



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 480**

51 Int. Cl.:
G06G 7/48 (2006.01)
G08G 1/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02756285 .9**
96 Fecha de presentación : **24.06.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1402457**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.03.2004**

54 Título: **Sistema de gestión y simulación de datos de tráfico.**

30 Prioridad: **22.06.2001 US 300197 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.06.2011

73 Titular/es: **CALIPER CORPORATION**
1172 Beacon Street
Newton, Massachusetts 02461-9926, US

72 Inventor/es: **Yang, Qi;**
Slavin, Howard;
Stefansson, Kjarran;
Rabinowicz, Andres;
Olsberg, Simon;
Laclair, Mary y
Brandon, Jonathan

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 360 480 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

Campo de la invención

El sistema y los procedimientos descritos en la presente memoria se refieren a sistemas de análisis de tráfico y de gestión de datos y a procedimientos de modelado, y más específicamente, a sistemas y a procedimientos que integran sistemas de información geográfica y simulación de tráfico.

Antecedentes de la invención

Una simulación de tráfico es una herramienta útil para analizar flujos de tráfico cuando se diseñan carreteras, autopistas, túneles, puentes y otras rutas de tráfico de vehículos. Puede ayudar a responder muchas cuestiones del tipo "qué pasa si" previamente a la construcción en campo; a comparar y determinar las ventajas y desventajas entre escenarios tales como configuraciones de red diferentes, posicionamientos adecuados para las señales, temporización óptima de los semáforos de tráfico y similares. Al analizar el flujo de vehículos en una red de carreteras, un municipio puede mejorar la red de carreteras y la gestión de tráfico para hacer más efectivo el uso de la infraestructura existente y/o proyectar de manera exacta una demanda de trayectos futura y una escasez de suministros, planeando, de esta manera, una mejora y una expansión necesaria de la infraestructura para acomodar el crecimiento en el tráfico.

Sin embargo, la capacidad de modelar un flujo de tráfico requiere las técnicas y los sistemas analíticos apropiados para analizar sistemas dinámicos y complejos. Debido a los muchos aspectos complejos de un sistema de tráfico, incluyendo consideraciones sobre el comportamiento de los conductores, las interacciones del flujo de vehículos dentro de la red, la aleatoriedad causada por los efectos del tiempo atmosférico, los accidentes de tráfico, variación estacional, etc., ha sido tremendamente difícil estimar flujos de tráfico en una red de carreteras.

Existen simuladores de tráfico para modelar el flujo de tráfico a través de redes de carreteras. Los contajes de vehículos, las velocidades y otros datos de tráfico en función del tiempo y varias localizaciones son recogidos para calibrar y validar los modelos de tráfico. Los planificadores y los ingenieros pueden experimentar con estos modelos para analizar cómo puede fluir el tráfico conforme incrementa el volumen, los accidentes reducen la disponibilidad de carriles y varían otras condiciones.

Aunque estas herramientas de simulación de tráfico son útiles, no son fáciles de usar y requieren un procedimiento de trabajo intensivo para la preparación de la entrada de datos y la interpretación y el análisis de la salida de la simulación. Frecuentemente, un usuario tiene que dedicar días a la preparación de los datos de entrada a aplicar a un simulador de una red de carreteras. Además, el tamaño de las redes de carreteras que los simuladores existentes pueden manipular, o el nivel de detalle que pueden proporcionar estos simuladores, son frecuentemente limitados.

Una desventaja adicional de estos sistemas existentes es que estos modelos carecen de una representación geográfica exacta de los objetos de la red. Específicamente, muchos sistemas existentes emplean la formulación de grafo de "enlaces y nodos" tradicional de la red de tráfico, representando cada nodo una intersección o un cambio de características de tráfico a lo largo de la carretera, y representando cada enlace la carretera que conecta los dos nodos extremos. Las posiciones de los nodos y/o los enlaces están representadas por sus coordenadas cartesianas 2D X e Y, y no coinciden necesariamente con sus localizaciones geográficas reales. Como resultado de los sistemas de coordenadas elegidos arbitrariamente, frecuentemente es difícil geocodificar exactamente los datos de reconocimiento, y los datos de referencia de diferentes fuentes. Además, la carencia de datos de redes de carreteras geográficamente exactos genera también una salida inexacta del modelo, debido a los errores en la medición de la distancia y la longitud.

En general, las herramientas de simulación de tráfico son computacionalmente exigentes, debido a la complejidad implicada en el modelado del comportamiento de los viajeros y debido a que debe realizarse un seguimiento de numerosos vehículos y objetos de red. Esto es particularmente cierto para el simulador de tráfico microscópico, en el que los movimientos de los vehículos son modelados en detalle, segundo a segundo. Por otra parte, se han desarrollado algunos modelos más agregados para simular grandes redes, pero no proporcionan los detalles necesarios en la representación de las dinámicas de tráfico en el modelado de operaciones de semáforos de tráfico. Como resultado, ninguno de los modelos es suficiente para aplicaciones detalladas de ingeniería de tráfico de una red urbana a gran escala. Sin embargo, estas redes urbanas congestionadas son exactamente las zonas cuyos graves problemas de tráfico necesitan ser mejor estudiados y descongestionados.

Consiguientemente, los planificadores e ingenieros actuales se enfrentan a desventajas considerables, ya que las herramientas de simulación de tráfico actuales no son escalables generalmente a grandes zonas urbanas, en una manera en la que se conservan los recursos de cálculo, mientras se proporcionan resultados de simulación valiosos. Como desventaja adicional, las herramientas actuales aportan poco para facilitar el diseño y el ensayo a los usuarios.

El documento HOLTZMAN et al, "A vehicular traffic GIS and simulator for route guidance on NJ/NY highways" PROC. IEEE-IEE VEHICLE NAV. AND INFO. SYS. CONF., Octubre 1993 páginas 367-372 representa la técnica anterior relevante en el análisis del flujo de tráfico.

Sumario de la invención

Un objeto de la invención es proporcionar unos procedimientos y unos sistemas de gestión de bases de datos de redes de tráfico para geocodificar una red de carreteras y almacenar datos de modelado y de reconocimiento de

tráfico.

Un objeto adicional es proporcionar unos sistemas de simulación de tráfico exhaustivos que proporcionen una red para modelar redes de carreteras a gran escala, con niveles variables de granularidad.

5 Un objeto adicional de la invención es proporcionar un sistema de información geográfica (GIS) basado en una herramienta gráfica para editar redes de tráfico, analizar y visualizar datos de tráfico (por ejemplo, geocodificación, mapeo, consultas, informes) y almacenar grandes cantidades de datos de tráfico variables en el tiempo.

Un objeto de la invención es proporcionar sistemas de análisis de tráfico que sean más fáciles de usar y reducir o eliminar la necesidad de preparar manualmente ficheros de datos de entrada para los modelos de simulación de tráfico.

10 Un objeto adicional de la invención es proporcionar sistemas de análisis de tráfico que proporcionen un contexto geográfico a la información acerca de los patrones de tráfico.

Un objeto adicional de la invención es proporcionar un sistema de análisis de tráfico que permita analizar datos y desarrollar consultas de datos acerca del comportamiento dinámico de los datos en localizaciones geográficas específicas de regiones.

15 Otros objetos de la invención serán, en parte, obvios y se mostrarán, en parte, en la descripción siguiente de los sistemas y los procedimientos mostrados en la presente memoria.

20 Los sistemas y los procedimientos de la invención proporcionan, entre otras cosas, sistemas que están diseñados para permitir análisis geográficos de un tráfico que fluye en una red de carreteras de gran escala. Consiguientemente, los sistemas descritos en la presente memoria integran sistemas de información geográfica (Geographical Information Systems, GIS) directamente con los procedimientos de simulación de tráfico para permitir a un usuario analizar cargas y patrones de tráfico en localizaciones geográficas específicas de regiones. De esta manera, permite que el usuario importe y utilice datos existentes acerca de la demanda de trayectos, la red de carreteras y los datos de reconocimiento desde un amplio rango de fuentes. Además, los sistemas incluyen múltiples modelos de simulación de tráfico para simular el tráfico a través de diferentes segmentos de la red de tráfico. Los diferentes modelos proporcionan niveles variables de granularidad para modelar los movimientos de vehículos en la red de carreteras. En otras palabras, diferentes partes de la red de carreteras pueden ser diseñadas para usar un tipo particular de modelo de simulación de tráfico. De esta manera, las porciones de la red de tráfico que deben ser analizadas más estrechamente pueden usar el modelo simulador de tráfico con el mayor grado de granularidad, mientras que los patrones de tráfico a través de las otras zonas de la red pueden ser modelados con modelos de menor granularidad, que pueden permitir una eficiencia computacional. Tal como se describirá adicionalmente en la presente memoria, conforme un vehículo se mueve desde una porción de la red de tráfico que emplea un tipo de modelo de simulación a otra porción de la red de tráfico que emplea un tipo diferente de modelo, los sistemas descritos en la presente memoria alteran el modelo empleado para conmutar la lógica de modelado usada para simular el comportamiento del vehículo para cumplir con la lógica del modelo empleado por esa porción de la red de tráfico.

