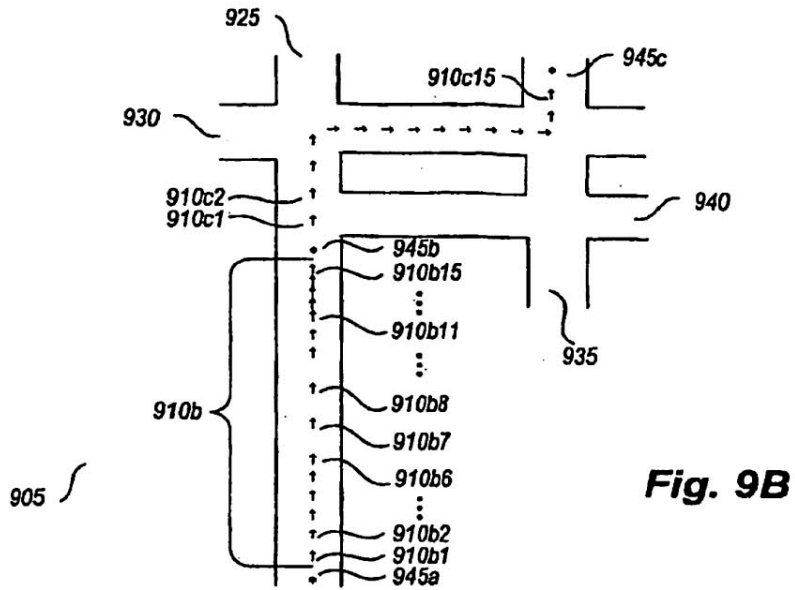


Fig. 8



ID de Sensor de Tráfico	Valor de Lectura de Datos de Sensor de Tráfico	Hora de Lectura de Datos de Sensor de Tráfico	Estado de Sensor de Tráfico	...
123	34 mph	10:25 AM 13/08/06	--	
123	36 mph	10:30 AM 13/08/06	--	
123	42 mph	10:35 AM 13/08/06	--	
123	38 mph	10:40 AM 13/08/06	--	
...				
123	3 mph	10:25 AM 14/08/06	--	
123	74 mph	10:30 AM 14/08/06	--	
123	14 mph	10:35 AM 14/08/06	--	
123	63 mph	10:40 AM 14/08/06	--	
...				
129	--	10:25 AM 13/08/06	APAGADO	
129	--	10:30 AM 13/08/06	APAGADO	
129	54 mph	10:35 AM 13/08/06	ENCENDIDO	
...				
134	13 mph	10:00 AM 13/08/06	ATASCADO	
134	13 mph	10:15 AM 13/08/06	ATASCADO	
...				
145	45 mph	10:30 AM 13/08/06	ENCENDIDO	
145	--	10:35 AM 13/08/06	COM ABAJO	
145	--	10:40 AM 13/08/06	APAGADO	
145	38 mph	10:45 AM 13/08/06	ENCENDIDO	
...				
166	316 coches	10:00AM 14/08/06	--	
166	389 coches	10:02 AM 14/08/06	--	
...				