35 Los procedimientos y las técnicas de modelado híbridas descritas en la presente memoria permiten analizar el comportamiento y los patrones de tráfico en una red de tráfico heterogénea, a gran escala, que abarca autopistas principales, arterias, así como calles urbanas locales. Algunas de las calzadas pueden estar asociadas con un modelo de simulación que proporciona un nivel más bajo de fidelidad, en base al foco de la aplicación, la disponibilidad de datos y otros recursos de modelado. Además, y opcionalmente, pueden simularse caminos peatonales o carriles bici y sus efectos sobre el flujo de tráfico ensayado y analizado.

40 Más específicamente, en ciertas realizaciones, la invención puede ser realizada como un sistema para analizar un flujo de tráfico, que incluye un gestor de base de datos de un sistema de información geográfica (GIS) para permitir a un usuario formar consultas espaciales representativas de las consultas formadas desde al menos una característica espacial, un base de datos GIS que tiene una representación de red de un entorno de transporte, y que responde al gestor de base de datos GIS para procesar dichas consultas espaciales, un simulador de tráfico para simular, como una función de la representación de red, un flujo de tráfico a través del entorno de transporte, y un interfaz de base de datos que responde a dicho simulador de tráfico para procesar los datos de simulación y para crear datos GIS representativos de los datos de tráfico variables en el tiempo y para modificar los datos de demanda almacenados en dicha base de datos GIS.

50 El objeto anterior de la invención puede ser conseguido mediante un sistema para analizar un flujo de tráfico según la reivindicación 1 y el procedimiento correspondiente según la reivindicación 18.

Breve descripción de los dibujos

Los objetos anteriores y otros objetos y ventajas de la invención se apreciarán, más completamente, a partir de la descripción adicional siguiente de la misma, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

55 La Figura 1 representa, pictóricamente, la estructura de un sistema según la invención;

La Figura 2 representa un ejemplo de un gráfico de salida presentado por un sistema tal como el sistema

representado en la Figura 1;

Las Figuras 3A-3C representan, pictóricamente, una representación de red de un entorno de transporte;

Las Figuras 4A-4C representan una tabla de orígenes/destinos del tipo adecuado para su uso con el sistema representado en la Figura 1;

5 La Figura 5 representa, pictóricamente, la transición entre tres diferentes tipos de modelos de simulación de tráfico que pueden ser empleados con el sistema representado en la Figura 1.

Descripción de las realizaciones ilustradas

10 Para proporcionar una comprensión global de la invención, se describirán ahora ciertas realizaciones ilustrativas, que incluyen un sistema de simulación de tráfico que tiene la capacidad de simular grandes redes de tráfico heterogéneas, mientras proporciona, al mismo tiempo, una salida detallada para porciones seleccionadas de la red de tráfico. Sin embargo, se entenderá que los sistemas y los procedimientos no se limitan a estas realizaciones particulares y que pueden adaptarse y modificarse para otras aplicaciones adecuadas y para proporcionar otros tipos de productos, y que esas otras aportaciones y modificaciones no se alejarán del alcance de la invención.

15 Los sistemas y los procedimientos de la invención proporcionan, entre otras cosas, sistemas que permiten una simulación y un análisis de tráfico a gran escala en una gran red de carreteras. Además, tal como se describirá en la presente memoria, los sistemas y los procedimientos pueden permitir que un sistema de información geográfica (GIS), que coopera con sistemas de control y de vigilancia de tráfico del mundo real, proporcione datos geográficos que cambian dinámicamente, representativos del flujo de tráfico en una red de tráfico. El sistema GIS permite consultas espaciales del modelo de datos GIS, que cambia dinámicamente, para permitir un análisis dinámico de las cargas de tráfico que ocurren en el tiempo a través de la red de tráfico. En otras palabras, los sistemas y los procedimientos de la invención son genéricos en el sentido que los mismos pueden ser utilizados en aplicaciones "fuera de línea", donde el flujo de tráfico y los simuladores de gestión de tráfico son usados para estimar que pasaría en el mundo real, o en aplicaciones "en línea", donde todos o partes de los componentes en el sistema están enlazados con sus equivalentes en el mundo real.

25 Los modelos de simulación de tráfico existentes trabajan típicamente con un tipo particular de instalaciones de carreteras (por ejemplo, autopistas con control de acceso, o calles urbanas) y emplean fidelidades de modelado de nivel único (por ejemplo, simuladores microscópicos basados en modelos de seguimiento de vehículos y modelos de cambio de carril; simuladores mesoscópicos o macroscópicos basados en funciones de velocidad vs densidad o tiempo de viaje vs comportamiento de flujo). Para modelar una red de tráfico heterogénea, de amplia área, ciertas realizaciones de los sistemas descritos en la presente memoria emplean un simulador que usa un modelo híbrido. Los movimientos de los vehículos pueden ser simulados o bien en detalle usando modelos de seguimiento de vehículos, cambio de carril y de comportamiento de conductores individuales, o bien colectivamente usando las funciones de comportamiento asociadas con los segmentos de carreteras. Tres tipos de modelos de tráfico, concretamente, los modelos microscópico, mesoscópico y macroscópico, simulan cada uno el flujo de tráfico a un nivel de detalle diferente y trabajan a diferentes frecuencias de actualización (por ejemplo, el modelo microscópico puede trabajar a intervalos de 0,1 segundos; el modelo mesoscópico a intervalos de 1-2 segundos, mientras que el modelo macroscópico a intervalos de 1-5 segundos), pueden ser usados simultáneamente en una única simulación para las intersecciones y los segmentos de carretera diseñados. Este enfoque híbrido, al usar un nivel variable de detalles para partes diferentes de la red, tiene la capacidad de simular grandes redes de tráfico, mientras que, al mismo tiempo, proporciona una salida detallada para las regiones de interés seleccionadas. La capacidad para modelar grandes redes hace posible aplicar estudios de simulación a problemas de redes de tráfico del mundo real y obtener mediciones de rendimientos más exactas y a nivel de sistema; por otra parte, al permitir una simulación de tráfico microscópico para un subconjunto seleccionado de la red proporciona a los modeladores las herramientas para conducir aplicaciones de tráfico detalladas y dinámicas en configuraciones de red mucho más amplias, por lo tanto, el impacto sobre y desde el sistema completo puede ser tomado en consideración.

50 La Figura 1 representa un primer sistema según la invención. Específicamente, la Figura 1 representa un sistema 10 que incluye un gestor 12 de base de datos GIS, una base de datos 14 GIS, un simulador 18 de tráfico y un simulador 20 de gestión de tráfico. Tal como se muestra adicionalmente en la Figura 1, la base de datos 14 GIS puede incluir, opcionalmente, una pluralidad de elementos y tablas diferentes que incluyen los sensores 24 de reconocimiento representados, las tablas 18 de viajes, las tablas 30 de parámetros, las tablas 32 de viajes, las tablas 34 de rutas y el registro 38 de datos de semáforos y señales. La Figura 1 muestra una realización en la que varias características opcionales pueden ser conectadas en comunicación con el gestor 12 de base de datos. Específicamente, la Figura 1 representa los importadores 40 de datos, los exportadores 42 de datos, el interfaz 44 gráfico de usuario y los programas 46 de usuario que pueden interrelacionarse con el sistema 10, dependiendo de la aplicación en cuestión. Tal como se muestra, en el núcleo del sistema 10 hay una base de datos 14 de la red de tráfico, basada en GIS, que puede contener los registros de objetos de la red de carreteras, organizados jerárquicamente, incluyendo nodos (intersecciones), enlaces (carreteras que conectan las intersecciones), segmentos (secciones de enlace, teniendo cada uno atributos de tráfico uniformes), carriles y puntos de peaje, un inventario de sensores de seguimiento de tráfico, semáforos y señales; tablas de viajes que representan demandas de viajes variables en el tiempo entre varios pares de orígenes-destinos (OD); tablas de rutas que listan explícitamente las rutas tomadas habitualmente, o modelos y reglas que

determinan dichas rutas; tablas de parámetros que representan características del tráfico y comportamiento de los viajes; y tablas de tiempos de viaje que describen el histórico percibido y el tiempo de viaje en tiempo real en la red.

En una realización, a cada objeto de red se le asigna un ID único, y si es aplicable, un objeto geográfico y/o un indicador de posición relativa para representar su posición física. Por ejemplo, cada segmento, que representa una sección de carretera direccional particular, posee (o comparte con el segmento en la dirección opuesta) uno o dos objetos línea geocodificados que representan el arcén izquierdo (o el centro de una calle de dos direcciones) y el arcén derecho de la carretera (la línea para el arcén derecho se hace opcional, y, si no es codificada explícitamente, se calculará en base a las alineaciones del arcén izquierdo y el carril). Los objetos línea pueden ser o bien polilíneas o bien curvas de varios tipos. Los puntos de forma, que representan los objetos línea, almacenan valores diferenciales de coordenadas en longitud, latitud y altitud para comprimir el tamaño de los datos y mejorar la exactitud. Los sensores de tráfico, los semáforos y las señales pueden ser referenciados o bien por sus posiciones relativas en los segmentos que contienen los objetos, o bien explícitamente codificados con objetos geográficos de puntos, líneas o áreas. Las relaciones jerárquicas entre los varios tipos de objetos red se implementan como conjuntos. Cada conjunto tiene un propietario y uno o más miembros. Por ejemplo, los enlaces aguas arriba o aguas abajo conectados a un nodo se representan mediante dos conjuntos propiedad del nodo. De manera similar, los sensores, semáforos de tráfico, y las señales en un segmento particular pueden ser representados también mediante conjuntos.

En una realización, los atributos asociados con un tipo particular de objeto de red se implementan en tablas de datos, como parte de la base de datos de red o ficheros de datos externos mantenidos por un módulo de aplicación de usuario. El ID único, asignado automáticamente y mantenido por el DBM GIS 12 a cada objeto de red que necesita una referencia externa, es empleado para relacionar las tablas de atributos a objetos codificados geográficamente y organizados topológicamente. Al separar los datos de atributos, tanto estáticos como variables con el tiempo, de la base de datos de red de carreteras núcleo, se mejora la estabilidad así como la usabilidad de la base de datos. Por ejemplo, al simular operaciones de tráfico bajo dos condiciones de tiempo atmosférico diferentes, el usuario no tiene que modificar la base de datos de red de carreteras núcleo; el usuario solo necesita relacionar las tablas de datos y elegir los campos que están relacionados con las condiciones meteorológicas.

El sistema 10 representado permite que el usuario realice un análisis geográfico de los flujos de tráfico en una red de tráfico a gran escala y en un nivel de detalle variable. El gestor 12 de la base de datos de red de tráfico, basada en GIS, (DBM GIS) está provisto para dar soporte a consultas espaciales de los objetos de la base de datos 14. Almacenada en la base de datos 14 GIS, en una realización, hay una clave cuádruple, datos representativos del indexado mediante coordenadas geográficas de los objetos de red, tales como nodos y enlaces. Cualquier objeto de red puede ser buscado rápidamente mediante su localización o localizaciones geográficas y sus valores de atributo tabulados o mapeados usando el interfaz de usuario de GIS proporcionado.

El DBM GIS 12 permite también a un usuario crear consultas espaciales que identifican un subconjunto de datos que satisfacen los parámetros indicados en la consulta espacial. Consiguientemente, un usuario puede emplear el DBM GIS 12 para hacer una consulta a la base de datos 14 GIS y las tablas de atributos relacionadas para identificar y procesar variables de tráfico tales como flujos, velocidad media y retrasos en localizaciones específicas en la red de tráfico. Por ejemplo, al analizar una modificación de la red de carreteras (por ejemplo, añadir un carril a secciones particulares, conmutando una autopista a una carretera para solo vehículos con alta ocupación) o un nuevo plan de temporización de los semáforos de tráfico, las comunidades pueden estar interesadas en conocer los cambios en el retraso de viajes en diferentes partes de la red, entre pares origen-destino diferentes y/o tipos diferentes de viajeros. Una consulta ejemplar puede ser "Encontrar todas las carreteras con altos niveles de congestión entre las 8:10 y las 8:20 que estén a menos de 2 millas del monumento a Washington". Debido a que el sistema 10 emplea una representación de red de carreteras que está indexada mediante coordenadas geográficas, las coordenadas geográficas de la red de carreteras pueden ser procesadas junto con las coordenadas geográficas de una base de datos de puntos de referencia, para identificar las carreteras que están a menos de 2 millas del punto de referencia de interés. De esta manera, indexando mediante las coordenadas geográficas de los objetos de red, tales como nodos y enlaces, cualquier objeto de red puede ser buscado rápidamente mediante la localización o localizaciones geográficas y sus valores de atributo tabulados o mapeados usando el interfaz de usuario de GIS proporcionado. Esta característica extensible de la base de datos de red de tráfico mediante la creación de una relación de la base de datos de red de núcleo con tablas de atributos externas, y empleando el motor de búsqueda GIS basado en una clave cuádruple, proporciona flexibilidad en la administración de los complejos arreglos de datos de tráfico. Aunque el ejemplo anterior describe la relación de una base de datos de puntos de referencia con la base de datos de red, será evidente, para las personas con conocimientos en la materia, que pueden relacionarse otras bases de datos, incluyendo bases de datos de secciones censales, bases de datos de zonas, bases de datos de tiempo meteorológico que muestran tormentas en movimiento y condiciones meteorológicas cambiantes, o cualquier otra base de datos que pueda ser indexada mediante datos geográficos. Tal como se describe a continuación, la adición de los datos del simulador de tráfico a la base de datos permite al sistema 10 proporcionar también datos de tráfico como una función de la localización física.

Tal como se muestra en la Figura 1, el sistema 10 incluye un simulador 18 de tráfico que se comunica con el DBM GIS 12. El simulador 18 de tráfico, tal como se describirá en mayor detalle más adelante en la presente memoria, es capaz de simular un flujo de tráfico a través de la red de carreteras. El interfaz entre el simulador 18 de tráfico y el DBM GIS 12 permite al sistema 10 recibir datos de tráfico simulados desde el simulador 18 de tráfico y actualizar los registros de datos apropiados enlazados a la base de datos 14. Al actualizar periódicamente la demanda de viajes o

bien usando una tabla de viajes variable en el tiempo o bien usando un módulo de estimación de flujo OD dinámico, el sistema 10 es capaz de modelar dinámicamente un flujo de tráfico cambiante a través de la red de tráfico. Tal como se describirá adicionalmente más adelante en la presente memoria, el sistema incluye también un simulador 20 de gestión de tráfico que se acopla con el DBM GIS 12. El simulador 20 de gestión de tráfico es un procedimiento que representa cómo funcionan los semáforos y las señales de tráfico a lo largo del tiempo y qué información de tráfico en tiempo real, si alguna, es proporcionada a los viajeros simulados en la red. De esta manera, continuando con el ejemplo, el sistema 10 puede responder a la consulta de ejemplo "Encontrar todas las carreteras con niveles altos de congestión entre las 8:10 y las 8:20 que están a menos de 2 millas del monumento a Washington", determinando los volúmenes de tráfico entre las 8:10 y las 8:20 para las carreteras que están dentro de las 2 millas del punto de referencia relevante.

En una realización, el DBM GIS 12 puede ser un gestor de base de datos del tipo empleado normalmente para permitir a un usuario generar consultas que pueden ser aplicadas a una base de datos para identificar un subconjunto de información, dentro de esa base de datos, que satisfaga los parámetros indicados en las consultas. En el sistema 10 representado en la Figura 1, el DBM GIS 12 es un gestor de base de datos de red de tráfico, basada en GIS. Con este fin, el gestor 12 de base de datos de red de tráfico, basada en GIS, es capaz de permitir a un usuario generar consultas espaciales que pueden buscar relaciones dentro de los datos geográficos almacenados dentro de la base de datos 14. De esta manera, el DBM GIS 12 puede aplicar consultas espaciales a la base de datos GIS para recoger información acerca de una localización, una región, o una pluralidad de localizaciones o regiones. Las personas con conocimientos ordinarios en la materia comprenderán que este DBM GIS 12 proporciona un interfaz de usuario potente que facilita el análisis de los datos de tráfico en una localización particular o sobre una región particular.

Mediante los módulos importador 40 y exportador 42 representados, el DBM GIS 12 puede intercambiar datos con cualquier otro sistema gestor de base de datos GIS adecuado, incluyendo el sistema ARCVIEW, el sistema TRANSCAD creado y comercializado por el cesionario, o el sistema MAP INFO. Además, pueden emplearse sistemas gestores de base de datos GIS propietarios. Es ventajoso, aunque no necesario, emplear un sistema DBM GIS que siga los estándares industriales para formatear los datos GIS, ya que esto permite que el sistema 10 importe datos más fácilmente, mediante el importador 40 de datos, a la base de datos GIS, permitiendo, de esta manera, que el sistema 10 se beneficie de bases de datos GIS existentes.

En ciertas realizaciones preferentes, el sistema 10 emplea una tecnología de sistemas de información geográfica (GIS) extendida para facilitar la gestión, el análisis y la simulación de los datos de tráfico desde las redes de tráfico. Las informaciones, tales como las características de una intersección de tráfico, conexiones y configuraciones de carriles y configuraciones de semáforos de tráfico, pueden ser gestionadas todas ellas en un entorno GIS y pueden ser representadas con un alto grado de exactitud geográfica.