Fig. 10A

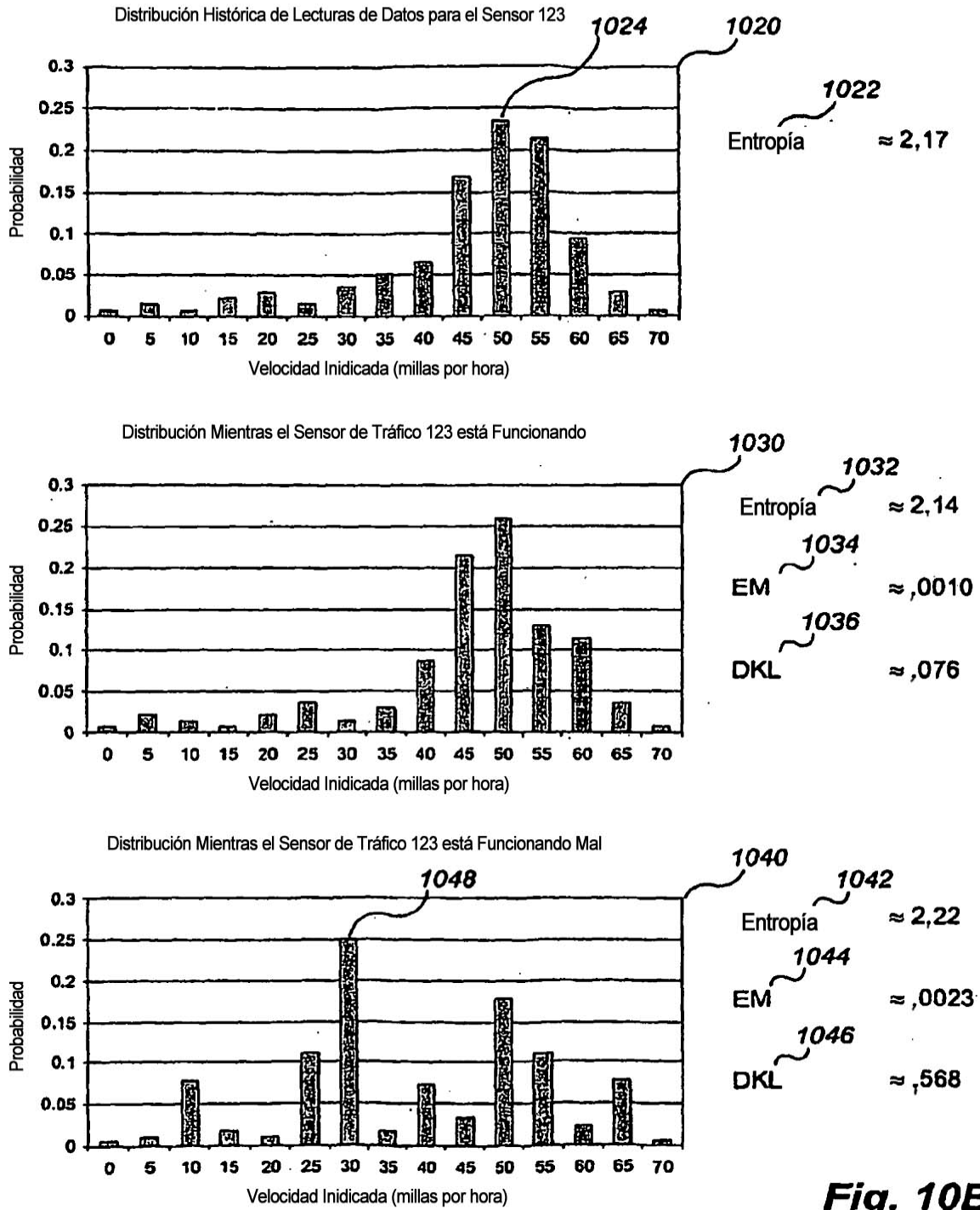