Opcionalmente, el sistema 10 incluye herramientas para convertir y extender los datos de línea GIS convencionales y planificar datos de red en una red de carreteras más exacta geográficamente, adecuada para el almacenamiento de datos de tráfico dinámicos y simulación de flujos de tráfico. Esto proporciona representaciones esquemáticas de características de transporte que son geográficamente exactas y que pueden ser creadas a partir de ficheros de datos GIS existentes. Se usan polilíneas de puntos de forma y curvas geométricas se usan para representar la red de carreteras de manera exacta. Pueden usarse herramientas de edición geográfica para cambiar rápida y fácilmente la red. Los carriles y su geografía son generados dinámicamente, si es necesario (es decir, la parte de la red es simulada usando un modelo microscópico) y las alineaciones de carriles por defecto (representada como conectores de carril) son creadas en base a la geografía de las carreteras conectadas a una intersección. Opcionalmente, puede emplearse un procedimiento de superposición de polígonos geográficos para calcular las regiones de visualización para pasos inferiores y pasos superiores. La superposición de polígonos es un procedimiento que identifica las zonas de intersecciones de polígonos; cuando se combina con información de elevación, puede determinar qué partes de la carretera están por encima de otras carreteras y, de esta manera, la región de visibilidad para la simulación de tráfico puede ser calculada y utilizada automáticamente. Esto permite animaciones que son más realistas, ya que pueden mostrar vehículos que entran o salen del campo de visión conforme atraviesan pasos inferiores o puentes. Tal como se describirá a continuación, una ventaja de los sistemas y los procedimientos descritos en la presente memoria es que permiten animaciones más realistas del flujo de tráfico en una red de carreteras.

Volviendo a la Figura 2, se muestra una representación gráfica de la red de tráfico que transporta un flujo de tráfico definido. Específicamente, la Figura 2 representa una red 50 de tráfico y un flujo de vehículos que es transportado a través de esa red 50. Tal como se muestra en la Figura 2, se muestra la red 50 de tráfico que representa de manera exacta el posicionamiento geográfico de esa red. De esta manera, por ejemplo, la red 50 de tráfico incluye información geográfica que permite al sistema 10, mediante el interfaz 44 gráfico de usuario representar el patrón y la forma real de la red de tráfico, incluyendo lazos, giros y curvas que están presentes realmente en la carretera real. Además, tal como se representa, la base de datos 14 GIS puede incluir una representación de red de la carretera 50, que incluye información de elevación representativa de la elevación de la carretera en puntos diferentes a través del paisaje. Esto permite que los vehículos que viajan en una carretera, tal como una carretera 54a, parezcan viajar bajo otra carretera, tal como la carretera 54c. Se entenderá que el sistema 10 puede proporcionar además las coordenadas geográficas de cada vehículo que se mueve a través de las carreteras representadas en la Figura 2.

La Figura 2 representa además que la red 50 de tráfico comprende diferentes tipos de carreteras. Por ejemplo, la red 50 de tráfico incluye arterias 54a, 54b, 54c y 54d principales. Además, la red 50 representada incluyen carreteras 60 más pequeñas y rampas de acceso y rampas de salida 62.

Consiguientemente, se entenderá que en ciertas realizaciones, el sistema 10 puede incluir un interfaz 44 gráfico de usuario que es capaz de visualizar una representación, y opcionalmente una representación animada, de una red de tráfico que es geográficamente exacta en su representación de cómo se extiende la carretera sobre el paisaje. Además, se entenderá que el interfaz 44 gráfico de usuario puede representar datos de flujo de tráfico almacenados en la base de datos 14 GIS generados, al menos en parte, por el procedimiento 18 simulador de tráfico. En ciertas realizaciones, el interfaz 44 gráfico de usuario actualiza continuamente, tal como cada décima de segundo, la representación del flujo de tráfico a través de la red de carreteras, proporcionando, de esta manera, una imagen dinámica y cambiante del flujo de tráfico a través de la red 50 de tráfico.

Volviendo a la Figura 1, puede observarse que el simulador 18 de tráfico está representado como un procedimiento que está en comunicación con el DBM GIS 12. El simulador 18 de tráfico puede ser cualquier simulador de tráfico adecuado capaz de modelar el flujo de tráfico a través de una carretera.

Un ejemplo de un simulador de tráfico se describe en la patente US 5.822.712 que divulga un procedimiento de simulación de tráfico del tipo que puede ser empleado con los sistemas y los procedimientos descritos en la presente memoria. En el procedimiento de simulación descrito en esta patente, se emplean sensores de carretera para recoger datos acerca de los patrones reales de tráfico que soporta una carretera particular. Tal como se describe en dicha memoria, los sensores en la red de carreteras registran el paso de vehículos y dos cualesquiera de entre los tres parámetros de tráfico fundamentales: densidad, velocidad y flujo. La correlación entre el tráfico en un punto X en un tiempo determinado y el tráfico en otro punto Y un periodo algo posterior puede proporcionar, en ciertos casos y bajo ciertas condiciones, buenos valores. En estos casos, el tráfico puede predecirse también con buena precisión. Pueden emplearse otros simuladores de tráfico con los sistemas y los procedimientos descritos en la presente memoria, y el simulador empleado varía según la aplicación en cuestión. Tal como se describirá más adelante, un simulador 18 de tráfico que puede emplearse en la presente memoria, será sensible a la información dentro de la base de datos GIS, y seleccionará el modelo lógico empleado para simular el movimiento de vehículos a través de la red basándose, al menos en parte, en información almacenada en la base de datos.

Por ejemplo, la Figura 3A representa cómo una información de red puede ser representada, en una realización de la invención, como una representación con nodos, enlaces, segmentos, carriles y opcionalmente otras características. Tal como se ha expuesto anteriormente, la representación de red permite la simulación de operaciones de tráfico en redes integradas de autopistas y calles urbanas. Los datos que describen la red son leídos desde un fichero de base de datos de red, que puede ser creado usando un editor gráfico interactivo. La base de datos de red incluye una descripción de todos los objetos de red, tales como, pero sin limitarse a, conexiones de carriles (qué carriles de una carretera se conectan con qué carriles de una carretera de conexión), privilegios de uso de carriles, regulación de movimientos de giro en intersecciones (prohibición de giros hacia la izquierda, por ejemplo), sensores de tráfico, dispositivos de control y zonas de peaje.

Más particularmente, la Figura 3A representa una red de carreteras del tipo que puede ser almacenado dentro de la base de datos 14, representada en la Figura 1. Tal como se muestra en la Figura 3A, los enlaces y nodos representan las diferentes rutas y conexiones que existen dentro de la red de carreteras que está siendo modelada. Tal como conocerán las personas con conocimientos ordinarios en la materia, un nodo puede representar una intersección de varias carreteras o un origen y/o un destino, donde un flujo de tráfico entra a o sale de la red de carreteras. De manera similar, un enlace puede considerarse como una carretera direccional que conecta los nodos. Tal como se muestra en la Figura 3A, la representación 70 de red puede incluir enlaces, tales como el enlace 80 representado, que pueden dividirse en dos segmentos, tales como los segmentos 78A y 78B representados. En la práctica, puede entenderse que un segmento abarca una sección de carretera con unas características geométricas uniformes. Tal como se muestra adicionalmente en la Figura 3A, el enlace 80 está dividido en dos segmentos 78A y 78B iguales, con un segmento conectado a un primer nodo 82 y con el otro segmento 78A conectado al otro nodo 84. Sin embargo, la manera en la que se dividen los enlaces puede variar según la aplicación. La Figura 3B ilustra que diferentes porciones de la representación 70 de red pueden estar asociadas con diferente lógica de simulación de tráfico. De esta manera, tal como se ha expuesto anteriormente, una lógica de simulación diferente puede ser aplicada por el simulador 18 de tráfico a vehículos que se mueven a través de porciones diferentes de la red. Esto se ilustra, en parte, mediante la Figura 3B, que representa una leyenda en la que, en esta realización, se emplean tres tipos diferentes de lógica de viaje, microscópica, mesoscópica y macroscópica. En otras realizaciones, pueden emplearse dos modelos en lugar de tres, y en otras realizaciones puede haber más de tres modelos disponibles. Los modelos reales y el número de modelos pueden variar dependiendo de la aplicación, y los sistemas y los procedimientos descritos en la presente memoria no deben limitarse a ningún modelo ni número de modelos específicos.

De esta manera, la representación 70 en red puede tener diferentes enlaces, nodos y segmentos asociados con diferentes tipos de lógica de modelo. Tal como se describirá en mayor detalle con referencia a la Figura 5, los vehículos que se mueven a través de diferentes segmentos pueden ser simulados con modelos de lógica diferentes, dependiendo de qué segmento, nodo o enlace está atravesando el vehículo. Al proporcionar modelos diferentes, la información acerca del flujo de vehículos puede modelarse con diferentes niveles de granularidad en localizaciones diferentes en la red. De esta manera, continuando con el ejemplo previo de una consulta de ejemplo "Encontrar todas las carreteras con altos niveles de congestión entre las 8:10 y las 8:20, que estén a menos de 2 millas del monumento a Washington", es posible que una vez determinadas las carreteras, el usuario pueda seleccionar, usando el interfaz 44 gráfico de usuario, la porción de la red 70 que representa esas carreteras congestionadas, con la lógica de modelo que

proporciona el nivel más alto de detalle. Otras porciones de la red 70 pueden ser modeladas con una lógica que proporcione menos detalle pero que es menos exigente computacionalmente.

5 La Figura 3C ilustra que un enlace, tal como el enlace 86 representado, puede mapearse en una tabla 92 de datos. Específicamente, tal como se ha descrito anteriormente, la representación 70 de red puede incluir información de coordenadas geográficas para asociar la representación 70 de red con las coordenadas geográficas que se corresponden con las coordenadas geográficas de la red de carreteras real que está siendo modelada. Con este fin, cada enlace, nodo o segmento puede ser asociado con un conjunto de puntos de forma, donde cada punto de forma puede proporcionar datos de coordenadas geográficas. De esta manera, la Figura 3C representa que el enlace 86 puede ser mapeado con la tabla 90 de datos, que incluye información que incluye el origen 94 y el destino 96 de ese enlace 86, así como una pluralidad de puntos de forma 96A a 96D, que representan coordenadas reales, tales como coordenadas GPS que incluyen la longitud, la latitud y la altitud, que pueden estar asociadas con el enlace 86. De esta manera, la representación de red del entorno de transporte puede estar geocodificada, lo cual, tal como comprenderán las personas con conocimientos en la materia, incluye, pero no se limita a, un procedimiento de comparación de registros en una base de datos, tales como información de direcciones, con datos de referencia de posiciones en otra base de datos.

20 Junto con la representación 70 de red, la base de datos 14 GIS puede incluir información representativa de la demanda de tráfico que fluye a través de la red de carreteras. La Figura 4A representa una pluralidad de tablas de orígenes y destinos. Puede configurarse una tabla de orígenes y destinos para automóviles, una separada para camiones, una separada para vehículos que viajan en un carril para vehículos con alta ocupación, bicicletas o para cualquier otro objeto que se mueva a través de la red de tráfico. Tal como se muestra en la Figura 4A, la tabla de orígenes y destinos, en esta realización, comprende una matriz en la que el conjunto de posibles orígenes se representa a lo largo del eje Y, y el conjunto de los posibles destinos se representa a lo largo del eje X. En cada punto dentro de la matriz representada en la Figura 4A, puede proporcionarse un valor representativo del flujo que ocurre entre ese origen y destino. El flujo puede representar el volumen real de coches, camiones o cualquier elemento que esté siendo modelado, en un tiempo particular. Para determinar la información de volumen, el sistema puede emplear, tal como se representa en la Figura 4B, un análisis estadístico que emplea un algoritmo para generar una lista de flujos, Figura 4C, que muestra cómo varía el volumen de tráfico. Específicamente, la Figura 4B representa gráficamente cómo varía el volumen de tráfico durante el curso de una hora. Específicamente, empleando algoritmos conocidos en la materia, el flujo de tráfico desde un origen a un destino puede ser modelado posiblemente mediante el uso de datos periódicos y recogidos anteriormente, para determinar el volumen de flujo en cualquier tiempo particular durante el curso de cualquier hora, día o cualquier otro periodo. Esta información puede ser proporcionada, a continuación, en una lista de flujos de tráfico, tal como la lista de tráfico representada en la Figura 4C, que proporciona una lista del volumen de flujo que ocurre entre cada origen y cada destino, en cada tiempo. Conforme varía el tiempo, la información en las tablas de orígenes y destinos representadas en la Figura 4A puede ser actualizada, de manera que el movimiento de vehículos a través de la red de carreteras pueda ser modelada dinámicamente.

35 En una realización, el sistema específica, tal como se muestra en la Figura 3A, en la capa de nodos (intersecciones), qué lógica se aplica para simular el movimiento de vehículos. En una realización, uno de los tres tipos de lógica de simulación de tráfico puede ser diseñado para los nodos individuales:

- 40 • Microscópica: Los movimientos de los vehículos individuales son modelados con el nivel de detalle más fino, en base a una lógica de seguimiento de vehículos y cambio de carril. Se realiza un seguimiento en detalle de la localización de un vehículo (posición x e y en un carril).
- Mesoscópica: Los vehículos son agrupados y modelados como flujos de tráfico. Sus movimientos se basan en funciones de velocidad-densidad. Solo se realiza un seguimiento de las posiciones aproximadas (posición x en un segmento de carretera).
- 45 • Macroscópica: Se usa una función de retraso acumulado para estimar el tiempo medio en el que los vehículos viajan un enlace o intersección. No hay detalles de los vehículos modelados. Solo se realiza un seguimiento del tiempo de entrada en el enlace o nodo.

50 El usuario puede crear un conjunto de nodos seleccionados, que no tienen que ser vecinos conectados, y designar estos nodos a un tipo particular. La creación de objetos vehículo y sus movimientos en una intersección o un segmento específico se basan en una lógica apropiada asociada al tipo de nodo o segmento. Los segmentos de carretera conectados a un nodo heredan el tipo de ese nodo. La Figura 5 ilustra una práctica para manipular vehículos conforme se mueven de una porción de la red 70, modelada con un tipo de lógica, a otra porción de la red 70, modelada con otro tipo de lógica. En esta práctica, si dos nodos de tipos diferentes están conectados por un único enlace, el enlace es dividido en dos segmentos y cada segmento hereda su tipo del nodo al que está conectado. Se definen tres tipos de transiciones. Estas transiciones ocurren entre pares de segmentos. Tal como se muestra en la Figura 5, cuando un vehículo se mueve a un tipo de segmento diferente, el vehículo "polimórfico" cambia su tipo pero continúa moviéndose en el nuevo segmento según la lógica de simulación asignada a ese segmento. Este procedimiento reduce considerablemente la complejidad de la simulación de tráfico "híbrida", y proporciona al usuario la flexibilidad de alcanzar un compromiso entre exactitud y velocidad, nivel de detalle y disponibilidad de datos y recursos.

60 Aunque la Figura 1 representa el sistema 10 de análisis de tráfico como elementos funcionales, se entenderá

5 que el sistema puede realizarse como un sistema de software que se ejecuta en una plataforma de procesamiento de datos, que configura el procesador de datos como un sistema según la invención. Además, aunque la Figura 1 representa el sistema 10 como una unidad integrada, será evidente para las personas con conocimientos ordinarios en la materia, que esto es solo una realización, y que la invención puede realizarse como una pluralidad de programas de ordenador que pueden operar en plataformas de procesamiento de datos separadas o distribuidas. De hecho, el sistema está diseñado para ser flexible en el uso de múltiples procesadores en el mismo módulo o cada procesador trabaja en un modelo diferente en un entorno distribuido. Por ejemplo, no es necesario que el sistema de base de datos esté alojado en el mismo sistema que el simulador de tráfico o el proceso de interfaz de usuario; pueden usarse múltiples procesadores en un simulador de flujo de tráfico para realizar las tareas de mover los vehículos simultáneamente.

10 Tal como se ha expuesto anteriormente, el sistema puede realizarse como un componente software que opera sobre un sistema de procesamiento de datos convencional, tal como un terminal de trabajo UNIX. En esa realización, el sistema 10 puede estar implementado como un programa de ordenador en lenguaje C, o un programa de ordenador escrito en cualquier lenguaje de alto nivel, incluyendo C++, Fortran, Java o Basic. Además, en una realización en la que emplean microcontroladores o DSPs, el sistema 10 puede estar realizado como un programa de ordenador escrito en microcódigo o escrito en un lenguaje de alto nivel y compilado a microcódigo, que puede ejecutarse en la plataforma empleada. El desarrollo de dichos sistemas es conocido para las personas con conocimientos en la materia, y dichas técnicas se exponen en Digital Signal Processing Applications with the TMS320 Family, Volúmenes I, II, and III, Texas Instruments (1990). Además, las técnicas generales para programación de alto nivel son conocidas, y se exponen, por ejemplo, en Stephen G. Kochan, Programming in C, Hayden Publishing (1983). Debe indicarse que los DSPs son particularmente adecuados para implementar funciones de procesamiento de señales, incluyendo funciones de pre-procesamiento, tales como mejora de imágenes mediante ajustes de contraste, definición de bordes y brillo. El desarrollo de código para el DSP y sistemas microcontroladores se deriva de los principios bien conocidos en la materia.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema para analizar un flujo de tráfico, que comprende:

una base de datos de un sistema de información geográfica, GIS, que tiene una representación de red, a nivel de carril, geográficamente exacta, de un entorno de transporte y datos de demanda representativos de las demandas de tráfico en el entorno de transporte respectivo;

un gestor de base de datos GIS para permitir a un usuario formar consultas espaciales representativas de objetos en dicha red, respondiendo dicha base de datos GIS a dicho gestor de base de datos GIS para procesar dichas consultas espaciales y para identificar una demanda de tráfico en coordenadas geográficas seleccionadas;

un simulador de tráfico para simular, a un nivel de vehículo individual, como una función (a) del tiempo, (b) de la representación de red a nivel de carril y (c) de la información sobre la demanda de tráfico, un flujo, a través del entorno de transporte, de tráfico que comprende una pluralidad de vehículos individuales; y

un interfaz de base de datos que responde a dicho simulador de tráfico para procesar datos de simulación y para crear datos GIS representativos de los datos de tráfico variables con el tiempo y para modificar dichos datos de demanda almacenados en dicha base de datos GIS.