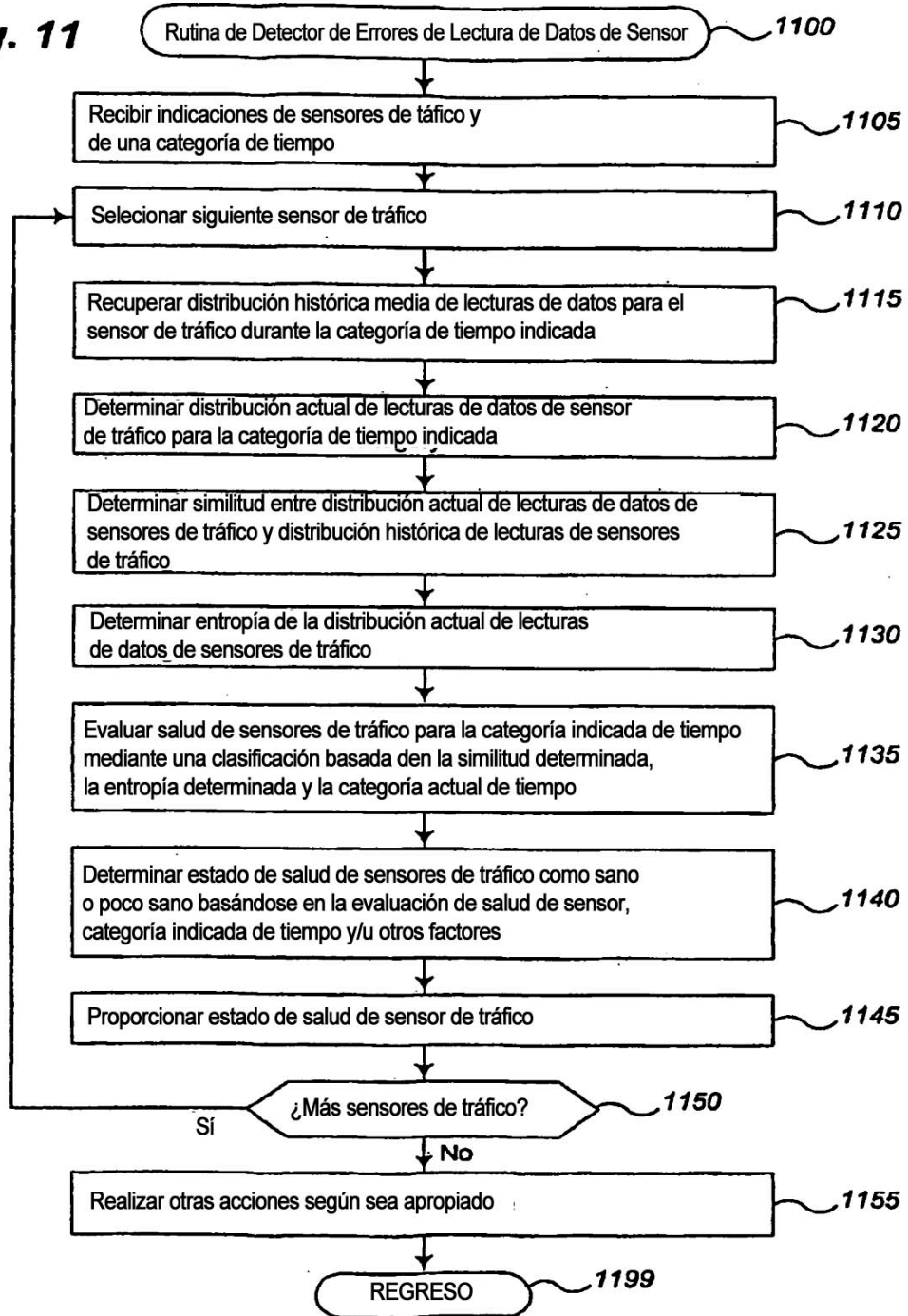