2.- Sistema según la reivindicación 1, que comprende:

un procedimiento de animación para procesar dicha representación de red y dichos datos de tráfico variables en el tiempo, para generar una animación visual de un flujo de tráfico a través del entorno de transporte, en el que:

la red a nivel de carril y los objetos vehículo individuales pueden ser representados temáticamente con respecto a valores de atributos de datos de tráfico.

3.- Sistema según la reivindicación 1, que comprende además un editor para editar la representación de red a nivel de carril, para crear un entorno de transporte modificado.

4.- Sistema según la reivindicación 1, en el que la base de datos GIS incluye una representación de red que tiene información representativa de las coordenadas geográficas del entorno de transporte.

5.- Sistema según la reivindicación 1, en el que la representación de red a nivel de carril incluye una red formada por enlaces, segmentos de enlace, y nodos, carriles e intersecciones que tienen una localización y una forma geográficas exactas.

6.- Sistema según la reivindicación 1, que incluye además el almacenamiento de un atributo de segmento/nodo representativo de una pluralidad de modelos de simulación de tráfico a aplicar a una porción de la representación de red a nivel de carril, para simular el movimiento de uno o más vehículos.

7.- Sistema según la reivindicación 6, en el que:

la representación de red a nivel de carril incluye una pluralidad de segmentos de enlace conectados en una pluralidad de nodos, en el que dicho sistema tiene:

un almacenamiento asociado con al menos un nodo, para almacenar un atributo segmento/nodo representativo de cual de entre dicha pluralidad de modelos de simulación de tráfico aplicar durante un procedimiento de simulación de tráfico a segmentos de enlace acoplados al nodo respectivo.

8.- Sistema según la reivindicación 6, en el que el atributo segmento/nodo puede ser representativo de un modelo de simulación de tráfico microscópico, mesoscópico o macroscópico.

9.- Sistema según la reivindicación 6, en el que:

la representación de red a nivel de carril incluye enlaces, segmentos de enlace, nodos, carriles e intersecciones que tienen una localización y una forma geográfica exactas; y

los atributos segmento/nodo están asociados con nodos que ocurren dentro de la representación de red a nivel de carril.

10.- Sistema según la reivindicación 6, que incluye además medios para asociar un segmento de la representación de red con un atributo segmento/nodo seleccionado.

11.- Sistema según la reivindicación 6, que incluye además medios para realizar una transición entre modelos de simulación de tráfico en respuesta a que un vehículo que está mapeado en una primera parte de la representación de red a nivel de carril es mapeada en una segunda parte de la representación de red a nivel de carril.

12.- Sistema según la reivindicación 1, en el que la representación de red a nivel de carril del entorno de transporte incluye el almacenamiento de datos representados mediante tres coordenadas dimensionales

universales para una elevación y forma exactos.

13.- Sistema según la reivindicación 12, que incluye además un interfaz de usuario que presenta los datos en una forma gráfica, que emplea datos geográficos en la base de datos para crear una representación gráfica geográficamente exacta del entorno de tráfico.

5 14.- Sistema según la reivindicación 1, en el que el simulador de tráfico incluye medios para simular las características de comportamiento de los conductores de vehículos individuales.

15.- Sistema según la reivindicación 1, en el que el simulador de tráfico incluye un selector de ruta para seleccionar una ruta para que un vehículo realice un viaje, para atravesar desde un origen a un destino.

10 16.- Sistema según la reivindicación 1, en el que dichos datos de tráfico variables en el tiempo representan intervalos iguales o inferiores a 10 segundos, preferentemente entre 5 segundos y 10 segundos, más preferentemente entre 1 segundo y 2 segundos, y más preferentemente intervalos de 0,1 segundos.

17.- Sistema según la reivindicación 1, que comprende además un editor para editar los datos de demandas para crear una simulación modificada.

18.- Procedimiento para analizar un flujo de tráfico, que comprende:

15 crear una base de datos GIS que tiene información representativa de una representación de red a nivel de carril, geográficamente exacta, de un entorno de transporte y datos de demanda representativos de las demandas de tráfico en el entorno de transporte respectivo;

20 proporcionar un gestor de base de datos GIS para aplicar consultas espaciales a dicha base de datos GIS representativa de los objetos en dicha representación de red a nivel de carril, para identificar una demanda de tráfico en coordenadas geográficas seleccionadas; y

simular, como una función de (a) el tiempo, (b) la representación de red a nivel de carril, y (c) la información acerca de la demanda de tráfico, un flujo de tráfico, a través del entorno de transporte, que comprende una pluralidad de vehículos individuales; de esta manera:

25 creando unos datos GIS representativos de los datos de tráfico variables en el tiempo y para modificar dichos datos de demanda almacenados en dicha base de datos GIS.

19.- Procedimiento según la reivindicación 18, que comprende además proporcionar un atributo segmento/nodo con la representación de red a nivel de carril para asociar uno de entre una pluralidad de modelos de simulación de tráfico con al menos una porción de la representación de red.

20.- Procedimiento según la reivindicación 18, en el que:

30 la representación de red a nivel de carril incluye enlaces, segmentos de enlaces, nodos, carriles e intersecciones que tienen una localización y una forma geográfica exactas; comprendiendo además dicho procedimiento:

asociar un atributo segmento/nodo con un nodo que ocurre dentro de la representación de red a nivel de carril.

35 21.- Procedimiento según la reivindicación 20, que comprende además simular el movimiento de un vehículo a través de un segmento de enlace como una función de un atributo segmento/nodo asociado con un nodo al cual se conecta el segmento de enlace.

22.- Procedimiento según la reivindicación 20, que comprende además:

identificar un enlace que se conecta entre dos nodos que tienen atributos segmento/nodo diferentes;

dividir el enlace en dos segmentos separados, un primer segmento asociado con un atributo segmento/nodo y un segundo segmento asociado con otro atributo segmento/nodo; en el que:

40 cada segmento está asociado con una localización geográfica.

23.- Procedimiento según la reivindicación 22, que comprende además:

supervisar la localización geográfica de un vehículo y determinar cuando la simulación de un vehículo mueve el vehículo desde el primer segmento al segundo segmento; y

45 responder al cambio en el atributo segmento/nodo cambiando un modelo de simulación de tráfico empleado para simular el movimiento del vehículo.

24.- Procedimiento según la reivindicación 18, que comprende

asociar con un primer tipo de carreteras dentro de la representación de red un atributo segmento/nodo representativo de cual de entre una pluralidad de modelos de simulación de tráfico aplicar durante un procedimiento de simulación de vehículos que se mueven a través del primer tipo de carreteras y asociar con un

segundo tipo de carreteras un atributo segmento/nodo diferente a aplicar durante un procedimiento de simulación de tráfico de vehículos que se mueven a través del segundo tipo de carreteras,

5

en el que dicha simulación comprende simular, dentro de una única simulación, como una función (a) del tiempo, (b) de la representación de red a nivel de carril, (c) de la información acerca de la demanda de tráfico, y (d) de los atributos segmento/nodo, un flujo de tráfico a través del entorno de transporte, y determinar cuando un vehículo se mueve desde el primer tipo de carretera al segundo tipo de carretera y respondiendo cambiando cual de entre dicha pluralidad de modelos de simulación de tráfico es empleado para simular el movimiento del vehículo; y

10

actualizar la información de demanda de tráfico dentro de la base de datos GIS, para crear datos GIS representativos de los datos de tráfico variables en el tiempo, gracias a la cual pueden aplicarse consultas espaciales a la base de datos GIS, para realizar un análisis dinámico de un flujo de tráfico a través de un entorno de transporte heterogéneo.

15

25.- Procedimiento según la reivindicación 18, en el que los datos de tráfico incluyen información acerca de las intersecciones, caminos, carriles, semáforos y señales de tráfico, sensores de seguimiento de tráfico, vehículos, tránsito, temporización de los semáforos, tiempos de viaje históricos, y estimaciones de demanda de tráfico.

26.- Procedimiento según la reivindicación 18, que incluye además relacionar las tablas de datos externas de objetos a cuyas características geográficas se les ha aplicado información, representativa de un entorno de transporte, a qué características geográficas ha sido aplicada.

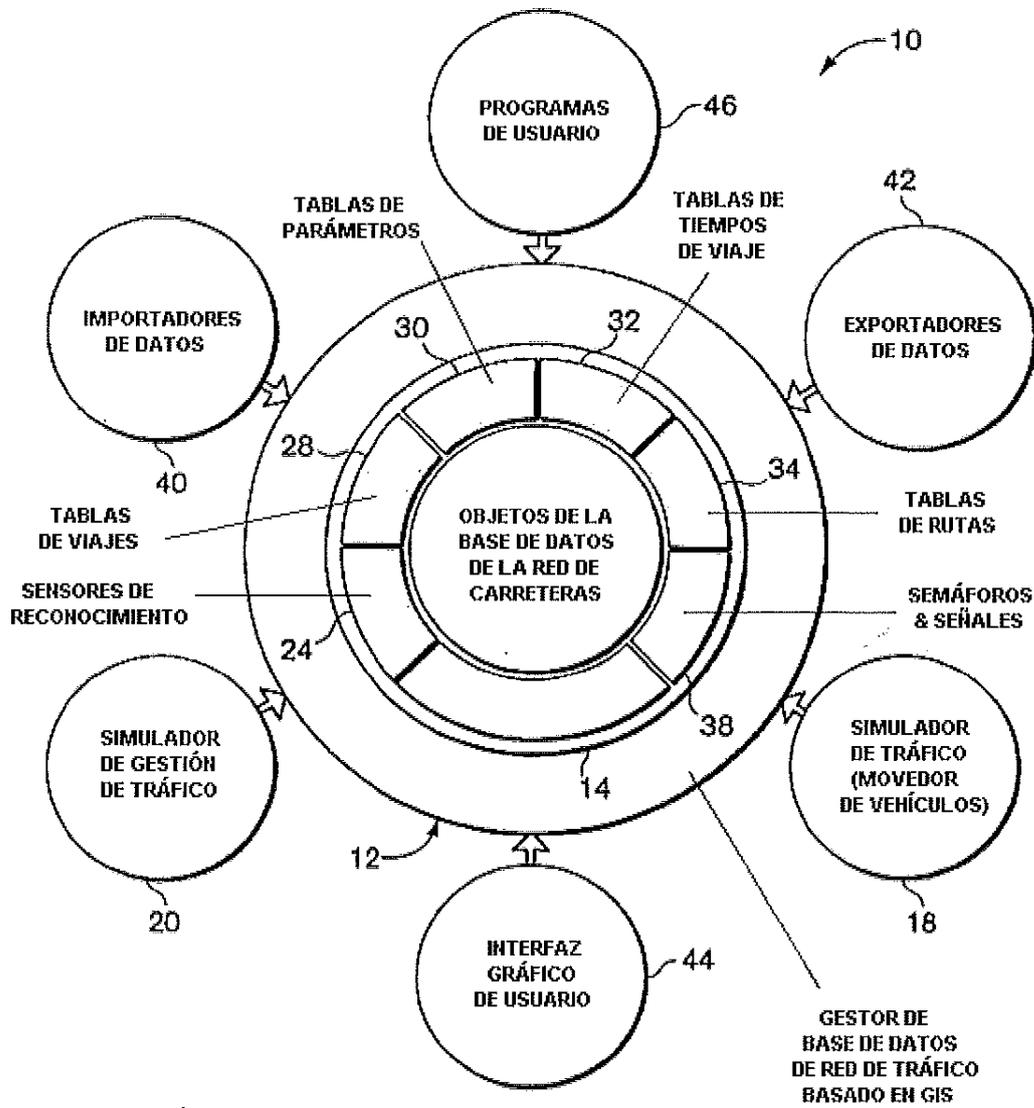


Fig. 1

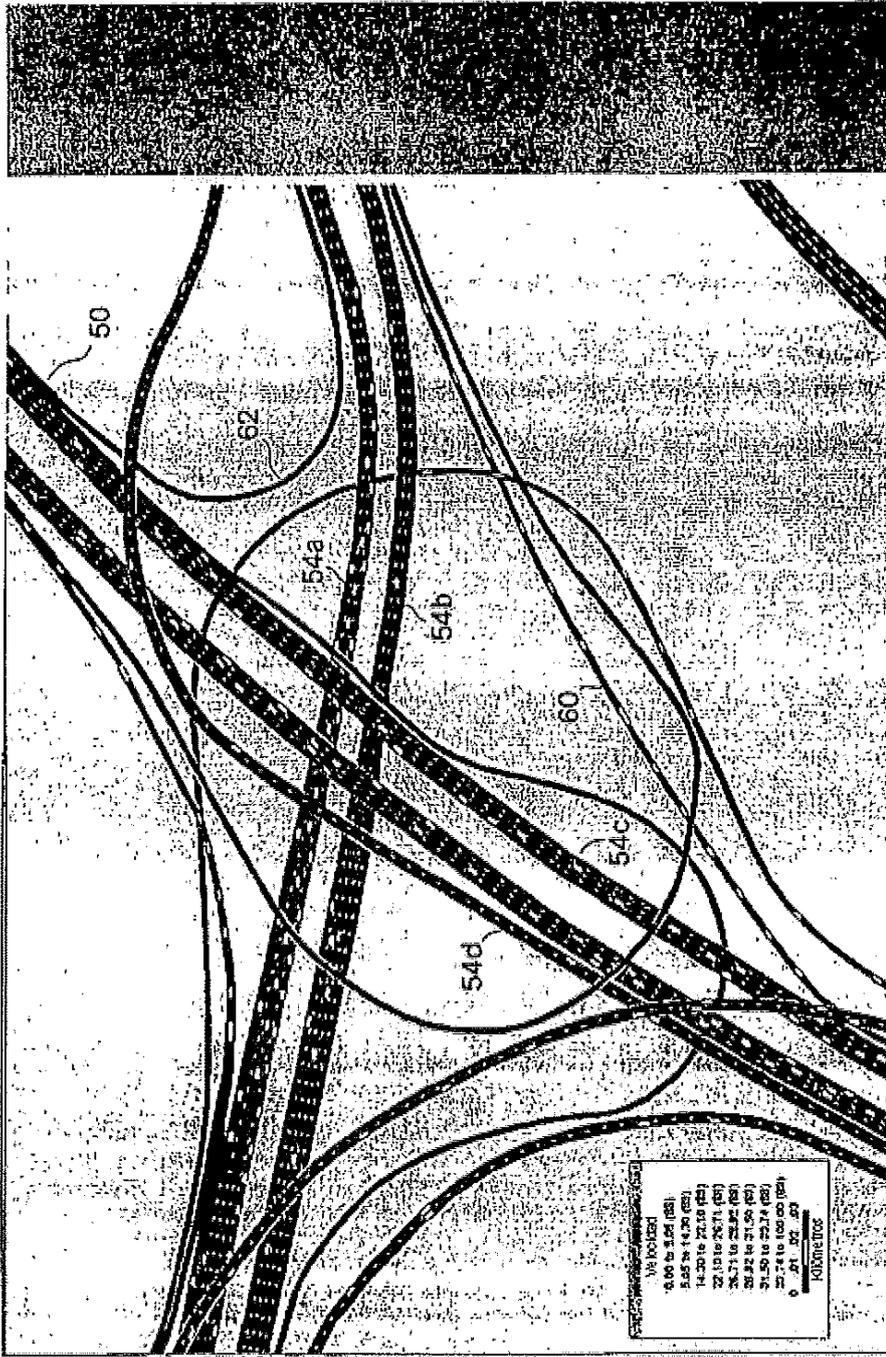


Fig. 2

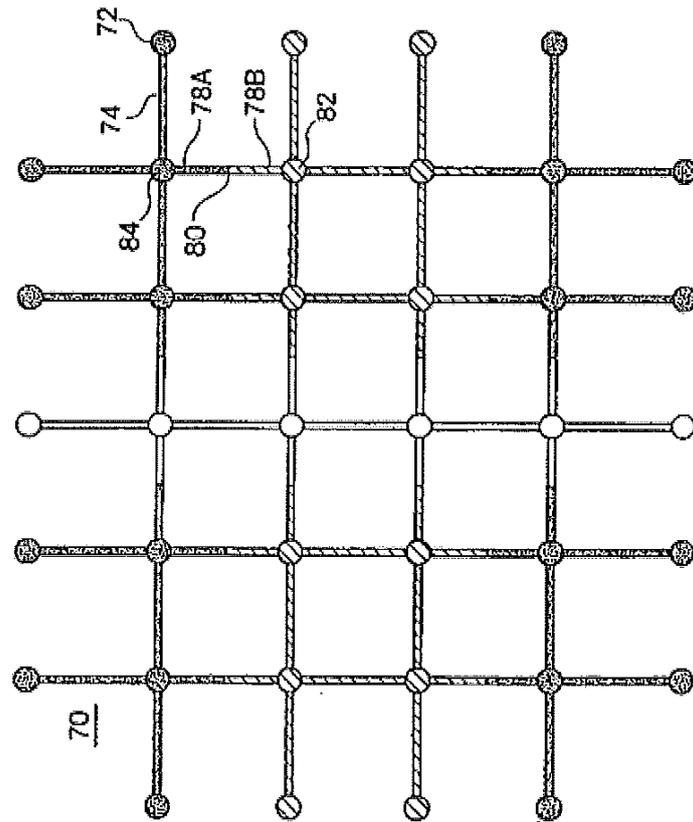
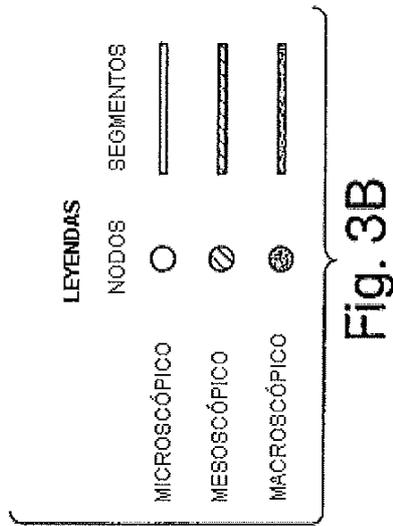