Fig. 10B

Fig. 11



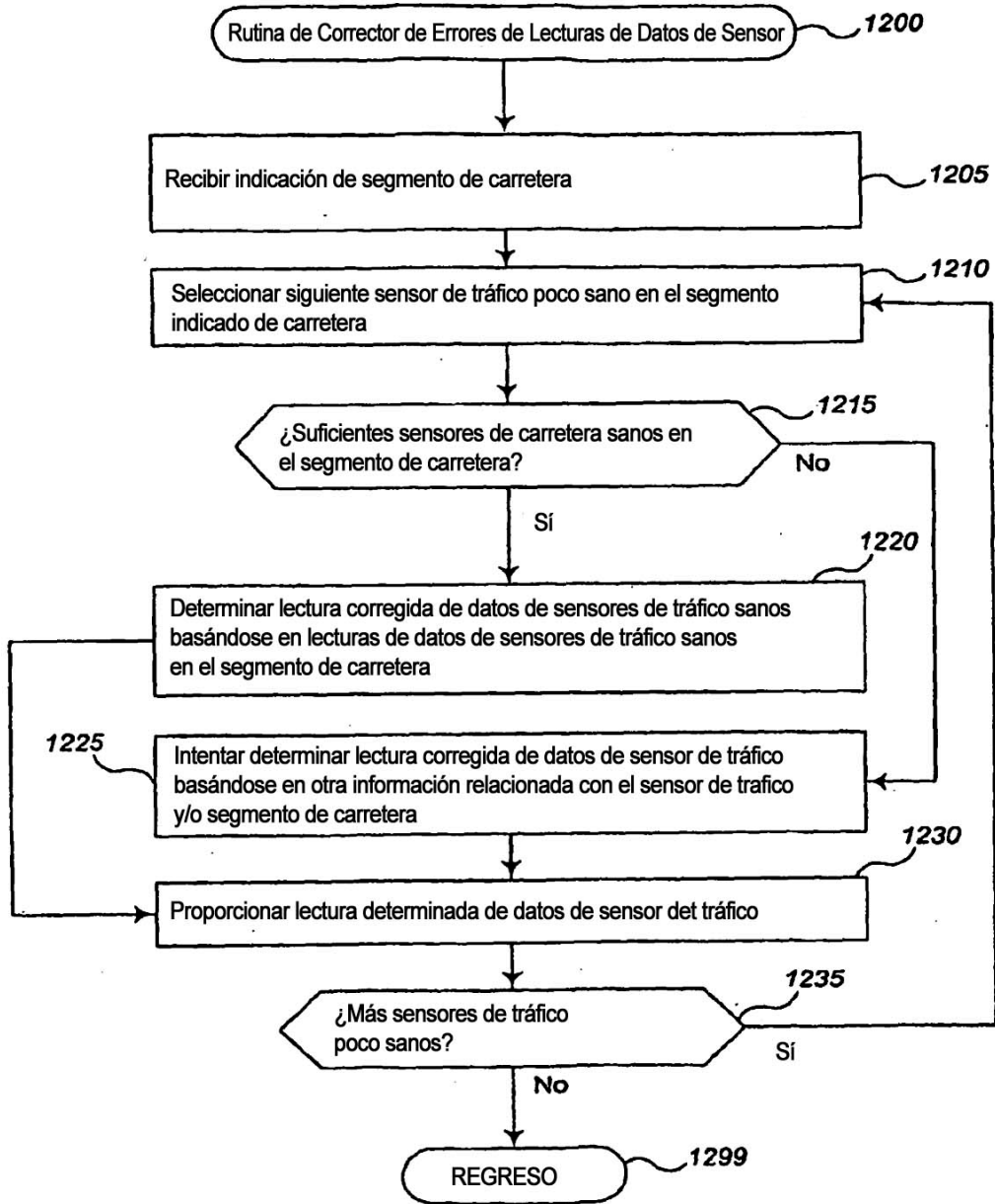


Fig. 12