Fig. 3A



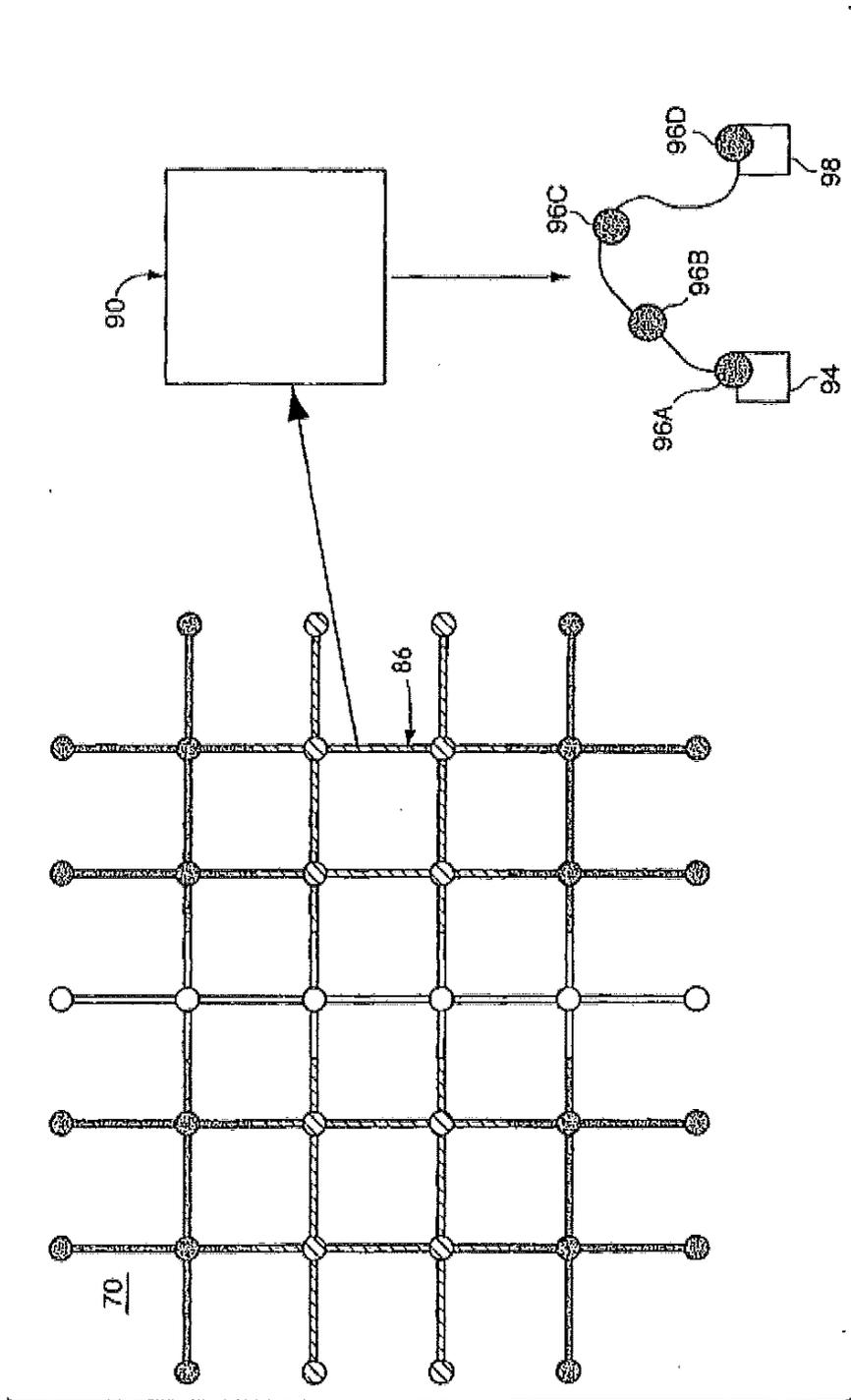


Fig. 3C

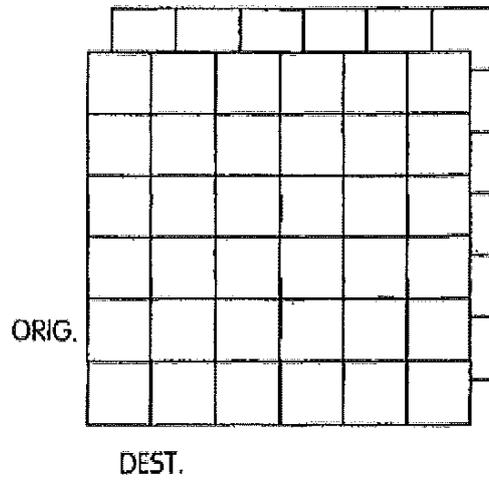


Fig. 4A

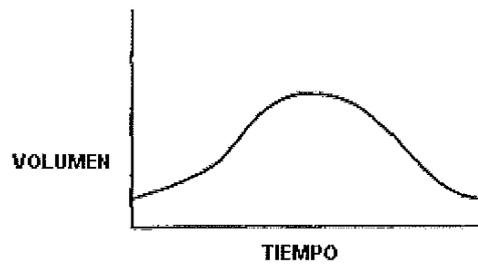


Fig. 4B

O	D	FLUJO	TIEMPO

Fig. 4C

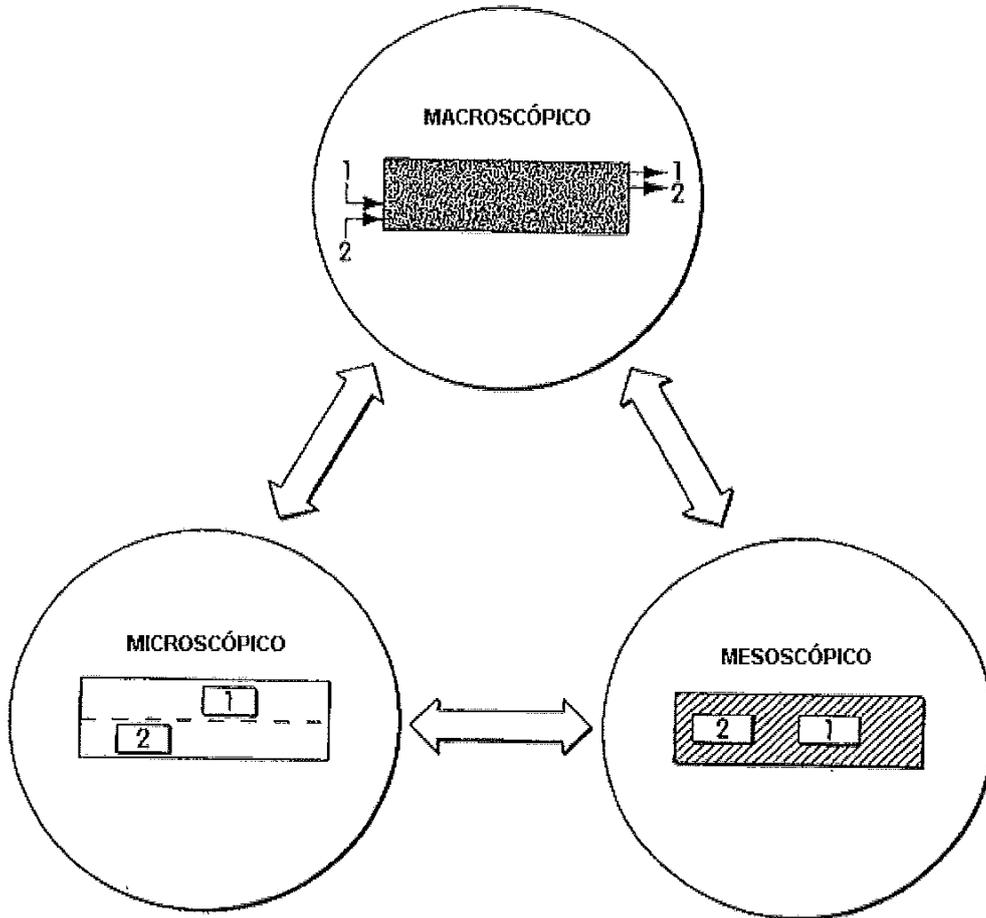


Fig. 5