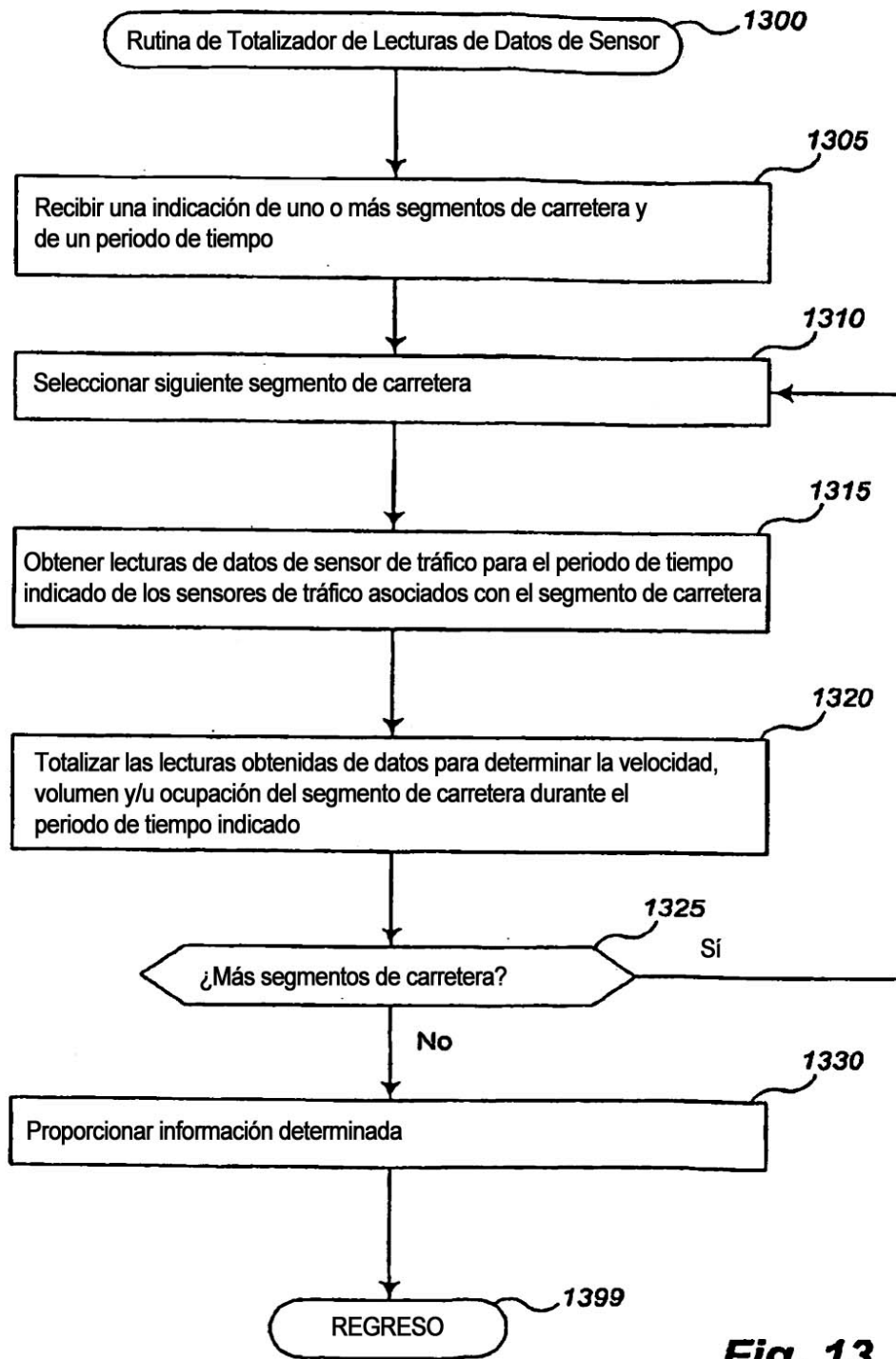


Fig. 13

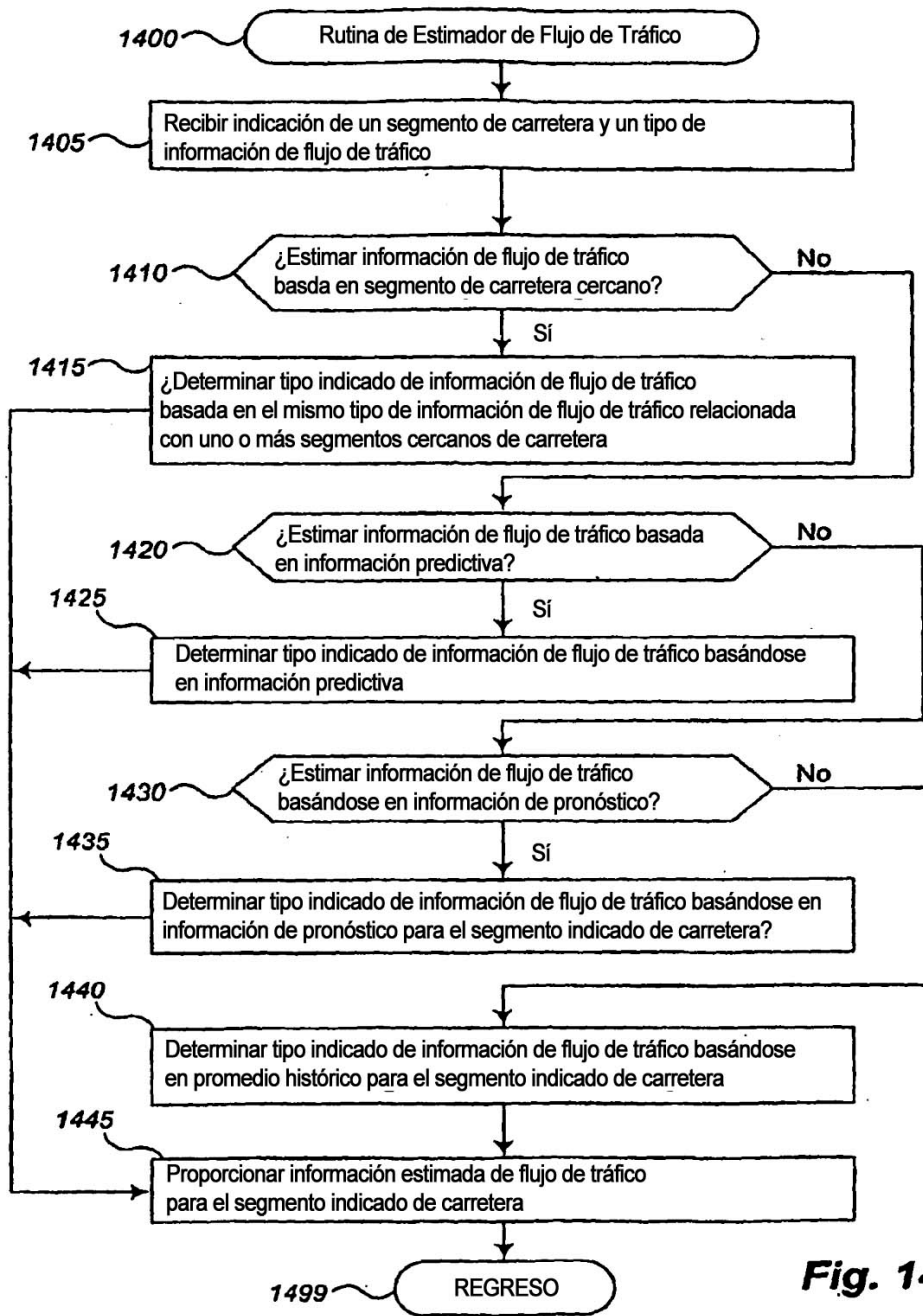


Fig. 14